How the building sector, one of the main culprits of environmental damaging impacts, can actively contribute on a local scale to reach the european purpose of energy efficiency in an eco-responsible way?

This research:
- analyses instruments, indicators and procedures for the environmental sustainability evaluation available in literature;
- according to Agenda 21's local goals in terms of **sustainability** and **recovery** of the existing material and immaterial heritage, identifies the implementing subjects and the operating instruments to promote ecoresponsible actions of intervention on building heritage there where there is still no local legislation to which to make reference, like in Sardinia;
- tests and verifies **environmental sustainability evaluation** systems at urban and building scale by applying specific **rating systems** and procedures based on the **Life Cycle Assessment** approach using real case-studies, of which it presents methods and results.

In light of the topical issues discussed, the research's solutions intend to propose an hypothetical path towards the environmental assessment in architecture that could grow from a local to a wider scale.

UniCA

PROGETTO E COSTRUZIONE ECO-RESPONSABILE
Processi, Strategie e Strumenti verso la Valutazione Ambientale in Architettura

Tesi di Dottorato di
Alessia Meloni

Università degli Studi di Cagliari
Dottorato di Ricerca in
Tecnologie per la Conservazione dei Beni Architettonici e Ambientali
Coordinatore dottorato **prof. Ulrico Sanna**
Ciclo XXV
2009-2012

PROGETTO E COSTRUZIONE ECO-RESPONSABILE

Processi, Strategie e Strumenti verso la Valutazione Ambientale in Architettura

Presentata da _**Alessia Meloni** *Tutor* _**prof. Carlo Atzeni - prof. Ulrico Sanna**
Settori scientifici disciplinari _**ICAR/10 Architettura tecnica**
ING-IND/22 Scienza e Tecnologia dei materiali

Esame finale
a.a. 2012-2013

In che modo l'edilizia, uno dei settori maggiormente impattanti sull'ambiente, può a livello locale contribuire a raggiungere l'obiettivo europeo di efficienza energetica rispondendo anche all'istanza di compatibilità ambientale delle attività ad essa connesse?

La ricerca analizza gli strumenti, gli indicatori e le procedure di valutazione della sostenibilità ambientale disponibili in letteratura. In linea con quanto richiesto da Agenda 21 a livello locale in termini di **sostenibilità** e **recupero** del patrimonio materiale e immateriale esistente, individua i soggetti attuatori e gli strumenti operativi per promuovere politiche eco-responsabili di intervento sul patrimonio costruito in contesti ancora privi di apparati di supporto normativi, come la Sardegna. Infine sperimenta sistemi di **valutazione della sostenibilità ambientale** alla scala urbana e dell'edificio mediante l'applicazione a casi-studio reali di procedure multicriteria (***rating systems***) e sintetiche (basate sull'approccio ***Life Cycle Assessment***, LCA), delle quali riporta il percorso metodologico di elaborazione ed i risultati ottenuti.

Alla luce dell'attualità del tema trattato, le soluzioni individuate intendono proporre un possibile percorso verso la valutazione ambientale in architettura che dalla scala locale giunga alla scala regionale.

In copertina:
"Acquarello di Sardegna", M. Denti, 2013.

Università degli Studi di Cagliari

Dottorato di Ricerca in
Tecnologie per la Conservazione dei Beni Architettonici e Ambientali
Coordinatore dottorato _ prof. Ulrico Sanna

Ciclo XXV
2009-2012

PROGETTO E COSTRUZIONE ECO-RESPONSABILE

Processi, Strategie e Strumenti verso la Valutazione Ambientale in Architettura

Settori scientifici disciplinari
ICAR/10 – ARCHITETTURA TECNICA
ING-IND/22- SCIENZA E TECNOLOGIA DEI MATERIALI

Presentata da _ **Alessia Meloni**
Tutor _ prof. Carlo Atzeni, prof. Ulrico Sanna

Esame finale a.a. 2012-2013

PROGETTO ecoSTRUZIONE RESPONSABILE

Processi, Strategie e Strumenti
verso la Valutazione Ambientale in Architettura

Tesi di Dottorato in *Tecnologie per la conservazione dei bei architettonici e ambientali*
di Alessia Meloni

A Caterina, Adriano, Antonietta e Santino

INDICE

Indice vi
Sommario: temi e obiettivi xi
Research Summary xii
Ringraziamenti xxxi

Introduzione | 2

PARTE I 8

1. L'uomo e l'ambiente | 12

1.1. *Media*, comunicazione e ambiente 13
1.2. L'uomo e la dipendenza dalle risorse non rinnovabili 15
1.2.1. Il consumo delle risorse 18
1.2.2. L'uomo, i materiali e l'ambiente 21
1.2.3. L'uomo, l'energia e l'ambiente 22
1.2.4. L'uomo, l'acqua e l'ambiente 25
1.3. Gli effetti ambientali 25
1.4. Lo sviluppo sostenibile 27
1.4.1. Lo sviluppo sostenibile: definizione 30
1.4.2. Il percorso epistemologico della sostenibilità 31
Note 39

2. La sostenibilità ambientale in edilizia | 52

2.1. La sostenibilità ambientale alla scala territoriale 53
2.1.1. Il consumo del territorio 55
2.1.2. Tecniche di misurazione e valutazione della sostenibilità ambientale 57
2.1.3. Azioni normative e strategie di indirizzo alla sostenibilità ambientale 65
2.1.4. Ecologia urbana: casi-studio 70
2.2. La sostenibilità ambientale alla scala dell'edificio 76
2.2.1. Strategie sostenibili di progetto e costruzione 81
2.2.1.1. Selezione del sito 83
2.2.1.2. Conservazione della natura 84
2.2.1.3. Comunità e partecipazione 84
2.2.1.4. Progetto e costruzione 86
2.2.1.5. Salute e benessere 88

2.2.1.6. Materiali 92
2.2.1.7. Energia 94
2.2.1.8. Acqua 98
2.2.1.9. Criteri eco-responsabili di progetto e di costruzione 99
2.2.2. Strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici 100
2.2.2.1. *Rating Systems* 101
2.2.2.2. Punti di forza e criticità dei *Rating Systems* 125
2.2.2.3. Sistemi di valutazione sintetici 127
2.2.3. Azioni normative 130
2.2.4. Progettazione eco-responsabile: casi-studio 144
2.3. La sostenibilità ambientale alla scala dei prodotti per l'edilizia 151
2.3.1. Strategie progettuali sostenibili di scelta dei prodotti per l'edilizia 152
2.3.2. Strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale dei prodotti 155
2.3.3. Strategie politiche e azioni normative 156
2.3.4. Esperienze produttive sostenibili 161
2.3.4.1. EDILANA® 161
2.3.4.2. NAPORO® 166
2.3.4.3. I distretti produttivi per la bioedilizia 168
2.3.4.4. Altre possibili risorse naturali locali sostenibili 169
Note 176

PARTE II **186**

3. Strumenti e metodi di valutazione ambientale di progetto e costruzione **190**

3.1. Strumenti normativi e legislativi di riferimento per la pianificazione attuativa in materia di sostenibilità ambientale 191
3.2. Approccio metodologico per l'introduzione di sistemi di valutazione ambientale di progetto e costruzione nell'ambito della pianificazione attuativa locale in Sardegna 196
3.3. Possibili evoluzioni degli strumenti proposti 204
3.4. Obiettivi auspicati 205
Note 207

4. Ri-abitare sostenibile a Sedilo | 210

4.1. Gli obiettivi del Piano 211

4.2. Caratteri di sostenibilità del patrimonio costruito esistente nel centro matrice di Sedilo 214

4.2.1. La riqualificazione del patrimonio edilizio urbano esistente 214

4.2.2. Il caso Sardegna nell'ambito del dibattito sulla cultura del recupero e della sostenibilità 215

4.2.3. Caratteri insediativi e tipologici 217

4.2.4. Individuazione dei caratteri di sostenibilità e di insostenibilità 221

4.3. Considerazioni sulla metodologia adottata e sui risultati ottenuti 238

Note 239

PARTE III 242

5. La procedura di Life Cycle Assessment (LCA) a supporto delle decisioni di progetto e di costruzione | 246

5.1. Descrizione del metodo di analisi dell'LCA 248

5.1.1. Concetti generali 249

5.1.2. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione 251

5.1.2.1. I dati di *input* e le modalità di raccolta delle informazioni 252

5.1.3. Analisi dell'inventario (LCI) 256

5.1.3.1. Il processo di allocazione 257

5.1.3.2. Il processo di allocazione per il riutilizzo e il riciclaggio 258

5.1.3.3. I risultati di un inventario di ciclo di vita 259

5.1.4. Analisi degli impatti del ciclo di vita (LCIA) 260

5.1.4.1. La scelta degli effetti ambientali 261

5.1.4.2. La classificazione 262

5.1.4.3. La caratterizzazione 262

5.1.4.4. La normalizzazione, il raggruppamento e la pesatura 262

5.1.5. Interpretazione del ciclo di vita 264

5.1.5.1. Identificazione dei fattori significativi 264

5.1.5.2. Valutazione 265

5.1.5.3. Conclusioni, limitazioni e raccomandazioni 266

5.2. LCA in edilizia: vantaggi e criticità 266

5.3. Studio LCA di un edificio 272

5.4. Studio LCA di un pannello di lana 274
5.4.1. Descrizione delle materie prime e del processo produttivo 275
5.4.2. Valutazione dell'impatto 279
5.4.3. Classificazione e caratterizzazione 279
5.4.4. Interpretazione e miglioramento 280
5.5. Conclusioni 282
Note 284

6. Ipotesi di soluzioni costruttive eco-responsabili nell'ambito di interventi di recupero | **286**

6.1. Valutazione ambientale di massima nel processo decisionale in un progetto di riqualificazione energetica 288
6.1.1. Caratteristiche del paramento murario tradizionale 288
6.1.2. Ipotesi di riqualificazione energetica del paramento murario in basalto: confronto dei valori dell'energia incorporata 291
6.2. Valutazioni conclusive 305

7. Sviluppi futuri della ricerca | **307**
Note 316

APPENDICE **318**

Norme e schede di valutazione della sostenibilità ambientale nel Piano Particolareggiato del centro matrice di Sedilo | **320**

Obiettivi e indirizzi di sostenibilità ambientale 320
La sostenibilità ambientale all'interno delle norme tecniche d'attuazione 325
Requisiti tecnici di sostenibilità ambientale degli edifici: proposta di protocollo di valutazione ambientale da allegare alle norme tecniche attuative 341
Note 393

BIBLIOGRAFIA GENERALE **402**

Bibliografia e Sitografia | **404**

L'antropizzazione del territorio. Agro sedilese (foto di M. Denti, 2013).

Sommario: temi e obiettivi

Alla luce della gravità delle problematiche ambientali che minacciano seriamente la nostra salute e la nostra sussistenza, è necessario che tutti i settori diano il proprio contributo.
In edilizia, il dibattito sulla questione ambientale e sugli impatti che l'edilizia produce al sistema ambiente è iniziato da molti decenni: progetto e costruzione si trovano a dover rispondere sempre più in modo improrogabile e solerte non solo ai parametri legati all'efficienza prestazionale ma anche a quelli relativi alla sostenibilità in termini di compatibilità ambientale. Attualmente, i casi-studio più noti provengono dall'Europa settentrionale e centrale e sono concepiti e realizzati sulla base delle esigenze legate a quelle specifiche realtà geografiche, costruttive e culturali.
Per decenni in Italia la ricerca è stata indirizzata alla costruzione di una conoscenza rigorosa sul proprio patrimonio architettonico legato agli aspetti geografici, storici e socio-culturali, e anche la Sardegna ha dato il suo notevole contributo con una fiorente produzione scientifica. Negli ultimi dieci-quindici anni l'attenzione è rivolta a come recuperare tale patrimonio in termini di compatibilità ambientale, di efficientamento energetico e in virtù degli aspetti climatici che caratterizzano il proprio ambito geografico.
È in questo quadro di riferimento che si inserisce il presente lavoro di ricerca, con uno sguardo critico a quanto sta avvenendo a livello internazionale e nazionale in relazione alle politiche di sostenibilità

ambientale (intese come strategie perseguite con il supporto di norme e strumenti specifici) adottate alla scala territoriale, dell'edificio e dei prodotti per l'edilizia, e studiando delle ipotesi di azioni eco-responsabili perseguibili nell'ambito regionale sardo.
L'impianto metodologioco della tesi si struttura secondo le seguenti fasi:
- raccolta degli strumenti, indicatori, procedure di valutazione della sostenibiità ambientale disponibili in letteratura;
- definizione di azioni e strumenti per la sostenibilità ambientale in edilizia in contesti ancora privi di apparati di supporto normativi, come ad esempio la Sardegna;
- esempi di applicazione degli strumenti individuati a casi-studio reali.
Nello specifico, l'analisi critica della normativa regionale sarda in materia di edilizia e ambiente e delle procedure di valutazione ambientale attualmente vigenti hanno messo in evidenza la necessità di strumenti attuativi maggiormente sensibili alle istanze ambientali ed energetiche che, a partire dalle singole realtà amministrative locali, siano in grado di innescare e promuovere azioni di progetto e di costruzione eco-responsabili.
A tal proposito sono state individuate procedure di valutazione e verifica energetico-ambientali da inserire all'interno dei regolamenti edilizi comunali, tali da indirizzare ed incentivare iniziative progettuali e costruttive volte a valorizzare e recuperare il patrimonio naturale esistente, inteso nelle sue componenti materiali ed immateriali.
La definizione della metodologia delineata è stata supportata da un'esperienza professionale personale svoltasi durante il periodo di ricerca e maturata nell'ambito della pianificazione attuativa in occasione della redazione del Piano Particolareggiato del centro di antica e prima formazione di Sedilo (comune del centro Sardegna) alle norme tecniche d'attuazione del Piano Paesaggistico Regionale (P.P.R.). Tale esperienza ha consentito di sperimentare la metodologia di analisi del costruito esistente elaborata, volta ad individuare i caratteri di sostenibilità e di insostenibilità presenti, e, sulla base di questi, di definire le linee guida per progettare e costruire in modo eco-responsabile.
Per quanto riguarda la valutazione della compatibilità ambientale a livello di organismo edilizio e dei suoi componenti, lo strumento

individuato come maggiormente valido, seppur ancora in fase di studio e sperimentazione, è la Valutazione del Ciclo di Vita, *Life Cycle Assessment*, che consente di tradurre gli *input* e gli *output* di risorse materiali ed energetiche registrati durante la vita di un sistema, a partire dalle fasi di estrazione e produzione dei singoli componenti, in termini di conseguenze (impatti) sull'ambiente e sulla salute umana.
Sulla base della procedura di applicazione dell'analisi del ciclo di vita e dell'approccio *Life Cycle*, viene condotto, a titolo sperimentale, uno studio semplificato, basato su dati estrapolati dalla letteratura scientifica e limitato alla definizione dell'energia incorporata di alcune soluzioni di efficientamento energetico dell'involucro edilizio di un'abitazione tradizionale.

Alla luce dell'attualità del tema trattato, la tesi di dottorato ha inteso dare il proprio contributo sopratutto in virtù del valore ambientale del costruito esistente. Il suo approccio teorico e sperimentale ha portato all'individuazione e all'adattamento degli strumenti di valutazione ambientale studiati a situazioni specifiche del contesto regionale sardo nell'ambito della pianificazione attuativa comunale e degli interventi di recupero di manufatti storici.
Gli strumenti e le strategie proposte potrebbero essere utilizzate come modelli di studio e di applicazione delle azioni richieste agli Enti Locali, ai tecnici, ai progettisti, ai produttori e ai costruttori e contenute nel "Documento d'indirizzo per migliorare l'efficienza energetica in Sardegna (2013-2020)" allegato al Piano Energetico Ambientale della Regione Sardegna (P.E.A.R.S.) di recente approvazione (febbraio 2014); nello specifico, gli indirizzi di progetto e costruzione eco-responsabili proposti potrebbero contribuire alla stesura della futura legge regionale in materia di edilizia sostenibile. A tal proposito, il metodo d'indagine sviluppato e sperimentato mette in evidenza come gli attuali processi di pianificazione necessitino di modelli partecipativi idonei a strutturare la cooperazione istituzionale e a costruire con le comunità locali strategie di sviluppo sostenibile anche con modalità di tipo *bottom-up,* che partano da una conoscenza rigorosa del territorio, indaghino sulle sue effettive prassi di gestione a livello locale e coinvolgano, nell'*iter* di definizione delle strategie, tutti i portatori di interesse locali.

Research Summary

1. Introduction

Three big sectors, transportation, buildings and industry, are the main culprits of environmental damaging impacts by consuming more resources and by generating more emissions than all the other human activities put together. Data about building impacts on environment are even more alarming. From now onwards it needs to take more responsible measures towards Environment in order to give the natural heritage back to future generations.

The unscrupulous exploitation of natural resources derives from the anthropocentric concept that considers Nature as a human means and as a plentiful resource able to regenerate indefinitely.

With the industrial Revolution, problems connected to resource exploitation and pollution increased: therefore, ecologist cultural trends started to spread, influenced by the environmental issues, the uncertainty of Nature's infinitude and of healthy effects of technology.

In the building sector this led to the birth of the latest specialized branches of knowledge called 'ecourbanism', 'ecodesign' and 'bioarchitecture'.

All literary production about environmental issues, by Daly, Prigogine, Capra, Odum, and about the interaction between environmental, productive and economical systems and their crisis, by Commoner, Boulding, Georgescu-Roegen, constitutes the beginning of the literary and scientific path that has lastly lead to some normative actions.

The first implementation document was published in 1997. It was the Kyoto Protocol, that is still the main reference document for all signatury countries. It intends to promote control measures of environmental pollution and to incentivise measures in the usage of renewable energy sources.

In the energy field, Europe issued some important directives implemented by national decrees of Countries members. The latest one is Directive 2012/27/EU on energy efficiency, amending Directives 2009/125/EC and 2010/30/EU and repealing Directives 2004/8/EC and 2006/32/EC.

Italy acknowledged only the first directives with the following decrees: the Legislative Decrees 192/2005 and 311/2006 issued for implementation of Directive 2002/91/EC on the energy performance of buildings, the Legislative Decree 115/2008 for implementation of Directive 2006/32/EC on end-use efficiency and energy services, and the Legislative Decree 63/2013 for implementation of Directive 2010/31/UE on the energy performance of buildings.
In the matter of environmental legislation, it was in 2001 that the issue of Directive 2001/42/EC, called "SEA Directive", on the assessment of the effects of certain plans and programmes on the environment, was highlighted. In Italy this directive was implemented by the second part of the Legislative Decree 152/2006, then modified and integrated by Legislative Decrees 4/2008 and 128/2010.
Nowadays in Italy there are just a few obligatory measures in regard to environment. Only a few regions have a protocol or have simple measures in support of their policies for the environmental assessment of buildings.
In Sardinia, there is still no local legislation to which to make reference. To evaluate buildings' sustainability it needs to revert to a national protocol, but it is not obligatory.
This research intends to create a local protocol to assess buildings interventions from the environmental point of view.
It proposes a bottom-up approach that, starting from considerations based on local case studies of settlement and building procedures, may lead to guidelines in favour of environmental sustainability able to integrate the technical standards of implementation of local restoration plans.
The first step of the research was to define the meaning of environmental sustainability at urban and building scales by analysing processes, strategies, instruments and case-studies realised world- and nationwide.

2. A brief summary of environmental sustainability in building sector

2.1. Environmental sustainability at urban scale

The relationship between urban and environmental systems

is a basic dependence ratio to preserve urban autonomy. 'Autonomy' and 'dependence' are complementary concepts although they may seem contrasting: systems need resources for their self-organisation and to protect their individuality and peculiarity. The concepts of urban, social and economic sustainability may be based on these two terms, 'autonomy' and 'dependence': urban system strongly depends on environmental goods and services availability. Urban existence is compromised by natural resources use and availability. On the urban scale, the most relevant resource strongly misused and exploited is the soil. Soil consumption is one of the main alarming problem from the environmental point of view. Among soil consumption causes, there are the growth of global population and the progressive urbanization, the increase of average life, the rise of nuclear families and of housing units, the need for greater housing area per capita, the urban sprawl diffusion, the increase of manufacturing and service industry buildings and of connection infrastructures, and the realization of services for new urban areas (Lavagna, 2008).

Urban development planning is the right tool to start sustainable policies and to introduce sustainable development measures.

Planning measures should consider relationships between human activities and dynamics and biosphere and dynamics, usually slower: they should allow human life to continue, men to satisfy their needs and human cultures to grow up showing consideration for environmental context (Tiezzi, 2005).

In the last few decades, one of the most discussed aspect is the experimentation and the verification of environmental accounting technics and of calculation methods of environmental indicators of sustainability at urban and buiding scale. The main intention of these strategies is not knowing if we are sustainable actors or not: the most important object is to know by how much are we unsustainable and what can we do to reduce our unsustainability. Among existing strategies, 'Emergy evaluation' is an excellent instrument to represent local context and its connection with global dimension and, according to that analysis, to calculate input-output flows and to verify the sustainability or not of every system.

Emergy evaluation is a quantitative evaluation system based on synthetic indicators, as it is the ecological footprint analysed by W. Rees and M. Wackernagel or the carrying capacity indicator.

There are commoner evaluation systems than quantitative one, they are the evaluation systems based on qualitative indicators of sustainability. Among them there are the 'European Common Indicators' (ECI), that try to explore the sustainable development and the unsustainability of territory by analysing economic, environmental and social aspects.
In between quantitative and qualitative evaluation methods there are the 'Environmental Impact Assessment' (EIA), the 'Environmental Incidence Assessment' (EIncA) and the 'Strategic Environmental Assessment' (SEA) even if, in some nation, there are not any reference threshold yet.
According to this reference framework, we need political and normative measures at the urban scale able to transfer goals downward local contexts and receive and control upward the results.
In the building sector we can pursue eco-responsible actions by revising general and local building regulations and by integrating building codes with measures aimed at environmental sustainability.

2.2. Environmental sustainability at building scale

As Odum stated about input-output flows in the urban system by describing the concept of emergy, Tiezzi and Pulselli tried to describe the building system by following the same scheme. They wrote in 2008:

> "*A building is an artificial stock of resources that come directly or undirectly from environment. Building needs an intensive usage of materials and energy that means flows that constitute a permanent stock*".

The building itself is a resource; it can be considered as a stock of non renewable resources, such as concrete elements, bricks, stones, for which, time of raw materials regeneration is longer than their time of consumption. According to this point of view, the existing building could be considered as a natural stock that must be preserved and in which we can invest if we really want to follow sustainability at building scale. To start building according to energy consuming technologies becomes more and more unsustainable than to build with 'low techs' and leads to a deceptive growth. So, as technician, we must be eco-responsible actors in planning and in designing. The

main sustainable strategies to follow are related to site selection, nature preservation, community participation, human health and wellbeing, materials choice, energy and water usage. To value the energy - environmental sustainability of projects, there are different procedures of assessment (BREEAM, LEED, Green Globes, Green Star, Estidama, DGNB, HQE, GBTool, Protocollo Itaca, Verde, Casbee, EcoBau, Ecolabel). They are rating systems based on criteria that belong to the following thematic areas: site impact, environmental charges, resources consumption, indoor quality, technical systems management, long run performance, social and economic aspects.
There are other evaluation systems based on synthetical indicators that need quantitative data about the project and that verify environmental repercussions of adopted choices. These synthetical methods are based on life cycle approach and are similar to input-output analysis studied by Odum.
Common measures that regulate projects and buildings are related especially on energy aspects and neglet environmental aspects. In Italy only 855 communes have revised their building code in last year to include eco-responsible rules in favour of sustainable buildings.
To draw up a building code sensitive to energy and environmental problems related to building sector it needs to promote eco-responsible actions at regional and local scale. To support the application of these measures and their verification is necessary the drawing up of an energy and environmental assessment system specific to every local context and adaptable to every kind of intervention.

2.3. Environmental sustainability at building materials scale

There are lots of materials and products in building market labelled as “ecological”, but mostly they are not. What really makes “ecological” a product is its eco-efficiency, that means to assure the real performance by producing less environmental impacts. This is possible by reducing energy and materials in their production, by reducing toxicity and noxiousness of resources, by using renewable resources, by reusing and recycling elements or materials, by optimizing products life with an easy renewal and maintenance.
To make a multicriteria selection in materials choice is necessary to act in an environmental friendly way at product scale. Technician,

designers, architects, should also consider materials eco-attributes, such as the following indicators: global production, reserves, embodied energy, CO_2 footprint, water usage (Ashby, 2011). But if we want to consider the whole life of products and materials, we must analyse the entire life cycle, by a specific procedure called 'Life Cycle Assessment'. Life Cycle Assessment (LCA) is a procedure that allows us to define the ecological balance of a system or process during its life time. This procedure was defined by the Society of Environmental Toxicology and Chemistry (SETAC) in 1993 and it is now regulated by UNI EN ISO 14040:2006 and UNI EN ISO 14044:2006 standards. LCA's procedure allows to convert consumptions and emissions analysed during the Inventory phase into environmental impacts and to indicate well-improved actions directly for high impact phases.
Nowadays the LCA represents the most accurate procedure in the construction of the ecological balance. However it presents some not entirely insignificant flaws, such as the incompleteness of data and the complexity to convert existing database to local case studies, the onerousness nature of research from the viewpoint of resources and time, the need of experts able to correctly read developed data. That is the reason why many international researchers have preferred to study simpler and more accessible sustainability's assessment systems. They have focused their attention on multicriteria assessment systems, based on the concept of "weak sustainability" and the interchange of indicators despite their different value.
The research analyses some examples of sustainable productive experiences, such as the Sardinian EDILANA products, among them there is a needle-felt mat in pure virgin wool indigenous sheep of Sardinia, or the Austrian NAPORO insulation boards, made from cattail and hemp.

3. Processes, Strategies and Instruments towards building environmental assessment: from general observations to local experimentations

The environmental issues and the purposes suggested by this research become part of the international and national debate that finds the only solution in the culture of sustainability. In the last fifteen years, the discussion about environmental issues has lead at

convergence of culture of sustainability to culture of recovery and of reduction of resources consumption. That means, in the building sector, to retrofit existing buildings, to use ecological materials and constructive solutions and to recycle building elements.
After the definition of the reference framework about environmental sustainability in the building sector at the international and national scale, the research supposes eco-responsible *modus operandi* by subjects who want to act in an environmentally friendly way. This part of the research starts from a professional experience of urban planning that I lead with a team of engineers and architects in a small village of Sardinia, Sedilo. That experience has turned out to be the right occasion to suppose eco-responsible actions of investment on existing architectural heritage in a project aimed at the preservation and exploitation of existing historical and cultural aspects. The main purpose is to transfer these actions to a bigger scale following a bottom-up approach that, starting from the example of local policies of eco-responsible government of territory, could suggest the guidelines for a regional protocol of building environmental assessment.

3.1. A case-study at urban scale: materials, methods and results

Definition of the reference context

The research analyses a local historical context set in the Sardinian island that contains certain representative aspects of this region about housing density, services, culture, constructive characteristics and typologies.
We have decided to study an existing context because it is the only one where it is possible to realize a sustainable reality, as Tiezzi and Pulselli wrote in 2008:

> "*The sustainable city is not a new town, built from scratch by an engineer, but it is a system in a steady state in which energetic inputs were saved and set up over the years and now are used as best it is possible trying to minimize energetic inputs and enthropic outputs*".

The research studies pre-modern and modern architecture's characteristics of Sedilo. In particular, we have focused the attention

on aspects related to the constructive characteristics and typologies of buildings, the site morphology, the constructive technologies and techniques commonly used, materials and their processes of extraction and manufacturing, heating, cooling and ventilation systems and the water use.

This analysis has lead to the definition of a cognitive framework composed of formal aspects and common local procedures of buildings, concerning extraction, transportation and manufacturing of constructive elements, and the realization, management, maintenance and buildings'end use.

The analysis highlights four significant phases (until 1900, 1900-1950, 1950-1970 and after 1970) of building transformation related to constructive techniques innovations and to a different way to live in the own house. Briefly, until 1960-1970 urban transformation followed an additional process of standard cells on every side of existing building (left, right, in depth) or in height. This lead to a regular urban sprawl that continued to preserve green areas (empty spaces) in comparison with built areas (full spaces): this was related to domestic habits and to the traditional work in the countryside. After 1970 green areas diminished in favour of new buildings without any apparent rule in common with urban existing structure: small green areas, no more building line in plant, new building materials in contrast with the mass and heaviness of traditional local stone (basalt), wider opening areas in building front. They are only a few elements in contrast with the traditional architecture that reflect a new domestic life related to modern habitat demands and that seems to forget the ancient relationship between site and building and the use of local material and energy resources.

So, the first reflection that arises from this study is the gradual extinction of material and immaterial charateristics of the analysed building heritage: such as the manufacture of materials and energy used to build and to preserve this heritage, the traditional knowledge, the practices and the social aspects of that context.

A second reflection is the growing soil consumption in an area characterized by its gradual depopulation, as it happens in lots of sardinian and italian urban centers as reported by a recent dossier about Italian soil consumption edit by FAI (Italian Foundation for Enviroment) and WWF (2012).

These qualitative reflections, which came up during the research, highlight the need to quantify the un-sustainability of human habits and actions, in particular, concerning building and architectural choices and to define new rules related to the restoration of the ancient relationship site-building and the use of local resources. The analysis of existing buildings in Sedilo shows that traditional buildings are reputedly more befittigly than modern buildings (after 1970) especially if we consider environmental and energy criteria of building retrofit.

Methods

The process of synthesis of the analysis of existing building heritage of Sedilo allowed the definition of the sustainable aspects of the traditional architecture.
These aspects have been synthesized in 14 criteria-form that represent the main principles of urban and building sustainability found in Sedilo. They are:

- Relationship between building and its pertinence area (“corte”);
- Building orientation;
- Relationship Area/Volume;
- Relationship building-site morphology;
- Relationship Building-Services;
- Distance from pollution sources;
- Building matt shell;
- Natural lighting and screening systems;
- Natural ventilation;
- Reduction of energy consumption;
- Recovery and reuse of materials;
- Use of ecological materials compatible with traditional materials;
- Maintenance of water structure of territory and the reuse of meteoric water;
- Use of vegetation as natural bioclimatic regulator.

Every criteria-form includes the aspects of sustainability and of un-sustainability and the guidelines of environmental and energy building retrofit of existing building heritage. Guidelines are represented in three different forms according to the regulator instrument supposed and adopted:
- simple considerations followed for the definition of the intervention

in Urban planning experience of the historical centre;
- eco-responsible rules for building to complete the technical standards of implementation of local restoration plans;
- evaluation forms for a local protocol of energy and environmental assessment of interventions on existing building heritage.

Results

It's difficult to introduce environmental and energy measures of building retrofit into historical contexts because these measures must be careful and must depend first of all on the preservation of existing architectural and historical heritage. At the same time, these rules are felt by inhabitants of historical centres as further bonds on their own properties.
Moreover, technicians are called to draw up new papers about their building choices.
They may seem as impediments to urban sustainable development. But, in reality, the rating systems processed are easy instruments for eco-responsible projects and buildings and their current use may address a real sustainable development based on the correct exploitation of local material and immaterial resources.
The aspects of sustainability and unsustainability studied during the analysis of the existing built heritage of Sedilo are translated in simple rules of eco-responsible building that exploit the natural interaction between the building and the site where it was built and that are included among the technical standards of implementation of the local restoration plan. Then they are simply synthesized in evaluation forms that contain technical requirements of energy and environmental sustainability.
These evaluation forms are studied on existing international and national protocols based on multicriteria analysis (such as nationwide ITACA Protocols of Puglia, Tuscany, Umbria and Basilicata, and worldwide the LEED , BREEAM, HQE, CASBEE environmental assessment methods).
Their synthesis and adaptation to the studied context lead to the individuation of appropriate indicators of the environmental sustainability that, once converted into planning suggestions, will complete technical standards of implementation of local restoration plans and that, if supported by regional and local financings, may

promote local policies of sustainable development of the territory at economic, social and environmental scale.
Multicriteria evaluation systems are flexible instruments that can be easily adopted to a large urban scale of reference, by changing local environmental indicators and by adding new technical requirements according to the new context analysed.

3.2. A case-study at building products scale: materials, methods and results

Building environmental footprint and LCA procedure

Construction is not an environmentally friendly process by nature. The cumulative environmental impacts of building processes have been increasing in the world due to a large number of ongoing construction projects. Most of these impacts are related to the use and maintenance phases of a building. At the environmental level, the building sector is directly and indirectly linked to the consumption of a great amount of natural resources and to the production of a relevant quantity of residues. The use of improved materials and building technologies can contribute considerably to better environmental life cycle and then to the sustainability of buildings.
Life Cycle Assessment (LCA) is a systematic approach to evaluate the environmental impacts of products or processes during their whole life-cycle. It is basically quantitative, and it considers the material and energy flows. The methodology is born in the industrial sector and has been developed and used for long time, but it was only standardized in 1996, by the International Organization for Standardization (ISO14040-42). The LCA fits perfectly with the level of single product or material, but it is generally accepted to be applied for building products and whole building, too. Environmental performance is generally measured in terms of a wide range of potential effects, such as global warming potential, stratospheric ozone depletion, formation of ground level ozone (smog), acidification of land and water resources, eutrophication of water bodies, fossil fuel depletion, water use, toxic releases to air, water and land.
LCA is very important to compare several possible alternative solutions, which can bring about the same required performance but which differ in terms of environmental consequences.

With the development of energy-efficient buildings and the use of less-polluting energy sources, the contribution of the material production and end-of-life phases is expected to increase in the future.
The aim of the list of the impact categories is to represent a quantified image of the environmental impacts and aspects caused by the object of assessment during its whole life cycle.
It is widely recognised in the field of Building Sustainability Assessment that LCA is the best method for evaluating the environmental pressure caused by materials, building assemblies and the whole life-cycle of a building. Although there are several recognized LCA tools, these tools are not extensively used in building design and most of building sustainability assessment and rating systems are not comprehensive or consistently LCA-based. Reasons for this failure are above all related to the complexity of the stages of a LCA. Besides being complex, this approach is very time consuming and therefore normally used by experts at academic level. For these reasons most of the building sustainability assessment methods have relied on singular material proprieties or attributes, such as recycled content, recycling potential or distances travelled after the point of manufacture.
The two most important barriers to the quantification of the environmental indicators and therefore to the incorporation of LCA in rating systems are: a lack of LCI data for all building products and the inherent subjectivity of LCA. Environmental Product Declarations (EPD) are a good source of quantified information of LCI environmental impact data. In order to potentiate their use, rating systems should be based in the same LCA categories. Nevertheless, at the moment, there are important limitations on this approach, since there is only a small number of companies either having or making publicly the EPD of their products.
This research presents some solutions to overcome the difficulties in using an LCA-based approach to support decision-making which aims at promoting lower environmental building design since the earlier design phases. The development of evaluation methods based on the most common sustainable indicators actually used and present in scientific literature, as the embodied energy of the most used building technologies and materials, is a good solution to overcome some of the presented barriers that are hindering the widespread use of the LCA-based approaches by the design teams.

Methods

The third part of the research, starting from the scientific description of LCA procedure, presents a simpler procedure of sustainability evaluation, according to an LCA-based approach, to support the design phase of a retrofit intervention of a traditional existing building. The procedure proposed by the research analyses different retrofit solutions of a traditional matt shell in basalt in terms of embodied energy. Data about the embodied energy of the technical solutions selected derive from scientific literature and consider only the non renewable embodied energy calculated in MJ equivalents. Using these simple data, designers are able to take with more awareness the earlier decisions about materials choice.
The research compares six different retrofit solutions of an external wall in basalt:
- internal insulation board in EPS material;
- internal insulation board in cork material;
- external insulation board in EPS material;
- external insulation board in cork material;
- double insulation boards in EPS material;
- double insulation boards in cork material.

All the different solutions present similar thermal performance:
- a steady state thermal trasmittance below 0,40 W/m^2K;
- a dynamic thermal trasmittance below 0,12 W/m^2K;
- the absence of internal condensation phenomena.

Which solution was calculated in terms of total embodied energy of the whole shell's section.

Results

Firstly, quantitative results highlight that natural insulation boards, like coark boards, are more ecological in terms of embodied energy than EPS ones. Secondly, they underline the importance, in a comparing process, of correctly defining the functional unit, which is the quantity of material able to ensure best performance.
More generally, from the qualitative point of view, the first result emerging is the actual sustainability of the retrofit of an existing building component, such as a traditional wall in basalt, instead of the realization of a new one in terms of resources consumption and

manufacturing residues.
Factors that increase the ecological footprint of a new building based on a common local constructive process are:
- the predominance of wet working procedures and the manufacturing waste resulting;
- a high number of working phases;
- use of inferior materials, usually slow performing and provided with huge environmental burden (due to extraction, transportation, use of toxic substances, short-life related to incompatibility with other materials);
- a greater energy consumption for the building management, due to heat loss through thermal bridges, the slow exploitation of solar gain and passive air-conditioning systems, the unsuitable thermal mass and building envelope energy efficiency, the over engineering of cooling and heating systems;
- lack of attention at the decision-making level to the maintenance phase and its importance in terms of environmental and energy burden.
During the decision-making phase, it is important to be careful about the following points focused on the respect for the environment:
- more usage of prefabrication and assembly of building elements in the building site, less appeal to transportation from the factory to the building site, limitation of packaging;
- reduction of working phases;
- use of really ecological materials (such as plant or animal products, pollutant additive free, made through slow energy processes, made by fast renewable raw material, reusable or made by secondary raw material, locally manufactured and marketed);
- low energy consumption for the building management, due to a greater attention to thermal bridges elimination, the solar gain exploitation and the use of passive systems thanks to a correct building localization, efficient building envelope materials, cooling and heating systems powered with renewable energy sources;
- more attention at the decision-making level to the maintenance phase, planning the substitution of not well-functioning building elements through dry techniques and assembly processes.
This may seem to be an extremely critical point of view about local building processes, but the truth is that most local building

workers follow these procedures, and it happens for these reasons: a summary knowledge about building techniques and its problems; an insufficient attention to existing building potentiality and a slow cognizance of its "energy memory"; indifference to environmental issue; lack of awareness of importance of our choices; use of proved building materials and constructive techniques and reluctance to experiment innovative solutions and new materials; a local market blind to environmental issues and to ecological materials; the absence of a strong regional and local policy that promotes eco-responsible actions.

Another result of this work is the certification, thanks to LCA-based approaches, that lots of materials were commonly marketed as "ecological", when in fact they were not. The target of "ecological" must be defined in terms of CO_2 emissions, energy consumption, water and raw materials use, euthrophication, soil acidification, toxicity, depletion of the ozone layer, photosmog formation and residues' production.

We know that embodied energy is not sufficient to assess the whole life-cycle of a product, but it allows to develop simple evaluations about environmental sustainability in the early design phases. And it is a first step towards a more complete procedure of environmental assessment in building sector where the only requirements considered are technical-type.

4. Conclusions

In light of early assumptions and results obtained, this research demonstrates how, in a bottom-up approach, we could use multicriteria evaluation systems and LCAs analysis to support a more ecologically sustainable policy.

The use of these procedures allows to make eco-responsible choices and to build with due respect to environment.

By combining considerations arising from LCA studies and from green building common procedures, we can define a protocol composed of guidelines for environmentally sustainable planning. The application of these methodologies to a real context allows us to find technical standards able to interpret and to reevaluate local characteristics.

In view of the huge italian historical building heritage and agreed

assertion that restoring an existing building is more ecologically sustainable than new building, we can use these instruments by defining technical standards of environmentally sustainable implementation in local restoration plans.
The analysis of local context must be not only about historical building, but also about the following characteristics:
- natural and climatic environmental factors (such as data about umidity, rainfall and sunlight);
- environmental, water and energy resources and, in particular, renewable sources already existing or persuable;
- anthropogenic environmental risk factors;
- local resources and products.
These factors would allow us to pursue the following goals:
- in the absence of regional legislation, to develop local urban plans based on environmental sustainability from city plans of implementation to building design, taking care to ensure water and energy saving, soil permeability, use of reusable, local and healthy building materials;
- to place actual national legislation about environmentally sustainable building in local context, in order to characterize the effective and efficient players of local sustainable development;
- to suggest to technicians eco-responsible actions in the building materials and techniques choice process;
- to promote building restoration to rivitalise thinly populated or unpopulated areas as our historic town centres are.
The research does not intend to obstruct the use of certain materials by promoting other ones, or to discredit local building processes.
Its main purpose is to pursue a capillary action of communication and awareness towards local authorities, technicians, economic operators, citizens, so as all parties could be aware of social benefits of sustainable housing and could become protagonists of change.
This is the path indicated by this research in order to contribute to sustainable development at the local level in the building field.
It is an “environmental” development that intends to value local natural capital in order to improve environmental, architectural quality and the urban settlements’ healthiness.
It is an “economic” development by promoting the harmonious development of that area and its productive activities.

It is a "social" development because it needs synergies and participating stakeholders, that represent at the same time the protagonists and the acquirers of change. This work represents the starting point for larger research that needs to be continuously kept up-to-date. It is desirable to extend the study to a larger scale in order to promote the sharing of local natural, productive and social resources.

Ringraziamenti

Giunta alla conclusione del mio corso di Dottorato di Ricerca sono molte le persone che desidero ringraziare.
Ringrazio i miei relatori, il prof. Ulrico Sanna e il prof. Carlo Atzeni per non aver mai cessato di credere in questo progetto e per i preziosi suggerimenti che mi hanno aiutato nella costruzione e nello sviluppo dell'attività di ricerca.
Ringrazio tutti i docenti e colleghi che in questi anni hanno avuto modo di esaminare il mio lavoro di ricerca, a partire da quelli interni al Collegio di questo corso di dottorato, a quelli incontrati nelle esperienze seminariali di Cagliari, Camerino, Napoli, Istanbul, Milano, dai quali ho ricevuto importanti consigli utili per la definizione del programma finale di ricerca.
Ringrazio di cuore il prof. Alessandro Greco e la prof.ssa Monica Lavagna, per la disponibilità e per le competenze dimostrate nell'esaminare in modo rigoroso e obiettivo il mio lavoro di tesi in qualità di *referee* esterni.
Ringrazio Adriano, compagno di vita, di viaggio, di lavoro, di studi, che ha avuto la pazienza di supportarmi e sopportarmi in alcuni momenti critici di questa importante esperienza.
Un ringraziamento speciale va a mia madre e a mio padre, che anche in quest'occasione mi sono stati vicini, hanno preso in custodia me e il mio tesoro più grande, consentendomi di portare a termine il lavoro iniziato.
Grazie a Caterina, che ha condiviso in ogni istante della sua vita questo lavoro di ricerca, aspettandomi con pazienza e comprendendone l'importanza: a lei dedico tutti i miei sacrifici, quelli appena fatti e quelli futuri, sull'esempio datomi dai miei genitori.

L'antropizzazione del territorio. Agro sedilese (2010).

Introduzione

L'attività sviluppata nell'ambito del Corso di Dottorato di Ricerca e qui presentata costituisce il proseguimento del percorso formativo (Laurea Magistrale in Ingegneria Edile - Architettura con tesi sul recupero in ambito urbano e Master in Recupero del patrimonio storico architettonico rurale della Sardegna) e delle esperienze lavorative (nel campo della manualistica sul recupero dei centri storici, piani particolareggiati) finora intrapresi.
Il punto di partenza è il patrimonio naturale e architettonico esistente, la sua conservazione e il suo recupero finalizzati a salvaguardare i caratteri storici e architettonici identitari, e, in particolare in questa ricerca, anche a metterne in risalto il valore ambientale secondo un approccio rivolto alla sostenibilità degli interventi che lo riguardano.
In questo quadro di riferimento, l'obiettivo principale della ricerca è quello di individuare le strategie e gli strumenti che consentano di compiere azioni eco-responsabili nell'ambito del progetto e della costruzione.
Il primo passo è volto ad analizzare i caratteri del rapporto tra l'uomo e l'ambiente a partire dall'accezione storica della loro dipendenza e dalle modalità d'interazione tra l'uomo e l'ecosistema che, con il tempo, hanno determinato effetti dannosi su entrambi con conseguenze non sempre prevedibili e rimediabili. Comprendere le cause, il contesto e le conseguenze del modo incurante dell'uomo di usare le risorse è fondamentale per riuscire poi a gestirle in modo responsabile.
La letteratura e l'iter legislativo degli ultimi sessant'anni hanno individuato nella 'sostenibilità' l'unica strada percorribile e nello 'sviluppo sostenibile' l'unica possibilità di crescita per poter tramandare alle future generazioni lo stesso patrimonio naturale che le generazioni attuali hanno ereditato dai propri avi.
Poichè l'edilizia rappresenta uno dei settori più impattanti sull'ambiente (assieme ai trasporti e all'industria), il secondo passo è quello di individuare le cause degli impatti nell'ambito territoriale, dell'organismo edilizio e dei suoi componenti, e di analizzare le strategie e gli strumenti finora adottati per porvi rimedio, volti principalmente alla conservazione e all'utilizzo responsabile del capitale naturale esistente.

La ricostruzione dello stato dell'arte nell'ambito della sostenibilità ambientale in edilizia, prendendo come riferimento il quadro normativo nazionale ed internazionale, è fondamentale per capire in che modo poter operare in quei contesti dove ancora non sono state attuate politiche realmente *environmentally friendly* e dove ancora non si è legiferato in merito, come ad esempio in Sardegna.
Gli strumenti individuati in questa ricerca consistono in norme tecniche specifiche, che promuovono le azioni eco-responsabili in ambito urbano, e in procedure di verifica della sostenibiità ambientale degli interventi consentiti. Questi vengono proposti a partire dall'ambito comunale ad integrazione dei piani attuativi locali e diventano, in questo modo, subito operativi. Nello specifico, si basano su requisiti qualitativi e quantitativi che incentivano i *modus operandi* volti a limitare il consumo del suolo, a limitare gli spostamenti con mezzi di trasporto, a contenere il consumo energetico, a promuovere le fonti di energia rinnovabile, a sfruttare al meglio i fattori geografici e climatici del sito, a limitare il prelevamento delle risorse materiali e idriche con azioni che favoriscono il riciclo e il riuso, a optare per soluzioni costruttive e tecnologiche eco-responsabili che guardino anche al benessere e alla salute dell'uomo.
Tra gli strumenti individuati per progettare e costruire in modo eco-responsabile nell'ambito dell'organismo edilizio, è stata approfondita la procedura di analisi del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment,* L.C.A.) che può avere come oggetto di studio un prodotto edilizio, un processo costruttivo o un intero edificio e che fa riferimento, anch'essa, al contesto in cui si opera.
Tale procedura consente di determinare in termini qualitativi e quantitativi gli impatti sull'ambiente di una qualsiasi attività di produzione di beni o di servizi svolta dall'uomo e valutata durante l'intero arco della sua vita. Il suo utilizzo in architettura ha lo scopo di determinare, in maniera più oggettiva possibile e attraverso dati quantificabili, il carico ambientale del patrimonio architettonico costruito e degli interventi da realizzare, il peso ambientale delle scelte di carattere tecnico-costruttivo e tecnologico e dei materiali da costruzione impiegati. È uno strumento fondamentale se si pensa alle potenzialità di applicazione nel campo della valutazione della sostenibilità ambientale. Può supportare il *modus operandi* eco-responsabile non solo dei progettisti, ma anche dei costruttori, dei

produttori, degli impresari, degli enti pubblici e dei soggetti privati.
Gli strumenti individuati nell'ambito della ricerca, oltre ad orientare la progettazione e la costruzione verso la sostenibilità ambientale in architettura, grazie al loro stretto legame con il territorio, risultano essere capaci di innescare piccole realtà produttive locali in grado di promuovere azioni sinergiche di sviluppo sostenibile.
Questa ricerca, offrendo anche esempi di applicazione degli strumenti individuati a casi-studio reali, intende costruire un modello e presentare ipotesi di azione nell'ambito edilizio sardo nel pieno rispetto dell'ambiente e delle risorse, consapevoli dei *know how,* delle relazioni sociali e delle potenzialità produttive locali.
Intende perciò essere non un punto di arrivo, bensì un punto di partenza per uno sviluppo futuro dello studio e dell'applicazione di tale approccio ad una scala più estesa e al suo adattamento ai diversi ambiti specifici locali.

La tesi si compone di tre parti articolate in 6 capitoli e di un capitolo conclusivo che raccoglie le considerazioni elaborate e ipotizza possibili scenari di sviluppo della ricerca. In appendice vengono invece riportati i risultati del caso-studio affrontato nell'ambito della pianificazione attuativa.

PARTE I: La prima parte raccoglie gli strumenti, gli indicatori e le procedure di valutazione della sostenibilità ambientale disponibili in letteratura.

CAPITOLO 1: Il primo capitolo introduce le problematiche relative alla questione ambientale partendo da un'analisi del rapporto tra uomo e ambiente e ricostruendo il percorso legislativo e epistemologico di affermazione del tema dello sviluppo sostenibile.

CAPITOLO 2: Il secondo capitolo riporta le tematiche affrontate negli ultimi decenni nei dibattivi internazionali e nazionali in materia di sostenibilità ambientale individuando le azioni politiche e normative e restituendo il quadro degli strumenti utilizzati in ambito edilizio.

PARTE II: Nella seconda parte della tesi viene sviluppata una procedura di approccio alla sostenibilità ambientale nell'ambito della pianificazione attuativa nel contesto regionale sardo supportata da un caso-studio frutto dell'esperienza professionale personale maturata durante l'attività di ricerca.

CAPITOLO 3: Nel terzo capitolo vengono individuati i soggetti attuatori

La natura e le sue risorse. Agro sedilese (2010).

e gli strumenti operativi con cui poter promuovere politiche eco-responsabili nell'ambito di progetto e di costruzione, nello specifico in quei contesti ancora privi di apparati di supporto normativi.

CAPITOLO 4: In questo capitolo viene riportata un'esperienza professionale personale maturata nell'ambito della pianificazione attuativa in un piccolo centro della Sardegna. Viene proposta e in parte sperimentata, per la prima volta a livello regionale, una procedura che integra i consueti strumenti di pianificazione con azioni promotrici di interventi eco-responsabili sul costruito.

PARTE III: Questa sezione è dedicata all'analisi di strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale alla scala dell'edificio e dei suoi componenti e all'individuazione di strategie progettuali eco-responsabili nell'ambito degli interventi di recupero volti all'efficientamento energetico e alla valutazione della compatibilità ambientale del patrimonio architettonico storico.

CAPITOLO 5: Nel quarto capitolo viene presentata la metodologia *Life Cycle Assessment*, e le potenzialità del suo possibile impiego a supporto dei sistemi qualitativi di valutazione della sostenibilità ambientale. Vengono descritte le diverse fasi della procedura secondo le norme di riferimento UNI EN ISO 14040-14044. Si affrontano infine le problematiche e i limiti di applicazione inerenti la procedura e vengono presentati casi-studio applicati in campo architettonico.

CAPITOLO 6: Sulla base dell'approccio *Life Cycle Assessment* viene qui riportata una possibile procedura di progettazione eco-responsabile e eco-consapevole nell'ambito di un intervento di recupero di un edificio tradizionale. L'indicatore o eco-attributo preso in considerazione è l'energia incorporata e le soluzioni poste a confronto riguardano l'efficientamento energetico di una muratura perimetrale in basalto.

CAPITOLO 7: Nella parte conclusiva del lavoro vengono riportate alcune considerazioni sulla ricerca svolta, le risposte che essa fornisce in riferimento agli obiettivi attesi e i possibili sviluppi futuri dell'attività.

APPENDICE: Vengono qui riportate per esteso le indicazioni normative e le schede dei requisiti di sostenibilità ambientale elaborate nell'ambito del Piano Particolareggiato del centro matrice di Sedilo.

PARTE PRIMA

L'antropizzazione del territorio. Burgos (foto di M. Denti, 2013).

La prima parte della tesi è interamente dedicata alle problematiche ambientali in generale e alla sostenibilità ambientale in edilizia.
È una sezione di carattere teorico concepita con il chiaro intento di denunciare la gravità delle problematiche affrontate e di sensibilizzare al rispetto del 'capitale naturale' pervenutoci, sopratutto in riferimento a quell'ambito, l'edilizia, attualmente considerato come uno dei settori più impattanti, assieme a quello dei trasporti e dell'industria.
In un mondo orientato al consumo crescente di risorse al fine di raggiungere condizioni di benessere reputate "maggiormente confortevoli" e che non percepisce, in questo suo modo spregiudicato di attingere alle risorse, la causa del suo malessere futuro, è fondamentale ripercorrere le tappe che hanno segnato il rapporto di irresponsabile dipendenza tra l'uomo e l'ecosistema, attraverso qualche richiamo epistemologico tratto dalla letteratura volto ad individuare le principali cause e gli effetti che ne scaturiscono, sopratutto in termini di impatti ambientali.
Sulla base di questo quadro di riferimento, è importante ripercorrere le azioni di denuncia e di rimedio sostenute dalle correnti maggiormente sensibili alle problematiche ambientali e che hanno iniziato il lungo e lento cammino legislativo e attuativo verso la definizione di politiche di tutela del capitale naturale e di promozione di *modus operandi* eco-responsabili.
Si tratta di azioni di sostenibilità ambientale che, nell'ambito dell'edilizia, possono essere analizzate a livello territoriale, dell'edificio e delle soluzioni costruttive adottate.
In questi ultimi sessant'anni sono state definite strategie e sono stati sviluppati strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale applicati in abito internazionale e nazionale, che, partendo da analisi qualitative e quantitative (in termini di *input* e *output*) del contesto di studio, consentono di individuare possibili linee di azione e di sviluppo sostenibili, volte a garantire il benessere individuale attraverso la conservazione del capitale naturale collettivo.
Questo è in sintesi quanto trattato nella prima parte della ricerca a cui fanno riferimento e si ricollegano la seconda e la terza parte, dove viene sviluppata una metodologia di approccio alla sostenibilità ambientale in edilizia nell'ambito di uno specifico contesto di studio.

“Beard non era del tutto scettico in materia di cambiamenti climatici. Rappresentavano una delle svariate voci nell’elenco delle tragedie incombenti che fanno da sfondo ai notiziari; lui si teneva informato, deplorava moderatamente la situazione e si aspettava che il governo prendesse seri provvedimenti. Naturalmente sapeva che una molecola di biossido di carbonio assorbe energia nella banda dell’infrarosso, e che l’umanità stava immettendo ragguardevoli quantità di tali molecole nell’atmosfera. A livello personale, tuttavia, aveva altri pensieri. E poi lo lasciavano tiepido certi dissennati commenti sui presunti “pericoli” del mondo, sulla catastrofe verso la quale era avviata l’umanità, sulle metropoli costiere destinate a scomparire travolte dalle acque, i raccolti votati alla distruzione, e le centinaia di milioni di profughi pronti a spostarsi in massa da una nazione all’altra, da un continente all’altro, sospinti da siccità, alluvioni, carestie, uragani e incessanti conflitti a causa delle risorse sempre più scarse.”

(Ian Mc Ewan, *Solar*)

1. L'uomo e l'ambiente

In passato e ancora oggi le questioni ambientali non destano nel nostro Paese le dovute preoccupazioni, a differenza di quanto invece accade nei confronti di tematiche più prossime e di riscontro immediato nella vita sociale, come la criminalità, la droga, la corruzione, ecc.[1].

In queste considerazioni i *media* hanno giocato finora un ruolo fondamentale favorendo le notizie di cronaca alle informazioni inerenti l'ecosistema, l'uomo e il loro rischio di sopravvivenza.

In questi ultimi anni in realtà qualcosa sta cambiando. La società si sta dimostrando maggiormente sensibile alle tematiche ambientali; i *media* sono più attenti alle informazioni relative ai "pericoli" in cui incorrono l'uomo e l'ambiente; le azioni politiche accennano a favorire una condotta eco-responsabile che non pregiudichi la qualità della vita, anche se ancora in modo poco convincente ed efficace.

È importante, in questo quadro di riferimento, imparare a riconoscere il valore sociale delle cose e non solamente quello economico, estimativo, estetico e filosofico[2], per poterci approcciare ad esse con senso di responsabilità. E questo senso di responsabilità non deve dar luogo ad azioni isolate, bensì deve discendere da un approccio olistico[3] nel senso aristotelico[4] del termine. Deve scaturire da una visione condivisa più ampia che comprenda l'analisi del contesto e lo studio dei sistemi socio-culturali, ecologici ed economici esistenti, prendendo in esame le loro interazioni e analizzando le conseguenze positive e negative di eventuali modifiche del loro stato[5].

Il senso di responsabilità è necessario in tutti i settori e a tutte le scale. Ancor più nell'ambito dell'edilizia dove il consumo delle risorse materiali ed energetiche, l'emissione di sostanze inquinanti e la produzione di rifiuti contribuiscono in modo sempre più rilevante al depauperamento dell'ecosistema.

Le cause dell'impoverimento dell'ecosistema e le conseguenze che questo provoca nel breve e lungo termine sono oggetto di studio in questo capitolo. Ad esse si è voluto accennare, anche se in modo sintetico, per capire l'attualità e l'importanza delle problematiche relative alla questione ambientale. Alla base di questa analisi è emerso il difficile rapporto tra l'uomo e l'ambiente, mutato nel corso

dei secoli e giunto a noi attraverso il pensiero di filosofi e studiosi.
L'interazione tra il sistema umano e il sistema ambientale ha generato delle conseguenze spesso difficili da prevedere e talvolta sottovalutate dalla maggioranza.
In questi ultimi decenni sono stati studiati diversi provvedimenti e diverse soluzioni alternative affinché si ponesse un limite all'uso dell'energia non rinnovabile e al depauperamento dell'ecosistema. Tuttavia tali misure non sono state accolte dappertutto allo stesso modo. Questo fa si che i buoni propositi di paesi virtuosi vengano costantemente vanificati da azioni sconsiderate di paesi in cui ancora non si è diffusa la conoscenza e la cultura dell'eco-rispetto e della eco-responsabilità.

1.1. *Media*, comunicazione e ambiente

Rispetto alla nascita del pensiero ecologista, i mezzi di informazione hanno iniziato ad occuparsi della crisi ecologica con un certo ritardo. Secondo Colombo (1995)[6], la stampa, in particolare, ha iniziato ad entrare nel dibattito inerente le problematiche ambientali solo dopo che gli eventi di maggiore gravità erano già accaduti, senza aver apportato alcun contributo alla loro previsione.
Tutt'oggi, sebbene l'informazione sull'ambiente non sia marginale, tuttavia, non sembra assumere la rilevanza che meriterebbe.
Nonostante gli eventi catastrofici si stiano verificando con una certa ciclicità, e nonostante questi suscitino nell'immediato un certo interesse mediatico e pubblico, di fatto, con il cessare dell'emergenza, si continua a trascurare i temi ambientali e le eventuali soluzioni per prevenire i disastri.
Inoltre, i *media*, che si occupano della diffusione delle notizie, adottano sempre più spesso uno stile informativo tendente al catastrofismo.
Colombo (1995) sostiene che l'impostazione dell'informazione data risponde a criteri di "vendibilità"e di "notiziabilità" e si assolve in minima parte alla funzione informativa e per nulla a quella preventiva.
Al momento, i soggetti che si occupano della comunicazione ambientale sono le associazioni ambientaliste, i comitati spontanei, la comunità scientifica, l'area della formazione, la Pubblica Amministrazione, il terzo settore, il mondo dell'impresa, gli artisti e operatori della

comunicazione, i *mass media*, i giornalisti, i divulgatori e il cittadino, considerato non solo un utente finale ma anche un amplificatore e un elaboratore (Balzaretti, Gargiulo, 2009)[7].

Questo grande sistema appare piuttosto ricco e variegato e, nonostante le sue potenzialità, presenta dei limiti riconducibili alla poca collaborazione tra i soggetti e la mancanza di un coordinamento capace di concretizzare l'enorme massa di informazioni e di flussi comunicativi prodotti.

Occorre costruire perciò un sistema consapevole e collaborativo in cui si riduca il marasma di *target* e linguaggi diversi e al quale confluiscano obiettivi precisi e condivisi.

In questi ultimi decenni si è aggiunto un elemento sicuramente interessante che potrebbe condurre all'equilibrio tra la comunicazione specializzata, i sistemi sociali e la comunicazione dei *media*.

Si tratta del tema della *sostenibilità ambientale* e del suo convergere verso quello che può essere definito "*business* ambientale" e della relativa espansione di tutto ciò che è correlato alla comunicazione di impresa in logiche di *marketing* orientate all'ambiente.

La sostenibilità ambientale è stata ed è attualmente la più forte risposta messa in atto dalla società per provare a gestire i problemi legati alla questione ambientale e alle esigenze di sviluppo della società.

Balzaretti e Gargiulo definiscono la sostenibilità una teoria 'riformista' e 'neopositivista'.

'Riformista' in quanto individua nella tecnologia lo strumento per far evolvere il sistema superando i danni dello sviluppo.

'Neopositivista' in quanto intuisce che il sistema economico, sociale e ambientale debbano essere in equilibrio[8] (Balzaretti, Gargiulo, 2009). Come asseriscono i due autori, tale stabilità è continuamente minacciata dal prevalere della declinazione economica su quella ambientale e sociale.

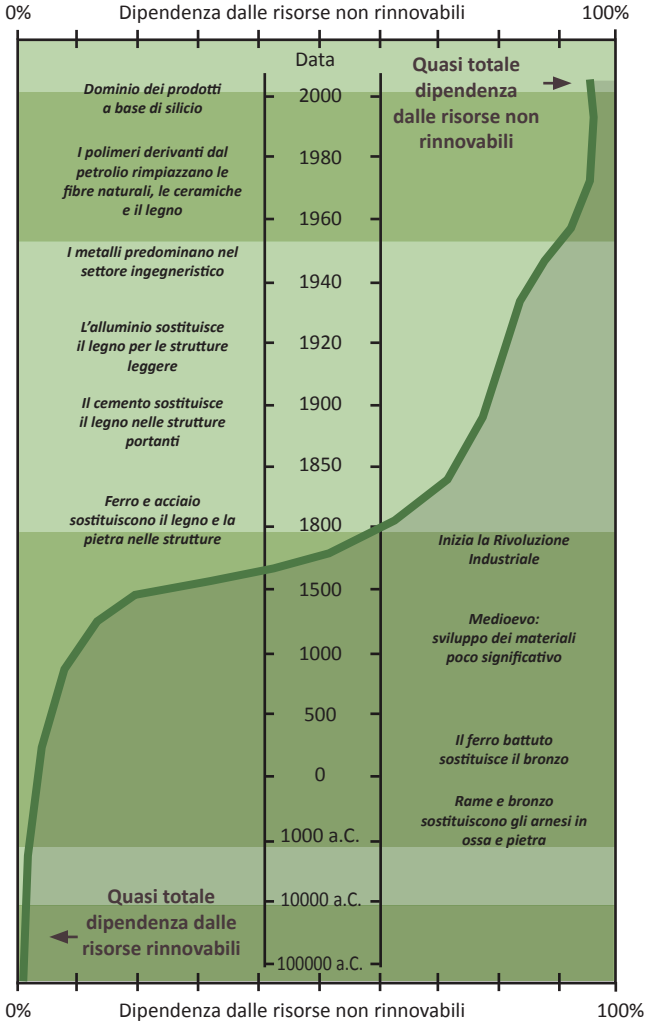
Accade infatti che il sistema economico supporta, fino talvolta ad imporsi nelle sue forme promozionali, la comunicazione ambientale di stampo pubblico ed istituzionale e quella sociale. Questo anche grazie al sostegno dei *media,* sui quali esercita una forte influenza, e alla loro capacità di offrire e divulgare comunicazioni ambientali che appaiono al pubblico sicuramente gradevoli e meno perturbanti.

Quello che di fatto stiamo vivendo è un bombardamento mediatico,

più intenso nei periodi emergenziali, che tenta di promuovere le proprie politiche di *marketing* facendole passare per attività di sensibilizzazione disinteressate.
Il settore dell'edilizia, che è uno dei maggiori imputati per quanto riguarda il consumo di energie, l'impiego di risorse e la produzione di rifiuti, si vede anch'esso sempre più subissato da metodi costruttivi e prodotti etichettati come 'ecologici' o approcci definiti 'ecosostenibili', che in realtà si rivelano poco chiari, supportati da false, incomplete o ancora non certe informazioni di base.
Questa ricerca parte proprio da qui. Dall'esigenza di far chiarezza tra tutti questi *spot* di *marketing* edilizio che si autoproclamano come 'amici dell'ambiente' e che approfittano della poca conoscenza diffusa in materia di problematiche ambientali.
Lo fa analizzandone le cause e gli effetti connessi all'ambito edilizio e individuando gli strumenti che, in tal senso, aiutano a sviluppare una propria consapevolezza in materia di ecologia e tutela dell'ambiente e supportano *modus operandi* eco-responsabili.

1.2. L'uomo e la dipendenza dalle risorse non rinnovabili

Le attività umane producono impatti sull'ambiente.
Finché questi sono di una certa entità, la natura riesce ad assorbirli, senza che vi resti alcuna traccia del danno. Ma quando, come spesso accade, tale soglia viene superata, la natura non è più in grado di rispondere, diminuendo la qualità dello stesso ambiente e minacciando il benessere delle future generazioni.
Infatti, il nostro attingere "spregiudicato" dalla natura ha portato nel corso dei millenni, oltre alla dipendenza dalle risorse, ad una distruzione e ad uno spreco che non ripagheranno nei lunghi tempi la collettività né in termini economici né in termini sociali (Tiezzi, 2001), soprattutto se si tiene conto della differenza dei ritmi di evoluzione dei tempi biologici e dei tempi storici[9].
La dipendenza dalle risorse, prima rinnovabili poi non rinnovabili, ha iniziato il suo percorso di crescita vertiginosa a partire dalla Rivoluzione Industriale fino a raggiungere, ai nostri giorni, il massimo livello (vedi schema nella pagina a fronte).
L'Organizzazione delle Nazioni Unite per lo Sviluppo Industriale (*United Nations Industrial Development Organization*, UNIDO), in



Rielaborazione dello schema riportato da Ashby in Materials and the Environment *(2012). Rappresenta la crescente dipendenza dell'uomo dalle risorse non rinnovabili nella storia. Oggi raggiunge ben il 96% secondo i dati riportati dall'USGS (agenzia scientifica degli Stati Uniti che si occupa di fenomeni geologici) nel 2002.*

occasione di uno degli eventi collaterali che hanno avuto luogo alla Conferenza delle Nazioni Unite sullo Sviluppo Sostenibile, tenutasi a Rio de Janeiro dal 20 al 22 giugno, ha presentato un interessante rapporto intitolato *Green economies around the world? Implications of resource use for development and the environment*[10], redatto da M. Dittrich, S. Giljum, S. Lutter e C. Polzin.

Questo studio è il primo che viene fatto sullo sviluppo dei flussi di 'risorse' (nel rapporto viene usato il termine '*materials'* e comprende le biomasse, i vettori di energia fossile, i minerali e i metalli) a livello mondiale tra il 1980 e il 2008 e rivela dati importanti utili per valutare se vi siano e quali siano le realtà che possono concorrere al titolo di "Green Economies".

I primi dati che meritano una riflessione sono relativi all'incremento dell'estrazione, commercio e uso delle 'risorse' negli ultimi trent'anni: in media ogni essere umano ha consumato circa 10 tonnellate di 'risorse' nel 2008, 1,6 tonnellate in più rispetto a quelle consumate nel 1980.

Gli unici periodi in cui questo *trend* di crescita ha incontrato degli arresti sono due: nel 1981, dopo la seconda crisi petrolifera[11] e nel 1990/91, in seguito alla dissoluzione dell'Unione Sovietica.

Dal 2000 in poi invece ha subito un incremento notevole principalmente dovuto alla crescita vertiginosa della Cina e degli scambi con il mercato asiatico.

L'Asia infatti oggi estrae, esporta, importa e consuma circa la metà del quantitativo di 'risorse' consumate a livello globale. L'Europa, invece, è la più grande importatrice, mentre l'America Latina e l'Australia sono i maggiori fornitori di 'risorse' nel mercato internazionale.

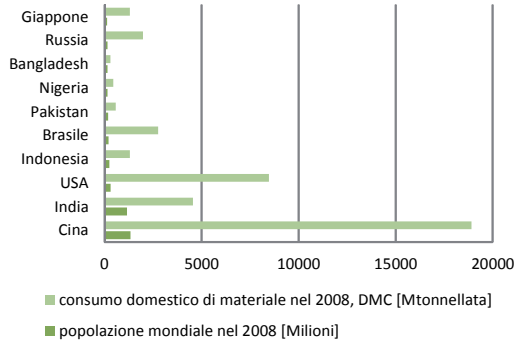
Il grado di dipendenza dell'uomo dalle risorse è ormai talmente elevato che è sempre più difficile tornare indietro.

Privarsi di una cosa dalla quale si dipende fortemente rende impossibile e difficile la vita senza. E la dipendenza conduce allo sfruttamento quando le questioni economiche prevalgono sui fini utilitaristici. Scrive Tiezzi (2001):

> "*Ora che cominciamo a viverne le conseguenze sulla nostra pelle e ne intuiamo la gravità, continuiamo a stare immobili, mascherando con l'indifferenza la nostra paura di cambiare il nostro stile di vita e di rinunciare agli sprechi*".

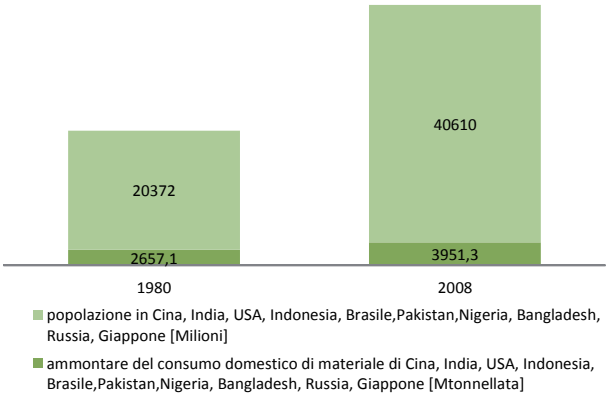
1.2.1. Il consumo delle risorse

Negli ultimi trent'anni, si legge nel rapporto della UNIDO, l'estrazione delle sostanze è aumentata dell'80% fino a raggiungere i circa 70 miliardi di tonnellate del 2008, dei quali più del 70% trattasi di risorse materiali non rinnovabili, come i combustibili fossili, i metalli e i minerali.
I maggiori quantitativi di 'risorse' provengono dall'Asia: minerali (utilizzati per le costruzioni e per l'industria), metalli (ferrosi e non ferrosi), combustibili fossili (antracite, petrolio greggio, gas naturale) e biomasse (provenienti dall'agricoltura, dagli allevamenti, dalle foreste).



Uso domestico delle 'risorse' e abitanti per nazione nel 2008 (Dati tratti da DITTRICH, et alii*, 2012).*

Nel grafico qui sopra vengono riportati i dati relativi alle nazioni che nel 2008 hanno registrato un consumo maggiore di sostanze (tra essi la Cina, gli Stati Uniti, l'India, il Brasile e la Russia)[12]. Tale dato è legato alla crescita demografica[13] che si sta registrando in questi stessi paesi negli ultimi decenni. Analizzando gli stessi dati[14] a distanza di una trentina di anni (vedi grafico a seguire), dal confronto dei valori complessivi di popolazione e 'risorse' consumate relativi alle annate 1980 e 2008 delle stesse aree geografiche citate nel grafico precedente, si riscontra come questi due *trend* abbiano seguito una crescita notevole; la si può definire di tipo "esplosivo" se estesa agli ultimi duemila anni e se riferita a tutta la popolazione mondiale[15].



Confronto dell'uso domestico dei materiali e abitanti di un gruppo di nazioni nel 1980 e nel 2008 (Dati tratti da DITTRICH, et alii*, 2012).*

In questo quadro di riferimento diventa fondamentale comprendere come le risorse vengano impiegate nel settore delle costruzioni e quanto sia importante farne un uso più responsabile alla luce delle problematiche ambientali attuali.
Ashby, nel suo manuale dove illustra le tecniche di scelta eco-responsabile dei materiali che compongono un qualsiasi prodotto, suggerisce una strategia basata su quattro fasi principali:
- l'inventario dei requisiti essenziali del prodotto, distinti in funzione, limiti, obiettivi e variabili non fondamentali (*function, constraints, objectives, free variables*);
- il vaglio dei materiali in base ai limiti imposti dal lavoro che il prodotto dove svolgere (*screen using constraints*);
- la cernita dei materiali in base agli obiettivi (*rank using objectives*);
- la ricerca approfondita sui materiali selezionati in base alle analisi precedenti, e la scelta del materiale che meglio risponde ai criteri di selezione e più si avvicina alla scelta ottimale.
Tale procedura, che può essere supportata anche da un sistema informatizzato (ad esempio mediante *software* come CES Edu, in grado di produrre grafici finali basati su uno o più criteri di selezione dei materiali) basato su una raccolta dati costantemente aggiornata sulle proprietà di tutti i materiali, vecchi e nuovi, potrebbe risultare un buono strumento di progettazione sensibile alla questione ambientale.
A tal fine, tra i requisiti comunemente posti alla base della scelta

dei materiali di realizzazione (minor costo, minore massa e volume, minori dispersioni termiche e elettriche), bisognerebbe prendere in considerazione anche il minor consumo di risorse (materiche, energetiche e idriche), il minor quantitativo di emissioni inquinanti, il minor quantitativo di rifiuti prodotti in fase di realizzazione e dopo la dismissione del prodotto, e il minor impatto ambientale.

Il cammino verso l'efficienza dell'uso delle risorse non è semplice. Questo viene sistematicamente ostacolato da barriere tecniche, economiche, legislative e sociali.

A livello tecnico, ad esempio, sono ancora pochi i prodotti ideati per essere disassemblati facilmente o studiati lungo l'arco di tutta la loro vita in modo tale che eventuali parti dismesse possano rientrare a far parte di nuovi cicli di produzione dello stesso tipo di materiale o di materiali diversi. Questo perché ancora si investe poco sulla ricerca e sullo sviluppo delle tecnologie ambientali per via dei prezzi di mercato proibitivi e manca la cooperazione tra università, istituti di ricerca e industrie.

Un altro fattore importante è la carenza di personale sufficientemente qualificato con formazione adeguata a far fronte alle problematiche inerenti l'implementazione, la manutenzione e l'utilizzo di tecnologie ambientali.

A livello economico, i prezzi di mercato di beni e prodotti rispecchiano generalmente i soli costi economici diretti relativi alla loro produzione e non i costi indiretti derivanti dal loro impatto ambientale e sanitario.

Un abbassamento di tali costi indiretti, mediante l'adozione di tecnologie ambientali, non avendo un riscontro remunerativo sui prezzi di mercato, si tradurrebbe in un aggravio economico aggiuntivo per le imprese. Questo porta a investire poco nelle tecnologie ambientali, soprattutto da parte di imprese che si trovano a competere su mercati altamente competitivi e quindi con ristretti margini economici.

A livello di *marketing,* i prodotti provenienti da processi produttivi basati su tecnologie sensibili all'ambiente sono visti dai consumatori con una certa diffidenza e sono perciò considerati poco 'desiderabili'.

A livello legislativo, le tasse inflitte ai produttori non sensibili alle questioni ambientali non incidono ancora in modo efficace sul prezzo finale del prodotto.

Alla base del cammino che conduce alla maggiore efficienza nell'uso

delle risorse vi deve essere la consapevolezza condivisa che il nostro benessere e la qualità della nostra vita dipendono da una serie di azioni coscientemente responsabili e che, a partire da queste, si possono poi costruire politiche di intervento che favoriscono il cambiamento, attraverso gli *standards* e le direttive, e opportunità di mercato più redditizie.

1.2.2. L'uomo, i materiali e l'ambiente

Il settore delle costruzioni ha da sempre avuto un gran peso nel consumo delle risorse ed in particolar modo dei materiali.
Il processo costruttivo richiede infatti una grande mole di materiali come la sabbia e pietrisco per il confezionamento del calcestruzzo, o i metalli o i combustibili fossili, necessari sia nella fase di realizzazione sia nelle fasi di gestione, manutenzione e successive modifiche.
Alcune di queste sostanze sono presenti in natura in una abbondanza tale che non prestiamo attenzione al loro uso sconsiderato. Altre però, essendo di difficile approvvigionamento a causa della loro localizzazione, scarsa abbondanza o difficile estrazione e/o lavorazione, ci fanno capire che il loro impiego avventato non può protrarsi a lungo.
Secondo Ashby, gli elementi in natura che normalmente utilizziamo sono 92, i più dei quali sono metalli. Questi, in seguito ai processi litogenetici (processo magmatico, sedimentario e metamorfico) e in seguito alle azioni degli agenti esterni naturali e animali, sono presenti in natura sotto forma di minerali (principalmente ossidi, solfati e carbonati). Per poterli estrarre e utilizzare occorre dunque un grosso impiego di energia che alimenti i processi di scavo, di separazione ed estrazione.
Considerato che il settore ingegneristico adopera ogni anno 10 miliardi di tonnellate di materiali (Ashby, 2011) tra idrocarburi, acciaio, alluminio, polimeri, legno, calcestruzzo, asfalto, cemento, laterizi, vetro, e da qualche tempo le fibre di carbonio, è facile comprendere l'incidenza del settore in materia di consumi di risorse.
Fare delle considerazioni sui materiali maggiormente utilizzati non è cosa facile perché i dati variano a seconda dell'unità di misura che si considera. Tuttavia, quantificare il consumo dei materiali con la giusta unità di misura è importante al fine di valutare gli impatti che

si ripercuotono sull'ambiente e che risultano essere direttamente proporzionali al quantitativo di materiale consumato.

1.2.3. L'uomo, l'energia e l'ambiente

La risorsa che più di ogni altra ha stravolto lo stile di vita dell'uomo è l'energia. L'energia è la causa di tutte le trasformazioni: utilizzando il linguaggio della termodinamica, "l'energia è formalmente definita come la capacità di dare lavoro" (Baldo, 2008). Prima era l'uomo, o gli animali per lui, a compiere lavoro affinché l'energia si trasformasse da una forma ad un'altra. Poi si è passati ai macchinari alimentati da fonti energetiche esterne. Queste fonti possono essere di quattro tipi:

- il sole, che dà l'impulso ai fenomeni legati ai venti, alle onde, all'acqua e ai processi fotoelettrici;
- la luna, che innesca le maree;
- il decadimento radioattivo dovuto agli elementi instabili presenti sin dalla creazione della terra che forniscono il calore geotermico e l'energia nucleare;
- gli idrocarburi, ovvero l'energia solare nella forma fossile.

Secondo i dati forniti dall'International Energy Agency (I.E.A.)[16] relativi al consumo finale di energia nel 2009 a livello mondiale, il 66,6% dell'energia proviene dai combustibili fossili (dal carbone nella misura del 10% circa, dal gas naturale circa il 15,2% e dai prodotti petroliferi circa il 41,4%), il 17,3% proviene dall'energia elettrica, e il restante 16,1% deriva dalle fonti rinnovabili, biomasse, biogas, rifiuti industriali e municipali, energia nucleare, geotermica, eolica e solare.

Questa tendenza, per via della crisi economica mondiale, sarà confermata anche per i prossimi anni. Lo conferma quanto avvenuto nel 2013: il basso costo ha fatto sì che aumentasse in Europa l'uso del carbone rispetto alle altre fonti energetiche.

Ritornando ai dati forniti dall'I.E.A., l'energia trova impiego per il 30,6% nei trasporti, per il 30,5% nell'industria (comprendente anche i processi di lavorazione degli stessi materiali), per il 27,2% nel settore residenziale (inclusa l'energia necessaria per il riscaldamento, il raffrescamento e l'illuminazione delle abitazioni), per il 9,4% nel terziario e per il restante 2,3% nell'agricoltura.

Questi dati mettono in evidenza la nostra pedissequa dipendenza dai combustibili fossili con tutte le conseguenze che ne scaturiscono.
Limitarne la nostra dipendenza comporterebbe infatti sia porre un freno all'esaurimento delle scorte di petrolio e gas, previsto entro i prossimi 45-60 anni secondo una stima statica del rapporto riserve-consumi[17], sia ridurre le emissioni nocive, sia ristabilire rapporti civili e non di sottomissione e sfruttamento con i paesi fornitori della materia prima.
Un primo passo verso tali obiettivi venne fatto a partire dagli anni Settanta quando si sviluppò l'analisi tecnico - energetica a seguito delle crisi petrolifere del 1973 e del 1979[18] e del conseguente aumento del costo dell'energia. In quel periodo, si iniziarono ad intraprendere studi relativi alle trasformazioni energetiche, agli apporti realmente incidenti nei vari processi di trasformazione nei settori maggiormente energivori (trasporti e industria) e ad ipotesi di fonti energetiche alternative rinnovabili che potessero sostituire quelle comunemente usate classificate come esauribili in tempi brevi.
Le fonti di energia rinnovabile finora individuate comprendono quelle ricostituibili naturalmente o artificialmente in tempi brevi (energia derivante dal sole e dall'attrazione gravitazionale della luna) e quelle "quasi inesauribili" costituite dal calore endogeno della terra e dall'utilizzazione dell'energia di fusione e fissione nucleare (Baldo, 2008).
Assieme alle fonti di energia rinnovabile, bisogna valutare anche le tecnologie di impiego ad essa legate che non sono così *energy free*. La loro realizzazione richiede infatti una spesa energetica non certo trascurabile.
Per poterla valutare in modo trasparente occorre tenere in considerazione due indicatori: la *resource intensity* e la *material intensity* (Ashby, 2011).
La prima tiene conto dell'energia impiegata per la realizzazione, del suolo occupato dall'installazione, dell'energia prodotta in fase di utilizzo e delle emissioni rilasciate.
La seconda fa riferimento al quantitativo e al tipo di materiale necessario per la fabbricazione (infatti l'eventuale impiego di elementi considerati critici a causa della loro scarsità o difficoltà di estrazione non renderebbe tale tecnologia così tanto rinnovabile).
Confrontando le diverse sorgenti energetiche rinnovabili in base al

quantitativo di capitale materiale e di energia necessari per la loro produzione, emerge, ad esempio, quanto siano sconvenienti i sistemi fotovoltaici nei climi temperati dove la loro capacità di funzionamento è ridotta.

Analizzando invece l'energia di costruzione del sistema e quella (convertita in elettricità) da esso generata, emerge che i tempi di recupero dell'investimento sui sistemi idroelettrici e sull'eolico siano molto inferiori rispetto a quelli previsti per i sistemi fotovoltaici o marini che sfruttano il dislivello delle maree (Ashby stima 1-2 anni per i primi, 3-10 anni per i secondi).

Allo stesso tempo, nonostante la combustione dei carbon fossili produca un quantitativo di CO_2 notevolmente superiore (ben trenta volte) rispetto alle fonti rinnovabili, l'analisi delle emissioni rilasciate in fase di costruzione e d'installazione dei sistemi captanti e di trasformazione delle fonti rinnovabili, dimostra che esse non sono del tutto esenti dal rilascio di CO_2.

Il sistema che maggiormente si avvicina alla definizione di *carbon free*, dagli studi fatti da Ashby, è quello che sfrutta la geotermia in superficie, per le basse emissioni rilasciate e che si concentrano durante la fase di costruzione e d'installazione.

Da queste considerazioni emerge quanto sia complesso il tema energia, sopratutto in virtù delle componenti che occorre valutare nella sua stima. In ogni caso, nessuna fonte energetica alternativa può da sola supplire il quantitativo di energia attualmente in uso. Tuttavia ogni stato può studiare il mix energetico alternativo che meglio si confà al proprio clima e al proprio territorio.

Per poter studiare un mix energetico adeguato occorre prendere in considerazione il *Gross Energy Requirement* (GER) del sistema.

Questo indicatore include l'energia diretta del sistema (energia di funzionamento), l'energia indiretta (energia necessaria alla produzione e consumo dell'energia e dei materiali di processo) e l'energia di *feedstock* (energia contenuta nei materiali potenzialmente combustibili che sono utilizzati come tali e non come combustibili). Tutti gli altri apporti energetici (come ad esempio l'energia fornita dai lavoratori e l'energia per il loro trasporto sul posto di lavoro, e in alcuni casi anche l'energia di investimento) vengono usualmente trascurati per via della loro bassa incidenza rispetto agli altri.

1.2.4. L'uomo, l'acqua e l'ambiente

L'acqua è la terza risorsa dalla quale dipendiamo maggiormente. Il settore dell'edilizia è imputata non solo di un grosso consumo di energia e di materie prime, ma anche dell'uso di un quantitativo significativo di acqua dolce.
L'impiego dell'acqua ricorre soprattutto nella fase estrattiva dei materiali, durante le fasi di separazione dei componenti dei composti minerali e nelle fasi di pulitura, nel raffreddamento nei processi termici, nella preparazione di materiali da costruzione e nella messa in opera secondo sistemi costruttivi a umido.
Se paragonato all'uso che ne fanno il settore agricolo e l'industria, i dati di consumo nel settore edile non sono preoccupanti.

1.3 Gli effetti ambientali

L'interazione tra il sistema umano e il sistema ambientale lo si può riassumere nelle azioni di prelevamento delle risorse dall'ambiente e nel rilascio di varie emissioni all'ambiente stesso. Sia le estrazioni sia le emissioni sono forme di impatto ambientale e in quanto tali producono effetti sull'ecosistema.
Tali effetti possono avere una estensione più o meno ampia. In base alla loro scala d'azione si parla di effetti a livello locale (quando gli effetti si manifestano nelle immediate vicinanze di un sito produttivo, di una strada o di una discarica), a livello regionale (se si manifestano in una determinata area geografica), a livello globale (quando hanno ripercussioni sull'intero pianeta). Questo aspetto dipende dalle caratteristiche fisico-chimiche dell'emissione che genera l'effetto e naturalmente dalle condizioni ambientali.
Nella valutazione dell'inquinamento ambientale bisogna tener conto sia delle emissioni (emanazione di sostanze nocive), sia delle trasmissioni (ovvero delle trasformazioni che subiscono le sostanze una volta che interagiscono con l'ambiente) sia delle immissioni (concentrazione o deposito di inquinanti nel luogo d'azione).
Di seguito si riportano alcuni dei principali effetti ambientali determinati dagli impatti delle emissioni, delle immissioni e delle trasmissioni delle sostanze nell'ambiente.

Denominazione effetto ambientale	Descrizione	Scenario
EFFETTO SERRA	L'effetto serra è un fenomeno naturale utile alla regolazione della temperatura terrestre e al mantenimento della vita su di essa. Esso infatti favorisce il bilanciamento delle radiazioni provenienti dal Sole e le radiazioni infrarosse riflesse dalla Terra mediante l'azione filtrante di alcuni gas presenti nell'atmosfera, quali l'anidride carbonica (CO_2), i clorofluorocarburi (CFC), gli idrofluorocarburi (HFC), i perfluorocarburi (PFC), l'esafluoruro di zolfo (SF_6), il metano (CH_4), il biossido e gli ossidi di azoto (N_2O e NO_x), l'ozono (O_3) e altri[19].	L'aumento di questi gas provoca il conseguente aumento della capacità dell'atmosfera di trattenere il calore e il conseguente surriscaldamento del pianeta (*Global Warming*). A ciò è legato, secondo il rapporto di diversi studiosi[20], il manifestarsi di fenomeni estremi come gli uragani, i temporali, le inondazioni, la siccità, o di fenomeni di vasta portata come lo scioglimento dei ghiacci polari, l'innalzamento del livello delle acque e l'immersione delle terre basse, la desertificazione e la migrazione di alcune specie animali dalle zone tropicali. Ancora non è possibile prevedere con esattezza l'entità e la tempistica del manifestarsi di questi cambiamenti climatici. Tuttavia, recenti studi[21] hanno previsto un innalzamento della temperatura di 4 gradi centigradi entro il 2060; evento che, oltre ad avere delle conseguenze disastrose per l'ambiente, avrebbe delle ripercussioni catastrofiche anche sull'economia e gli stili di vita di tutte le popolazioni, ma soprattutto sui Paesi più poveri.
ASSOTTIGLIAMENTO STRATO DI OZONO	L'ozono (O_3), situato all'altezza di 15-60 km dalla crosta terrestre, svolge la funzione fondamentale di assorbire quasi interamente le radiazioni ultraviolette provenienti dal Sole evitando l'insorgere di tumori alla pelle e la debilitazione del sistema immunitario. La concentrazione dell'ozono in questa fascia della stratosfera varia a seconda della latitudine, della stagione (esposizione alle radiazioni UV) e della presenza di particolari sostanze (CFC, HCFC, tetraclorometano).	A seguito dell'eccessiva concentrazione di sostanze come i CFC, gli HCFC, e il tetraclorometano (contenute in alcuni spray, negli estintori, nei solventi clorurati per il lavaggio a secco, nelle vernici a base di solventi vengono prodotte dagli aerei supersonici e nei processi di refrigeramento e di condizionamento dell'aria e nella fase di schiumaggio dei polimeri) avviene la rarefazione della fascia di ozono per via della trasformazione dell'ozono in ossigeno molecolare.
ACIDIFICAZIONE	Il fenomeno dell'acidificazione si verifica in seguito alla deposizione secca o umida di ossidi di azoto (NO_x) e di ossidi di zolfo (SO_x) che, a contatto con goccioline di acqua, danno origine ad acidi (acido nitrico HNO_3 e acido solforico HSO_4) particolarmente insidiosi nei confronti delle superfici sulle quali si depositano, come i terreni boschivi, i terreni coltivati, le falde acquifere e i monumenti.	L'origine di questo fenomeno è da individuare nel settore agricolo, a causa della presenza di ammoniaca nel letame degli animali, nei trasporti, per via dei mezzi che rilasciano gas esausti come SO_2, NO_x e composti organici volatili (COV), nell'industria, nei siti di conversione dell'energia, nelle abitazioni e negli uffici dove si fa largo uso di elettricità, gas, combustibili e riscaldamento.
EUTROFIZZAZIONE	L'eutrofizzazione è un fenomeno legato alla eccessiva presenza di sostanze nutrienti nei terreni e nelle acque, quali i fosfati (PO_4), i nitrati (NO_3), gli ossidi di azoto (NO_x), l'ammoniaca (NH_3), l'ossido di azoto (N_2O) e l'azoto gassoso (N_2).	I nitrati e i fosfati sono presenti prevalentemente nei concimi e nei fertilizzanti comunemente utilizzati in agricoltura, nelle acque di scarico urbane, nelle fogne, nei reflui industriali e negli scarichi dei mezzi di trasporto. L'eccessiva presenza di queste sostanze nei terreni favoriscono la lenta scomparsa della varietà di colture e la crescita smisurata di alghe nei bacini idrici con conseguente moria di pesci e inquinamento delle acque.
FORMAZIONE DI SMOG	A seconda dell'intensità dell'insolazione si distinguono due tipi principali di smog: lo smog fotochimico, che si origina soprattutto d'estate alle nostre latitudini quando la temperatura ambientale non si abbassa al di sotto dei 18 gradi centigradi, e lo smog invernale, dovuto principalmente alle emissioni di SO_2.	Lo smog fotochimico, *photosmog*, è generato da reazioni chimiche catalizzate dalla luce degli ossidi di azoto (NO_x) e dei composti organici volatili (COV) provenienti dalla combustione dei combustibili fossili e di materiale vegetale, dall'evaporazione di solventi, ma anche dall'azione dei fulmini e di vari processi microbiologici. Lo smog fotochimico è facilmente individuabile per il suo colore giallo-arancio-marroncino dovuto alla presenza nell'aria di grandi quantità di biossido di azoto (NO_2). I problemi che derivano dalla formazione del *photosmog* sono legati alla salute dell'uomo (per via delle malattie che provoca all'apparato respiratorio), all'intossicazione di piante e animali e al degrado dei monumenti quando si deposita sotto forma di piogge acide.

Denominazione effetto ambientale	Descrizione	Scenario
TOSSICITÀ	Le tossine sono delle sostanze velenose che si generano da processi naturali o sintetici e che si possono accumulare nell'aria, nell'acqua o nel suolo sino a contaminare, attraverso la catena alimentare, animali e uomini.	Esistono sostanze prodotte naturalmente, da processi microbiologici, o sinteticamente che la natura non riesce a smaltire e che in seguito all'accumulo e all'assunzione diventano tossiche e dannose per la salute umana provocando tumori e leucemie, danni al sistema nervoso e ai tessuti epatici e cerebrali. Le tossine che si diffondono via aerea provengono dai pesticidi, dalla combustione di alcuni idrocarburi (pirene, benzoprene e benzene), dal tabacco, dai particolati di amianto, berillio, piombo, mercurio e cromo, dal cloruro di vinile, dalle diossine, dai COV contenuti nei solventi, dalle polveri radioattive provenienti da eventuali esplosioni atomiche o incidenti alle centrali nucleari. Le sostanze tossiche presenti nelle acque provengono dai metalli pesanti, dai pesticidi e da altre sostanze chimiche e dai processi di percolazione di sostanze tossiche che, laddove non è presente un sistema di impermeabilizzazione, si riversano nelle acque e nei suoli contaminando raccolti e animali.
ESAURIMENTO DELLE RISORSE	Il problema del consumo delle risorse è legato alla diminuzione delle riserve, ovvero delle risorse rinnovabili e non rinnovabili via via conosciute, disponibili e utilizzabili, a seguito delle attività umane, e al loro non essere più reinseribili nel nostro processo produttivo.	Data la dinamicità e la variabilità nel tempo del rapporto tra 'risorse' e 'riserve', non è semplice, in base al grado di conoscenza geologica dei giacimenti minerari e agli sviluppi tecnologici relativi al loro sfruttamento, stabilire con esattezza il livello di esauribilità di una risorsa. Finora si è tenuto conto dei dati indicativi del rapporto tra riserve accertate e i consumi delle materie prime. Tuttavia per poter usufruire di dati non influenzabili da molteplici interessi, si dovrebbero prendere in considerazione i dati relativi al rapporto tra il consumo di una risorsa e la sua produzione annuale, che rappresenta un parametro di riferimento (in anni) dell'uso e della disponibilità della risorsa.
RIFIUTI	Il problema dei rifiuti è di forte attualità. Ad esso sono legati la diminuzione degli spazi da adibire al loro smaltimento, le conseguenze che questi apportano nei luoghi in cui sorgono, come la contaminazione del suolo e delle acque sotterranee, gli odori, i rischi di esplosione, i gas tossici che emettono in caso di incendio e le problematiche legate al trasporto.	La soluzione è da ricercare nell'azione sinergica di produttori e consumatori. Infatti basterebbe indirizzare le scelte progettuali da parte dei produttori a politiche di riduzione degli imballaggi, di riuso o riciclo del prodotto, o ad una durata più lunga e, allo stesso tempo, una attenzione più marcata nel fare la raccolta differenziata o nel pensare ad una eventuale seconda vita del prodotto stesso da parte dei consumatori. Sarebbe opportuno anche introdurre alla scala comunale o provinciale i distretti produttivi ambientali, ovvero distretti in cui tra le diverse fabbriche/aziende si instaurano rapporti di scambio dei propri scarti di produzione che possono divenire risorse secondarie di produzione.

Schema di sintesi dei principali effetti ambientali valutati nell'ambito di analisi ambientali di un qualsiasi processo.

1.4 Lo sviluppo sostenibile

L'espressione "sviluppo sostenibile" è una delle espressioni più inflazionate nell'ultimo decennio.
Il termine 'sviluppo' sostituisce il termine 'crescita', ampiamente utilizzato nell'economia tradizionale, a denotare il carattere qualitativo

(a livello politico, sociale e istituzionale) dei cambiamenti auspicati, e non legato solamente agli aspetti quantitativi (di crescita del P.I.L.).
L'aggettivo 'sostenibile' stabilisce gli obiettivi e i limiti ai quali tale sviluppo deve mirare: deve essere capace, infatti, di salvaguardare la *carrying capacity* del pianeta, cioè "la capacità di portare, di sostenere la popolazione e tutte le forme viventi (vegetali e animali) di cui l'uomo e la natura hanno bisogno per sopravvivere" (Tiezzi, Marchettini, 1999).
Questi concetti vennero trattati per la prima volta alla fine degli anni Sessanta in due saggi scritti da Kenneth Boulding e Herman Daly[22] e divennero successivamente la base di una nuova disciplina economica chiamata *Ecological Economics* che intendeva subentrare all'economia neoclassica integrando il tradizionale sistema economico con quello ecologico.
Da questo approccio integrato nasceva il 'sistema stazionario', considerato "la culla della sostenibilità", nel quale doveva valere la simbiosi tra uomo e natura e al quale avrebbero dovuto ispirarsi tutti i sistemi economici.
Tale sistema si doveva basare sui "flussi naturali rinnovabili di energia e di risorse della natura, senza accelerare la crescita e la distruzione delle risorse non rinnovabili e dell'ambiente" e non sui concetti di 'crescita', 'accumulo', 'aumento' promossi dall'economia neoclassica che portano ad un "fittizio immediato benessere, che sarà inevitabilmente seguito da un rapido e irreversibile declino" (Tiezzi, Marchettini, 1999).
L'economia tradizionale individua nel P.I.L. il miglior indicatore per misurare l'economia nazionale e il benessere.
Ma se l'esaurimento delle risorse e il degrado venissero considerati quali fattori nei *trends* economici, ciò che emergebbe sarebbe un quadro radicalmente differente da quello descritto dai metodi convenzionali.
Esaminato dal punto di vista ambientale, infatti, il P.I.L. evidenzia che nessun valore viene dato alla distruzione e al degrado ambientale e il valore delle risorse naturali è nullo. Anzi, le spese di ripristino e di rimedio agli eventi eccezionali, come possono essere le misure di abbattimento dell'inquinamento, le cure per la salute, sono considerate come contributi positivi al P.I.L. visto che comportano spese per beni e servizi economici.

A proposito di P.I.L., scrive l'economista inglese Kenneth Boulding del suo saggio del 1966:

> "*Il Prodotto Interno Lordo (P.I.L.) è come la regina rossa del racconto di Alice* Al di là dello specchio*: corre più veloce che può e resta sempre ferma al suo posto. Il P.I.L. dovrebbe essere depurato dai costi della produzione di armi e di mantenimento degli eserciti, costi che non hanno niente a che fare con la difesa. Dovrebbe essere depurato anche dai costi del pendolarismo e dell'inquinamento. Quando qualcuno inquina qualche cosa e qualcun altro depura, le spese per la depurazione fanno aumentare il P.I.L., ma il costo dei danni arrecati dall'inquinamento non viene sottratto, il che, ovviamente, è ridicolo. Ho condotto una campagna per cambiare il nome del P.I.L. in C.I.L., cioè 'costo interno lordo' perché rappresenta quello che dobbiamo produrre per restare al punto di partenza o per fare minimi passi avanti. Il consumo è una forma di degrado, è una cosa negativa, non positiva. Il prodotto fisico finale della vita economica è rappresentato dai rifiuti".*

La nascita delle nuove teorie di sviluppo sostenibile e dell'*Ecological Economics* fa si che al binomio 'lavoro' e 'capitale' promossi dall'economia tradizionale, se ne aggiunga un terzo: il 'capitale naturale', ovvero il patrimonio tralasciatoci dai nostri avi, che occorre salvaguardare per garantire il vero benessere.
Oggi il termine 'sostenibilità' assume diverse accezioni, tutte di carattere positivo e progressivo in riferimento al contesto nel quale viene usato. Ashby non usa mezzi termini a questo proposito:

> "*Sustainability is a word that has come whatever the user wants it to mean. To a political party it means votes. To large corporations it means staying in business and continuing to grow. To an oil company it is the future after oil*".

In questo clima contrastante, in cui dominano, da un lato, un progresso mai raggiunto prima nel settore scientifico e, dall'altro, una crisi che riguarda la psicologia umana, la distruzione della natura, l'aumento della disoccupazione giovanile e l'abbassamento della qualità della vita, la sostenibilità rappresenta "la via del male minore" e la speranza che chi verrà dopo di noi possa ereditare un sistema almeno simile al nostro.

Migliore sarebbe impossibile, perché indietro non si può tornare.
A proposito di sostenibilità, scriveva Jonas nel 1979 (tratto da Furiosi, 2003, pp.66-67):

> *"L'uomo contemporaneo è responsabile non solo per l'esistenza futura, ma anche per la qualità dell'esistenza dell'umanità futura: l'uomo di oggi ha il dovere di garantire agli uomini di domani per lo meno un essere così, cioè una dignità e una possibilità di capacità almeno pari a quelle da lui possedute. La responsabilità dell'uomo si estende oltre la propria specie, su tutta la natura nelle sue molteplici forme"*.

1.4.1 Lo sviluppo sostenibile: definizione

Il padre del concetto di 'sviluppo sostenibile' è considerato Herman Daly, economista americano dell'Università del Maryland che, dopo aver pubblicato diversi scritti sullo stato stazionario e sull'economia sostenibile, scrive nel 1990 sui principi operativi dello sviluppo sostenibile.
Tali principi sono:
- il tasso di uso delle risorse rinnovabili non deve superare il loro tasso di rigenerazione;
- l'immissione di sostanze inquinanti e di scorie nell'ambiente non deve superare la capacità di carico dell'ambiente stesso;
- lo *stock* di risorse non rinnovabili deve restare costante nel tempo graduandone la velocità di prelievo e rapportando questa alla velocità di creazione di sostituti rinnovabili.

I presupposti di una effettiva gestione sostenibile delle risorse, auspicata con l'attuazione di questi tre principi, sono la distribuzione delle ricchezze (l'uguaglianza economica marxiana) e la crescita zero predicata da Malthus. Scrive infatti Daly:

> "*Una ricchezza sufficiente, mantenuta e allocata efficientemente, distribuita in modo equo e non per massimizzare la produzione, costituisce il giusto fine economico*".

Una crescita 'infinita' in un pianeta 'finito' e 'limitato' non è più sostenibile a lungo. Il prelievo irresponsabile dalla natura, considerata la crescita esponenziale demografica, presto potrebbe portare ad una

nuova selezione naturale.
Lo sviluppo sostenibile richiede perciò che sia mantenuto intatto il capitale naturale rinnovabile, che la velocità di sfruttamento delle risorse non rinnovabili sia bilanciata da quella di sfruttamento di un sostituto rinnovabile, e che qualsiasi attività umana tenga conto della capacità di carico della natura in modo da non tramandare alle generazioni future soli rifiuti e nessuna risorsa.
Per poter arrivare a questi tre principi fondamentali dello sviluppo sostenibile, è stato riconosciuto il legame indissolubile tra l'ecologia, l'economia e la termodinamica e la forte integrazione tra di essi. La termodinamica riveste, infatti, un ruolo basilare nella lettura dei problemi sia economici sia ambientali, come ebbe modo di anticipare Ilya Prigogine nei suoi scritti[23].
Introdurre i principi della termodinamica nella disciplina economica tradizionale, ha rivoluzionato alcuni concetti basilari.
Infatti, mentre per l'economia moderna il benessere è strettamente legato alla quantità dei beni materiali prodotti, per cui alla crescita del benessere corrisponde la crescita della produttività, per l'economia ecologica, basata sui principi dello sviluppo sostenibile, la crescita del benessere corrisponde all'equilibrio degli scambi tra l'uomo e la natura.
Questo non si traduce con l'immobilismo o con una visione pessimistica nei confronti della scienza e dell'innovazione tecnologica.
Scrivono Tiezzi e Marchettini a questo proposito:

> "*Se investiremo in questo capitale naturale, nella sua produzione rinnovabile, nella sua capacità di produrre ancor più ricchezza, costruiremo benessere e lavoro per le future generazioni, superando la strada senza uscita della falsa crescita economica, della monocultura industriale, delle obsolete tecnologie petrolchimiche*".

1.4.2 Il percorso epistemologico della sostenibilità

A partire dagli anni Sessanta l'epistemologia sulle problematiche ambientali si fece più vivace, soprattutto sulla base degli studi scientifici condotti e alla luce di eventi di particolare rilevanza dal punto di vista della tossicità e dell'inquinamento

ambientale verificatesi nei decenni a seguire (vedi il disastro di Seveso del 1976 e, dieci anni dopo, quello di Černobyl').
Scrive l'urbanista Campos Venuti in un suo scritto del 1980:

> "*Dopo il terremoto* [di Napoli il 23 Ottobre del 1980] *ci si domanda finalmente se è possibile oggi una economia 'indifferente' al territorio, una economia che destina alla convivenza dell'uomo con la natura soltanto le eccedenze degli scontri fra capitale e lavoro, fra inflazione e stagnazione, fra occupazione e produttività. Come se il terremoto non si incaricasse drammaticamente di ricordare in mille modi che non è più possibile fare i conti senza di esso*".

Accanto agli scritti di denuncia sulla questione ambientale e sull'eccessivo consumismo dei paesi sviluppati, in questo ultimo cinquantennio si sono verificati importanti eventi come la nascita di organismi internazionali di controllo, incontri tra le rappresentanze governative del mondo, la redazione di programmi contenenti indicazioni su come promuovere la gestione responsabile delle risorse, l'attuazione dei programmi mediante leggi nazionali, l'adozione di strumenti economici (tasse verdi, sussidi, incentivi) in grado di sensibilizzare sia i produttori sia gli stessi consumatori.
A seguire viene riportato un quadro cronologico riassuntivo dei principali eventi che hanno segnato negli ultimi cinquant'anni il percorso epistemologico che ha portato alla definizione di 'sostenibilità' e di 'sviluppo sostenibile'.
Questo *excursus* di date, eventi, pubblicazioni scientifiche, e realizzazioni importanti in architettura e nell'urbanistica non vuole essere esaustivo ma è utile tuttavia per comprendere come sia stato arduo e lungo il cammino verso la definizione di 'sviluppo sostenibile', quanti e quali siano stati gli attori coinvolti e quanto vasto sia il campo di definizione. Tale cammino ha richiesto l'azione sinergica di diverse figure e la partecipazione delle proprie conoscenze e competenze con l'obiettivo comune di poter conseguire benessere e qualità in un rinnovato equilibrio tra il sistema Uomo e Ambiente.
A livello operativo, il percorso è ancora arduo. Prevalgono ancora le realtà governative che ragionano in termini di 'crescita' e non di 'sviluppo' e questo non fa altro che produrre ulteriore depauperamento dell'ecosistema e rallentarne la capacità di reazione e azione.

1700 1800 1900 1910 1920

AVVENIMENTI

1914_ Inizio I Guerra Mondiale

1918_ Fine I Guerra Mondiale

REALIZZAZIONI

1896-1909_ La scuola d'Arte di Glasgow di C. R. Mackintosh (1868-1928)[28]

1908_ Gamble House a Pasadena (California) di C.S. Greene (1868-1957) e H. M. Greene (1870-1955)

1911_ Taliesin Est, Spring Green (Wisconsin) di F.L. Wright (1867-1959)

MOVIMENTI E PUBBLICAZIONI

1735_ *Systema Naturae* di C. von Linné, padre dell'Imperialismo)[24]

1789_ *The natural history and Antiquities of Selborne* di G. White (padre dell'Arcadismo)[25]

1854_ *Walden ovvero vita nei boschi* di H. D. Thoreau[26]

1860_ movimento Arts & Craft (1860-1910)[27]

1898_ Garden City Movement[29]

1908_ Movimento americano Arts & Craft[30]

1919-1933_ BAUHAUS[31]

1930 1940 1950

1928_ Creazione dei CIAM (Congresso Internazionale d'Architettura Moderna)

1938_ Inizio II Guerra Mondiale

1945_ Fine II Guerra Mondiale

1948_ IUCN (Unione Internazionale per la Conservazione della Natura)

1925_ Scuola di Bauhaus (Germania) di W. Gropius (1883-1969)

1933_ Casa Schminke (Germania) di H. Scharoun (1893-1972)

1939_ Villa Mairea (Finlandia) di A. Alto (1898-1976)

1946_ Prototipo della Wichita Dymaxion House (USA) di R. B. Fuller (1893-1983)

1948_ Villaggio di New Gourna (Egitto) di H. Fathy (1900-1989)

1960 1970

AVVENIMENTI

1961_ nasce il WWF[32]

1964_ I Conferenza UNCTAD (United Nations Conference on Trade and Development)[34]

1966_ Programma delle Nazioni Unite per lo sviluppo (UNDP)[35]

1971_ Viene fondata Greenpeace[40]

1972_ I Conferenza ONU sull'Ambiente Umano (UNCHE)[43]

1973_ guerra del Kippur tra Israele e Paesi Arabi[45]

1976_ Disastro di Seveso[47]

1976_ I Conferenza UN-Habitat[48]

REALIZZAZIONI

1960_ Città-Giardino di Puchenau (Austria) di R. Rainer (1910-2004)

1965_ Casa Bodker a Oslo (Norvegia) di S. Fehn (1924-2009)

1970_ Casa Marcia Haydée (Brasile) di J. Zanine (1919-2001)

1970_ Villaggio ecologico Arcosanti (USA) di P. Soleri (1919-2013)

1974_ Casa Moduli (Finlandia) di K. Gullichsen e J. Palasmaa

1976_ Ecoquartiere di Tinngarden (Danimarca) di T. Vandkunsten

MOVIMENTI E PUBBLICAZIONI

1962_ *Silent Spring* di R. Carson[33]

1966_ *The Economics of the coming spaceship Earth* di K. Boulding[36]

1968_ Nasce il Club di Roma[37]

1968_ *On Economics as a life science* di H. Daly[38]

1968_ *The Population Bomb* di P. Ehrlich[39]

1971_ *The Entropy Law and Economic Process* di N. Georgescu-Roegen[41]

1971_ *The Closing Circle* di B. Commoner[42]

1972_ *The Limit to Growth* del Club di Roma[44]

1973_ *The Shallow and the Deep, Long-Range Ecology Movements* di A. Naess[46]

1976_ *The Poverty of Power: energy and the economic crisis* di B. Commoner[49]

1977_ *Steady-State Economics* di H. Daly[50]

1980

1978_ *Solar architecture: a Passive Primer* di D. Wright[51]

1979_ I World Climate Conference (WCC)[52]

1979_ Seconda crisi petrolifera in Medio Oriente[53]

1979_ *Das Prinzip Verantwortung* di A. Naess[54]

1981_ *Genius Loci. Paesaggio, Ambiente, Architettura*di C. Norberg-Schulz[55]

1982_ Direttiva europea 82/501/CEE ('Direttiva Seveso')[56]

1983_ Istituzione UNCED (United Nations Conference on Environment and Development)[57]

1983_ *Basic Ecology* di E. P. Odum[58]

1984_ Disastro di Bhopal in India[59]

1985_ Convenzione di Vienna[60]

1985_ Protocollo di Helsinki[61]

1986_ Disastro di Cernobil[62]

1986_ Quartiere popolare economico (India) di B. Doshi

1986_ Aranya, Indore (India) di H. Fathy (1900-1989)

1987_ Protocollo di Montreal[63]

1987_ Rapporto *Our Common Future*[64]

1988_ Protocollo di Sofia[65]

1989_ Convenzione di Basilea[66]

1990

AVVENIMENTI

1990_ II World Climate Conference[67]

1991_ Convenzione Espoo[68]

1992_ Conferenza di Rio (II UNCED)[69]

1992_ Convenzione Helsinki[70]

1992_ V programma d'Azione Ambientale della U.E.[71]

1993_ Piano Nazionale di Sviluppo Sostenibile[72]

1994_ I Conferenza Europea sulle Città Sostenibili (Aalborg)[73]

1996_ II Conferenza Europea sulle Città Sostenibili (Lisbona)[74]

1997_ Conferenza di Kyoto[75]

1999_ I Forum a Davos[78]

REALIZZAZIONI

1991_ Quartiere Vauban (Friburgo)

1994_ Casa Marika (Australia) di G. Murcutt

1994_ Quartiere ecologico d'Eva-Lanxmeer (Paesi Bassi)

1995_ Intervento di Recupero di Colletta di Castelbianco di G. de Carlo (1919-2005)

1995_ Abitazioni d'emergenza di Shigeru Ban (Giappone)

1997_ Casa Papillon di Rural Studio (USA)

1999_ Esposizione universale Hannover (padiglione svizzero di P. Zumpthor)

MOVIMENTI E PUBBLICAZIONI

1997_ *The value of the world's ecosystem services and natural capital*, articolo scritto a più mani[76]

1997_ *Cities for a small planet* di R. Rogers[77]

2000 2010

2000_ Convenzione di Montreal[79]

2000_ Conferenza mondiale sul Costruire Sostenibile a Maastricht[80]

2001_ Convenzione di Stoccolma[81]

2002_ VI Programma d'Azione dell'U.E.

2002_ World Summit on Sustainable Development a Johannesburg (WSSD) [82]

2009_ III World Climate Conference

2012_ COP18 nel Qatar[84]

2001_ Quartiere eco-sostenibile di Malmo (Svezia)

2002 Quartiere ecologico di BedZed di B. Dunster (Gran Bretagna)

2008 Casa in terra di Martin Rauch (Austria)

2005_ *Ecological Architecture: a Critical History* di J. Steele[83]

Note

[1] Dall'indagine fatta dal Censis nel 2006 che ha intervistato un campione di giovani in merito ai problemi sociali più gravi, è emersa la seguente gerarchia delle problematiche sociali: criminalità, droga, immigrazione extracomunitaria, corruzione nella politica e nel mondo finanziario, prostituzione/tratta degli esseri umani, disoccupazione, problemi dell'ambiente, mala sanità, precarietà del lavoro, inefficienza dei servizi sociali, inefficienza della scuola, devianza giovanile, problemi delle carceri. Il documento dal quale è stata tratta l'indagine è disponibile su <http://www.anticorruzione.it/Portals/altocommissario/Documents/Altro/Giovani_e_ambiente.pdf>.

[2] Vedi in MAGAROTTO, E., 2009. *Tecnologie innovative per la valorizzazione dei beni culturali. Il caso dei rivestimenti di facciata*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore; pp. 16-27.
L'autrice, in questa sintesi del suo lavoro di dottorato di ricerca, analizza il processo di valorizzazione dei beni culturali e tenta di definire il concetto di valore di un bene, essendo fondamentale per l'individuazione della sua unicità e per poterne determinare l'intervento. Arriva alla conclusione che la sua definizione non è circoscrivibile ad un solo ambito, ma è molto più complesso in quanto racchiude in sé più sfaccettature riconducibili a diverse discipline, quali l'economia, la filosofia e l'estetica, la sociologia e l'estimo.

[3] L'aggettivo olistico è stato coniato negli anni Venti da Jan Christiaan Smuts (1870-1950) uomo politico, intellettuale e filosofo sudafricano, autore di *Holism and Evolution*, The MacMillan Company, Londra/New York, 1926.

[4] Aristotele nel IV secolo a.C. scrive nella sua raccolta di trattati intitolata *Metafisica*: "il tutto è più della somma delle parti".

[5] Vedi in AA.VV., 2009. *Habiter écologique. Quelles architectures pour une ville durable?*, Arles: Actes Sud, p. 48:

> "*Elle [l'approche holistique] comprend l'examen du contexte et l'étude des systèmes socioculturels, écologiques et économiques existants, ainsi que des interactions entre ces composants, suivis par l'analyse des conséquences positives et négatives d'éventuelles modifications de leur état.*"

[6] Vedi in COLOMBO, M., 1995. *Convivere con i rischi ambientali. Il caso Acna - Valle Bormida*. Milano: FrancoAngeli.
In questo testo l'autrice analizza il fenomeno dei rischi ambientali dal punto di vista sociologico. Nello specifico, nella prima parte, ripercorre la questione ambientale attraverso diversi autori, delinea le dimensioni del rischio sulla base dello studio territoriale e dell'analisi delle controversie e dei conflitti, dell'ecologia sociale e della comunicazione di massa.

[7] Vedi in BALZARETTI, E., GARGIULO, B., 2009, *La comunicazione ambientale: sistemi, scenari e prospettive. Buone pratiche per una comunicazione efficace*. Milano: FrancoAngeli.

I due autori, con il patrocinio della provincia di Padova, raccolgono in questo testo le "buone pratiche" in materia di comunicazione pubblica ambientale.

[8] Questi tre sistemi sono riconducibili ai principi dello sviluppo sostenibile che la Commissione Mondiale per l'Ambiente e lo Sviluppo (WCED, *World Commission on Environment and Development*), nota come Commissione Brundtland dal nome della sua presidente, delineò nel 1987 all'interno del proprio rapporto intitolato *Our common future*. Tale commissione individuò nell'equilibrio tra l'integrità ecologica, l'efficienza economica e l'equità sociale la risposta della società ai problemi legati alla situazione ambientale.

[9] Scrive Tiezzi: «I tempi biologici e i tempi storici seguono ritmi diversi. La storia documentata dell'uomo fino ad oggi (poche migliaia di anni) è un tempo trascurabile rispetto alla storia biologica della Terra, quasi un infinitesimo matematico e quindi un *flash* statico nella cultura biologica. Le grandi variazioni iniziate a livello planetario richiedono invece, perché si possano programmare gli opportuni rimedi, che i futuri dieci anni siano paragonati, dal punto di vista biologico, ai milioni di anni trascorsi e che quindi le analisi biologiche siano prioritarie rispetto alle esigenze "storiche" normali: uno studio storico classico non ha più le unità di misura passate e future per dirci che cosa succederà. Miliardi di anni, con una complessità e un'evoluzione irripetibili, sono stati necessari per creare il patrimonio biologico di una specie; nei prossimi decenni l'intervento dell'uomo sarà responsabile della scomparsa di una specie vivente ogni quarto d'ora». Vedi in TIEZZI, E., 2001. *Tempi storici tempi biologici. Vent'anni dopo*. Roma: Donzelli Editore, p. 79.

[10] DITTRICH, M., GILJUM, S., LUTTER, S., POLZIN, C., 2012. *Green economies around the world? Implications of resource use for development and the environment*. Vienna. Disponibile su <http://seri.at/wp-content/uploads/2012/06/green_economies_around_the_world.pdf>.

[11] La prima crisi energetica su scala mondiale si registra in occasione della guerra del Kippur nel 1973 quando i paesi arabi decidono l'embargo sulle esportazioni petrolifere. Questa prima "crisi del petrolio" segna anche l'inizio di una politica di restrizione dell'offerta da parte dei paesi arabi esportatori di petrolio, finalizzata a far aumentare il prezzo del greggio sui mercati internazionali. Il repentino aumento del prezzo del petrolio causa una altrettanto rapida recessione nei paesi importatori. Ad accusare il colpo sono prevalentemente i paesi industrializzati con un forte ribasso della produzione (P.I.L.) e rialzo dei prezzi e della disoccupazione. La seconda crisi energetica si verifica dopo la rivoluzione iraniana del 1979 a seguito dell'incremento del prezzo del petrolio creando grandi difficoltà di approvvigionamento energetico in tutto il mondo occidentale.

[12] Dati tratti da DITTRICH, M. *et alii*, 2012. Op. cit., pp.77-80.

[13] Dati tratti da Population Reference Bureau (a cura di), 2008. 2008 *World Population Data Sheet*. Disponibili su <http://www.prb.org/pdf08/08WPDS_Eng.pdf>.

[14] Dati tratti da DITTRICH, M. *et alii*, 2012. *Op. cit.*, pp.77-80 e dal sito internet <http://www.nationmaster.com/graph/peo_pop-people-population&date=1980>.

[15] La virtiginosità dell'andamento del consumo delle risorse in relazione alla popolazione mondiale porta Ashby a preferire il termine "esplosivo" al termine

"esponenziale", utilizzato invece da Thomas Malthus in un suo scritto del 1798 (MALTHUS, T.R., 1798. *An essay on the principle of population*. Londra : Johnson), anticipando le preoccupanti conseguenze a cui questo fenomeno avrebbe portato soprattutto in relazione al sostentamento delle generazioni future.

[16] Dati tratti da INTERNATIONAL ENERGY AGENCY (IEA), 2011. *Energy balance of Non OECD countries*. "Mondo - Consumi finali di energia". Disponibili su <http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporto-energia-e-ambiente-1/rapporto-energia-e-ambiente-2009-2010/i-dati-2009-2010/statistiche-europee>.

[17] Tale rapporto e la conseguente stima della durata delle riserve si basa sui dati resi disponibili dalle società che finora hanno estratto la materia prima. Tuttavia le recenti scoperte di nuovi giacimenti portano a posticipare il periodo presunto dell'esaurimento di queste risorse considerate limitate.

[18] Vedi nota 11.

[19] L'anidride carbonica è il più importante tra questi gas serra e ad esso è imputato l'onere maggiore dell'effetto omonimo. La CO_2 proviene per l'80% dai processi di trasformazione energetica (in particolare dalla combustione del petrolio e del carbone), per il 17% dalle produzioni industriali e per il restante 3% dalle deforestazioni. Queste ultime sono responsabili dell'aumento di CO_2 sia come effetto diretto della combustione sia come conseguenza indiretta della riduzione della fotosintesi clorofilliana e quindi con il suo minor consumo. Gli alocarburi (CFC, HCFC, HFC), seppur presenti in concentrazioni bassissime in atmosfera, hanno un potenziale di riscaldamento fino a ventimila volte superiore a quello della CO_2. La loro presenza è attribuibile alle attività umane in quanto sono usati come propellenti per le bombolette spray, nei solventi e in alcuni collanti. Il metano e il protossido di azoto sono imputabili principalmente al settore agricolo con l'uso di fertilizzanti (N_2O) e le emissioni di CH_4 determinate dagli allevamenti di bestiame, ma anche alle attività di decomposizione della materia organica da parte dei batteri e dalle discariche.

[20] Nel 2007 è stato pubblicato il IV Rapporto di valutazione (AR4) a cura dell'I.P.C.C. (*Intergovernmental Panel on Climate Change*). Tale studio riporta gli inequivocabili effetti dei cambiamenti indotti dalle emissioni di gas serra sul sistema climatico e il loro intensificarsi più o meno incontrastato: l'aumento della concentrazione di CO_2 rispetto al periodo preindustriale di approssimativamente 278 parti per milione (ppm), fino a superare i 391 ppm nel settembre del 2012, con un tasso di crescita attualmente a 1,8 ppm all'anno; una concentrazione di CO_2 mai verificatasi negli ultimi 15 milioni di anni; un aumento delle emissioni dalle circa 35.000 milioni di tonnellate all'anno attuali (includendo le modificazioni nell'uso del suolo) alle 41.000 milioni di tonnellate di CO_2 previste nel 2020 in assenza di politiche mirate; un aumento della temperatura media globale attualmente superiore di circa 0.8°C rispetto ai livelli preindustriali.

[21] Nel Novembre 2012 è stato elaborato da un team di studiosi del *Potsdam Institute for Climate Impact Research* e del *Climate Analytics* un rapporto per la Banca mondiale dal titolo *Turn Down the Heat: Why a 4°C Warmer World Must be Avoided*. Questo rapporto descrive come potrebbe essere il mondo se si riscaldasse

di 4 gradi Celsius, scenario previsto da numerosi scienziati per la fine del secolo se non interverranno seri cambiamenti politici.

[22] Gli scritti a cui si fa riferimento sono BOULDING, K. E. 1966. *The economics of the coming spaceship Earth*., pp. 3-14. In: H. Jarrett (Ed.) *Environmental quality in a growing economy. Resources for the Future*. Baltimora : Johns Hopkins University Press e DALY, H.E. 1968. *On Economics as a Life Science*, Journal of Political Economy 76., pp. 392-406.

[23] PRIGOGINE, I., 1997. *La fine delle certezze*. Torino : Bollati Boringhieri.

[24] Carl von Linné (1707-1778), botanico svedese, fu il fondatore della corrente imperialista. Tale corrente, influenzata dal fervore industriale e urbanistico del periodo, riteneva che l'Uomo, grazie alla ragione, fosse privilegiato e potesse usufruire, organizzare e disporre della Natura come meglio credeva; sarebbe stata la divina Provvidenza a non consentire l'esaurimento delle risorse.

[25] Gilbert White (1720-1783), pastore naturalista inglese, fu il padre della corrente arcadica. Egli e i suoi seguaci vedevano la Natura con un sentimento di religiosa ammirazione; auspicavano ad uno stile di vita semplice e umile per ricreare una convivenza pacifica tra l'Uomo e gli altri esseri viventi; sognavano un mondo basato sull'equilibrio tra Uomo e Ambiente e sulla non invasività della tecnologia.

[26] Un compromesso tra il pensiero arcadico e quello imperialista fu trovato dall'ecologo-filosofo romantico Henry David Thoreau (1817-1862). Secondo il suo pensiero, i mutamenti che l'Uomo e l'industrializzazione stavano apportando all'ambiente non dovevano destare alcuna preoccupazione, la Natura copiosa e resistente avrebbe sicuramente avuto modo di rigenerarsi.

[27] L'Arts & Craft fu un movimento fondato secondo l'arte e le teorie artistiche di W. Morris che mirava alla riunificazione dell'arte e dell'artigianato, ovvero alla totale compiutezza dell'artigianato.

[28] All'interno del quadro sinottico elaborato, la sezione centrale menziona una piccola parte delle opere che hanno caratterizzato questi ultimi decenni di riflessioni sull'ecologia, alcune in modo visionario e pionieristico, altre consapevolmente ispirate ai principi dei movimenti che in questo periodo si sono diffusi. Non intende dunque essere esaustivo dal punto di vista della storia dell'architettura e dell'urbanistica, bensì riporta quelle opere che ricorrono spesso anche in letteratura, e in particolare nella bibliografia consultata, in qualità di opere precorritrici dell'architettura e della pianificazione eco-responsabile. Si tratta di realizzazioni che tentano di trascrivere secondo uno spirito contemporaneo i principi fondamentali dell'habitat vernacolare: l'integrazione armonica con il sito, la disposizione dell'impianto a seconda dell'insolazione e dei venti dominanti, l'apertura dell'involucro tale che possano essere sfruttati al meglio gli apporti solari gratuiti, l'utilizzo di schermature vegetali per preservare il fresco nei periodi estivi, ecc.
Ciò che emerge all'interno del quadro è che tutte queste opere si ripartiscono su tutti i continenti confermando l'universalità della preoccupazione sul rapporto uomo-natura, costruito-ambiente. Le immagini riportate all'interno del quadro sinottico sono state estrapolate dai seguenti riferimenti sitografici:

- *Scuola di Glasgow:* <http://zloris.blogspot.it>;
- *Gamble House*: < http://en.wikipedia.org>;
- *Taliesin Est*: < http://it.wikipedia.org>;
- *Villa Mairea*: < http://www.ravennagirls.com>;
- *Villaggio New Gourna*: < http://arwafreelance.com>;
- *Villaggio Arcosanti*: < http://www.formakers.eu>;
- *Colletta di Castelbianco*: < http://www.ospitalitacastelbianco.it>;
- *Case d'emergenza in Giappone*: < http://www.econote.it>;
- *BedZED*: < http://en.wikipedia.org>;
- *Casa in terra*: <www.infobuild.it>.

[29] Dopo la seconda guerra mondiale nasceva il pensiero ecologista: sensibile alle problematiche ambientali, cosciente dei danni commessi dall'Uomo, consapevole della necessità di spazi verdi per chi abitava nelle sempre più dense città. Si sviluppò in quel periodo il *Garden City Movement*, che cercava di contrastare il fenomeno dell'abbandono delle campagne promuovendo le 'città giardino'. Tale corrente non ebbe molto successo a livello realizzativo ma sicuramente ad essa si ispirarono gli studi e le importanti misure urbanistiche che tuttora cercano di porre un equilibrio tra lo spazio costruito e le aree verdi. In realtà in questo movimento si può ancora scorgere un'attenzione prioritaria rivolta più all'Uomo che all'Ambiente, visto che anche stavolta è a lui che il movimento si rivolge ed è per garantire condizioni di vita di maggior qualità che vengono prese tali misure, più che per salvaguardare e tutelare l'ambiente.

[30] Il movimento *Arts & Craft* si sviluppò in America sotto l'influenza del movimento *Arts & Craft* britannico. Tra i principali esponenti in architettura vi furono C.S. Greene e H.A. Greene che si ispirarono nelle loro opere residenziali alle "*Prairie House*" di F.L. Wright.

[31] *Bauhaus* è il nome che W. Gropius diede alla scuola d'arte di Weimar quando divenne direttore succedendo a Van de Velde. Nel primo manifesto, che segna la prima fase della scuola ispirata a Morris e sostenuta dalla temperie espressionista della Germania nei primi anni Venti, viene dichiarato l'intento della scuola di insegnare e operare insieme per la grande meta dell'"edificio futuro". Successivamente la scuola si dedicò alla configurazione di prodotti industriali e arte e tecnica camminarono insieme. Il *Bauhaus* è considerata la più importante scuola d'arte del XX secolo. La sua forza riconosciuta universalmente fu la collaborazione all'interno della stessa scuola di artisti, artigiani e, alla fine, architetti.

[32] L'organizzazione mondiale W.W.F. (acronimo che prima stava per *World Wildlife Fund* e che fu poi trasformato in *World Wide Fund for Nature*) fu fondata nel 1961 con lo scopo di conservare la biodiversità del pianeta, assicurare l'uso sostenibile delle risorse naturali rinnovabili e promuovere misure per la riduzione dell'inquinamento e degli sprechi di risorse.

[33] CARSON, R., 1962. *Silent Spring*. Boston: Houghton Mifflin Harcourt. È considerata l'opera ispiratrice del movimento ambientalista WWF, con la quale l'autrice intende denunciare gli effetti nocivi dei pesticidi sugli animali e sugli uomini e l'impatto della tecnologia sull'ambiente.

[34] Nel 1964 si tiene la prima Conferenza delle nazioni Unite sul Commercio e lo Sviluppo (*United Nations Conference on Trade and Development*, UNCTAD) la cui organizzazione ha come scopo quello di incrementare le opportunità commerciali, di investimento e sviluppo dei paesi in via di sviluppo favorendone così l'integrazione nel mercato mondiale.

[35] Nel 1966 nasce il Programma delle Nazioni Unite per lo Sviluppo (*United Nations Development Program*, UNDP), dalla fusione del Programma Ampliato di Assistenza Tecnica (EPTA), creato nel 1949 per promuovere il progresso economico dei Paesi sottosviluppati, e del Fondo Speciale delle Nazioni Unite, istituito nel 1958 con lo scopo di raccogliere i contributi volontari degli stati membri, di istituti specializzati e dell'Agenzia Internazionale per l'Energia Atomica da destinare a degli studi preliminari necessari alla valutazione delle domande di finanziamento presentate dagli stati membri. Di entrambi questi due enti ne mantiene le finalità e i metodi operando sotto il controllo del Consiglio Economico e Sociale dell'Assemblea Generale dell'ONU.

[36] BOULDING, K. E. 1966. *The economics of the coming spaceship Earth*., pp. 3-14. In: H. Jarrett (Ed.) *Environmental quality in a growing economy. Resources for the Future*. Baltimora : Johns Hopkins University Press. L'autore sostiene la necessità che gli economisti modifichino radicalmente il loro modo di considerare il sistema economico attraverso la metafora del *cow-boy*, che rappresenta l'economia del passato, e della nave spaziale, che rappresenta il sistema economico del periodo basato sul P.I.L., un indice che auspica la massimizzazione del consumo ma che non è compatibile con l'obiettivo della navicella di inseguire il benessere con un minor consumo di materie prime utilizzate e riciclate al suo interno.

[37] Nel 1968 nasce il Club di Roma composto da un gruppo di scienziati, economisti, uomini d'affari, attivisti dei diritti civili, alti dirigenti pubblici internazionali e capi di stato che intendono investire le proprie conoscenze a favore dello studio dei cambiamenti globali individuandone le problematiche e ricercando soluzioni alternative nei diversi scenari possibili.

[38] DALY, H.E. 1968. *On Economics as a Life Science*, Journal of Political Economy 76., pp. 392-406. In questo saggio l'autore denuncia gli effetti negativi delle attività economiche sull'ambiente dovuti al flusso dei materiali su cui si basano i processi produttivi e l'intera economia.

[39] EHRLICH, P., 1968. *The Population Bomb*. New York : Ballintine Books. L'autore, biologo ed ecologo americano, attribuisce la crisi ecologica al rapido aumento della popolazione e suggerisce la limitazione anche coercitiva delle nascite per evitare l'eccessivo depauperamento del pianeta.

[40] Nel 1971 viene fondata a Vancouver, in Canada, una organizzazione internazionale non governativa e pacifica, *Greenpeace*, che indirizza le sue azioni di protesta diretta ma non violenta alla difesa del clima basandole su ricerche scientifiche condotte in modo indipendente dagli istituti governativi e dalle multinazionali.

[41] GEORGESCU-ROEGEN, N., 1971. *The Entropy Law and Economic Process*. Cambridge: Harvard University Press. In quest'opera viene ribadita la dipendenza del sistema economico dalle leggi della termodinamica, ragion per cui si suggerisce

l'utilizzo di *stock* a bassa entropia di capitale naturale, umano e prodotto dall'uomo nel modo più efficiente possibile, favorendo in questo modo la riduzione del quantitativo di materia usata e riciclata nei processi di produzione e consumo.

[42] COMMONER, B., 1971. *The Closing Circle. Nature, Man, and Technology*. New York: Knopf. L'autore accusa il sistema economico dominante di essere la causa principale della rottura dei cicli naturali che regolano la vita degli ecosistemi.

[43] Nel 1972 si tiene a Stoccolma la prima Conferenza dell'ONU sull'Ambiente umano (*United Nations Conference on Human Environment*, UNCHE) in cui si discute principalmente dell'impatto della tecnologia sull'ambiente, e in cui, per la prima volta, viene usato il termine 'eco-sviluppo', inteso come "strategia di sviluppo fondata sull'utilizzo giudizioso delle risorse locali e del sapere pratico dei contadini" finalizzato al soddisfacimento dei "bisogni umani fondamentali" ("*basic needs*") tra i quali compaiono anche la qualità ambientale e l'equilibrio ecologico. Un altro punto strategico molto importante individuato nella Conferenza di Stoccolma è la "*self-reliance*", ovvero il contare sulle proprie forze, che tradotto in termini di sviluppo significa valorizzare i fattori locali, gli unici in grado di valorizzare le specificità dei luoghi.

[44] MEADOWS, D.H., MEADOWS, G., RANDERS, J., BEHRENS III, W.W., 1972. *The Limits to Growth*. New York: Universe Books.

Nel 1972 il Club di Roma pubblica il Rapporto MIT intitolato *The Limit to Growth*, nel quale vengono presentati i limiti del pianeta dal quale il nostro sistema economico attinge le risorse ignorandone i tempi di rinnovabilità e introducendone le variabili entropiche in modo esponenziale. Il rapporto si conclude con l'auspicio di riuscire a soddisfare i bisogni materiali di tutti con le stesse opportunità operando però in una nuova condizione di stabilità ecologica.

[45] Nel 1973 con la guerra del Kippur fra Israele e i Paesi Arabi e la conseguente decisione di questi ultimi di imporre l'embargo sulle esportazioni petrolifere, i paesi industrializzati iniziano a rendersi conto della possibilità di non poter più disporre di quantità infinite di petrolio a basso costo e delle conseguenze che questa situazione ha sul mercato internazionale.

[46] NAESS, A., 1973. *The shallow and the deep, long-range ecology movement. A summary*, Inquiry, 16, 95-100.
È in questo articolo che compare per la prima volta il termine '*deep ecology*'. L'autore, il filosofo naturalista norvegese Arne Naess, individua in questo scritto due correnti ecologiste: una superficiale, ma piuttosto forte, e una più profonda, ma meno influente. Mentre la prima che, nonostante si batta contro problematiche quali l'inquinamento e lo sfruttamento delle risorse, si pone come obiettivo principale "la salute e il benessere degli uomini nei paesi sviluppati", la seconda rifiuta l'immagine dell'uomo dipendente dall'ambiente a favore di un'immagine della Natura totalitaria e attribuisce l'alienazione dell'uomo al tentativo di ignorare questa sua dipendenza e alla sua necessità di stabilire rapporti di asservimento. Allo stesso tempo denuncia quei tentativi di riduzione dell'inquinamento con l'ausilio di tecnologie all'avanguardia che a lungo andare si rivelano più dannose. Naess preferisce definire questo suo movimento 'ecofilosofico' piuttosto che

'ecologico'. 'Ecofilosofia' in quanto "filosofia dell'armonia o equilibrio ecologico" ("By an ecosophy I mean a philosophy of ecological harmony or equilibrium", p.99): una scienza che comprende norme, regole, postulati ma soprattutto che ipotizza quali siano le priorità di valori, che distingue i paesi sotto sviluppati dai paesi ricchi e che proprio per questo preferisce applicare politiche di approccio regionaliste in luogo di un approccio globale vago e raramente efficace.

[47] Nel 1976 si verifica un disastro ambientale nella Bassa Brianza che investe soprattutto il territorio di Seveso. All'interno dell'azienda ICMESA di Meda uno scoppio provoca la fuoriuscita di una nube di diossina del tipo TCDD (tetraclorodibenzo-ρ-diossina, una delle sostanze chimiche più tossiche) che avrà delle conseguenze disastrose sulla salute della popolazione del luogo.

[48] Nel 1976 si tiene a Vancouver la prima Conferenza delle Nazioni Unite sugli insediamenti umani (UN-Habitat I) in cui viene sancito il diritto universale dell'abitare, viene proposto per la prima volta all'attenzione del mondo il tema delle condizioni di vita precarie e spesso inumane nei diversi tipi di insediamenti, dalle *bidonville* agli *slum*, dalle *favelas* delle grandi metropoli fino ai più remoti nuclei rurali, e in cui viene redatta la *Vancouver Declaration on Human Settlements* dove l'insediamento umano viene così definito: "Gli insediamenti umani devono rappresentare la totalità delle comunità con i suoi componenti sociali, materiali, organizzativi spirituali e culturali".

[49] COMMONER, B., 1976. *The Poverty of Power: energy and the economic crisis*. New York: Knopf.
L'autore descrive le interazioni tra ecosistemi, sistema produttivo e sistema economico e come queste portano all'interdipendenza delle crisi dei tre sistemi stessi: Commoner sostiene, infatti, che la crisi ambientale e la crisi energetica siano frutto delle scelte sbagliate del sistema produttivo e di quello economico.

[50] DALY, H., 1977. *Steady-State Economics*. San Francisco: Freeman. In questo scritto l'autore mette a confronto l'economia neoclassica della crescita con quella dello sviluppo auspicata dal sistema stazionario.

[51] WRIGHT, D., 1978. *Solar Architecture: a Passive Primer*. New York: Van Nostrand Reinhold Co. Per la prima volta si parla dello sfruttamento passivo della luce solare per il riscaldamento degli edifici.

[52] Nel 1979 si tiene a Ginevra la prima Conferenza Mondiale sul clima (*World Climate Conference*, WCC), dove si riconosce l'urgenza del problema dei cambiamenti climatici e si demanda ai capi di governo mondiali il compito di mettere in atto politiche necessarie al benessere dell'umanità.

[53] Nel 1979 si verifica la seconda crisi petrolifera in seguito alla rivoluzione iraniana e al blocco della produzione di petrolio che fece aumentare il costo del combustibile e rese difficile l'approvvigionamento energetico nel mondo occidentale.

[54] JONAS, H., 1979. *Das Prinzip Verantwortung. Versuch einer Ethik Für die technologische Zivilisation*., Frankfurt/M., trad. It. *Il principio responsabilità. Un'etica per la civiltà tecnologica*., Einaudi, Torino 1990. L'autore auspica al superamento dell'antropocentrismo attraverso la diffusione del senso etico della responsabilità.

M.L. Furiosi, studiosa degli scritti di Jonas, nella sua pubblicazione intitolata *Uomo e natura nel pensiero di Hans Jonas* (Milano, Editore Vita e Pensiero, 2003), tenta di ricostruire, sulla base di un'accurata lettura delle opere del filosofo bioetico Hans Jonas, il suo pensiero in merito al principio della responsabilità umana nei confronti della natura e al superamento dell'antropocentrismo. La studiosa esplica così il principio della responsabilità: "L'etica della responsabilità si oppone all'antropocentrismo poiché non contrappone il bene dell'uomo a quello della natura e non favorisce il primo a danno del secondo, ma vede nella difesa della natura la salvaguardia stessa dell'esistenza umana, dal momento che non può darsi un benessere umano senza una natura integra". Secondo l'autrice Jonas invita dunque l'uomo a "riscoprire la dignità propria della natura, imponendoci di conservare l'integrità andando al di là di un rapporto puramente utilitaristico" anche perché "un impoverimento della vita extraumana significa anche l'impoverimento della vita umana" (Furiosi, 2003, p.68).
Salvaguardare l'incolumità della natura non significa, secondo il pensiero di Jonas, essere avversi al progresso e allo sviluppo economico in assoluto. La sua ostilità era rivolta unicamente a quel tipo di progresso tecnologico che non rispetta l'inviolabilità dell'essere, quel progresso fine a se stesso a cui l'uomo è sempre più assoggettato.

[55] NORBERG-SCHULZ, C., 1981. *Genius Loci. Paesaggio Ambiente Architettura*. Milano : Electa.
Nel 1981 viene pubblicato il saggio *Genius Loci. Paesaggio Ambiente Architettura* dell'architetto e critico dell'architettura norvegese Christian Norberg-Schulz. Anche questa pubblicazione rispecchia perfettamente il fervore del periodo sulle tematiche ambientali e sulla volontà di ricostruire i legami tra le diverse realtà e la natura. Il *Genius Loci* di Schulz si ricollega ai concetti di sostenibilità e di sviluppo sostenibile che si stanno definendo proprio in quegli anni. Scrivono a questo proposito Tiezzi e Marchettini (1999, p.7): "Il genius loci è la divinità dello sviluppo sostenibile: le persone vengono sempre plasmate dall'ambiente in cui vivono, dalle risorse a disposizione, dai vincoli esistenti, dalle difficoltà che quella particolare natura presenta". Schulz crede nella interpretazione del luogo e nella compatibilità dell'architettura con esso e attacca tutti quei tentativi di riproporre nei diversi contesti i modelli dei maestri dell'architettura del periodo non tenendo conto della specificità dei luoghi e creando dei veri e propri non-luoghi che via via portano all'alienazione di chi vi vive.

[56] Nel 1982 viene emanata la direttiva europea, detta Direttiva Seveso (82/501/CEE, recepita in Italia con il D.P.R. n°175/1988) che impone agli stati membri di censire i propri siti industriali a rischio e di individuare le sostanze pericolose.

[57] Nel 1983 viene istituita la Commissione delle Nazioni Unite per l'Ambiente e lo Sviluppo (*United Nations Conference on Environment and Development*, UNCED).

[58] ODUM, E. P., 1983. *Basic Ecology*. New York : CSB College.
In questo scritto del biologo americano Eugene P. Odum compaiono i nuovi concetti di ecosistema, metabolismo, *carrying capacity* e stabilità.

[59] Nel 1984 si verifica il disastro di Bhopal in India, nel quale perdono la vita migliaia di persone e molte altre rimangono avvelenate in seguito alla fuoriuscita

di quaranta tonnellate di isocianato metile (MIC) dallo stabilimento di una azienda che si occupa della produzione di pesticidi.

[60] Nel 1985 si tiene in Austria la Conferenza Internazionale sulla valutazione dei gas responsabili del buco dell'ozono sulla quale si basa la Convenzione di Vienna, un sistema normativo che prevede l'impegno da parte dei paesi firmatari di adottare misure volte a limitare, prevenire e ridurre le attività maggiormente colpevoli di alterare lo strato dell'ozono.

[61] Nel 1985 con il Protocollo di Helsinki si ottiene la riduzione del 30% delle emissioni globali di ossido di zolfo.

[62] Il 1986 è contrassegnato dal disastro nucleare di Černobyl' in Ucraina, in cui, a seguito di uno scoppio all'interno di un reattore della centrale, fuoriesce una nube di materiale radioattivo che contamina il territorio circostante e si spinge anche oltre, provocando morti e generando malattie tumorali nelle persone infette.

[63] Nel 1987 viene firmato il Protocollo di Montreal, nel quale vengono prese delle misure restrittive nella produzione di alogenuri alchilici (CFC, HCFC, HALON, HBFC) considerati responsabili dei danni allo strato dell'ozono.

[64] In occasione dell'incontro della Commissione delle Nazioni Unite sull'Ambiente e sullo Sviluppo nel 1987 viene pubblicato il rapporto intitolato *Our common Future*, meglio noto come "Rapporto Brundtland" dal nome della presidente Gro Harlem Brundtland.
In questo rapporto viene introdotto il concetto di 'sviluppo sostenibile' con tutte le accezioni derivate dall'epistemologia fino allora elaborata su quell'argomento, che è riassumibile con la nota espressione: "*L*o sviluppo è sostenibile se soddisfa i bisogni delle generazioni presenti senza compromettere le possibilità per le generazioni future di soddisfare i propri bisogni".
Vengono riconosciuti in questo documento e adottati a livello internazionale i principi dell'integrità ecologica, legata alla capacità di carico della natura, dell'efficienza ecologica, riducendo lo sfruttamento delle risorse non rinnovabili, dell'equità sociale, sostenendo in modo eco-responsabile lo sviluppo dei paesi meno ricchi, e dell'integrazione tra gli ambiti di intervento individuati: l'ambiente, l'economia e la società.

[65] Nel 1988 viene invece firmato il Protocollo di Sofia che sancisce l'impegno di ridurre le emissioni degli ossidi di azoto.

[66] Nel 1989 viene firmata la Convenzione di Basilea sul controllo e sulla riduzione dei movimenti transfrontalieri di rifiuti pericolosi e altri rifiuti.

[67] Nel 1990 si tiene la seconda Conferenza Mondiale sul Clima nella quale viene approvata una dichiarazione finale che sostiene i seguenti principi su cui poggerà anche la Convenzione sul clima: i cambiamenti climatici come "motivo di preoccupazione per l'intero genere umano", "le responsabilità comuni ma differenziate delle Parti", lo sviluppo sostenibile e il principio di precauzione.

[68] Nel 1991 viene firmata ad Espoo, in Finlandia, la Convenzione sulla valutazione dell'influenza ambientale in un contesto transfrontaliero, nella quale vengono indicate le informazioni che devono essere contenute nella valutazione dell'impatto ambientale delle attività considerate a rischio (raffinerie, centrali termiche, impianti

chimici e altre).

[69] Nel 1992 a Rio de Janeiro si tiene la Conferenza delle Nazioni Unite sull'Ambiente e sullo Sviluppo (UNCED) nella quale vengono redatti cinque documenti:
- la Dichiarazione di Rio, contenente i soli principi ma nessun obbligo relativi alla promozione di politiche demografiche, all'eliminazione della povertà, allo sfruttamento delle risorse senza danni all'ambiente e all'uso e sviluppo di tecnologie non aggressive verso l'ambiente;
- la Convenzione Quadro sul clima ed in particolare sulla riduzione delle emissioni;
- la Convenzione sulla Biodiversità, contestata da quei paesi industrializzati che sfruttano gli *habitat* incontaminati del Terzo Mondo;
- la Convenzione sulle Foreste, contenente diversi principi di salvaguardia;
- l'Agenda 21, una sorta di piattaforma programmatica di buoni propositi ispirati allo sviluppo sostenibile da conseguire entro il ventunesimo secolo.

[70] Ad Helsinki viene firmata una Convenzione per prevenire e controllare l'inquinamento dei corsi d'acqua transfrontalieri e dei laghi internazionali istituendo una cooperazione internazionale.

[71] Nel 1992 viene formulato il V Programma d'Azione Ambientale dell'Unione Europea che prevede alcune azioni strategiche relative ai cambiamenti climatici, all'acidificazione, alla tutela della biodiversità, all'acqua, all'ambiente urbano, alle zone costiere e ai rifiuti; l'uso di nuovi strumenti di politica ambientale; azioni volte a promuovere l'informazione e a favore della trasparenza e del concetto di responsabilità condivisa tra Pubblica Amministrazione, Imprese e consumatori.

[72] Nel 1993 viene definito dal Ministero dell'Ambiente il Piano Nazionale di Sviluppo Sostenibile che costituisce il primo documento del Governo italiano in attuazione dell'Agenda 21 di Rio.

[73] Nel 1994 si tiene ad Aalborg la prima Conferenza Europea sulle Città Sostenibili dove molte amministrazioni locali europee e i rappresentanti di organizzazioni internazionali, governi nazionali e singoli cittadini hanno firmato la Carta di Aalborg impegnandosi ad attuare l' Agenda 21 a livello locale e ad elaborare piani d'azione a lungo termine per uno sviluppo durevole e sostenibile delle proprie città.

[74] Nel 1996 si tiene a Lisbona la seconda Conferenza Europea sulle Città Sostenibili e ad Istanbul la seconda Conferenza delle Nazioni Unite sugli Insediamenti Umani (HABITAT II) dedicata al rapporto degli insediamenti umani con l'ambiente.

[75] Nel 1997 si tiene la Conferenza di Kyoto dove viene deliberato il Protocollo di Kyoto che si impegna a ridurre le emissioni di gas serra e prevede inoltre, per i Paesi aderenti, la possibilità di servirsi di un sistema di strumenti flessibili per l'acquisizione di crediti di emissioni, come: il *Clean Development Mechanism* (CDM), che consente ai Paesi industrializzati e ad economia in transizione di realizzare progetti nei Paesi in via di sviluppo, che producano benefici ambientali in termini di riduzione delle emissioni di gas-serra e di sviluppo economico e sociale dei Paesi ospitanti e nello stesso tempo generino crediti di emissione (CER) per i Paesi che promuovono gli interventi; la *Joint Implementation* (JI), che consente ai Paesi industrializzati e ad economia in transizione di realizzare progetti per la riduzione delle emissioni di gas-serra in un altro paese dello stesso gruppo e di utilizzare i

crediti derivanti, congiuntamente con il paese ospite; la *Emissions Trading* (ET), che consente lo scambio di crediti di emissione tra Paesi industrializzati e ad economia in transizione, per cui un paese che abbia conseguito una diminuzione delle proprie emissioni di gas serra superiore al proprio obiettivo può così cedere (ricorrendo all'ET) tali "crediti" a un paese che, al contrario, non sia stato in grado di rispettare i propri impegni di riduzione delle emissioni di gas-serra.

[76] Nel 1997 esce su "Nature", un articolo scritto a più mani intitolato *The value of the world's ecosystem services and natural capital* che sottolinea l'importanza di investire nel capitale naturale anziché nel P.I.L.

[77] ROGERS, R., 1997. *Cities for a small planet*. Londra: Faber and Faber. Tra le frasi più significative del volume scritte dall'autore: "*Nothing else damages the earth's environment more than our cities. As the world's population has grown, our cities have burgeoned, and their impact on the environment worsened. At the same time, cities*".

[78] Nel 1999 si tiene a Davos, in Svizzera, il Primo Forum Internazionale sull'Economia volto a promuovere la creazione di una economia globale più inclusiva e sostenibile.

[79] Nel 2000 viene firmata la Convenzione di Montreal che si rifà ai principi contenuti nella Convenzione sulla Diversità Biologica e al Principio di Precauzione. In particolare, con tale documento si cerca di mettere in guardia sui rischi che sono associati ai prodotti delle biotecnologie, soprattutto quelli connessi alla diversità biologica.

[80] Nel 2000 si tiene a Maastricht la prima Conferenza mondiale sul Costruire Sostenibile (*Sustainable Buildings*) nella quale si studiano gli strumenti e le metodologie per una valutazione sostenibile degli edifici.

[81] Nel 2001 viene firmata la Convenzione di Stoccolma per l'eliminazione e la riduzione dell'uso delle sostanze inquinanti organiche persistenti (POP) che, per via della loro scarsa degradabilità, permangono a lungo nell'ambiente nocendo all'ambiente stesso e anche alla salute umana.

[82] Nel 2002, a Johannesburg, dieci anni dopo il Summit sulla Terra di Rio, si tiene il Summit Mondiale sullo Sviluppo Sostenibile (*World Summit on Sustainable Development*, WSSD) per fare il resoconto di quanto attuato in questi dieci anni, per presentare nuove esperienze e conoscenze sviluppatesi nel frattempo, e per esporre gli obiettivi futuri, tra i quali l'Obiettivo 2010 sulla biodiversità, del quale viene assegnata la responsabilità per il suo raggiungimento alla Convenzione sulla Diversità biologica.

[83] STEELE, J., 2005. *Ecological Architecture: a Critical History.* Londra: Thames and Hudson.

[84] Nel 2012 si tiene a Doha, nel Qatar, la COP18. In questa occasione i Paesi dell'Unione europea e qualche altro paese, che rappresentano nel loro totale circa il 15-20% del totale, rinnovano l'impegno a ridurre ulteriormente le emissioni di gas. Mancano all'appello, e si spera che lo facciano non appena la crisi economica sarà terminata, i maggiori Paesi inquinanti, come Usa, Canada, Giappone, Russia, Nuova Zelanda, Cina, India, Brasile, Messico e Sud Africa.

“[...] la certezza che l’unica soluzione risiedesse in uno stile di vita diverso per tutti, in un passo più leggero sulla preziosa filigrana degli ecosistemi, nell’adesione pressoché religiosa a nuove regole di realizzazione esistenziale, allo scopo di garantirsi uno sviluppo al di là di supermercati, aeroporti, cemento armato, automobili, e perfino centrali energetiche: idee espresse da una minoranza, ma accolte con colpevole rispetto da tutti coloro che avevano appena scorrazzato sul territorio incontaminato a bordo di pestilenziali motoslitte.”

(Ian Mc Ewan, *Solar*)

2. La sostenibilità ambientale in edilizia

La sostenibilità ambientale nel settore edilizio comprende principalmente due aspetti: quello dei rapporti tra l'edificio e l'ambiente circostante e quello dei rapporti tra l'edificio ed i suoi abitanti. Nell'atto del progettare siamo chiamati dunque a rispondere ad una duplice responsabilità: verso l'ambiente, tenendo conto del peso ambientale che hanno le nostre scelte, e verso l'uomo che usufruisce dell'edificio.

Questi due aspetti furono largamente discussi e messi in pratica dal movimento Moderno sin dai primi decenni del XX secolo, come riporta Carl Stein nel suo saggio *Greening Modernism. Preservation, Sustainability, and the Modern Movement* (2010), offrendoci una originale lettura dell'architettura modernista in chiave sostenibile diversa da quella usuale che tende ad esaltarne principalmente gli aspetti formali e stilistici. Il movimento Moderno si è dimostrato attento alle problematiche legate alla crescente domanda di energia, all'uso delle risorse non rinnovabili e alla produzione di macerie.

Ma, come diceva Ugo Sasso, "il vero concetto di sostenibilità del costruire è quello secondo cui il progetto ecologico non deve esaurirsi nell'edificio eco-sostenibile, ma deve essere al centro l'uomo e quindi la qualità della vita della persona che vi andrà ad abitare, la sua appartenenza al luogo geografico e sociale, la salvaguardia del suo mondo di relazioni stratificatosi attraverso il tempo nelle città e nei paesi". Anche secondo Stein l'architetto deve in primo luogo occuparsi di definire un'architettura che ben risponda alle esigenze di qualità della vita al suo interno. E tener conto delle problematiche ambientali rientra pienamente in questa sua "missione": contrariamente infatti a quanto si è soliti credere, ovvero che alla riduzione di un uso delle risorse corrisponda necessariamente una riduzione nella qualità della vita, nell'ottica di una qualità della vita che permanga anche alle generazioni che si succederanno dopo la nostra, occorre essere consapevoli della finitezza delle risorse e iniziare a capire cosa veramente sia necessario per vivere bene.

Uno dei principali motti relativi alla responsabilità verso l'ambiente è "*Do More with Less*", più volte citato da Stein, che in architettura può essere tradotto con il principio del "ridurre, riusare e riciclare":

'ridurre', costruendo di meno e perseguendo una politica della conservazione e del recupero, 'riusare' il patrimonio edilizio esistente, ammodernandolo ed adattandolo alle nuove esigenze, e 'riciclare' l'intero edificio o le sue parti, evitando in questo modo la produzione di ulteriori macerie.
Quando si pensa agli impatti legati al settore edile non bisogna ricondurli alla sola fase costruttiva, ma bisogna tener conto di tutto il processo, dall'approvvigionamento delle materie prime, alla gestione dell'edificio e alla ricerca di soluzioni confortevoli per il suo benessere interno, alla sua dismissione e allo smaltimento delle macerie.
In realtà, il tema della sostenibilità in edilizia è un tema molto più complesso che va oltre gli aspetti legati alle quantità e ai consumi, e di cui negli ultimi quindici anni si discute largamente nell'ambito di dibattiti e trattazioni internazionali e nazionali.
A. Greco, docente di Architettura Tecnica presso la Facoltà di Ingegneria dell'Università degli Studi di Pavia, ne dà una chiara interpretazione sopratutto in riferimento all'ambito del progetto e della costruzione (Greco, 2012): la sostenibilità in edilizia si raggiunge attraverso tre fasi: "lo studio, la sperimentazione e la partecipazione", ricercando durante tutto il processo progettuale il miglior compromesso tra esigenze, soluzioni tecniche, risorse disponibili e vincoli[1].
Per poter comprendere al meglio il discorso sulla sostenibilità ambientale in edilizia, occorre affrontare queste tre fasi individuate da Greco alle tre scale in cui l'edilizia si misura: quella territoriale, quella dell'edificio e quella dei prodotti da costruzione.
In questo capitolo viene in particolare approfondita la fase dello studio e viene riportato qualche esempio di sperimentazione di approccio sostenibile e qualche caso-studio realizzato.

2.1. La sostenibilità ambientale alla scala territoriale

Secondo l'approccio di governo e di gestione del territorio denominato 'sviluppo sostenibile' il territorio deve essere letto come un insieme di beni o risorse la cui disponibilità e fruizione è alla base della sopravvivenza delle comunità locali e del loro benessere. Se gli usi eccedono la capacità del territorio di riprodurre le proprie risorse, il sistema comincerà ad alterarsi, fino a non essere più in grado di garantire non solo lo sviluppo ma neanche la possibilità del sistema

di continuare a sopravvivere, almeno non alle condizioni attuali.
La disponibilità di questo insieme di risorse, infatti, non può più essere considerato illimitato, come è successo negli ultimi centocinquant'anni; deve essere invece accuratamente gestito, poiché è necessario preservarne nel lungo periodo la capacità di sostenere gli stili di vita e i modelli di produzione e consumo delle diverse comunità (Pesaro, 2012).
Il motto "*Do More with Less*" inteso come "ottenere il risultato migliore possibile utilizzando nel modo migliore possibile la minor quantità possibile di elementi o risorse" può essere tradotto alla scala territoriale con la necessità di individuare e promuovere innovazioni significative nei modi di uso del patrimonio territoriale, cercando di portare il sistema a soluzioni capaci di rispondere in modo positivo e contestuale a una molteplicità di possibili usi e fruitori, in una prospettiva di massimizzazione dell'utilizzo delle risorse condizionata dalla loro conservazione (Pesaro, 2012). L'obiettivo deve essere quello di promuovere iniziative capaci di imprimere un cambiamento positivo valorizzando e rafforzando il patrimonio di risorse esistenti senza metterlo in crisi. Tale obiettivo è perseguibile attraverso progetti, per fortuna sempre più frequenti anche se non ancora entrati nelle prassi comuni, dove la disponibilità e qualità delle componenti ambientali, sociali e culturali di un luogo diventano fattore produttivo in una prospettiva di sostenibilità di lungo periodo. In termini generali ciò significa continuare a fruire meno intensamente delle risorse materiali, garantendo la competitività del sistema in termini di disponibilità e qualità dei servizi alle comunità e la capacità di individuare e attuare concretamente iniziative strategiche. Iniziative capaci di incidere in modo positivo e duraturo sulla struttura e le dinamiche del sistema socio-economico, ambientale e culturale, in una prospettiva di miglioramento continuo delle condizioni di vita (Pesaro, 2012).
Il territorio è costituito da aree fortemente urbanizzate, aree che fungono da bacini di approvvigionamento e aree, sempre più circoscritte, minimamente antropizzate e protette, in cui l'uomo ha rinunciato ad agire. Le aree fortemente antropizzate sono quelle in cui l'uomo ha deciso di stanziarsi: possono essere le città, i piccoli insediamenti accentrati o sparsi nel territorio. Le aree che fungono da bacini di approvvigionamento sono quelle che si trovano

nell'immediato intorno delle aree urbanizzate, con le quali le città, gli insediamenti accentrati o sparsi hanno instaurato un rapporto di scambio impari a livello sia quantitativo sia qualitativo.
Analizzando il rapporto che si è instaurato tra queste tre aree, emerge che la città può essere assimilata ad una struttura "dissipativa" che intrattiene relazioni con l'ambiente, fondamentali per la sua sopravvivenza (Prigogine, 1993).
Il rapporto tra sistema urbano e ambiente è un rapporto di dipendenza sul quale lo stesso sistema urbano basa la propria autonomia.
'Autonomia' e ''dipendenza' sono concetti complementari anche se possono sembrare in contrasto: occorrono le risorse per garantire a qualsiasi sistema di auto-organizzarsi e poter mantenere la propria individualità e specificità. Quindi, l'auto-organizzazione e l'eco-organizzazione devono essere interconnesse. Non ci può essere autonomia senza dipendenza (Morin, 1995).
Il concetto di sostenibilità riferito al sistema urbano, sociale ed economico può essere formulato sulla base di questi due termini usati da Morin, 'autonomia' e 'dipendenza': la città dipende fortemente dalla disponibilità di beni e servizi che derivano dall'ambiente.
Ciò che compromette la sussistenza della città e della sua struttura socio-economica, costituendo una forte criticità, è l'uso e la disponibilità delle risorse naturali. La formazione e la sussistenza di strutture come l'insieme degli edifici e delle funzioni urbane, ma anche l'economia e la cultura, sono processi che assorbono risorse dall'ambiente esterno e dissipano energia e materia. Questi processi hanno pertanto un determinato impatto sull'ambiente a una scala vasta e richiedono oggi un'attenta osservazione delle dinamiche ecologiche dalla quale la città dipende (Tiezzi, Pulselli, 2008).

2.1.1. Il consumo del territorio

La risorsa primaria della quale si compone il patrimonio territoriale e della quale il sistema urbano fortemente abusa è il suolo. Il consumo del suolo sta diventando uno dei problemi più allarmanti dal punto di vista ambientale. Le aree fortemente urbanizzate stanno crescendo a dismisura e si sta assistendo ad una progressiva saturazione del territorio. Tra le cause del consumo del territorio vi sono la continua crescita della popolazione mondiale e il progressivo

inurbamento, l'innalzamento della vita media, la crescita del numero di nuclei familiari e la conseguente necessità di nuove abitazioni individuali per persone sole o per piccole famiglie, la necessità di una maggiore superficie abitativa pro-capite, la crescita della città diffusa, l'enorme quantità di costruzioni relative alle attività produttive e ai servizi, la crescente costruzione di infrastrutture di collegamento, di servizi e sotto servizi alle nuove aree urbanizzate.

A tutte queste cause che portano ad una effettiva occupazione del suolo, ne conseguono ulteriori fattori di sfruttamento del suolo, quali la crescente necessità di approvvigionamento di materie prime per il sostentamento delle persone e degli animali, la crescente pratica dell'agricoltura intensiva destinata a monocolture che portano all'impoverimento del suolo, la necessità di aree sempre più vaste da destinare a discariche dei rifiuti, la contaminazione del suolo con sostanze tossiche di derivazione industriale e l'aumento di cave d'estrazione (Lavagna, 2008).

Il problema del consumo del suolo, al quale poi si ricollegano tutte le problematiche legate alla sostenibilità, è, come scrive Tiezzi, sostanzialmente un problema di tempi da ricondurre alla discrepanza tra i "tempi storici" e i "tempi biologici": "il nucleo della crisi ambientale sta nella differenza tra i velocissimi tempi della crescita tecnologica e i più lenti tempi della biologia" (Tiezzi, 2005, p.188) e le uniche soluzioni possibili sono quelle rivolte alla "revisione dei nostri modelli economici, dei comportamenti e dei valori etici" (Tiezzi, 2005, p. VIII).

La pianificazione territoriale può in questo senso essere uno strumento fondamentale di indirizzo verso la sostenibilità, intesa nel suo significato originario di derivazione dal verbo inglese *to sustain* (sostenere nel tempo) da cui è derivata l'espressione inglese *sustainable development* e francese *development durable*. La pianificazione del territorio deve tener conto dell'insieme di relazioni tra le attività umane e la loro dinamica e la biosfera e le sue dinamiche, generalmente più lente. I suoi indirizzi devono consentire "alla vita umana di continuare, agli individui di soddisfare i loro bisogni e alle diverse culture umane di svilupparsi" ma questo deve avvenire nel pieno rispetto del contesto biofisico globale (Tiezzi, 2005).

Il processo di pianificazione, scrive la Colavitti, a tal proposito, dovrà "perseguire la sostenibilità dello sviluppo assicurando la

conservazione delle risorse territoriali riconosciute uniche e non sostituibili (anche attraverso l'integrazione degli indicatori ecologici, culturali e sociali di sostenibilità con i vincoli di piano, ed esplicitando il grado di criticità delle diverse parti del territorio) e stando attenti a che in ogni trasformazione fisica della città e del territorio il consumo di alcune risorse territoriali sia compensato dal'incremento di altre, producendo un necessario riequilibrio dell'impronta ecologica in forme integrate..."[2]. Da qui, l'importanza del ruolo che svolgono i Piani regolatori, riconosciuta anche nell'ambito dei dibattiti nazionali sul tema sostenibilità, in quanto sono i soli in grado di produrre effetti diretti sull'uso e sulla trasformazione del territorio nel breve termine.

2.1.2. Tecniche di misurazione e di valutazione della sostenibilità ambientale

La strategia progettuale adottata da Le Corbusier, per garantire l'efficienza e l'ottimizzazione dello spazio e dei tempi operativi nei luoghi sia di produzione che di uso dei beni, consisteva nell'individuare le relazioni tra le attività dell'uomo e il contesto nel quale erano esercitate. La sua ricerca partiva dalla misura, su basi sperimentali, dei comportamenti e dei singoli gesti compiuti nello svolgimento di un'attività (Tiezzi, Pulselli, 2008).
Tale strategia, basata sulla ricerca di proporzioni e consonanze tra l'attività dell'uomo e l'ambiente nel quale si svolge, è estendibile anche al campo della pianificazione territoriale.
Si tratta infatti di considerare le entità delle trasformazioni che il territorio subisce e valutarne gli effetti sull'ambiente, inteso come fonte di risorse e, allo stesso tempo, ricettore di scarti.
Ai tempi del *Modulor* di Le Corbusier, negli anni Cinquanta, vi era l'esigenza di trovare una procedura comune per la progettazione di ambienti vivibili ed efficienti, oggi è necessario coordinare gli sforzi verso un uso razionale dell'energia e delle risorse ambientali, per cercare di riconciliare le attività dell'uomo con i cicli naturali, la velocità di approvvigionamento con quella di rigenerazione. Tali problematiche, sorte in tempi diversi e da enunciati diversi, come scrivono Tiezzi e Pulselli (2008), si basano sullo stesso principio di fondo dal quale si sviluppano le rispettive strategie d'azione: "esiste

una maggiore probabilità che otteniamo una misura più esatta se la possiamo vedere e misurare con le nostre mani, e non ci limitiamo solamente ad immaginarla".

Uno degli aspetti più dibattuti negli ultimi decenni è la sperimentazione e la verifica di tecniche di contabilità ambientale e di calcolo di indicatori della sostenibilità alla scala territoriale, ma anche alle scale degli edifici o dei singoli prodotti. L'obiettivo di tali strategie non è sapere se siamo sostenibili o meno, bensì misurare quanto siamo insostenibili e capire dove intervenire e cosa fare per ridurre questa insostenibilità.

Partendo dal presupposto che un sistema urbano è un sistema aperto caratterizzato da *input* di risorse a bassa entropia e *output* di rifiuti ad alta entropia, Howard Odum ha dedicato molti anni di ricerca allo sviluppo di strumenti di analisi di sistemi (come un sistema territoriale o una città) e di processi di trasformazione (come una produzione industriale o agricola) dal punto di vista dei flussi in entrata e in uscita fino ad individuare uno schematismo capace di classificare le risorse e descrivere il loro uso nel tempo in base alle diverse modalità di prelievo.

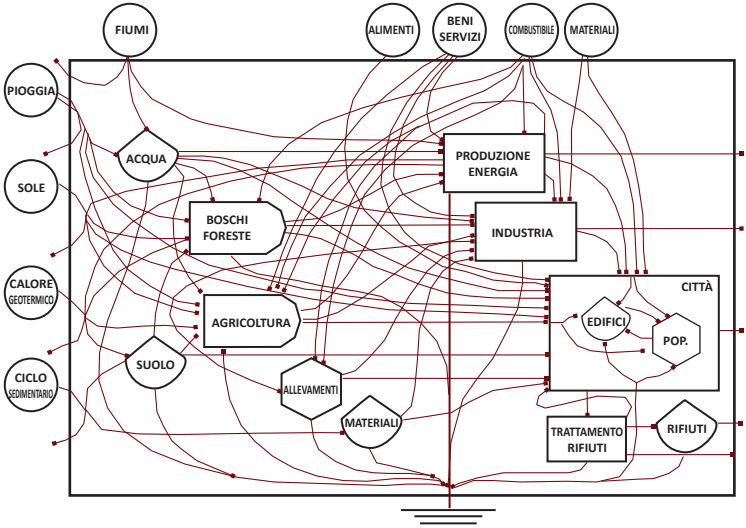


Diagramma energetico di una città costruito dai ricercatori dell'Università di Siena (Tratto da TIEZZI, PULSELLI, 2008).

Il sistema della città e delle sue relazioni e scambi con l'ambiente circostante è stato sintetizzato in un diagramma energetico[3] dai ricercatori dell'Università di Siena secondo il linguaggio dei flussi di Odum.
Per quantificare i flussi descritti nei suoi diagrammi, Odum ha elaborato il concetto di 'emergia'.
L'emergia è l'energia utilizzata e memorizzata a monte di un processo produttivo che alimenta tutte le fasi di trasformazione, includendo sia la parte antropica (quella usata nelle operazioni tecniche come combustibili, elettricità, materiali, macchinari, lavoro umano, e altro) sia la parte naturale (di derivazione ambientale come energia solare, ciclo sedimentario, calore geotermico, e altro). Poiché il sole è la forza motrice primaria che fornisce l'energia necessaria alla formazione di qualsiasi bene, Odum ha individuato nell'energia solare il denominatore comune attraverso il quale stimare il valore reale di ogni risorsa naturale. In questo modo è possibile assegnare ad ogni risorsa un valore ambientale. In questo senso l'emergia può essere definita come la "quantità di energia solare equivalente necessaria, direttamente o indirettamente, per ottenere un prodotto in un dato processo, o meglio, per ripristinare una risorsa una volta che questa è stata consumata" (Tiezzi , Pulselli, 2008, p. 77).
Nell'ottica della misurazione della nostra insostenibilità, l'analisi emergetica deve essere vista come una metodologia di contabilità ambientale che si propone di individuare e quantificare le relazioni che un ambito locale instaura con altri sistemi su una scala globale e con le risorse di cui dispone localmente cercando di rispondere alle questioni relative alle modalità di riversamento dei flussi di energia e materia sul territorio, di prelievo degli stessi dagli *stock* e a come essi si dispongano nello spazio e con quali intensità.
In questo quadro di riferimento, l'**analisi emergetica** (*Emergy Evaluation*) diventa un ottimo strumento di rappresentazione interpretativa del contesto locale nel rapporto con la dimensione globale sul quale basare le proprie strategie progettuali di sostenibilità ambientale alla scala territoriale.
Attraverso le analisi territoriali basate sulla contabilità dei flussi emerge che per la progettazione di insediamenti sostenibili vi è la necessità di passare dalla città "a metabolismo lineare" alla città "a metabolismo circolare" (Rogers, Gumuchdjian, 1997) dove i flussi di

prelievo e di emissione sono ridotti grazie alle attività di riciclo e di chiusura dei cicli di produzione e consumo (Lavagna, 2008, pp. 63-64). A tali modelli si ispirano le *economic networks*.

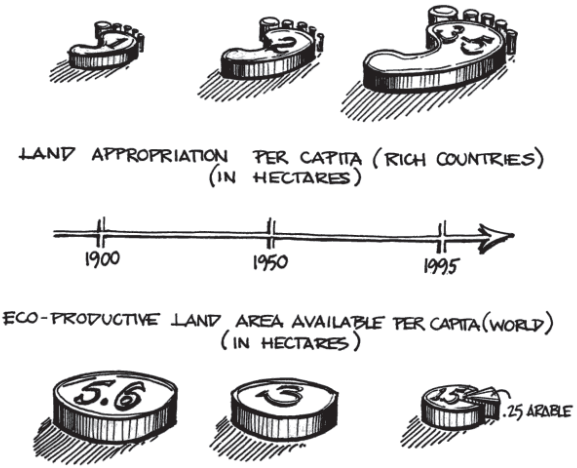
Le *economic networks* (ecoparchi industriali, distretti ecologici) o raggruppamenti ecologici, sono reti di sistemi produttivi che utilizzano l'uno gli scarti dell'altro come materia prima, secondo uno dei principi cardine dell'ecologia che sostiene che ciò che è scarto per una specie diventa nutrimento per un'altra. Alla base di tale modello sviluppato dallo ZERI (Zero Emissions Research and Initiatives) vi sono anche gli altri principi ecologici fondamentali, come le strutture reticolari non lineari, il ciclo della materia, i sodalizi multipli, la diversità fra le imprese, la produzione e il consumo su scala locale e la scelta finalizzata all'ottimizzazione anziché alla massimizzazione (Baldo, Marino, Rossi, 2008).

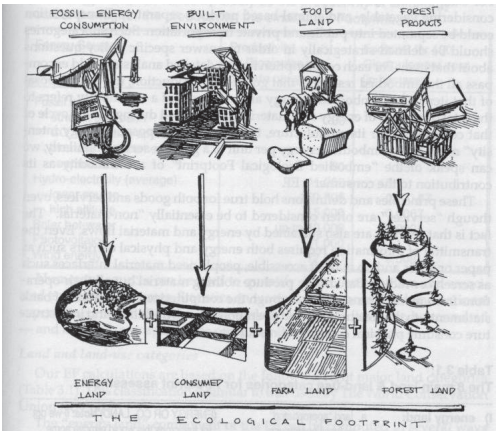
Un altro metodo di interpretazione del territorio e delle relazioni tra le aree antropizzate e il sistema ambientale è l'**Impronta Ecologica**, elaborato da Mathis Rees e William E. Wackernagel nel 1996.

Secondo tale teoria il bilancio ecologico (locale, regionale, globale) viene determinato calcolando la quantità di suolo e acqua necessaria per sostentare un carico umano definito, cioè per sostenere l'impronta ecologica che una determinata popolazione imprime sulla biosfera attraverso il proprio stile di vita. Si tratta in pratica di un metodo per trasformare in consumo di suolo, e quindi in "impronta", le diverse forme di degradazione dell'energia: dai consumi di beni materiali e immateriali a tutti i fattori che producono impatti ambientali e inquinamenti.

Con questo metodo viene misurata la quantità di area utilizzata per la produzione delle risorse consumate da una determinata popolazione e per l'assorbimento dei rifiuti da essa prodotti, usando la tecnologia esistente. L'area utilizzata viene espressa in termini di spazio bioproduttivo in rapporto alla produttività media globale (Imperio, 2004).

Impronta ecologica e biocapacità sono espresse con le stesse unità di misura (ettari di spazio bioproduttivo medio mondiale) per rendere possibile l'aggregazione di aree di qualità eterogenea. Tale normalizzazione dell'impronta ecologica viene ottenuta mediante fattori di equivalenza, ossia moltiplicatori che pesano i diversi tipi di aree a seconda della rispettiva bioproduttività.





Illustrazioni di P. Testemale pubblicate nel volume di M. Wackernagel e W. Rees intitolato Our Ecological Footprint. Reducing Human Impact on the Earth *(1992).*

In alto, l'illustrazione rappresenta il progressivo aumento dell'impronta ecologica di un cittadino del Nord America dal 1990 al 1995 (anno in cui i due autori scrivono il libro) a danno della disponibilità di terreno produttivo.

In basso, vengono rappresentati i fattori che contribuiscono alla definizione dell'impronta ecologica secondo Wackernagel e Rees.

Il concetto di Impronta Ecologica si basa sull'idea che ad ogni unità di materiale o di energia consumata corrisponde una certa estensione di territorio necessario per l'apporto di risorse. Le categorie di consumo che vengono prese in considerazione per valutare l'impronta ecologica di una comunità sono essenzialmente: alimenti, trasporti, abitazioni, beni di consumo, servizi. Ognuna di esse origina un'impronta ecologica che deriva dalla somma di superfici di diverso tipo, quali terreno arabile (per l'energia, per il pascolo), degradato (per le foreste), e terreno equivalente (per il consumo di risorse marine).

È interessante confrontare il concetto di impronta ecologica con quello, già da tempo utilizzato, di **capacità di carico**. Quest'ultima grandezza è definita come il carico massimo, esercitato dalla popolazione di una certa specie, che un determinato territorio può supportare senza che venga permanentemente compromessa la produttività del territorio stesso. La contabilità dell'impronta ecologica in un certo senso rovescia il concetto di capacità di carico: l'attenzione infatti non viene posta sulla determinazione della massima popolazione umana che un'area può supportare, bensì sul computo del territorio produttivo effettivamente utilizzato dai residenti, indipendentemente dal fatto che questa superficie coincida con il territorio su cui la popolazione stessa vive (Ferlaino, 2010).

L'analisi emergetica, l'impronta ecologica, la capacità di carico, l'inventario dei gas serra[4], l'exergia[5], l'indice di benessere economico sostenibile[6] sono tecniche di valutazione della sostenibilità ambientale di tipo quantitativo basate su indicatori sintetici della sostenibilità.

Più diffuse, in quanto più accessibili, condivisibili e confrontabili, sono le analisi basate su indicatori di tipo qualitativo della sostenibilità.

Tali indicatori, conosciuti con la sigla **E.C.I.** (*European Common Indicators*), in qualità di indicatori di sintesi efficaci e comprensibili, tentano di esplorare in più direzioni il livello di sviluppo sostenibile e di misurare l'insostenibilità di fattori complessi partendo dal presupposto che gli aspetti economico, ambientale e sociali abbiano tra loro dei legami non più scindibili. I principi di sostenibilità posti alla base della selezione degli indicatori sono: uguaglianza ed inclusione sociale, gestione amministrativa a livello locale e conferimento di poteri democratici, relazione tra la dimensione locale e quella globale, economia locale, protezione ambientale, patrimonio culturale/qualità

dell'ambiente edificato.
Gli indicatori corrispondenti a tali principi vengono ripartiti, secondo la metodologia D.P.S.I.R., in indicatori Determinanti (relativi alle attività socio-economiche), di Pressioni (relativi alle emissioni o al consumo delle risorse), di Stato (relativi alla misurazione di situazioni in un preciso momento), di Impatti (relativi agli effetti nocivi sugli esseri viventi e sull'uomo), di Risposta (relativi alle reazioni della comunità ai cambiamenti), e sono:
- Soddisfazione dei cittadini con riferimento alla comunità locale;
- Contributo locale al cambiamento climatico globale;
- Mobilità locale e trasporto pubblico;
- Accessibilità delle aree di verde pubblico e dei servizi locali;
- Qualità dell'aria locale;
- Spostamenti casa-scuola dei bambini;
- Gestione sostenibile dell'autorità locale e delle imprese locali;
- Inquinamento acustico;
- Uso sostenibile del territorio;
- Prodotti sostenibili.

A metà tra i sistemi di valutazione basati su indicatori sintetici e indicatori qualitativi si collocano le valutazioni a supporto delle decisioni in ambito tecnico e politico come la Valutazione d'Impatto Ambientale e la Valutazione Ambientale strategica ai quali però mancano ancora le soglie di riferimento entro le quali contenere i propri obiettivi.
La **Valutazione di Impatto Ambientale** (V.I.A.) è una procedura che è stata introdotta a livello europeo con la Direttiva 337/85/CEE e successivamente integrata con la Direttiva 11/97/CE. Essa viene strutturata sul principio dell'azione preventiva in base al quale la migliore politica ambientale consiste nel prevenire gli effetti negativi legati alla realizzazione dei progetti anziché combatterne successivamente gli effetti. La struttura della procedura viene concepita per dare informazioni sulle conseguenze ambientali di un'azione, prima che la decisione venga adottata, per cui si definisce nella sua evoluzione come uno strumento che cerca di introdurre a monte della progettazione un nuovo approccio che possa influenzare il processo decisionale negli ambienti imprenditoriali e politici, nonché come una procedura che possa guidare il processo stesso in maniera partecipata con la popolazione dei territori interessati.

Di fatto, la V.I.A., intesa come strumento d'ausilio alle decisioni relative alle singole opere che presentano caratteristiche significative ai fini di possibili impatti negativi sull'ambiente, si è dimostrata insufficiente per il raggiungimento della sostenibilità ambientale nel suo significato più complesso, obiettivo che è stato demandato per l'appunto alla V.A.S.

La **Valutazione Ambientale Strategica** (V.A.S.) è una procedura introdotta dalla Commissione europea con la Direttiva 2001/42/CE, per garantire l'integrazione di criteri ambientali e l'omogeneità dell'approccio a livello europeo per la programmazione dei Fondi Strutturali Comunitari 2000-2006. L'obiettivo principale è la verifica della rispondenza di azioni politiche, di piani o di iniziative nell'ambito dei programmi, con gli obiettivi dello sviluppo sostenibile, sia valutando il grado di integrazione dei principi di sviluppo sostenibile al loro interno, sia verificandone il complessivo impatto ambientale, ovvero la diretta incidenza sulla qualità dell'ambiente. Si tratta, nell'ambito della pianificazione strategica, di verificare che gli obiettivi individuati siano coerenti con quelli propri dello sviluppo sostenibile e che le azioni previste nella struttura di piano siano coerenti ed idonee al loro raggiungimento. Tale verifica viene effettuata attraverso l'uso degli indicatori D.P.S.I.R.. Uno dei momenti più critici all'interno del processo della V.A.S. è proprio la definizione degli obiettivi. Gli obiettivi in parte derivano dalle norme comunitarie e nazionali o da accordi internazionali e hanno carattere generale, in parte hanno carattere specifico e dovrebbero declinare gli obiettivi generali nello specifico territorio interessato dal Piano, stabilendo il raggiungimento dei risultati, anche ambientali, prefissati.

Per poter fissare gli obiettivi specifici occorre avere un dettagliato quadro conoscitivo dello stato dell'ambiente e delle tendenze che lo caratterizzano tale da poterne quantificare le soglie e localizzare e definire temporalmente le azioni ad essi legate.

Uno degli impedimenti alla razionalità del processo di fissazione degli obiettivi deriva dalla mancanza, nel contesto italiano, di attendibili obiettivi, anche quantitativamente definiti. Mancano infatti le Strategie di sviluppo sostenibile nazionale e le Strategie regionali a cui le norme attribuiscono il compito di fissare gli obiettivi ai quali tutti i processi di V.A.S. dovrebbero fare riferimento. L'indeterminatezza degli obiettivi specifici ha fatto si che ciascun Piano definisse in

modo autonomo le proprie politiche e misure, perlopiù evitando di fissare soglie quantitative, rendendo difficile la determinazione del contributo locale ai fini dell'impegno quantitativo assunto a livello nazionale nei confronti dell'Unione Europea (Vittadini, 2010).
Il ruolo dei sistemi di valutazione della sostenibilità ambientale del territorio è quello di individuare e misurare "la base fisico-spaziale che supporta la città" (Tiezzi, Pulselli, 2008, p.92).
Nella definizione di una metodologia che supporti la gestione sostenibile del territorio, secondo Mascarucci, "il processo di programmazione dello sviluppo deve prestare attenzione simultanea a tutti i possibili effetti spaziali che ogni singolo intervento provoca sulle molteplici scale con le quali interferisce, affidando la prima fase della valutazione di convenienza dell'intervento ad una verifica territoriale nella quale è fondamentale la centralità dell'approccio fisico-spaziale prima ancora che economico" (Mascarucci, 2000).
In virtù di queste considerazioni, è fondamentale il ruolo delle amministrazioni locali che hanno il compito di tradurre nei propri ambiti territoriali le strategie e le azioni individuate a livello nazionale e internazionale.

2.1.3. Azioni normative e strategie di indirizzo alla sostenibilità ambientale

Nella Comunità Europea, l'esigenza di armonizzare la salvaguardia dell'ambiente ed i processi decisionali, porta il 27 giugno 1985, dopo otto anni di dibattiti, all'emanazione della Direttiva 85/337/CEE, "Concernente la valutazione dell'impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati", che per la prima volta in Europa afferma a livello normativo il principio secondo cui l'ambiente deve essere tutelato e protetto in un'ottica di "prevenzione attiva" e non solo di mitigazione degli impatti e tutela delle risorse. Tale direttiva è stata modificata dalla Direttiva 97/11/CE che amplia gli elenchi dei progetti da sottoporre a V.I.A., inserisce la fase di *screening* per alcune opere e lascia la libertà agli Stati membri di optare o per un criterio automatico, basato su soglie dimensionali oltre le quali scatta la procedura, o un esame caso per caso dei progetti attraverso la verifica di assoggettabilità a procedura a V.I.A.. Altre modifiche e integrazioni sono state apportate con la **Direttiva 2003/35/CE** che disciplina e

regolamenta la partecipazione del pubblico nell'elaborazione di taluni piani e programmi in materia ambientale.
In Italia le prime norme in materia di danno ambientale risalgono al 1986 quando fu promulgata la Legge 349/1986 che, tra le altre cose, istituiva anche il Ministero dell'Ambiente al quale demandava la gestione della procedura della V.I.A. e la pronuncia di compatibilità ambientale. Sino ad allora vi era una notevole dispersione di competenze tra una molteplicità di centri decisionali che spesso entravano in conflitto tra loro compromettendo la realizzazione di una seria ed efficiente politica ambientale.
Dal 1986 il quadro normativo in materia di V.I.A. è stato assoggettato a diverse modifiche ed integrazioni che possono essere divise in due fasi:
- D.P.C.M. 10 agosto 1988 e 27 dicembre 1988 e relative modifiche ed integrazioni;
- D. Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. tra cui le più rilevanti sono state quelle apportate dal D.Lgs. 4/2008 e dal D. Lgs. 128/2010.
I decreti del 1988 se da un lato introducevano e regolamentavano per la prima volta la procedura di V.I.A. in Italia, dall'altro presentavano delle rilevanti criticità. La principale criticità era che la V.I.A. veniva prevista solo per i progetti citati nell'Allegato I[7] della Direttiva 85/337/CE, senza alcun accenno ai progetti compresi invece nell'Allegato II[8] della stessa Direttiva.
Per queste criticità, tra la fine degli anni Ottanta e l'inizio degli anni Novanta, l'Italia riceve degli ammonimenti da parte della UE, ai quali rimedia con l'emanazione del D.P.R. 12 aprile 1996 (G.U. 7 settembre 1996, n. 210), che definisce le condizioni, i criteri e le norme tecniche per l'applicazione della procedura VIA per le opere ricadenti nell'Allegato II della Direttiva 85/337/CE, delegando la competenza per queste opere alle Regioni e le Province autonome.
Il D. Lgs. 152/2006 rappresenta il Testo Unico Ambientale intitolato "Norme in materia ambientale" e la sua Parte II ordina e disciplina anche in materia di V.I.A.. Anche tale decreto presenta dei punti critici: in particolare presenta delle difformità con la Direttiva 85/337/CE riguardo ad alcune categorie progettuali indicate negli allegati presentando diverse categorie di opere e diversi limiti dimensionali. Tali difformità e dissonanze portano alla correzione del Decreto fino all'approvazione dello schema definitivo il 21 Dicembre 2007

e la pubblicazione del nuovo D. Lgs. 4/2008 intitolato "Ulteriori disposizioni correttive ed integrative del D. Lgs. 152/2006" del quale ne riscrive integralmente la Parte II dall'art. 4 all'art. 52 ed i suoi Allegati. Nella parte I introduce alcuni principi fondamentali, quali: il principio sulla "produzione del diritto ambientale", il principio dello "sviluppo sostenibile", il principio di "prevenzione" e di "precauzione", il principio del "chi inquina paga", il principio di "sussidiarietà", il principio del libero "accesso alle informazioni ambientali".
Ulteriori modifiche al Testo Unico Ambientale (D. Lgs 3 aprile 2006, n. 152 e s.m.i.) vengono apportate dal D. Lgs 29 giugno 2010, n. 128, in vigore dal 26 agosto 2010, nelle Parti I e II (V.I.A., V.A.S., I.P.P.C.). Le novità sostanziali introdotte riguardano l'iter procedurale della V.I.A.: una migliore definizione della Verifica di assoggettabilità; un rafforzamento delle funzioni del monitoraggio, che include la possibilità di modifica, di apposizione di ulteriori condizioni, o di sospensione dei lavori qualora si verificassero condizioni negative non previste precedentemente all'interno del provvedimento di V.I.A.; una migliore definizione dell'Autorizzazione Integrata Ambientale, in rapporto al procedimento di V.I.A..
Circa quindici anni dopo l'emanazione della Direttiva 85/337/CE, nel 2001, è entrata in vigore la **Direttiva 2001/42/CE**, detta Direttiva V.A.S..
In Italia tale direttiva è stata recepita con la parte seconda del D. Lgs. 152/2006, modificata e integrata dal D.Lgs. 4/2008 e dal D. Lgs. 128/2010. Tra i piani e programmi oggetto di V.A.S. obbligatoria, rientrano il Piano energetico regionale (ambientale), il Piano regionale dei trasporti, il Piano di bacino distrettuale, il Piano regionale di tutela delle acque, il Piano regionale di gestione dei rifiuti, il Piano territoriale regionale, il Piano di tutela e risanamento della qualità dell'aria, il Piano Paesaggistico regionale (PTP). Sono sottoposti a V.A.S. in sede statale i piani e programmi la cui approvazione compete ad organi dello Stato mentre sono sottoposti a V.A.S. secondo le disposizioni delle leggi regionali i piani e programmi la cui approvazione compete alle regioni e province autonome o agli enti locali.
Le regioni hanno emanato disposizioni normative concernenti l'esercizio della V.A.S. secondo quanto stabilito nella Direttiva V.A.S. e nel D.lgs 152/06 e s.m.i.
Alcune regioni hanno emanato normative organiche sulla V.A.S., altre

regioni hanno disciplinato le proprie competenze e quelle degli altri enti locali, i criteri per individuare gli enti locali territoriali interessati ed i soggetti competenti in materia ambientale, eventuali ulteriori modalità, rispetto a quelle indicate nel decreto, per l'individuazione di piani e programmi da sottoporre a V.A.S. e le modalità di partecipazione al processo di V.A.S., delle regioni e province autonome confinanti così come indicato nel D. Lgs. 152/06 e s.m.i.

Questo sistema di passaggio di strategie e previsioni da un piano all'altro si attua attraverso un processo di sussidiarietà discendente che cerca di contestualizzare e rendere prossime alla popolazione interessata le decisioni relative al territorio che la riguarda. Tale processo presenta qualche criticità quando si tratta di questioni ambientali legate ad interventi di piccole dimensioni che possono avere impatti di larga scala il cui governo richiederebbe invece una sussidiarietà ascendente. Il rimando della concreta definizione degli obiettivi e delle azioni per il loro conseguimento ai piani di maggior dettaglio rende i Piani di aria vasta piuttosto vaghi nei contenuti e nelle indicazioni. Ne consegue che l'attuazione degli indirizzi e delle direttive contenute nei piani di area vasta può essere valutata solo monitorando l'attuazione dei Piani di maggior dettaglio chiamati ad assumere e a riempire di contenuto quegli indirizzi e quelle direttive. Sarebbe auspicabile perciò che si accompagnasse al processo di elaborazione dei Piani che dalla scala vasta si tramanda alla scala di dettaglio un corrispondente processo di monitoraggio ascendente. Si tratterebbe nello specifico di attivare una sorta di monitoraggio in andata e in ritorno "così da conseguire una sufficiente capacità di controllo e di retroazione circa il conseguimento degli obiettivi anche ambientali e più in generale circa gli esiti delle trasformazioni" (Vittadini, 2010).

Nel corso della Conferenza di Rio nel 1992 vennero siglati diversi accordi internazionali riguardanti tematiche sociali, ambientali e climatiche. Tra questi vi fu Agenda 21, una convenzione quadro contenente un'esaustiva pianificazione delle azioni da intraprendere alla scala mondiale, nazionale e locale dall'ONU, dai governi nazionali e locali qualora vi fossero azioni invasive impattanti sull'ambiente.

Agenda 21 è una sorta di piano strategico a lungo termine per la promozione di un'economia sostenibile, realizzabile su ciascun livello di *governance*, alla scala globale, nazionale e locale, con il

coinvolgimento di tutti gli *stakeholder* di un determinato territorio, rispondenti con le loro azioni a un sistema integrato di normazione. Per il conseguimento degli obiettivi contenuti all'interno del programma, un ruolo decisivo è svolto dalle amministrazioni locali alle quali viene chiesto di adottare una propria strategia e di creare una propria azione locale coinvolgendo cittadini, organizzazioni locali e imprese private.

Tale ruolo chiave delle amministrazioni locali nell'attuazione dell'Agenda 21 fu ribadita anche dieci anni dopo a Johannesburg in occasione del Vertice Mondiale sullo sviluppo Sostenibile. In Italia Agenda 21 fu introdotta nel 1993 all'interno del Piano nazionale per lo sviluppo sostenibile, ma solo nel 1998, a seguito dell'approvazione del Nuovo programma per la protezione ambientale, divenne operativa in quanto corredata da programmi e strumenti ufficiali. Nel 1999 nacque a Ferrara il Coordinamento Nazionale Agende 21 locali con l'intento di monitorare e condividere le esperienze Agende 21 attive nel territorio nazionale.

Agenda 21 può essere definita come un processo partecipato per costruire la conoscenza dell'ambiente, valutarne la capacità di carico e per definire le basi di un nuovo patto sociale finalizzato alla sostenibilità dello sviluppo nel lungo periodo, integrando gli obiettivi della sostenibilità ambientale nelle politiche pubbliche e nell'azione dei soggetti privati, in un quadro coerente ed unitario.

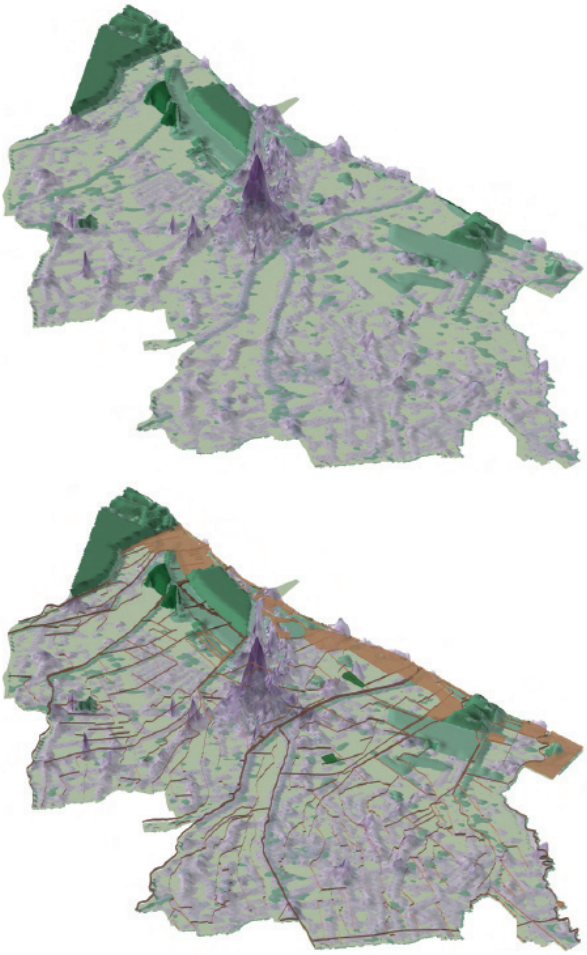
Il suo punto di forza sta proprio nella possibilità di definire in modo diretto, partecipato ed endogeno il percorso da compiere per migliorare la qualità della vita, lo sviluppo economico e l'ambiente. Tale percorso, dovendosi adattare alle caratteristiche locali, risulterà "personalizzato" per ogni territorio e tenderà a valorizzarne le proprie specificità. Il punto di debolezza risiede invece nell'autoreferenzialità del processo che affida la sua validazione alla competenza e onestà intellettuale degli stessi attori.

Tra le strategie di tutela del territorio, uno strumento specifico per la conservazione della biodiversità è **Natura 2000**, una rete ecologica diffusa su tutto il territorio dell'Unione Europea e istituita ai sensi della Direttiva 92/43/CEE "Habitat" per garantire il mantenimento a lungo termine degli *habitat* naturali e delle specie di flora e fauna minacciati o rari a livello comunitario. Tale rete è costituita dai Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) e le Zone di Protezione Speciale (Z.P.S.). Su queste

aree deve essere garantita una gestione sostenibile del territorio sia dal punto di vista ecologico che economico attraverso la procedura denominata Valutazione d'Incidenza che verifica preventivamente le incidenze significative di eventuali piani o programmi che le interessano e che potrebbero minarne l'integrità.
Tra le strategie di politica ambientale sviluppate dalla Comunità Europea che rientrano tra le azioni pianificate da Agenda 21 e rivolte alle Pubbliche Amministrazioni, vi sono anche alcuni sistemi di gestione sostenibile del territorio che vengono certificati attraverso strumenti di informazione ambientale, quali ad esempio le ISO 14000 o E.M.A.S..
Il **Regolamento CEE 1836/93** denominato E.M.A.S. (Eco-Management and Audit Scheme) si rivolge alle imprese del settore industriale che intendono adereire in modo volontario ad un sistema comunitario di ecogestione e audit. Secondo tale regolamento viene lasciato alle istituzioni pubbliche il ruolo di controllori della coerenza rispetto alle leggi, mentre viene demandato alle aziende produttrici un ruolo di prevenzione e di miglioramento continuo della propria efficienza ambientale, basato su un sistema di Eco-gestione e articolato in dichiarazioni e programmi pubblici. Nel 2001 con la riedizione del regolamento (E.M.A.S. II) la registrazione ambientale è stata estesa a qualsiasi organizzazione ("società, ente, ditta, impresa, autorità o istituzione o parte o combinazione di essi, controllata o no, pubblica o privata che ha amministrazioni proprie"). Una volta valutati i propri fattori di impatto ambientale è l'organizzazione che stabilisce tempi e modalità di azione. La valutazione viene fatta su dati oggettivi da rapporti tecnici e pareri di esperti, però è l'organizzazione che affronta la questione ambientale in modo indipendente, attenendosi alle norme ISO 14000 e al regolamento E.M.A.S. e scegliendo come meglio evidenziare i propri progressi in tema ambientale.

2.1.4. Ecologia urbana: casi-studio

Non è facile trovare nel nostro Paese, soprattutto in questi tempi di crisi, esempi di 'genuina' politica eco-responsabile alla scala territoriale. Sono in continuo aumento, in compenso gli studi, i dibattiti e i convegni, ma poche le leggi e le delibere capaci di tradurre queste teorie in pratiche concrete.



Proiezione tridimensionale comparata del capitale naturale (moltiplicata per un fattore 100) e del capitale urbano: le masse rappresentate corrispondono ai fondi, in verde, e agli accumuli, in viola. Nell'immagine in basso viene simulato l'inserimento del progetto di rete ecologica proposto nell'ambito dei lavori del Piano Strutturale di Ravenna (immagini tratte da Rapporto sulla sostenibilità generale di Ravenna, Piano Strutturale Comunale, Elaborato gestionale*, 2007 - consulente sostenibilità ambientale Prof. E. Tiezzi).*

Allo stesso modo non esiste nella pratica dell'urbanistica alcuna traccia sensibile a tutto il fermento scientifico messo in moto da Georgescu Roegen, Daly, Costanza, Perrings, Odum, Szargut, Wall e Jørgensen a partire dagli anni Sessanta. Esiste invece un incessante utilizzo del termine 'sostenibile'.
Di seguito vengono presentati due esempi in ambito nazionale, uno alla scala territoriale comunale e uno alla scala urbana, che tentano di introdurre la politica *environmentally oriented* nel proprio approccio analitico, governativo e normativo.
Nell'ambito della redazione del Piano strutturale comunale, il comune di Ravenna ha elaborato nel 2003 un rapporto sulla sostenibilità generale analizzando lo stato di salute del proprio territorio rispetto alla sostenibilità globale in termini termodinamici con l'intento di fornire alla pianificazione un punto di riferimento e "informare la politica e le politiche affinché il tema della sostenibilità tornasse ad essere, anziché una formula consolatoria, l'occasione per costruire un'autentica cultura della trasformazione" (*Rapporto sulla sostenibilità generale*, Ravenna, 2003). L'analisi svolta, coordinata dal Prof. Enzo Tiezzi, mise in evidenza che Ravenna, dal punto di vista emergetico, era un comune estremamente aperto ed estroflesso, uno spazio che mette a disposizione le proprie risorse (dalla estrazione di idrocarburi, alla capacità di *buffering* offerta dalle sue aree naturali, fino all'accoglienza turistica), pagando a sue spese i bisogni espressi da una comunità ben più ampia di quella comunale e portando alcuni settori del sistema sulla soglia della crescita diseconomica.
Il cammino proposto dal rapporto puntò sull'allargamento della base biologica di supporto del sistema e sugli investimenti nel capitale naturale del territorio per creare la 'biodiversità economica'.
L'analisi portò anche ad un'altra considerazione: è vero che i sistemi urbani sono dei luoghi del consumo e del fluire delle risorse, ma è anche vero che essi rappresentano dei grandi depositi, delle concentrazioni di risorse che si possono e si devono ancora sfruttare, utilizzare e manutenere quanto più possibile.
In un discorso più generalizzato, questa considerazione può essere estesa alla scala nazionale, rivolta alle città italiane e al loro ricco patrimonio urbano, che non possono e non devono continuare a crescere, bensì devono rinnovarsi al loro interno, essere consapevoli del proprio valore exergetico o emergetico e fare di questo capitale

Gli eco-quartieri di Vauban a Friburgo
(immagini in alto, tratte da <http://melaverdenews.blogspot.it>)
e di Vikki a Helsinki
(immagine centrale e in basso, tratte da < http://magazine.larchitetto.it>).

concentrato il miglior uso possibile.
L'analisi emergetica condotta nel territorio comunale di Ravenna e altri studi analoghi a questo, come quello sviluppato nella provincia di Cagliari[9] sempre dal professor Tiezzi, rappresentano dei tentativi di analisi di tipo quantitativo dell'insostenibilità in determinati contesti. Tali studi, in quanto supportati da dati reali che rappresentano numericamente i flussi che alimentano o che depauperano il territorio analizzato, risultano essere 'necessari' quando si parla di sostenibilità, ma non 'sufficienti'.
'Necessari' perché rappresentano l'unico modo per radicare quantitativamente l'oggetto dell'indagine alle quantità limitate di risorse disponibili nella biosfera, dalla cui limitatezza deriva il problema della sostenibilità.
'Non sufficienti' perché sono ciechi di fronte alla produzione di significato, e sopratutto, nella successiva fase propositiva, possono dare adito a proposte, interpretative dei dati ottenuti, anche contrastanti tra loro.
Gli studi condotti su Ravenna e su Cagliari hanno tuttavia previsto quali strade e quali azioni non sarebbe stato opportuno intraprendere per il futuro, in quanto avrebbero portato ad un ulteriore incremento della crescita diseconomica.
Nello specifico, per il sistema ravennate, così come per la provincia di Cagliari, l'analisi aveva messo in evidenza che l'ipotesi di un territorio completamente autosufficiente non era sicuramente perseguibile per via del deficit della propria biocapacità nei confronti dell'impronta ecologica del sistema.
Allo stesso modo dovevano essere valutate con cautela, in questi ambiti, le scelte strategiche che avessero puntato sul potenziamento delle infrastrutture e delle attività che avrebbero assorbito i bisogni espressi dall'esterno e che avrebbero addirittura voluto accentuare l'apertura del sistema, perché i probabili vantaggi conseguiti per il sistema esterno sarebbero ricaduti nuovamente sulle comunità e sugli ecosistemi locali, già ampiamente sfruttati.
Il numero 29 (Settembre 2011) della rivista *Il progetto sostenibile* intitolato "Il progetto locale. Valorizzare il territorio" riporta nell'introduzione un'intervista fatta da Paolo Carli, docente di Progettazione Architettonica e Progettazione Ambientale presso il Politecnico di Milano, al sindaco di un piccolo comune della provincia

di Milano, Cassinetta di Lugagnano.
L'intervista racconta l'esperienza del comune di Cassinetta che attraverso il proprio Piano di Governo del Territorio (PGT) a consumo di suolo zero ha voluto proporre e attuare una politica improntata sulla conservazione e sulla decrescita piuttosto che sul consumo incessante del territorio. I dati che emergono sono che nell'ultimo decennio le uniche opere di nuova edificazione realizzate sono pubbliche e di forte necessità (scuola materna).
Per la realizzazione di tali opere si è ricorsi ad un sacrificio economico condiviso mediante l'aumento dell'imposta sulla casa (ICI) e ad una serie di azioni volte al risparmio delle risorse comunali, a cui è corrisposto un aumento dell'offerta dei servizi individuali. Un po' come succede nelle altre nazioni dove la pressione fiscale si traduce in servizi pubblici e in qualità della vita.
La politica di consumo del suolo zero proposta da Cassinetta ma anche da altri comuni (quali il comune di Camigliano, in provincia di Caserta) ha portato, oltre alla conservazione del suolo urbano e agrario, alla riqualificazione e recupero del patrimonio architettonico esistente attraverso il piano del recupero del centro storico e un nuovo regolamento edilizio basato sui principi della bioedilizia e del risparmio delle risorse.
Per poter conseguire importanti risultati in merito alla sostenibilità economica, sociale e ambientale, non basta ricreare nel nostro Paese sporadici esempi di realtà sostenibili che si rifanno ai quartieri di Vauban a Friburgo o di Vikki a Helsinki[10].
Il cambiamento deve interessare tutto il territorio e deve avvenire anche grazie all'adeguamento degli strumenti normativi e attuativi locali agli obiettivi (qualitativi e quantitativi) fissati dagli organi di governo nazionali e regionali e trasmessi in modo discendente, i quali devono recepire essi stessi in modo ascendente i risultati per poi sottoporli a verifica.
Nell'ambito dell'edilizia, con chiare ripercussioni anche sull'economia e sulla società, è necessario che i comuni in Italia riprendano in mano il proprio regolamento edilizio e lo integrino con azioni mirate alla sostenibilità ambientale.
Il successivo paragrafo tenta di chiarire quali sono le premesse, le azioni progettuali e gli strumenti per poter avviare e supportare tali strategie d'azione.

2.2. La sostenibilità ambientale alla scala dell'edificio

Analogamente al diagramma elaborato da Odum che schematizza i flussi termodinamici che descrivono il rapporto città-territorio, Tiezzi e Pulselli studiano il diagramma dei processi di costruzione, manutenzione e uso di un edificio.

> "*Un edificio è uno stock artificiale di risorse provenienti direttamente o indirettamente dall'ambiente. La costruzione di un edificio richiede un uso intensivo di materiali ed energia, cioè flussi che formano uno stock permanente*"
> (Tiezzi, Pulselli, p. 128).

L'edificio viene rappresentato con il simbolo di serbatoio, ad indicare uno *stock* di risorse che persiste nel tempo. La fase di costruzione, nella quale si verifica un dispendio di energia nell'assemblaggio dei materiali, viene indicata con il simbolo di interazione. I flussi di ingresso che partecipano in questa fase corrispondono ad un investimento iniziale di capitale naturale, destinato, a durare per tutto il tempo di vita dell'edificio.

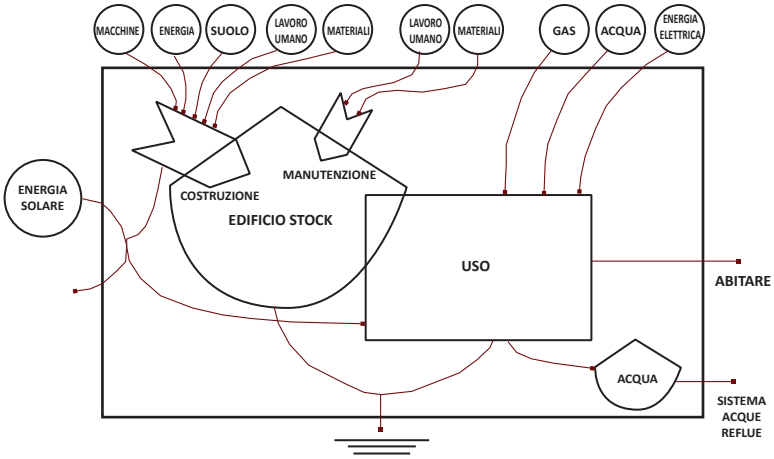


Diagramma energetico dei processi di costruzione, manutenzione e uso di un edificio (Tratto da TIEZZI, PULSELLI, 2008).

Il secondo simbolo di interazione rappresenta le operazioni di manutenzione di un edificio che, ogni anno, richiedono una quantità di flussi, non sempre in modo continuativo, a seconda delle esigenze. Tutte le risorse investite in questa fase servono per compensare il degrado entropico dell'edificio e ad evitare il rapido decadimento dell'edificio fino a portarlo al suo disuso: ciò che entra nell'edificio compensa il flusso in uscita verso il pozzo di calore e mantiene invariata la qualità di organizzazione delle strutture.
Un ulteriore apporto di risorse arriva nella fase di uso dell'edificio per supportare le attività che si svolgono al suo interno: acqua corrente, energia elettrica, gas naturale, beni di consumo degli abitanti (alimenti, vestiti, mobili, libri, elettrodomestici, ecc.).
Attribuendo a tali flussi i corrispondenti valori in termini di emergia, emerge che, in un bilancio complessivo, l'azione dell'abitare (supposta la durata dell'edificio di 50 anni) è supportata da un flusso di emergia investito per il 49% nella fase di costruzione, per il 35% nella manutenzione e per il 15% nell'uso. Più si protrae la sua durata, più bassa sarà la percentuale attribuibile alla fase costruttiva.
Si capisce da quest'analisi di tipo quantitativo che misura l'insostenibilità di un edificio in termini di emergia come, nell'ottica di perseguire la sostenibilità anche nel settore dell'edilizia, sia fondamentale che la "cultura della sostenibilità" converga nella "cultura del recupero". Scrive C. Mele del Dipartimento di Ingegneria dei Sistemi edilizi e territoriali del Politecnico di Torino in un suo contributo al primo volume edito da parte dell'associazione Ar.Tec:

> "*Cultura del Recupero e Cultura della Sostenibilità hanno radici remote e comuni, e in tempi recenti hanno conosciuto un'accelerazione della reciproca convergenza d'intenti, strumenti e metodi*".[11]

Il diagramma emergetico sulla città di Odum e quello analogo sull'edificio riportato da Tiezzi e Pulselli (2008) dimostrano come le città e gli edifici attuali siano dei sistemi ad alta dissipazione energetica e ad elevato degrado ambientale che per sostenersi consumano risorse prodotte da un territorio infinitamente più vasto, come venne efficacemente graficizzato da Wackernagel e Rees nelle rappresentazioni del concetto dell' *Ecological Footprint*. Città ed edifici non sono solo sistemi dissipativi ma sono al tempo stesso essi stessi

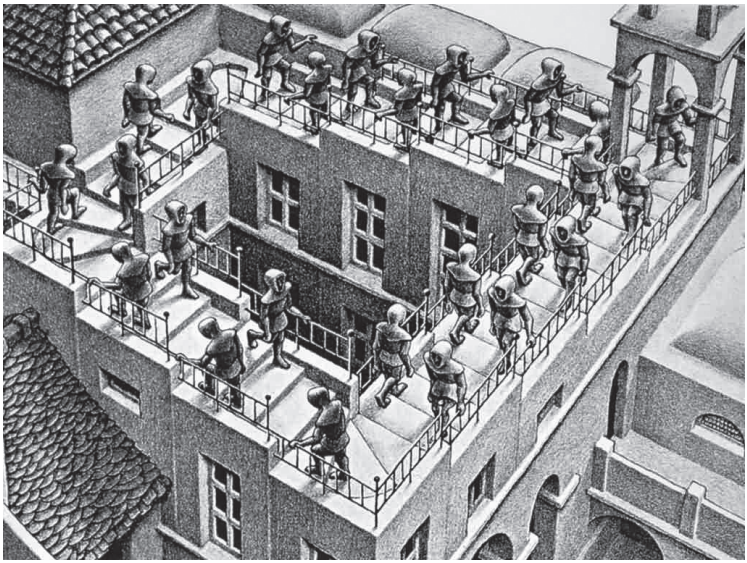
delle risorse che proprio in virtù della "cultura della sostenibilità" vanno valorizzate e manutenute. Ripensare all'architettura in termini di sostenibilità non può dunque prescindere dal ripensare ad una riqualificazione delle costruzioni della città esistenti. E nell'immediato futuro gli interventi di trasformazione delle città riguarderanno principalmente tre categorie di edificato: i centri storici, i quartieri di edilizia residenziale e le aree industriali dismesse.

> "*La grande sfida che attende i progettisti e gli operatori del settore delle costruzioni nel XXI secolo è dunque in primo luogo la messa a punto di efficaci strategie di riqualificazione energetica ed ambientale della città esistente*".[12]

Una recente analisi, scrive Stein (2010), ha dimostrato che intervenendo opportunamente, il recupero di strutture esistenti consente un risparmio di energia a partire da un terzo sino a un mezzo rispetto ad una nuova costruzione.
Vedere l'esistente come una riserva di capitale naturale investito che può essere mantenuta nel tempo è un'importante novità concettuale.
E gli strumenti per farla perdurare sono noti: sono le azioni di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro, di variazione della destinazione d'uso, di modifiche e di integrazioni all'esistente.
Alla luce di queste considerazioni, scrivono Pulselli e Tiezzi (2008):

> "*La città sostenibile non è una città di nuova fondazione, costruita ex-novo, o il risultato del disegno di un ingegnere, ma è un sistema in stato stazionario, in cui input energetici sono stati già immagazzinati e assemblati negli anni e vengono utilizzati al meglio avendo cura di ridurre al minimo gli input energetici e gli output entropici (rifiuti, inquinamento, calore)*".

Il cammino verso un'edilizia ed un'architettura sostenibili è lungo e spesso ambiguo.
Il movimento moderno tentò di rispondere alle problematiche relative alla sostenibilità e, nello specifico, al consumo eccessivo delle risorse, proponendo la dematerializzazione delle strutture e delle componenti degli edifici affidandosi ai progressi tecnologici e costruttivi del periodo. Accanto a questi indubbi progressi tecnologico-costruttivi che portarono, tra le altre cose, alla industrializzazione dell'edilizia e alla diffusione di architetture sempre più immateriali



M.C. Escher, Salita e discesa*, litografia, 1960.*

e leggere, vi fu una "*perdita di conoscenza degli aspetti climatici e ambientali del costruire*"[13]. Questa conoscenza di tipo 'tradizionale' che si manifestava nelle civiltà pre-industriali attraverso un rapporto diretto tra sito ed edificio, fortemente influenzato anche dagli aspetti climatici locali, venne in parte accantonata con lo sviluppo della civiltà industriale e dell'urbanesimo e con la perdita di gran parte dei "connotati localistici"[14].

A tal proposito, è significativo ad esempio fare un confronto tra le tecniche di climatizzazione interna degli edifici adottate nelle architetture tradizionali, che demandavano all'involucro edilizio la funzione di controllo climatico, e quelle utilizzate nelle architetture più moderne, che si affidano quasi esclusivamente ai sistemi impiantistici. Anche se l'evoluzione tecnologica porta questi sistemi impiantistici ad essere sempre più efficienti, il loro utilizzo intensivo ed esteso porta ad un aumento complessivo della domanda di energia e di materiali che si traduce in una crescita sempre più ingannevole.

Tiezzi e Pulselli per rappresentare tale crescita ingannevole richiamano il disegno della scala di Escher *Salita e discesa*.

A rafforzare tale immagine illusoria della realtà, i due autori riportano anche le parole di Renzo Piano: "*modernità, progresso e crescita sono trappole infernali e nel loro nome continuano a fregarci*".

L'affidarsi, nella generalità della pratica progettuale, alle tecnologie impiantistiche disconoscendo l'impostazione tradizionale di un'architettura perfettamente integrata nel contesto ambientale e climatico, ha portato alle prime crisi energetiche (crisi petrolifere) e ai primi piani di risparmio energetico che coinvolsero anche il settore dell'edilizia attraverso l'imposizione di vincoli sull'isolamento termico degli edifici.

Questa emergenza energetica e la necessità di individuare sicure azioni di contenimento dei consumi richiede oggi un ribaltamento culturale che metta in primo piano, come nel passato, l'edificio e la sua architettura nella climatizzazione degli ambienti interni (Croce, 2004).

Allo stato dell'arte attuale, in questo quadro di riferimento, le azioni che ne sono nate e che sono state adottate dalle singole nazioni, tra le quali anche l'Italia, "*non hanno modificato in modo sostanziale la pratica progettuale e costruttiva comunemente praticata, ancora indifferente alle interazioni tra architettura, energia, comfort, clima e*

contesto ambientale"[15].
A livello tecnico, è sempre più indispensabile sviluppare una nuova razionalità di piano e di progetto e dei nuovi indicatori di benessere.
Nella pianificazione, gli usuali standard urbanistici che tengono conto degli ingombri e delle proporzioni tra volumi edificati e superfici edificabili potrebbero essere sostituiti da "nuovi standard basati su indicatori della sostenibilità che valutano l'uso delle risorse naturali", quali l'emergia, l'impronta ecologica o altri (Tiezzi, Pulselli, 2008).
Ugualmente, in campo progettuale, l'efficacia e l'efficienza degli interventi in architettura, fino a qualche decennio fa demandate solamente ai parametri prestazionali, dovrebbero arricchirsi anche dei parametri relativi alla compatibilità ambientale (Gulli, 2012).
Constatata l'insufficienza dei risultati ottenuti finora in edilizia in materia di sostenibilità ambientale, è necessario insistere con gli strumenti normativi maggiormente incisivi di sensibilizzazione e di responsabilizzazione alla pratica della sostenibilità che nascano a livello locale e che non siano imposti dall'alto[16], partendo da un atto cognitivo che presupponga un'approfondita conoscenza della realtà locale e delle leggi che la governano tali da trovare risposte concrete ai problemi reali[17].
Le strade che si devono affrontare sono essenzialmente tre: quella della progettazione eco-responsabile ad opera dei professionisti che nel loro lavoro quotidiano devono "studiare soluzioni, testare nuovi materiali, misurare l'efficienza, confrontare i risultati, discutere con i colleghi, sporcarsi le mani in cantiere, convincere operai e impresari della qualità delle proprie proposte"; quella del governo eco-responsabile del territorio ad opera "degli amministratori, degli uffici tecnici, di chi redige i regolamenti edilizi o approva i piani regolatori, di chi rilascia ogni giorno nuovi permessi di costruire"; e infine quella dell'insegnamento e della diffusione della cultura del rispetto all'ambiente ad opera dei docenti di progettazione architettonica e urbana *in primis* e degli insegnanti delle scuole di grado inferiore (Sassi, 2008, introduzione di G. Allen).

2.2.1. Strategie sostenibili di progetto e costruzione

In architettura vi sono diversi approcci progettuali che mirano alla sostenibilità energetico-ambientale. Monica Lavagna li sintetizza

in tre filoni: la **bioclimatica**, la **bioarchitettura** e l'**architettura ecologica**. Tutti promuovono strategie progettuali specifiche volte quando al risparmio energetico e allo sfruttamento dell'irraggiamento solare e della ventilazione naturale, quando all'utilizzo di tecnologie e materiali naturali, quando alla riduzione degli impatti sull'ambiente.
Tuttavia, nessuno di essi, da solo, riesce a conseguire risultati esaustivi: ciascun approccio necessita dell'integrazione degli altri.
Il progetto di un'architettura in sé richiede un approccio olistico e onnicomprensivo che non si ferma all'analisi dei soli aspetti tecnici e prestazionali.
L'inserimento del requisito della sostenibilità da soddisfare rende l'approccio ancora più complesso e richiede una procedura *ad hoc* di riferimento a cui attenersi che contenga tutta una serie di obiettivi specifici.
Il C.I.B. (*Conseil International du Bâtiment*) nel 1994 ha individuato nell'efficienza delle risorse e nella progettazione ecologica i principali obiettivi del costruire in modo sostenibile. Tali obiettivi vengono conseguiti rispondendo all'interno del processo progettuale e realizzativo di un manufatto ai seguenti principi:
- riduzione del consumo delle risorse;
- riutilizzo delle risorse;
- uso delle risorse riciclabili;
- protezione della natura;
- eliminazione delle sostanze tossiche;
- applicazione della valutazione economica del ciclo di vita;
- qualità.

Nel 2001 invece la Commissione Europea nel "Rapporto sulla sostenibilità nelle costruzioni" individua come strategie e raccomandazioni :
- lo sviluppo di Politiche Integrate di Prodotto;
- la valutazione del ciclo di vita;
- il recupero del patrimonio edilizio esistente;
- la sperimentazione e le innovazioni volte al miglioramento ambientale;
- i cambiamenti negli stili di vita e nei modelli di consumo.

Scrive Greco[18]:

> *"Per definire sostenibile un edificio non è sufficiente realizzare un involucro edilizio dalle elevate prestazioni di coibenza*

termica o la collocazione di pannelli fotovoltaici sulle coperture degli edifici. Il progetto sostenibile è qualcosa di più complesso che deve raggiungere i seguenti obiettivi:
- razionalizzare l'uso del territorio;
- razionalizzare il consumo energetico;
- migliorare le condizioni di comfort, benessere e sicurezza negli edifici e negli spazi urbani;
- fare ricorso a materiali e tecniche costruttive con ridotto impatto ambientale (limitando la generazione di rifiuti in fase di produzione, messa in opera, utilizzo e dismissione);
- ridurre i costi ambientali di gestione con l'aumento della durabiità e manutenibilità dell'edificio e delle sue parti;
- favorire il riutilizzo e la riciclabilità dei materiali e di eventuali componenti edilizi;
- migliorare il rapporto dell'ambiente interno con l'ambiente esterno."

Di seguito si riporta una sintesi delle principali strategie di sostenibilità, suddivise per macro aree di intervento, disponibili in letteratura a livello teorico e sperimentale.

2.2.1.1 Selezione del sito

La selezione e l'utilizzo del sito su cui costruire ha delle ripercussioni sullo sfruttamento dei suoli, sulla conservazione degli ecosistemi naturali, sulla tutela della flora e della fauna, sul bisogno dell'uomo di godere di aree naturali per migliorare il proprio benessere psicofisico (Sassi, 2008).
Una selezione eco-responsabile del sito deve tener conto dei seguenti aspetti:
- il valore più o meno ecologico dell'area;
- la presenza di aree già in precedenza utilizzate e sfruttate (aree dismesse e terreno contaminato);
- la presenza di servizi di trasporto pubblico;
- la presenza di aree pedonali e percorsi ciclabili;
- la possibilità di offrire benefici anche a favore comunità;
- la soddisfazione dei bisogni della popolazione;
- la commistione funzionale;
- la vicinanza ai servizi necessari e al lavoro;
- una densità adeguata.

2.2.1.2 Conservazione della natura

Il progetto di architettura deve in primo luogo evitare la distruzione degli habitat naturali esistenti e, quando possibile, introdurne dei nuovi.
L'importanza delle piante e delle foreste può essere sintetizzata nei seguenti punti: assorbimento dell'anidride carbonica, pulizia dell'atmosfera, contenimento dell'erosione dei suoli, riduzione dell'inquinamento idrico, ricarica delle falde acquifere, riduzione dei rumori, risorse per alimenti e farmaci, ombreggiamento e riduzione dell'apporto di calore in ambienti costruiti, neutralizzazione dell'effetto "isola di calore", protezione dal vento, habitat per fauna e flora.
Il mantenimento dell'ambiente naturale e il suo miglioramento può essere raggiunto attraverso azioni più o meno complesse, come ad esempio :
- la minimizzazione delle parti interrate e pavimentate per mantenere il più possibile la permeabilità del terreno;
- la costruzione su elementi puntuali (*pilotis*, pilastri in legno);
- la copertura con tetti verdi;
- la creazione di corridoi verdi;
- evitare l'introduzione di piante non autoctone;
- la salvaguardia delle specie arboree autoctone;
- la conservazione e la creazione degli orti urbani nei pressi delle aree maggiormente urbanizzate.
Gli orti urbani in questi ultimi anni stanno diventando nelle grandi città degli spazi di relazione per stringere nuovi rapporti sociali, oltre che dei veri e propri laboratori di coltivazione delle piante tradizionali e di produzione di cibo in loco.

2.2.1.3 Comunità e Partecipazione

La sostenibilità non deve riguardare solamente i progetti architettonici e le soluzioni edilizie, i processi ambientali e i relativi sistemi di gestione, i tributi e gli apparati normativi. La sostenibilità deve riguardare gli individui e le loro azioni di trasformazione dell'ambiente. Le scelte quotidiane sono spesso dettate dagli interessi personali sempre più volti all'accumulo di ricchezza materiale alla quale corrispondono, il più delle volte, elevati impatti ambientali.
Una società meno consumistica è sicuramente l'unica strada per

realizzare una comunità globale sostenibile.
Le comunità sostenibili offrono alle persone l'opportunità di godere di standard di vita elevati, comportando, nel contempo, minori impatti ambientali, sociali ed economici. Gli obiettivi delle comunità sostenibili individuati da Philips (Philips, 2003) sono:
- limitare l'utilizzo di risorse e la produzione di rifiuti;
- ridurre l'inquinamento a livelli sopportabili per l'ambiente in modo da evitarne il degrado;
- soddisfare i bisogni locali, per quanto possibile;
- assicurare a ognuno l'accesso al cibo, acqua potabile, casa e carburante;
- garantire ad ognuno la possibilità di lavorare con una equa retribuzione;
- proteggere la salute di ogni individuo con ambienti puliti, sani e gradevoli;
- garantire la possibilità di usufruire dei servizi senza l'ausilio delle automobili e senza comportare danni ambientali;
- assicurare una vita sicura, libera dalla paura della criminalità e della violenza;
- assicurare l'accesso alla conoscenza, al talento e all'informazione;
- garantire la partecipazione delle comunità alle decisioni politiche;
- offrire opportunità di cultura, servizi e divertimenti accessibili a tutti;
- assicurare la protezione e la valorizzazione di culture locali e diverse.
Affinché si attuino questi cambiamenti, occorre coinvolgere tutta la comunità nella pianificazione, nella realizzazione e nella gestione dei propri ambienti di vita.
I progetti che impongono dall'alto i cambiamenti agli abitanti sono destinati a fallire, soprattutto perché si rischia di non soddisfare i reali bisogni della comunità.
Le azioni principali che devono indirizzare la progettazione e lo sviluppo per le comunità sostenibili sono (Sassi, 2008):
- identificare e migliorare il capitale sociale rispettando le individualità e le diversità, identificando e conoscendo i soggetti portatori di interesse, incoraggiando la definizione di un'identità tipica della comunità, incoraggiando e appoggiando il coinvolgimento della comunità, supportando e facilitando le iniziative proposte dalla

comunità, incoraggiando e migliorando l'identità culturale;
- provvedere ai bisogni essenziali fornendo a tutti gli abitanti dimore dignitose, considerando le opportunità di formazione e di occupazione in loco, assicurandosi della salubrità, dell'accessibilità e della sicurezza di tutti gli ambienti;
- migliorare la qualità della vita riconoscendo l'impatto che l'ambiente costruito ha sulle attività delle comunità e sulle relazioni, provvedendo a fornire cultura accessibile e servizi per tutti, assicurando ambienti pubblici di qualità e, prevalentemente, naturali, incoraggiando le interazioni nella comunità attraverso attività interessanti, comfort, ambienti pubblici a scala umana e gradevoli;
- promuovere la sostenibilità educando, discutendo e concordando obiettivi comuni per un progetto sostenibile costruito con tutti i portatori di interesse, esplicando i caratteri legati alla sostenibilità del proprio progetto in modo da garantirne una corretta gestione.

La partecipazione non deve essere auspicata nella sola fase decisionale: essa deve essere promossa e attuata anche nelle fasi di formazione e lavoro.

Un progetto partecipato deve prevedere il coinvolgimento di tutti i portatori di interesse sia nella fase cognitiva sia nella fase di sperimentazione. Un progetto partecipato e condiviso con la comunità può ad esempio contribuire allo sviluppo locale acquistando e utilizzando prodotti realizzati in loco, affidando lavori a imprese locali o comunque offrendo opportunità di lavoro nella zona. Queste pratiche non implicano soltanto vantaggi in termini sociali, ma riducono l'impatto ambientale della costruzione contenendone l'energia inglobata.

2.2.1.4 Progetto e costruzione

Per promuovere la sostenibilità nel settore dell'edilizia occorre innanzitutto che il team progettuale e la squadra di cantiere, oltre che il committente, abbiano la consapevolezza, la conoscenza e l'esperienza per sviluppare un edificio sostenibile. È importante in questo ambito definire sin da subito gli obiettivi legati alla sostenibilità ambientale ai quali il manufatto deve mirare tenendo conto naturalmente del contesto in cui si opera.

La definizione degli obiettivi può essere intrapresa con l'aiuto di un consulente e/o utilizzando delle *check-list* basate sugli indicatori

dei sistemi di valutazione comunemente usati nell'ambito della sostenibilità ambientale.
Gli obiettivi adottati nel progetto dovranno essere dichiarati nelle relazioni progettuali e dovranno trovare riscontro nei capitolati.
Nella fase realizzativa del progetto, oltre alla effettiva esecuzione delle azioni proposte in fase progettuale, è possibile promuovere il concetto di sostenibilità nell'ambito del cantiere e istruire gli stessi operai che eseguono i lavori.
È importante, ad esempio, stabilire un programma di gestione del cantiere per minimizzare l'impatto nell'area circostante.
Una gestione ambientale del cantiere può consentire una serie di vantaggi anche dal punto di vista economico. Si pensi alla riduzione dei costi di produzione, alla riduzione dei consumi di risorse naturali, alla riduzione degli sprechi, all'utilizzo ottimale dell'energia, alla riduzione dei rifiuti da smaltire in discarica, alla riduzione della possibilità di incorrere in sanzioni amministrative o in risarcimenti per danni ambientali (Lavagna, 2008).
La prefabbricazione, in questo senso, rispetto ai cantieri di tipo tradizionale-artigianale (che rappresentano ancora la maggioranza nel nostro Paese), è uno scenario che vale la pena prendere maggiormente in considerazione per il futuro, uscendo dal pregiudizio che essa sia sinonimo di standardizzazione e omologazione. In questo modo si consente di ridurre le possibilità di perdita prestazionale per cattiva qualità di posa, ridurre la produzione di rifiuti da cantiere e degli sfridi, consentendo anche un loro possibile recupero e riciclo in stabilimento all'interno del procedimento produttivo.
La scelta dei materiali può essere fatta attraverso la realizzazione di bilanci ambientali che valutino il comportamento ambientale dei materiali nell'intero arco della loro vita. I fornitori possono essere selezionati in base alle loro referenze in senso ambientale, valutando direttamente i loro prodotti e metodi di produzione, oppure basandosi su sistemi di certificazione ambientale quali E.M.A.S. e ISO 14001.
Occorre tener conto anche dell'aspetto legato all'approvvigionamento delle materie prime, sia per la questione del consumo e del progressivo esaurimento delle risorse, sia per gli impatti che determinano sul territorio i luoghi di estrazione dei materiali (Lavagna, 2008).
Un altro ambito che incide in negativo sulla sostenibilità è quello dei trasporti. L'apertura delle frontiere, la globalizzazione dei mercati,

l'informazione sempre più su vasta scala, hanno favorito anche nel settore edilizio l'uso di elementi costruttivi e tecnologie non più locali, portando spesso a movimenti di materiali che producono impatti non solo dovuti al trasporto ma anche alla realizzazione delle infrastrutture necessarie. Occorre, per tale motivo, optare per i prodotti di dimostrata provenienza locale: per quanto sia possibile, è bene ricostruire la provenienza dei prodotti indagando su tutta la filiera produttiva e non solo negli ultimi passaggi.

2.2.1.5 Salute e benessere

Gli aspetti che caratterizzano l'ambiente costruito, a partire dalla composizione chimica dei materiali edili alle considerazioni spaziali e percettive, influiscono sugli abitanti. In alcuni casi essi influiscono in modo immediato, generando delle patologie comuni come allergie, asma, irritazioni, stanchezza, emicranie, nervosismo, sinusite o congestioni respiratorie. In altri casi, essi possono generare effetti che possono diventare evidenti dopo anni di esposizione, come nel caso della presenza di materiali cancerogeni (amianto). Lo studio degli impatti dell'ambiente sulla salute è abbastanza complesso. Esso comporta l'analisi delle singole caratteristiche di un ambiente isolato che richiede a sua volta un numero ingente di dati e, oltretutto, dipende dalla reazione soggettiva di chi fruisce quell'ambiente. È auspicabile perciò progettare edifici salubri non solo per prevenire situazioni di malessere psicologico e fisico, ma anche per migliorare la sensazione di benessere dei loro abitanti.
I fattori che influiscono sulla salute e sul comfort degli ambienti e sui quali è necessario prestare attenzione in fase progettuale sono:
- temperatura interna, al fine di limitare gli scambi termici con il corpo umano;
- umidità relativa, per limitare il raffrescamento del corpo umano tramite evaporazione e per prevenire la formazione di muffe ed acari;
- illuminazione naturale, per prevenire l'insorgenza di disturbi come la S.A.D. (Sindrome Affettiva Stagionale) che genera sintomi di stanchezza, pigrizia, depressione e bisogno di carboidrati;
- isolamento acustico, per prevenire disturbi come l'affaticamento fisico e mentale, affaticamento cardiaco, ipertensione, insonnia, ansia, irritabilità e perdita di memoria;

- controllo attivo dell'ambiente da parte dei fruitori, per evitare carenze o sovradimensionamenti nei sistemi di controllo del comfort a seconda degli utenti;
- adattabilità, per soddisfare i bisogni e le esigenze dei fruitori e offrire la possibilità di personalizzare il proprio spazio;
- materiali da costruzione e per finiture degli ambienti, per prevenire tutta quella serie di patologie comuni generate da una scarsa qualità dell'aria interna;
- ventilazione ambienti, per favorire i ricambi dell'aria interna e prevenire la formazione dei disturbi generati dalla scarsa qualità dell'aria interna;
- campi elettromagnetici, per prevenire i disturbi legati alla ipersensibilità ai campi elettromagnetici (EHS), quali i più comuni sintomi dermatologici (arrossamenti, prurito), ma anche quelli nevrotici e vegetativi (affaticamento, stanchezza, difficoltà di concentrazione, nausea, palpitazione cardiaca, disturbi della digestione);
- accessibilità, per aiutare le persone disagiate a essere indipendenti e a sentirsi tali;
- presenza di aree verdi, sia per favorire il riposo e il relax, sia per assorbire le sostanze chimiche presenti nell'aria interna.

Le indicazioni su come affrontare tali fattori ai fini della progettazione di ambienti confortevoli esistono e sono costantemente in evoluzione.
Per favorire il comfort termico e garantire allo stesso tempo un ambiente piacevole e rinvigorente, secondo Pearson e Wells (1990), gli spazi interni dovrebbero essere mantenuti alla temperatura più bassa possibile, la velocità dell'aria interna dovrebbe essere mantenuta intorno ai 10m/minuto d'inverno e più elevata in estate in modo da non sembrare soffocante, la circolazione dell'aria dovrebbe essere variabile in modo da risultare stimolante, l'umidità relativa non dovrebbe superare il 70% e dovrebbe attestarsi preferibilmente sotto il 50%, la temperatura radiante delle superfici interne dovrebbe essere superiore a quella dell'aria e la temperatura all'altezza della testa dovrebbe essere più bassa di quella a livello del pavimento (Sassi, 2008, p. 113). La miglior cosa da fare, a fronte anche della mutevolezza dei fruitori e delle loro esigenze nonché della possibilità di adattare gli ambienti a usi differenti, è offrire la possibilità agli occupanti di regolare i parametri climatici interni attraverso i termostati e attraverso sistemi di ventilazione naturale o forzata

regolabile manualmente o elettronicamente.
Il controllo dell'umidità relativa in un edificio è piuttosto complessa essendo anch'essa il risultato della sinergia di molteplici fattori tra i quali la qualità dei materiali coibenti impiegati e di quelli usati per il rivestimento degli ambienti interni, le sorgenti di umidità (soprattutto nelle cucine e nei bagni), il numero di ricambi d'aria orari e il tipo di riscaldamento. I valori raccomandati di umidità relativa sono tra il 40% e il 50%. Per evitare un tasso eccessivo di umidità relativa e quindi per prevenire la formazione di acari e muffe occorre: assicurare un livello di ventilazione adeguata, soprattutto in quegli ambienti critici quali le cucine e i bagni; isolare termicamente ed evitare la formazione di ponti termici; evitare l'utilizzo di materiali o la realizzazione di microspazi che possano rappresentare un ambiente ideale per la formazione di muffe; utilizzare materiali igroscopici (argilla, legno, fibre naturali e sughero) rivestendoli eventualmente con finiture traspiranti per non comprometterne le prestazioni; prevedere la costruzione di murature traspiranti in modo da agevolare la fuoriuscita del vapore dagli ambienti interni.
Al contrario, per evitare un tasso insufficiente di umidità relativa e dunque per prevenire disturbi quali l'insorgenza di infezioni virali e attacchi allergici è sufficiente prevedere la presenza di piante verdi negli ambienti interni ed evitare forti differenze di temperatura tra l'interno e l'esterno.
Una buona illuminazione naturale deve essere sempre garantita negli ambienti in cui le persone trascorrono la maggior parte del loro tempo, come i luoghi di lavoro o di soggiorno. Attualmente esistono diversi sistemi di illuminazione naturale, diretta o indiretta, che garantiscono una buona illuminazione anche in quei casi in cui non sia possibile realizzare incrementi di superficie illuminante o in cui ci si trovi addirittura sotto il livello del terreno (ad esempio sistemi di illuminazione zenitale tramite infissi integrati nelle coperture o tubi solari). Per ottenere un buon isolamento acustico negli edifici occorre operare, anche da questo punto di vista, una scelta mirata dei materiali edilizi e delle finiture interne. Inoltre, ci si può servire di altri aspetti che attutiscono i rumori provenienti dall'esterno, quali la disposizione di piante utilizzate come barriere acustiche, l'orientamento degli edifici e la disposizione degli ambienti interni, l'isolamento dei serramenti esistenti.

Realizzazione di una struttura in balle di paglia.
Laboratorio della paglia, Ula Tirso (2011).

2.2.1.6 Materiali

Nella valutazione della sostenibilità ambientale in edilizia, l'energia utilizzata durante la fase d'uso dell'edificio e i materiali impiegati nella fase di costruzione sono i fattori che maggiormente incidono sul carico ambientale: entrambi determinano impatti sull'ambiente relativi al consumo di risorse, alla produzione di inquinamento e alla qualità e comfort dell'abitare.
Mentre nell'ambito del risparmio delle risorse energetiche si è raggiunto un buon grado di maturazione in campo scientifico, per quanto riguarda i requisiti relativi ai materiali e ai prodotti edilizi "ecologici" ancora rimane qualche perplessità (Lavagna, 2008).
Ciò che rende più complessa la comprensione delle dinamiche nella valutazione dell'impatto dell'uso dei materiali è la distanza fisica e temporale tra la causa e l'effetto. Non sono di facile valutazione ad esempio gli impatti che derivano dall'utilizzo di un particolare legname da costruzione importato da posti lontani o gli effetti nocivi dell'amianto sulla salute dell'uomo soprattutto se passano decenni prima che questi diventino evidenti.
Il reperimento delle materie prime, la loro lavorazione e la confezione del prodotto, il trasporto, l'uso e lo smaltimento possono contribuire, se non controllato, all'incremento di danni ambientali e sociali, quali il surriscaldamento del pianeta, l'inquinamento atmosferico, la carenza di risorse naturali, la distruzione degli habitat naturali, l'estinzione di specie animali e vegetali, la desertificazione, la dissoluzione delle comunità e problemi di salute (Sassi, 2008).
Nella valutazione degli impatti che derivano dall'utilizzo dei materiali occorre ricostruire tutte le fasi e le reazioni a catena che si susseguono e studiarne gli effetti a lungo termine prodotti.
Al fine di porre un freno all'approvvigionamento delle materie prime non rinnovabili e di fare una scelta eco-responsabile dei materiali, è necessario seguire alcune linee guida generali che Sassi sintetizza nei seguenti punti (Sassi, 2008, p. 153):
- costruire solo quando è realmente necessario;
- costruire edifici misurati senza sprechi di spazio;
- progettare per usare i materiali nella maniera più consona ed efficiente;
- progettare manufatti durevoli e poco bisognosi di manutenzione;
- riusare edifici esistenti;

Realizzazione di un intonaco di terra e paglia.
Laboratorio della terra, Ardauli (2011).

- riusare componenti di edifici esistenti;
- usare materiali riciclati;
- progettare edifici e sue componenti flessibili e piacevoli per massimizzare la loro durata;
- progettare materiali per riciclarli o per biodegradarli;
- preferire materiali rinnovabili con brevi cicli di rigenerazione;
- preferire il legno proveniente da foreste controllate (FSC);
- preferire risorse abbondanti a quelle in via di esaurimento, che dovrebbero essere invece evitate;
- preferire materiali estratti o raccolti con un minimo impatto ambientale a livello locale e globale;
- preferire materiali associati a produzioni poco inquinanti;
- preferire prodotti associati a bassi livelli di emissioni di CO_2 durante l'intero ciclo di vita dell'edificio, considerando anche il consumo di energia che essi comportano in fase di gestione;
- considerare la politica ambientale, le informazioni e le certificazioni esibite dai produttori;
- preferire materiali che non inquinano l'aria interna;
- scegliere materiali prodotti in loco che richiedono il minimo trasporto;
- separare legno, inerti, metalli e terreno risultanti al termine del cantiere di demolizione e assicurarsi che vengano riciclati;
- assicurarsi che i materiali ordinati in eccedenza e, se possibile, i rifiuti vengano ritirati dai fornitori;
- prevedere pratiche di riciclo nelle costruzioni.

2.2.1.7 Energia

Dal rapporto sull'energia e l'ambiente relativo alle annate 2009 e 2010 a cura dell'Unità centrale degli Studi e delle Strategie dell'UTEE-ENEA è emerso che nel 2009, il consumo energetico del settore residenziale è stato di 26,0 Mtep, con un incremento del 3,2% rispetto al 2008.
La principale fonte energetica utilizzata, il gas naturale (che nel 2009 costituisce quasi il 55% del consumo totale) ha registrato un aumento del 5,0%; incrementi si sono registrati anche per la legna (+8%) e per l'energia elettrica (+0,8%). Le altre fonti energetiche hanno subito tutte una riduzione del consumo. L'incremento del consumo di gas naturale è imputabile in parte all'andamento climatico e in parte alla

diffusione delle pompe di calore a gas naturale, utilizzate anche per la climatizzazione estiva.
Secondo dati ODYSEE, la variazione del consumo di energia per abitazione mostra per l'Italia una riduzione del 2,6% del valore 2009 rispetto al 2000; questa variazione è notevolmente al disotto della corrispondente variazione della UE27 (-11,7%) e delle riduzioni ottenute da Germania, Francia e, soprattutto, dal Regno Unito (oltre il 15%).
Per quel che riguarda il consumo elettrico per abitazione, si rileva come in Italia si è registrata una lieve riduzione dell'1,8%, collegata all'acquisto e all'utilizzo da parte dei consumatori di apparecchi elettrici più efficienti.
Il consumo termico per abitazione in Italia è invece leggermente aumentato, al contrario di quanto verificatosi per la maggior parte dei paesi europei.
Nel complesso, la riduzione dei consumi di energia elettrica per abitazione è stata parzialmente neutralizzata dal concomitante incremento del consumo unitario per riscaldamento, su cui ha pesato una insufficiente applicazione delle normative nazionali di miglioramento dell'efficienza degli edifici.
Se si fa riferimento all'indice ODEX, il settore residenziale è quello che ha registrato il miglior risultato in termini di efficienza energetica. Nel periodo 1990-2009, l'incremento complessivo di efficienza energetica è stato pari al 23,9%.
L'obiettivo dell'edilizia sostenibile dal punto di vista dei consumi energetici è offrire agli utenti un buon livello di qualità della vita producendo una quantità minima di emissioni di CO_2 e inquinamento in generale.
Secondo Sassi, il metodo più corretto per ridurre l'impatto ambientale dei consumi energetici consta principalmente di tre strategie. In primo luogo, bisognerebbe studiare in che modo l'energia viene consumata negli edifici e selezionare una serie di materiali e tecniche costruttive per ottenere lo stesso livello di benessere con un ridotto impiego di energia.
In secondo luogo, laddove i sistemi passivi non risultino essere sufficienti, bisognerebbe ricorrere a sistemi attivi che impiegano l'energia in modo efficiente. Infine, il fabbisogno di energia residuo dovrebbe essere coperto con fonti alternative rinnovabili a bassa

emissione di CO_2.
Queste tre strategie vengono meglio esplicitate attraverso le seguenti azioni (Sassi, 2008, p. 210):
- orientare l'edificio in modo da agevolare o evitare il guadagno solare passivo;
- orientare l'edificio in modo da sfruttare il paesaggio e la vegetazione per proteggerlo o esporlo ai venti dominanti a seconda della stagione;
- sfruttare la vegetazione per l'ombreggiamento di alcune parti dell'edificio e contenere così l'aumento della temperatura all'interno;
- studiare la distribuzione degli ambienti all'interno di un edificio in modo tale che siano rivolti verso sud gli spazi che necessitano dei guadagni passivi e verso nord quelli che si vorrebbe mantenere a temperature più ridotte;
- ridurre al minimo le dispersioni termiche provvedendo a isolare al meglio la costruzione;
- ridurre i guadagni passivi non desiderati attraverso sistemi di ombreggiamento solare, coibentazione e anche con l'impiego di superfici riflettenti;
- prendere in considerazione l'impiego della massa termica per moderare all'interno le variazioni giornaliere della temperatura esterna e per accumulare il calore estivo in modo da utilizzarlo in inverno;
- utilizzare atri e serre come zone filtro di mitigazione climatica;
- sfruttare strategie naturali di ventilazione e raffrescamento;
- favorire l'ingresso della luce naturale;
- prevedere impianti energeticamente efficienti per il riscaldamento e il raffrescamento;
- utilizzare lampade e apparecchi luminosi a basso consumo;
- prevedere impianti termici ed elettrici centralizzati (teleriscaldamento, cogenerazione);
- stabilire obiettivi energetici e monitorare le prestazioni dell'edificio;
- educare gli utenti e migliorare le politiche di efficienza energetica;
- impiegare risorse energetiche naturali (vento, sole e geotermia);
- utilizzare fonti di energia rinnovabili.

Sempre più spesso le azioni scelte dagli utenti, pubblici e privati, forse spinti più dal risparmio economico che dalla volontà di limitarne i

consumi, ricadono sull'utilizzo di fonti di energia rinnovabili e, in ambito urbano, soprattutto sull'installazione di impianti fotovoltaici. In questi ultimi anni numerosi edifici pubblici e privati si stanno dotando di impianti fotovoltaici sulle proprie coperture, spesso senza apportare nessun altro intervento di riqualificazione energetica al loro interno.
Gli stessi P.A.E.S. (Piani d'Azione per l'Energia Sostenibile), di cui si stanno dotando i nostri comuni, preferiscono investire i finanziamenti europei in interventi di installazione di impianti di produzione di energia rinnovabile (fotovoltaici, microeolici), piuttosto che promuovere le azioni di risparmio energetico a livello domestico o gli interventi di riqualificazione degli edifici esistenti.
Accade perciò che i consumi di energia di gestione dell'edificio rimangano invariati, perché alimentano gli stessi impianti e gli stessi elettrodomestici, o che addirittura aumentino perché, giustificati dall'utilizzo di fonti di energia rinnovabile, si tende a dotarsi di ulteriori elettrodomestici maggiormente energivori.
È importante perciò, nell'ottica del risparmio energetico, e non solamente di quello economico, puntare prima di tutto sulle azioni che sfruttano le risorse disponibili esistenti, avvalendosi ad esempio dell'irradianza solare, dei venti prevalenti, della topografia e del microclima come fanno gli edifici "passivi", garantendo il massimo comfort abitativo a fronte di minori consumi di gestione.
Occorre poi puntare sull'utilizzo di impianti ed elettrodomestici efficienti e duraturi, ovviamente nel limite dell'evoluzione tecnologica.
Accade infatti che ci si affida sempre più ad impianti sofisticati, di non elevata durata e talvolta pure poco efficienti nella produzione di energia. E spesso, proprio questi impianti che producono energia "pulita" richiedono più energia durante la loro fase di produzione rispetto a quella che effettivamente forniscono nella fase d'uso dell'edificio.
Ai fini del risparmio energetico, alla luce di queste considerazioni, è bene prendere in considerazione non solamente la fase d'uso dell'edificio ma verificare anche cosa accade durante tutto il ciclo di vita dei suoi componenti, sia strutturali sia accessori, come possono essere considerati gli impianti.
Il risparmio di energia va infatti perseguito non solamente in termini

di energia di gestione dell'edificio ma anche in termini di energia incorporata nei suoi componenti.

2.2.1.8 Acqua

Anche per la riduzione dei consumi e dell'inquinamento dell'acqua, Sassi individua tre strategie legate alla progettazione edilizia e ai problemi ambientali.
In primo luogo l'introduzione di efficienti modalità d'impiego dell'acqua dolce. In secondo luogo il reimpiego di risorse alternative secondarie come le acque piovane e grigie. Infine la predisposizione di strategie di trattamento in situ dell'acqua piovana o di sistemi di drenaggio urbano sostenibile in modo da ridurre l'impiego degli impianti di depurazione.
Alcune azioni che corrispondono a queste tre strategie (Sassi, 2008, p.263) sono:
- selezionare impianti a basso consumo di acqua;
- scegliere toilette a compostaggio;
- preferire la doccia al bagno;
- installare aeratori di flusso o rubinetti automatici in lavandini e docce;
- installare sciacquoni per wc a flusso doppio o ridotto;
- ristrutturare gli impianti esistenti installando sciacquoni per wc o rubinetti più efficienti;
- prevedere sistemi di irrigazione differenziati in funzione delle reali necessità delle piante o sistemi di irrigazione automatica dotati di sensori di umidità o anche alla pacciamatura delle colture per ridurre l'evaporazione dell'acqua;
- installare contatori idrici;
- adottare ed educare a comportamenti consapevoli;
- installare sistemi di raccolta delle acque grigie (provenienti da lavabi, docce, vasche da bagno) in modo da riutilizzarle negli sciacquoni dei wc e per l'irrigazione delle piante verdi;
- installare cisterne per raccogliere l'acqua piovana da usare in giardino o qualsiasi altro sistema;
- installare un sistema di trattamento delle acque reflue in loco;
- prevedere sistemi di drenaggio urbano sostenibile (attraverso pavimentazioni permeabili);
- sistemi esterni di fitodepurazione.

2.2.1.9 Criteri eco-responsabili di progetto e costruzione

Sono state appena esposte le strategie progettuali individuate e perseguibili in un approccio complesso alla sostenibilità ambientale che rispondono ad obiettivi più generali che riguardano l'edificio e la sua relazione con il territorio naturale e costruito e la sua capacità di rispondere alle esigenze dell'uomo e dell'intera comunità.
Si riportano invece di seguito i punti con cui Gulli in *Strutture e Costruzione* (2012), testo di ausilio alla sua attività didattica presso la Facoltà di Ingegneria di Bologna, sintetizza i criteri che devono essere posti alla base di un approccio consapevole delle "istanze eco-ambientali e di efficientamento energetico" e che rispondono ad obiettivi più specifici di sostenibilità ambientale nell'ambito del progetto e della costruzione di un edificio.

1: interagire positivamente con le caratteristiche climatiche ed ambientali del sito
qualsiasi intervento di nuova costruzione o di riqualificazione di un edificio esistente deve relazionarsi con i fattori climatici, topografici, geologici, storici e culturali del luogo; deve tener conto della distanza da fonti di inquinamento atmosferico, acustico, elettromagnetico; deve studiare la localizzazione dell'edificio nel lotto in relazione all'ombreggiamento, all'orientamento (disponendo il lato maggiore lungo l'asse est-ovest); deve ottimizzare la morfologia dell'edificio favorendo forme volumetriche compatte poco disperdenti (coefficiente di forma S/V)

2: creare condizioni di comfort ambientale interno
occorre valutare le variabili termoigrometriche, acustiche, visive e la salubrità degli ambienti; l'involucro deve garantire la protezione dagli agenti meteorologici, resistenza e inerzia termica agendo sulle sue caratteristiche di isolamento, pesantezza, permeabilità, trasparenza, protezione dal sole, colore

3: perseguire il contenimento dei consumi energetici
attraverso lo sfruttamento passivo della radiazione solare; la distribuzione degli spazi esterni in relazione al contesto climatico; la presenza di idonee aperture per consentire l'ingresso alla radiazione solare invernale; l'impiego di soluzioni tecnologiche costruttive e materiali che offrono elevate capacità di accumulo termico delle parti interne; l'utilizzo di involucri con un adeguato livello di isolamento termico; il raffrescamento naturale; lo sfruttamento dell'illuminazione naturale; lo sfruttamento attivo della radiazione solare per produrre aria e acqua calda e per produrre energia elettrica

4: incentivare il recupero e il riutilizzo dei materiali
con l'impiego di tecnologie a secco per facilitare lo smontaggio ed operare la cernita selettiva dei rifiuti da demolizione

5: favorire il mantenimento del riassetto idrico del territorio
con la riduzione dei consumi di acqua potabile adottando sistemi di recupero, trattamento ed accumulo delle acque meteoriche per usi compatibili; con la permeabilità delle aree di intervento e la realizzazione di cicli di fitodepurazione delle acque reflue

6: impiegare la vegetazione come strumento di regolazione bioclimatica
per il benessere visivo e psicologico degli individui, per raffrescare, ombreggiare e proteggere dai venti le aree intorno agli edifici

7: impiegare materiali ecologici e biologici
che non siano tossici né nocivi, che siano facilmente riciclabili o riutilizzabili e che richiedano un ridotto consumo di energia

8: adottare e sviluppare prodotti e soluzioni costruttive che garantiscano una elevata durabilità e una ridotta manutenzione d'uso

9: predisporre il cantiere in modo ambientalmente responsabile
limitando i fattori di disturbo ambientale e i rifiuti di demolizione

Schema di sintesi dei criteri di progettazione e costruzione eco-consapevole riportati da Gulli (2012).

2.2.2.Strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici

A livello internazionale esistono numerosi studi e applicazioni di metodologie che consentono di valutare la sostenibilità energetico-ambientale degli edifici sin dalla fase progettuale. Tali metodi si suddividono in metodi qualitativi e metodi quantitativi. I metodi qualitativi sono sistemi di valutazione a punteggio (*rating systems*) basati su liste di requisiti, a ciascuno dei quali viene attribuito un punteggio di valutazione e, attraverso i quali, mediante un sistema di pesatura, si perviene ad un punteggio globale che esprime il livello di sostenibilità dell'edificio.
I metodi quantitativi si basano su bilanci rigorosi degli effetti ambientali connessi all'impiego di risorse materiali ed energetiche e agli scarti di produzione nell'ambito dell'intero ciclo di vita di un processo (*Life Cycle Assessment*).

2.2.2.1 *Rating Systems*

I *rating systems* possono essere assimilati ai sistemi di analisi multicriteri in quanto rappresentano metodologie di scelta fra alternative di soluzioni ad un problema complesso. A questo proposito, i *rating systems* si rivelano dei validi sistemi di valutazione della sostenibilità ambientale di un edificio in quanto, come è stato analizzato nel precedente paragrafo, le strategie progettuali sostenibili sono molteplici e per poter dare un giudizio complessivo finale che le prenda in considerazione tutte, occorre "discretizzarle" in un sistema finito di criteri che possono essere suddivisi nelle seguenti aree tematiche:
- Impatto sul sito;
- Consumo di risorse;
- Carichi ambientali;
- Qualità dell'ambiente indoor;
- Gestione degli impianti tecnici;
- Performance nel lungo termine;
- Aspetti socio-economici.

I criteri individuati, corrispondenti a specifici requisiti delle aree tematiche appena citate, devono essere costituiti da una serie di elementi fondanti così riassumibili (Tomo, Utica, 2011):
- devono avere una valenza economica, sociale e ambientale di un certo rilievo;
- devono essere quantificabili o definibili anche solo a livello qualitativo ma comunque secondo criteri oggettivi quanto più precisi possibile;
- devono perseguire obiettivi di ampio respiro;
- devono avere comprovata valenza scientifica;
- devono essere dotati di prerogative di interesse pubblico.

Nell'ambito dei metodi di valutazione della sostenibilità alla scala dell'edificio si sono sviluppati diversi sistemi di certificazione della sostenibilità ambientale che ampliano gli ambiti di valutazione oltre a quello strettamente energetico che continua comunque a rivestire un ruolo predominante.
La metodologia di valutazione della sostenibilità ambientale mediante sistemi a punteggio consta essenzialmente di cinque fasi distinte che sono a carico di diversi soggetti coinvolti nell'iter progettuale e di certificazione. Tomo e Utica le sintetizzano mediante il seguente schema.

1a FASE: definizione dell'*assessment* e *check list*
scelta dei criteri su cui basare la valutazione di sostenibilità ambientale dell'edificio: scelta dei criteri ritenuti più opportuni per determinare e valutare le prestazioni ambientali

2a FASE: *weighting*
attribuzione dei pesi relativi ai singoli criteri.
Vengono assegnati ai vari criteri diversi gradi d'importanza, affinché concorrano in misura diversa alla definizione del risultato finale

3a FASE: *benchmarking*
definizione di una scala di valori di riferimento:
definizione per ogni indicatore prestazionale di una scala di valori di riferimento con la quale confrontare le diverse soluzioni tecnologiche e costruttive dell'edificio oggetto della valutazione

4a FASE: *assessment*
Valutazioni delle soluzioni progettuali rispetto ai livelli di benchmark.
Analisi di differenti soluzioni progettuali

5a FASE: restituzione del risultato finale
Calcolo del punteggio finale relativo al livello di sostenibilità ambientale dell'edificio

Fasi della valutazione della sostenibilità ambientale mediante rating system.

Le prime tre fasi sono di competenza dell'ente promotore del metodo di valutazione che mira a definire in questo modo uno strumento coerente e comune con *benchmark* di riferimento validi sui quali il progettista e i committenti devono basare i propri criteri d'intervento.
Gli ambiti di applicazione della valutazione della sostenibilità ambientale mediante *rating system* possono essere:
- la valutazione degli interventi di progetto al fine di definire parametri di scelta oggettivi relativi alle prestazioni ambientali, per esempio all'interno di concorsi di progettazione, o nei bandi di gara, o all'interno dei regolamenti edilizi per indirizzare la scelta delle Pubbliche Amministrazioni verso interventi sostenibili a cui far

corrispondere sgravi sugli oneri di urbanizzazione o incentivi, o nella definizione del valore commerciale dell'edificio;
- l'accompagnamento alla progettazione in qualità di strumento di supporto per progettisti durante tutte le fasi di progettazione, di costruzione e di esercizio che consente loro di effettuare scelte consapevoli e di poter definire eventuali modifiche al fine di migliorare il punteggio finale e quindi la prestazione ambientale complessiva dell'edificio;
- la certificazione ambientale dell'edificio, che consiste nell'emissione di un documento attestante il livello di sostenibilità ambientale.

I sistemi di certificazione ambientale trovano la loro applicazione mediante protocolli specifici a seconda delle nazioni dove si sviluppano.
Attualmente esistono diversi sistemi di valutazione ambientale che si rifanno a protocolli sviluppati in base alle specificità delle nazioni che li adottano. Di seguito si riportano i principali protocolli internazionali[19].

BREEAM

Il BREEAM (*British Research Establishment Environmental Assessment Method*) nasce nel Regno Unito e viene sviluppato a partire dal 1988 da un ente di ricerca per il settore delle costruzioni inglese, il *Building Research Establishment* (BRE).
Nel 2011 è stato pubblicato il BREEAM 2011 *New construction*, un protocollo che può essere applicato a diverse tipologie di edifici non residenziali (uffici, industrie, scuole, case di cura, ostelli, alberghi, carceri, ecc.).
Esso si articola in nove aree tematiche più una addizionale, a ciascuna delle quali viene assegnato un credito massimo e una percentuale di peso.
Ciascuna area tematica si compone di diversi crediti che corrispondono a requisiti specifici nell'ambito della sostenibilità energetico-ambientale.
A ciascuna area corrisponde un massimo di crediti raggiungibile e un proprio peso. Il punteggio finale è espresso in percentuale e viene determinato con la seguente formula:

$$I = \sum_j [(r_j/R_{j\text{-}max}) * p_j]$$

Dove:
r_j = punteggio raggiunto per il j-esimo credito;
$R_{j\text{-}max}$ = punteggio massimo ammissibile per il j-esimo credito;
p_j = peso % area tematica;
I = punteggio finale percentuale;
con $r_j/R_{j\text{-}max}$ = rapporto espresso in %

BREEAM		
Aree tematiche	Punti	Peso area tematica
Management	22	12,0%
Salute e benessere	10	15,0%
Energia	30	19,0%
Trasporti	9	8,0%
Acqua	9	6,0%
Materiali	12	12,5%
Rifiuti	7	7,5%
Sfruttamento del sito e ecologia	10	10,0%
Inquinamento	13	10,0%
	TOTALE	100,0%
Innovazione	10	10,0%

Sistema di punteggio e pesatura relativo ad ogni area tematica della procedura BREEAM.

I livelli di *benchmark* sono suddivisi in fasce di punteggio. Per ciascuna fascia viene definito un livello di *rating*. Al di sotto del 30% di punteggio il progetto non viene classificato in quanto non risulta possedere le caratteristiche minime di *performance* energetico-ambientale stabilite dal protocollo BREEAM.
Il protocollo BREEAM supporta tutto il processo realizzativo dell'edificio dalla fase progettuale sino alla sua costruzione. Durante le diverse fasi di applicazione del metodo è possibile implementare la prestazione dell'edificio sino ad arrivare al suo completamento e alla certificazione BREEAM finale.
Oltre alla versione standard, il BREEAM presenta versioni più specifiche a seconda degli edifici che vengono valutati: BREEAM *Other buildings* (per tutti gli edifici ai quali non può essere applicato il protocollo standard), BREEAM *Courtes* (per le nuove edificazioni o importanti riqualificazioni di edifici giudiziari), BREEAM *EcoHomes* (per ristrutturazioni o nuove costruzioni di edifici residenziali), BREEAM *Healthcare* (per edifici ospedalieri o case di cura), BREEAM *Industrial* (per le industrie o edifici legati alla logistica), BREEAM

Multi-Residential (per case dello studente, case di riposo, residence), BREEAM *Prison* (per caserme, case circondariali di sicurezza, carceri, ecc.), BREEAM *Office* (per uffici), BREEAM *Retail* (per edifici

BREEAM sections	Credits
Management	Procurement Sustainable Responsible construction practices Construction site impacts Stakeholder participation Service life planning and costing
Health &Wellbeing	Visual comfort Indoor air quality Thermal comfort Water quality Acoustic performance Safety and Security
Energy	Reduction of CO_2 emissions Energy monitoring Energy efficient external lighting Low or zero carbon technologies Energy efficient cold storage Energy efficient transportation system Energy efficient laboratory systems Energy efficient equipment (process) Drying space
Transport	Public transport accessibility Proximity to amenities Cyclist amenities Maximum car parking capacity Travel plan
Water	Water consumption Water monitoring Water leak detection and prevention Water efficient equipment (process)
Materials	Life cycles impacts Hard landscaping and boundary protection Responsible sourcing of materials Designing for robustness
Waste	Construction waste management Recycled aggregate Operational waste Speculative floor and ceiling finishes
Land Use & Ecology	Site selection Ecological value of site / protection of ecological features Mitigation ecological impact Enhancing site ecology Long term impact on biodiversity
Pollution	Impact of refrigerants NO_x emissions from heating / cooling source Surface water run-off Reduction of night time light pollution Noise attenuation
Innovation	New technology, process and practices

Criteri di valutazione ambientale della procedura BREEAM.

commerciali, punti vendita, ecc.), BREEAM *Education* (per edifici in ambito scolastico), BREEAM *Communities* (dedicato all'ambito della pianificazione), BREEAM *Domestic Refurbishment* (apposito per i rifacimenti interni di edifici esistenti), BREEAM *In-Use* (per la valutazione di edifici esistenti non residenziali).

BREEAM rating	% punteggio
PASS - livello d'ingresso	da 30 a 44
GOOD - buono	da 45 a 54
VERY GOOD - molto buono	da 55 a 69
EXCELLENT - eccellente	da 70 a 84
OUTSTANDING - notevole	oltre 85

Sistema di classificazione BREEAM e corrispondenti fasce di punteggio .

Per le applicazioni della procedura al di fuori del Regno Unito, è stato sviluppato il BREEAM *International*, uno schema generale che con la collaborazione del BRE (*Building Research Establishment*) può essere adattata per creare versioni locali.

LEED

La procedura LEED (*Leadership in Energy and Environmental Design*) è un sistema di valutazione energetico-ambientale degli edifici sviluppato nel 1998 negli Stati Uniti dall'U.S. *Green Building Council* (USGBC), un'organizzazione non governativa composta da rappresentanti dell'industria, dell'accademia e del governo fondata proprio con l'intento di elaborare uno standard per la valutazione dell'efficienza nell'uso delle risorse e degli impatti ambientali generati nell'ambito dell'edificazione. Il sistema di *rating* LEED si struttura in sette sezioni organizzate in prerequisiti e in crediti. I prerequisiti sono obbligatori affinché l'intero edificio possa essere verificato. I crediti possono essere scelti in funzione delle caratteristiche del progetto. Dalla somma dei punteggi dei crediti deriva il livello di certificazione ottenuto. Il sistema di *rating* LEED 2009 è basato sui seguenti parametri:
- tutti i crediti LEED valgono non meno di un punto;
- tutti i crediti LEED sono positivi e numeri interi; non vi sono valori decimali o negativi;
- a tutti i crediti LEED corrisponde lo stesso peso;

- tutti i sistemi LEED hanno un punteggio base pari a 100 punti; i crediti *Innovation in Design* e *Regional Priority* consentono all'accredito di ulteriori 10 punti di bonus. Le sette aree tematiche che contengono i vari prerequisiti e crediti sono:
- Sostenibilità del sito (1 prerequisito, 8 crediti - max 26 punti);
- Gestione delle acque (1 prerequisito, 3 crediti - max 10 punti);
- Energia e atmosfera (3 prerequisiti, 6 crediti - max 35 punti);
- Materiali e risorse (1 prerequisito, 7 crediti - max 14 punti);
- Qualità ambientale interna (2 prerequisiti, 8 crediti - max 15 punti);
- Innovazione nella progettazione (2 crediti - max 6 punti);
- Priorità Regionale (1 credito - max 4 punti).

Come il BREEAM, il LEED presenta procedure diverse a seconda della destinazione d'uso dell'edificio: LEED *for Core & Shell*, LEED f*or New Construction*, LEED *for Neighborhood Development*, LEED *for Healthcare*, LEED *for Homes* e LEED *for Commercial Interiors*. Anche il LEED può essere adattato a seconda del contesto nazionale in cui si opera. Di seguito si riporta lo schema dei prerequisiti obbligatori e dei crediti con relativi punteggi della procedura LEED 2009 Italia - Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni (aggiornata nell'ottobre 2011).

LEED sezioni	Prerequisiti e Crediti	punti
Sostenibilità del sito	Prevenzione dell'inquinamento da attività di cantiere	-
	Selezione del sito	1
	Densità edilizia e vicinanza ai servizi	5
	Recupero e riqualificazione dei siti contaminati	1
	Trasporti alternativi: accesso ai trasporti pubblici	6
	Trasporti alternativi: portabiciclette e spogliatoi	1
	Trasporti alternativi: veicoli a bassa emissione e a carburante alternativo	3
	Trasporti alternativi: capacità dell'area di parcheggio	2
	Sviluppo del sito: proteggere e ripristinare l´habitat	1
	Sviluppo del sito: massimizzazione degli spazi aperti	1
	Acque meteoriche: controllo della quantità	1
	Acque meteoriche: controllo della qualità	1
	Effetto isola di calore: superfici esterne	1
	Effetto isola di calore: coperture	1
	Riduzione dell´inquinamento luminoso	1
Gestione delle acque	Riduzione dell´uso dell´acqua	-
	Gestione efficiente delle acque a scopo irriguo	2-4
	Tecnologie innovative per le acque reflue	2
	Riduzione dell´uso dell´acqua	2-4
Energia e atmosfera	Commissioning di base dei sistemi energetici dell´edificio	-
	Prestazioni energetiche minime	-
	Gestione di base dei fluidi refrigeranti	-
	Ottimizzazione delle prestazioni energetiche	1-19
	Produzione in sito di energie rinnovabili	1-7

	Commissioning avanzato dei sistemi energetici	2
	Gestione avanzata dei fluidi refrigeranti	2
	Misure e collaudi	3
	Energia verde	2
Materiali e risorse	Raccolta e stoccaggio dei materiali riciclabili	-
	Riutilizzo degli edifici: mantenimento di murature, solai e coperture esistenti	1-3
	Riutilizzo degli edifici: mantenimento del 50% degli elementi non strutturali interni	1
	Gestione dei rifiuti da costruzione	1-2
	Riutilizzo dei materiali	1-2
	Contenuto di riciclato	1-2
	Materiali estratti, lavorati e prodotti a distanza limitata (materiali regionali)	1-2
	Materiali rapidamente rinnovabili	1
	Legno certificato	1
Qualità ambientale interna	Prestazioni minime per la qualità dell´aria	-
	Controllo ambientale del fumo di tabacco	-
	Monitoraggio della portata dell´aria di rinnovo	1
	Incremento della ventilazione	1
	Piano di gestione IAQ: fase costruttiva	1
	Piano di gestione IAQ: prima dell´occupazione	1
	Materiali basso emissivi: adesivi, primers, sigillanti, materiali cementizi e finiture per legno	1
	Materiali basso emissivi: pitture	1
	Materiali basso emissivi: pavimentazioni	1
	Materiali basso emissivi: prodotti in legno composito e fibre vegetali	1
	Controllo delle fonti chimiche ed inquinanti indoor	1
	Controllo e gestione degli impianti: illuminazione	1
	Controllo e gestione degli impianti: comfort termico	1
	Comfort termico: progettazione	1
	Comfort termico: verifica	1
	Luce naturale e visione: luce naturale per il 75% degli spazi	1
	Luce naturale e visione: visuale esterna per il 90% degli spazi	1
Innovazione nella progettazione	Innovazione nella progettazione	1-5
	Professionista Accreditato LEED (LEED AP)	1
Priorità Regionale	Specifiche priorità ambientali da definire	1-4

Criteri di valutazione ambientale della procedura LEED 2009 Italia - Nuove Costruzioni e Ristrutturazioni.

La somma dei punteggi dei crediti determina il livello di certificazione dell'edificio in base alla seguente classificazione:

LEED rating	**punteggio**
CERTIFIED - livello d'ingresso	da 40 a 49
SILVER	da 50 a 59
GOLD	da 60 a 79
PLATINUM	oltre 80

Classificazione LEED in base al punteggio di valutazione.

GREEN GLOBES

Il GREEN GLOBES è un sistema di valutazione impostato sul metodo BREEAM nella versione canadese. Dal 1996, da quando è nato, si è evoluto sino ad essere assunto nel 2005 come standard ufficiale dell'*American National Standards Institute* (ANSI). Il GREEN GLOBES ha elaborato due procedure distinte a seconda che si tratti di nuove costruzioni (GREEN GLOBES *New Construction*) o interventi su manufatti esistenti (GREEN GLOBES *Existing Buildings*). Entrambe le procedure si articolano in aree tematiche alle quali corrispondono punteggi specifici.

GREEN GLOBES			
New Construction		***Existing Building***	
Aree tematiche	punti	Aree tematiche	punti
Project Management Integrated Design Process, Meetings, Performance Goals, Environmental Management, Commissioning	50	**Environmental Management** EMS documentation, purchasing, environmental awareness	100
Site Development Area, Ecological Impacts, Stormwater Management, Landscaping, Exterior Light Pollution	115	-	-
Energy Performance, Demand, Metering, Measurement and Verification, Building Opaque Envelope, Lighting, HVAC Systems and Controls, Efficient Equipment, Renewable Energy, Energy Efficient Transportation	390	**Energy** Performance, efficiency, management, CO_2, transportation	350
Water Consumption, Cooling Towers, Boilers & Water Heaters, Water Intensive Applications, Treatment, Alternate Sources, Metering, Irrigation	110	**Water** Performance, conservation, treatment	80
Material & Resources Building Assembly, Interior Fit-outs, Re-use, Waste, Building Service Life Plan,	125	**Resources** Waste reduction, recycling	110

Resource Conservation, Building Envelope			
Emissions Heating, Ozone-depleting Potential, Global Warming Potential	50	**Emissions** Boilers, water effluents, hazmat	175
Indoor Environment Ventilation, Source Control and Measurement, Lighting Design and Systems, Thermal Comfort, Acoustic Comfort	160	**Indoor Environment** Air quality, lighting, noise	185
TOTALE PUNTI	1000		1000

Criteri di valutazione ambientale delle procedure GREEN GLOBES - New Constructions *e* Existing Building *e punteggi relativi a ciascuna area tematica.*

Il sistema di valutazione GREEN GLOBES prevede una graduatoria per fasce di punteggi valida per entrambe le procedure:

GREEN GLOBES rating	punteggio
1 GLOBE	da 350 a 540
2 GLOBES	da 550 a 690
3 GLOBES	da 700 a 840
4 GLOBES	da 850 a 1000

Classificazione GREEN GLOBES in base al punteggio di valutazione.

GREEN STAR

Il GREEN STAR è il sistema di certificazione energetico-ambientale adottato in Australia sviluppato dall'*Australian Green Building Challenge*.
Anche il GREEN STAR presenta procedure specifiche a seconda delle destinazioni d'uso dell'edificio: GREEN STAR *Healthcare*, GREEN STAR *Industrial*, GREEN STAR *Multi Unit Residential*, GREEN STAR *Office*, GREEN STAR *Office Interiors*, GREEN STAR *Retail Centre*, GREEN STAR *Office Design*, GREEN STAR *Office as Built*.
Di seguito si riporta lo schema di sintesi delle aree tematiche e dei criteri con relativi punteggi in cui è organizzata, ad esempio, la procedura GREEN STAR *Office v2*.

GREEN STAR OFFICE v2: sezioni e relativi punteggi	Criteri	punti
Management (12 punti) Peso = 10%	Green Star Accredited Professional	2
	Commissioning Clauses: Requirement for commissioning	1
	Commissioning Clauses: Design Intent	1
	Commissioning - Building Tuning	1
	Commissioning - Commissioning Agent	1
	Building Users' Guide	1
	Environmental Management: Plan	2
	Environmental Management: System	1
	Waste Management	2
Indoor Environment Quality (27 punti) Peso = 20%	Ventilation Rates	3
	Air Change Effectiveness	2
	Carbon Dioxide Monitoring & Control	1
	Daylighting	3
	Daylight Glare Control	1
	High Frequency Ballasts	1
	Electric Lighting Levels	1
	External Views	2
	Thermal Comfort	2
	Individual Comfort Control	2
	Asbestos	1
	Internal Noise Levels	2
	Volatile Organic Compounds: Paints	1
	Volatile Organic Compounds: Adhesives and Sealants	1
	Volatile Organic Compounds: Carpets and Flooring	1
	Formaldehyde Minimisation	1
	Mould Prevention	1
	Tenant Exhaust Riser	1
Energy (26 punti) Peso = 25%	Energy (Conditional Requirement)	-
	Energy Improvement: Improvement of Energy Efficiency	15
	Car Parking included in ABGR	2
	Electrical Sub-metering	1
	Tenancy Sub-metering	1
	Office Lighting Power Density	4
	Office Lighting Zoning	1
	Peak Energy Demand Reduction	2
Transport (11 punti) Peso = 10%	Provision of Car Parking	2
	Fuell-Efficient Transport	1
	Cyclist Facilities: Staff Bicycle Storage	2
	Cyclist Facilities: Visitor Bicycle Storage	1
	Commuting Public Transport	5
Water (13 punti) Peso = 12%	Occupant Amenity Potable Water Efficiency	5
	Water Meters: Water Meters	1
	Building Management System	1
	Landscape Irrigation Water Efficiency	1
	Cooling Tower Water Consumption	4
	Fire System Water Consumption	1
Materials (19 punti) Peso = 10%	Recycling Waste Storage	2
	Re-use of Façade	2
	Re-use of Structure	4
	Shell and Core or Integrated Fitout	3
	Concrete	3
	Steel	2

	PVC Minimisation	2
	Sustainable Timber	1
Land Use & Ecology (8 punti) Peso = 8%	Eco Conditional Requirement	0
	Re-use of Land	1
	Reclaimed Contaminated Land	2
	Change of Ecological Value	4
	Topsoil and Fill Removal from Site	1
Emissions (15 punti) 5%	Refrigerant ODP	2
	Refrigerant GWP	1
	Refrigerant Leak Detection	1
	Refridgerant Recovery	1
	Stormwater	3
	Discharge to Sewer	4
	Light Pollution	1
	Legionella	1
	Insulant ODP	1
Innovation	Innovative Strategies & Technologies	
	Exceeding Green Star Benchmarks	10
	Environmental Design Initiatives	

Criteri di valutazione ambientale della procedura GREEN STAR - Office v.2 e relativi punteggi.

Il punteggio finale è determinato sulla base di punteggi raggiunti da ciascuna categoria e pesati rispetto alla categoria stessa:

$$I_j\,(\%) = (r_j/R_{j\text{-}max}) * 100\%$$

Dove:
I_j = punteggio % raggiunto dalla j-esima area tematica;
r_j = n° crediti raggiunti dalla j-esima area tematica;
$R_{j\text{-}max}$ = punteggio massimo ammissibile per la j-esima area tematica.

$$I = \sum_j [(I_j\,(\%) * p_j(\%))]/100$$

p_j = peso % area tematica;
I = punteggio finale

Il sistema di valutazione GREEN STAR prevede una graduatoria per fasce di punteggi valida per tutte le procedure.

GREEN STAR rating	punteggio
1 STAR	da 10 a 19
2 STARS	da 20 a 29
3 STARS	da 30 a 44
4 STARS - BEST PRACTICE	da 45 a 59
5 STARS - AUSTRALIAN EXCELLENCE	da 60 a 74
6 STARS - WORLD LEADERSHIP	oltre 75

Classificazione GREEN STAR in base al punteggio di valutazione.

DGNB

Il sistema di valutazione energetico-ambientale DGNB (*Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.*) è stato introdotto in Germania nel 2008 con l'obiettivo di elevare lo standard delle prestazioni degli edifici rispetto ai requisiti minimi previsti dalle normative e prevede due distinte procedure per le nuove costruzioni e gli edifici esistenti.
La metodologia si articola in sei aree tematiche e 49 criteri.

DGNB: aree tematiche e punteggio massimo	Criteri
Environmental quality (120 punti)	Life Cycle Assessment Local Environmental Impact Environmentally Friendly Material Production Primary Energy Demand Drinking Water Demand and Wastewater Volume Land Use
Economic Quality (20 punti)	Building - Related Lifecycle Costs Value Retention, Suitability for Third Party Use
Sociocultural and Functional Quality (150 punti)	Thermal Comfort Indoor Air Quality Acoustic Comfort Visual Comfort User Influence on Building Operation Quality of Outdoor Spaces Safety and Security Handicapped Accessibility Efficient use of Floor Area Suitability for Conversion Public Access Cycling Convenience Design and Urban Planning Quality through Competition Integration of Public Art Site Features
Technical Quality (50 punti)	Fire prevention Indoor Acoustic and Sound Insulation Building Envelope Quality Backup Capacity of Technical Building Systems Ease of cleaning and Maintenance Resistance to Hail, Storms and Flooding Ease of Dismantling and Recycling Pollution Control Noise Emission Control
Process Quality (90 punti)	Comprehensive Project Definition Integrated Planning Comprehensive Building Design Sustainability Aspects in Tender Phase Documentation for Facility Management Environmental Impact of Construction Site

	Construction Process Construction Quality Assurance Quality Control Measures Systematic Commissioning
Site Quality (60 punti)	Site location Risks Site location Conditions Public Image and Social conditions Access to transportation Access to Specific - Use Facilities Connection to Utilities

Criteri di valutazione ambientale della procedura DGNB e punteggi relativi a ciascuna area tematica.

Ciascun criterio può ricevere un punteggio che va da 0 a 10 che viene poi pesato con un tasso da 0 a 3 a seconda delle diverse situazioni. Il punteggio finale viene espresso in percentuale e la classificazione prevede tre categorie:

DGNB rating	punteggio
BRONZO	da 50 a 64%
ARGENTO	da 65 a 79%
ORO	oltre 80%

Classificazione DGNB in base al punteggio di valutazione.

ESTIDAMA

ESTIDAMA è il protocollo sviluppato nel 2008 dal governo di Abu Dhabi con l'intento di creare linee guida e regolamenti che promuovano la progettazione e la costruzione sostenibile per tutte le comunità degli Emirati Arabi Uniti. ESTIDAMA, che in arabo significa 'sostenibilità', ha elaborato una procedura di certificazione, ESTIDAMA *Pearls*, per certificare gli edifici e le comunità sostenibili. Il sistema di valutazione si suddivide in aree tematiche e criteri aventi ognuno un proprio punteggio.

ESTIDAMA: sezioni e relativi punteggi	Criteri	punti
Water (30 punti)	Water Consumption Monitoring of Water Usage Major Water Leakage Water Supply Protection Water Efficient Landscaping	18 3 3 3 3
Indoor Environmental Quality (15 punti)	Indoor Lighting Views Out Potential for Natural Ventilation and Ventilation Rates	3 1 2

	Indoor Air Quality	3
	Thermal Comfort and Thermal Zoning	3
	Microbial Contamination, Plumbing and Drainage and Cooling Towers	1
	Noise Isolation	1
	Access for Persons of Reduced Mobility	0.5
	Fire Safety	0.5
Ecology (7,5 punti)	Ecological Value of Land, Protection of Ecological - resources and Area of Habitat, and Number of Floral Species Displaced	3
	Site Development - Protect or Restore Habitat	2.5
	Enhancing and Protecting Site Ecology and Long Term Impact on Biodiversity	2
Management (5 punti)	Construction Indoor Air Quality Management	0.5
	Construction Site Impacts	0.5
	User Guide	0.5
	Whole Life Costing	1
	Innovation in Design	1.5
	Operation and Maintenance Features	1
Transport (5 punti)	Access to Public Transport Networks	1.5
	Proximity to Day Amenities and Proximity to other Amenities	1.5
	Develop Travel Plan	1.5
	Space for Manoeuvring Delivery Vehicles	0.5
Pollution (5 punti)	Reduction in use of substances with high ozone depleting and Global Warming Potential (GWP)	0.5
	Refrigerant Leak Detection and Management	0.5
	NOx Emissions from Boilers	0.5
	Water Pollution	0.5
	Renewable & Low Emission Energy	1
	Dark Sky Measures	0.5
	Noise Complaints	0.5
	Heat Island - Non - roof and Roof	1
Materials (5 punti)	Materials specification - Major Building Elements	1
	External Landscaping	0.5
	Indoor Floor Finishes	0.5
	Recycled Aggregates	1
	Sustainable Materials Sourcing	1
	Durability Measures for Vulnerable Parts	0.5
	Polluting Materials	0.5
Waste Mangement (5 punti)	Reduction of Waste	2
	Storage for Recyclable Waste	2
	Hygienic Waste Disposal Facilities	1
Land Use (2,5 punti)	Site Development - Optimise Usable Space	1
	Reuse of Land	1
	Remediation of Contaminated Land	0.5

Criteri di valutazione ambientale della procedura ESTIDAMA e relativi punteggi.

Il punteggio finale viene espresso in percentuale e la classificazione prevede cinque categorie:

ESTIDAMA rating	punteggio
1 Pearl	35%

2 Pearls	45%
3 Pearls	55%
4 Pearls	65%
5 Pearls	75%

Classificazione ESTIDAMA in base al punteggio di valutazione.

HQE

In Francia il sistema di valutazione della qualità ambientale degli edifici prende il nome di HQE (*Haute Qualité Environnementale*). Tale procedura risponde a 52 requisiti suddivisi in quattro macro aree che affrontano le seguenti tematiche:

Eco - costruzione:
- il rapporto armonioso dell'edificio con il suo intorno;
- la scelta integrata di prodotti e sistemi;
- un cantiere con basso inquinamento.

Eco - gestione:
- gestione enegetica;
- gestione dell'acqua;
- gestione dei rifiuti;
- manutenzione e recupero.

Benessere:
- benessere igrometrico;
- benessere acustico;
- benessere visivo;
- benessere olfattivo.

Salute:
- condizioni di salubrità degli spazi;
- qualità dell'aria;
- qualità dell'acqua.

GBTool - SBTool

Il GBTool (*Green Building Tool*) è un sistema a punteggio sviluppato dal *Green Building Challenge* (GBC), processo internazionale gestito da una trentina di nazioni rappresentative di tutti i continenti, con l'intento di essere riferimento internazionale comune, declinabile nelle diverse nazioni, adattando criteri, modalità di valutazione e *benchmark*. Di recente all'interno del GBTool, le

tematiche relative alla valutazione ambientale sono state integrate con valutazioni anche della sostenibilità economica e sociale. Questo nuovo protocollo, più ampio, ha preso il nome di SBTool (*Sustainable Building Tool*) e l'associazione curatrice si è trasformata in iiSBE (*international iniziative for a Sustainable Built Environment*).
A partire dalla versione base, le diverse nazioni, modulando i pesi e i *benchmark*, hanno la possibilità di adattarlo alla propria realtà locale e ai propri limiti normativi (CASBEE in Giappone, SBTool VERDE in Spagna, SBTool PT/MARS in Portogallo, SBTool CZ in Repubblica Ceca).
Anche l'Italia ha aderito al processo di ricerca *Green Building Challenge* e, nel 2000, ha sviluppato e testato la prima applicazione della metodologia al proprio contesto nazionale dando vita allo strumento operativo SBTool IT poi diventato Protocollo ITACA.
Si presenta come una procedura molto articolata e completa, ma con qualche criticità dovuta principalmente al fatto che non nasce esplicitamente per supportare la progettazione nelle scelte eco-responsabili fornendo indirizzi o linee guida, bensì per dare una valutazione complessiva delle scelte operate.
Le categorie di valutazione e i requisiti analizzati sono riportati nello schema seguente.

SBtool: area di valutazione e pesatura	Criteri
Consumo di risorse (20)	Consumo netto di energia primaria nel ciclo di vita Uso del territorio a cambiamenti qualitativi Consumo netto di acqua potabile Riutilizzo di strutture/materiali presenti in sito Quantità e qualità dei materiali non presenti in sito
Carichi ambientali (25)	Emissioni di gas serra Emissioni di sostanze dannose per l'ozono Emissioni di gas acidificanti Emissioni di foto-ossidanti Emissioni eutrofizzazione (non valutato) Rifiuti solidi Rifiuti liquidi Rifiuti pericolosi da ristrutturazione/demolizione Impatti ambientali e sulle proprietà adiacenti
Qualità ambiente interno (20)	Qualità dell'aria e ventilazione Comfort termico Luce naturale ed illuminazione Rumori ed acustica Inquinamento elettromagnetico
Qualità del servizio (15)	Flessibilità e adattabilità Controllabilità dei sistemi

	Prestazioni nel tempo Privacy, luce del sole e viste Qualità delle attrezzature e sviluppo del sito Impatto sulle proprietà adiacenti
Aspetti economici (10)	Prestazioni economiche
Gestione e manutenzione (10)	Pianificazione del processo di costruzione Messa a punto delle prestazioni Pianificazione della gestione dell'edificio
Trasporti (0)	Emissioni di gas serra Emissioni di gas acidificanti Emissioni foto-ossidanti

Criteri di valutazione ambientale della procedura SBtool e punteggi relativi a ciascuna area tematica.

La metodologia SB analizza la prestazione degli edifici attraverso una matrice di riferimento articolata in aree di valutazione, categorie e criteri.
Le aree di valutazione tengono in considerazione le principali problematiche ambientali quali la qualità del sito, il consumo di risorse, i carichi ambientali, la qualità dell'ambiente indoor, la qualità del servizio, gli aspetti economici e sociali, gli aspetti culturali e percettivi.
I criteri che compongono le aree tematiche possono ricevere un punteggio da -1 a 5, dove lo zero rappresenta la prestazione standard e il 3 la miglior pratica.
I punteggi ottenuti per ciascun aspetto valutato vengono aggregati attraverso una somma pesata fino a definire un unico punteggio finale complessivo, anch'esso espresso sulla scala da -1 a +5.
Un edificio che ottiene un punteggio zero su tutti i criteri, corrisponde concettualmente a un edificio standard per il quale sono stati rispettati i limiti normativi vigenti, senza mettere in atto alcuno specifico sforzo progettuale in risposta agli obiettivi di sostenibilità prefissati. Più la progettazione è avanzata in termini di sostenibilità, più il livello ottenuto si incrementa positivamente verso una prassi di eccellenza, ovvero verso il 5.
L'SBMethod è gestito e aggiornato a livello nazionale da iiSBE Italia che, con il supporto di ITC-CNR, cura la predisposizione di strumenti operativi contestualizzati e li tiene sempre aggiornati in base all'evoluzione della normativa e della legislazione nazionale sul tema della sostenibilità ambientale degli edifici.

PROTOCOLLO ITACA

Nel 2001, all'interno dell'Istituto per l'Innovazione e Trasparenza degli Appalti e per la Compatibilità Ambientale, è stato costituito un gruppo di lavoro in materia di edilizia sostenibile con lo scopo di identificare indirizzi univoci e comuni a tutte le Regioni in materia energetico-ambientale. La base di partenza che ha portato nel 2004 allo sviluppo del Protocollo Itaca è proprio la metodologia SB. Attualmente è presente una versione nazionale del Protocollo aggiornata al luglio 2012 e una serie di versioni regionali. Sono stati sviluppati infatti i protocolli di Piemonte, Valle d'Aosta, Liguria, Toscana, Marche, Lazio, Veneto, Friuli-Venezia Giulia, Basilicata, Puglia e Umbria.
La maggior parte dei protocolli regionali trova applicazione all'interno di bandi, gare d'appalto, norme tecniche d'attuazione, programmi di incentivazione (Programma Casa per edilizia residenziale pubblica) e nei Piani Casa pubblici, basati su meccanismi di premialità finanziaria e volumetrica a seconda dei risultati della valutazione.
Il Protocollo Itaca si presenta in due versioni: una versione completa e una semplificata. La versione completa si articola in sette aree tematiche di valutazione a cui è attribuito uno specifico peso e che si compongono di più criteri. La versione semplificata, comprendente un numero inferiore di criteri, si articola in sette aree tematiche di valutazione a cui però viene attribuito un peso specifico differente.

Protocollo ITACA - completo **Aree tematiche**	**Peso area tematica**
Qualità ambientale esterna	15,0%
Consumo di risorse	20,0%
Carichi ambientali	20,0%
Qualità ambientale interna	25,0%
Qualità del servizio	5,0%
Qualità della gestione	10,0%
Trasporti	5,0%

Aree tematiche e relativa pesatura nella versione completa del Protocollo ITACA.

Di seguito si riporta la versione del PROTOCOLLO ITACA 2011 (aggiornata nel luglio 2012) sviluppata per la valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici residenziali nei casi di interventi di nuova costruzione e di ristrutturazioni importanti.

PROTOCOLLO ITACA: sezioni e relativo peso	Criteri	applicabilità NC	R
A. Qualità del sito (100%)	**A.1. Selezione del sito**		
	Riutilizzo del territorio	SI	NO
	Accessibilità al trasporto pubblico	SI	SI
	Mix funzionale dell'area	SI	SI
	Adiacenza ad infrastrutture	SI	SI
A. Qualità del sito (5%)	**A.3. Progettazione dell'area**		
	Aree esterne di uso comune attrezzate	SI	SI
	Supporto all'uso di biciclette	SI	SI
B. Consumo di risorse (45%)	**B.1. Energia primaria non rinnovabile richiesta durante il ciclo di vita**		
	Energia primaria di riscaldamento	SI	SI
	Energia primaria per acqua calda sanitaria	SI	SI
	B.3. Energia da fonti rinnovabili		
	Energia rinnovabile per usi termici	SI	SI
	Energia prodotta nel sito per usi elettrici	SI	SI
	B.4. Materiali eco-compatibili		
	Riutilizzo di strutture esistenti	NO	SI
	Materiali riciclati/recuperati	SI	SI
	Materiali da fonti rinnovabili	SI	SI
	Materiali locali per finiture	SI	SI
	Materiali riciclabili e smontabili	SI	SI
	B.5. Acqua potabile		
	Acqua potabile per irrigazione	SI	SI
	Acqua potabile per usi indoor	SI	SI
	B.6. Prestazioni dell'involucro		
	Energia netta per il raffrescamento	SI	NO
	Trasmittanza termica dell'involucro edilizio	SI	SI
	Controllo della radiazione solare	NO	SI
	Inerzia termica dell'edificio	NO	SI
C. Carichi Ambientali (20%)	**C.1. Emissioni di CO_2 equivalente**		
	Emissioni previste in fase operative	SI	SI
	C.3. Rifiuti solidi		
	Rifiuti solidi prodotti in fase operative	SI	SI
	C.4. Acque reflue		
	Acque grigie inviate in fognatura	SI	SI
	Permeabilità del suolo	SI	SI
	C.6. Impatto sull'ambiente circostante		
	Effetto isola di calore	SI	SI
D. Qualità ambientale indoor (20%)	**D.2. Ventilazione**		
	Ventilazione e qualità dell'aria	SI	SI
	D.3. Benessere termoigrometrico		
	Temperatura dell'aria nel periodo estivo	SI	SI
	D.4. Benessere visivo		
	Illuminazione naturale	SI	SI
	D.5. Benessere acustico		
	Qualità acustica dell'edificio	SI	SI
	D.6. Inquinamento elettromagnetico		
	Campi magnetici a frequenza industriale (50Hertz)	SI	SI
E. Qualità del servizio (10%)	**E.1. Sicurezza in fase operative**		
	Integrazione sistemi	SI	SI
	E.2. Funzionalità ed efficienza		
	Qualità del sistema di cablatura	SI	SI

E.6. Mantenimento delle prestazioni in fase operativa		
Mantenimento delle prestazioni dell'involucro edilizio	SI	SI
Disponibilità della documentazione tecnica degli edifici	SI	SI

Criteri di valutazione ambientale nel Protocollo ITACA 2011 per Edifici Residenziali.

Ad ogni criterio può essere assegnato un punteggio che va da -1 a 5 (-1, 0, 3, 5), dove il livello 0 rappresenta il valore del punteggio o lo standard di paragone (*benchmark*) riferibile a quella che deve considerarsi come la pratica costruttiva corrente nel rispetto delle leggi o dei regolamenti vigenti.
In particolare la scala di punteggio è così strutturata:
- punteggio -1: rappresenta una prestazione inferiore alla pratica corrente e prescritta dalle leggi vigenti;
- punteggio 0: rappresenta la prestazione minima accettabile definita da leggi o regolamenti vigenti nella regione, o nel caso in cui non vi siano specifici regolamenti di riferimento in merito, rappresenta la pratica comune utilizzata nel territorio;
- punteggio 3: rappresenta un significativo miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti ed alla pratica comune;
- punteggio 5: rappresenta una prestazione considerevolmente avanzata rispetto alla pratica corrente, di carattere sperimentale e dotata di prerogative di carattere scientifico.

PROTOCOLLO ITACA punteggio finale	**descrizione**
-1 <I<0	Prestazione complessiva inferiore allo standard e alla pratica corrente
0	Prestazione complessiva minima accettabile che rappresenta il conseguimento della pratica corrente
0<I<3	Prestazione complessiva con lievi o moderati miglioramenti rispetto alla pratica corrente
3	Prestazione complessiva rappresentativa delle miglior pratica corrente
3<I<5	Prestazione complessiva verso incrementi della migliore pratica corrente
5	Prestazione complessiva considerevolmente avanzata rispetto alla miglior pratica corrente

Punteggio finale e descrizione della prestazione complessiva raggiunta.

Protocollo ITACA - semplificato Aree tematiche	Peso area tematica
Qualità ambientale esterna	5,0%
Consumo di risorse	30,0%
Carichi ambientali	20,0%
Qualità ambientale interna	30,0%
Qualità del servizio	5,0%
Qualità della gestione	5,0%
Trasporti	5,0%

Aree tematiche e relativa pesatura nella versione semplificata del Protocollo ITACA.

La valutazione finale del grado complessivo di sostenibilità energetico-ambientale si ottiene secondo il seguente procedimento:

- voto del requisito x peso (%)= voto pesato del requisito;
- sommatoria voti pesati dei requisiti appartenenti alla stessa area di valutazione= voto dell'aria di valutazione;
- voto dell'area di valutazione x peso dell'area di valutazione= voto pesato dell'area;
- sommatoria voti pesati delle aree= valutazione dell'edificio (I)

Oltre alla versione per gli edifici residenziali, il Protocollo ITACA ha sviluppato procedure specifiche per Uffici, Edifici Commerciali, Edifici Industriali, Edifici Scolastici.

VERDE

Il protocollo VERDE (*Valoraciòn de Eficiencia de Referencia de Edificios*) è lo strumento di valutazione delle prestazioni e della qualità ambientale degli edifici adottata in Spagna.
Tale procedura deriva dalla metodologia SBTool e prevede l'assegnazione di punteggi in base alla valutazione degli impatti ambientali evitati rispetto ad un edificio di riferimento realizzato secondo le prassi costruttive tradizionali che costituisce il benchmark di riferimento.

CASBEE

Il CASBEE (*Comprehensive Assessment System for Building Environmental Efficiency*) è la procedura di valutazione delle prestazioni e della qualità ambientale degli edifici sviluppata in Giappone.

Essa verifica sia le prestazioni (qualità dell'aria interna, qualità del servizio, qualità dell'ambiente esterno prossimo all'edificio) sia i carichi ambientali dell'edificio durante l'intero ciclo di vita (consumi di energia, di risorse e materiali e qualità dell'ambiente).

Eco-Bau

La Svizzera ha integrato il proprio sistema di certificazione energetica (*Minergie*) con un sistema di certificazione ambientale degli edifici (*Eco - Bau*).
Tale procedura valuta il benessere luminoso e acustico, la qualità dell'aria interna, e verifica se gli edifici rispondono a determinati requisiti di ecologicità relativamente alle scelte delle materie prime, dei processi di produzione e di riutilizzo dei componenti edilizi.

ECOLABEL

La Commissione Europea ha affidato al Comitato Ecolabel-Ecoaudit italiano il compito di elaborare i criteri di riferimento per lo sviluppo di una certificazione ambientale applicata agli edifici.
Il progetto assegnato è svolto dal Comitato Ecolabel-Ecoaudit, in collaborazione con l'Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA ex APAT).
L'obiettivo è di stabilire i criteri validi per la creazione di uno schema di certificazione ambientale degli edifici che consenta di valutare le differenti fasi di vita del prodotto-edificio, quali la costruzione, l'uso e lo smaltimento, analogamente a quanto già avviene per tutta una serie di prodotti e servizi.
I criteri ecologici individuati mirano a:

- Limitare i consumi di energia, acqua e materiali;
- Limitare la produzione dei rifiuti e migliorare il riciclaggio;
- Favorire l'utilizzo di materiali con elevate prestazioni ambientali;
- Favorire l'utilizzo di fonti rinnovabili e di sostanze meno pericolose per l'ambiente;
- Favorire il benessere *indoor*;
- Promuovere l'informazione e l'educazione su una corretta gestione del fabbricato.

Tali criteri sono suddivisi in obbligatori e volontari e fanno riferimento a nuovi edifici o ad edifici esistenti.

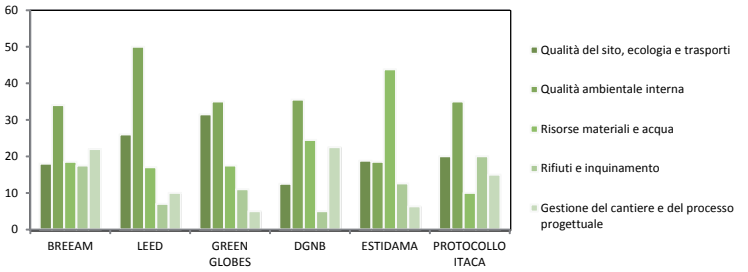
ECOLABEL nuovi edifici	Criteri Obbligatori (O) e Volontari (V)	
Documentazione	Book building	O
	Piano di manutenzione	O
	Guida per l'utente	O
	Altri sistemi di certificazione ambientale	V
Pianificazione - progetto - costruzione	Design per lo smontaggio, il riutilizzo, il riciclaggio	O
	La responsabilità sociale durante la fase di costruzione	O
	Scelta del sito	V
	Esperienza dei progettisti nell'edilizia ecologica	V
	Sistema di gestione della qualità	V
	Realizzazione studio LCA	V
	Sistema di gestione ambientale	V
Impatto sul sito	Isola di calore	O
	Aree verdi	V
Materiali	Elenco dei materiali/prodotti	O
	Materiali a base di legno	O
	Materiali lignei	O
	Lunga durata dei materiali	O
	Materiali plastici	O
	Energia incorporata materiali / prodotti	V
	Uso o riutilizzo dei materiali riciclati/prodotti	V
	Responsabilità dei produttori di materiali	V
	Uso di materiali e prodotti locali per funzioni non strutturali	V
	Uso di materiali e prodotti locali per funzioni strutturali	V
	Etichettatura dei prodotti da costruzione	V
	CO_2 inglobata nei materiali e nei prodotti	V
	Pitture e vernici, rivestimenti dei materiali outdoor e indoor	V
Energia	Efficienza energetica - Riscaldamento	O
	Fonti energetiche rinnovabili	O
	Efficienza energetica - Raffreddamento e ventilazione	V
	Efficienza energetica - acqua calda	V
Consumi idrici e di gestione	Utilizzo acqua piovana	O
	Sistemi per il risparmio idrico	O
Gestione dei rifiuti	Impianti di riciclaggio	O
Salute e benessere	Polvere	O
	Radon	O
	Giornata illuminazione - aree comuni	O
	Illuminamento, sistema di controllo	O
	Giornata illuminazione - Glare Control	O
	Benessere integrato degli interni	O
	Fattore di illuminazione diurno	O
	Materiali utilizzati per gli interni	O
	Emissioni di COV in ambiente indoor	O
	Sistemi di domotica	V
	Ventilazione naturale	V
Esercizio e manutenzione	Partizioni interne e pareti	V
	Tubazioni e cavi	V
Agevolazioni previste	Antenna tv comune	O
	Mezzi di trasporto	O
	Strutture per i cicli	O
	Spazi aperti, aree verdi, aree comuni	V
Idoneità all'uso	Prova di costruzione ed attrezzature	O

Criteri di valutazione ambientale nella procedura ECOLABEL.

Il conseguimento della certificazione è legato al soddisfacimento di requisiti ambientali prescrittivi (criteri ambientali minimi, in questo caso, 'a soglia'). Inoltre, occorre rispettare una serie di criteri opzionali; ad ogni criterio opzionale è associato un determinato punteggio. Il soggetto che intenda perseguire la certificazione dell'edificio può scegliere, a propria discrezione, l'applicazione di una serie di requisiti opzionali fino a raggiungere il punteggio minimo richiesto. Il sistema di punteggio è stato elaborato tenendo conto, per ciascun criterio, sia dell'efficacia ambientale sia delle difficoltà tecniche ed economiche per l'attuazione del criterio stesso. Per equilibrare il sistema di punteggio inoltre si sono pesati differentemente i criteri nelle diverse aree ambientali. Tale procedura è ancora in fase di analisi e di messa in discussione. Presenta ancora diverse criticità quali, nell'ambito dell'analisi dei materiali, la richiesta di un quadro prestazionale ancora incompleto che non consente di effettuare un confronto realistico a parità di prestazione.

2.2.2.2 Punti di forza e criticità dei *Rating Systems*

In questo quadro di riferimento generale è interessante mettere a confronto i principali *rating systems* di valutazione della sostenibilità ambientale in relazione alla pesatura delle diverse macroaree e, dalle considerazioni che ne derivano, metterne in evidenza le potenzialità e i limiti.
Di seguito si riporta uno schema dove vengono messe a confronto le metodologie BREEAM, LEED, GREEN GLOBES, DGNB, ESTIDAMA e il PROTOCOLLO ITACA in relazione a cinque parametri che sintetizzano le aree tematiche in cui sono suddivise le rispettive procedure.



Confronto sul peso dato da alcune procedure di valutazione ambientale a determinati raggruppamenti di parametri.

Fare un confronto tra i diversi protocolli internazionali di valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici in base al peso attribuito a ciascuna macroarea è piuttosto complesso sia perchè non sempre le varie categorie sono rappresentative degli stessi criteri, sia perchè le pesature attribuite ai singoli criteri e alle stesse categorie fanno riferimento ai contesti in cui tali procedure di valutazione vengono sviluppate.

Poiché il punteggio finale di valutazione dipende dal peso assegnato a ciascuna categoria e questo viene attribuito in modo del tutto arbitrario a seconda dell'ente che gestisce il sistema di valutazione, è evidente, in primo luogo, l'impossibilità di ottenere un risultato oggettivo o confrontabile mediante più sistemi di valutazione. In secondo luogo emerge la necessità di una pesatura definita in base alle specificità del contesto in cui si opera.

Dall'istogramma riportato nella pagine a fronte emerge ad esempio come categorie quali il risparmio della risorsa idrica e dei materiali risultino prioritarie in paesi del Medio Oriente (si veda la pesatura della categoria risorse materiali e acqua nel protocollo ESTIDAMA rispetto agli altri) dove l'acqua risulta piuttosto carente, rispetto ad altre categorie, quali la qualità ambientale interna supportata da energia pulita, che invece risultano particolarmente preminenti nelle zone più energivore.

Se da un lato le metodologie multicriteri consentono di analizzare l'intero processo edilizio mediante una visione olistica dell'intero sistema, dall'altro finiscono per standardizzarne la sua rappresentazione, "appiattendo" eventuali discrepanze rispetto agli indicatori da esse utilizzati. Vi è per cui il rischio sia di non stimolare la ricerca di nuove soluzioni per via del raggiungimento dei requisiti definiti dalle procedure, sia di sottrarre le specificità delle realtà analizzate a causa di una eccessiva semplificazione voluta dalle procedure stesse.

Oltre ai limiti metodologici di tali procedure, vi sono anche criticità legate alle strategie progettuali che vengono indicate o ai dati richiesti. In particolare, occorre sottolineare che, spesso, per ottenere una riduzione dei consumi in fase d'uso, vengono adottate soluzioni tecnologiche che, oltre a rendere più complesso il sistema e ad aumentare i costi di costruzione, aumentano il consumo di risorse e le emissioni legate alle fasi di produzione, costruzione, manutenzione

e dismissione[20]. Occorre perciò verificare in primo luogo se, caso per caso, tali tecnologie siano effettivamente vantaggiose dal punto di vista ambientale prendendo in considerazione l'intero ciclo di vita dell'edificio e dei suoi componenti (Lavagna, 2008). Inoltre, alcuni criteri, per essere esaminati, richiedono valutazioni piuttosto complesse basate su conoscenze specialistiche o su dati difficilmente reperibili, soprattutto in contesti in cui ancora non è diffusa la cultura dell'informazione ambientale legata ai prodotti.
I sistemi a punteggio risultano essere ottimi strumenti di valutazione degli aspetti di carattere qualitativo, legati alla percezione e alla qualità architettonica, non quantificabili ma ugualmente importanti ai fini della qualità complessiva. Per operare le verifiche ambientali occorrono però indicatori di tipo quantitativo, capaci di stimare l'intero ciclo di vita di un intervento determinandone il bilancio ambientale in termini di impatti sull'ambiente. Scrive, a tal proposito, Monica Lavagna (Lavagna, 2008, p. 100):

> "*La verifica dell'ecologicità di un edificio, soprattutto se l'obiettivo finale è l'accesso a un premio o a un incentivo pubblico, dovrebbe avvenire tramite l'uso di indicatori sintetici che fanno riferimento a una sostenibilità forte: dimostrare quanto si risparmia in termini di emissioni, di anidride carbonica, di eutrofizzazione, di consumo di materiali, di consumo di energia, ecc., rispetto alla prassi corrente (definendo dunque il benchmark della prassi corrente per ciascun indicatore). Nulla di molto diverso dalla certificazione degli edifici, che richiede di esprimere i consumi di energia primaria (e le emissioni di CO_2) in relazione alla fase d'uso dell'edificio (comprendendo dunque riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, ventilazione) e delega dunque al progetto la definizione delle strategie migliori per ottenere l'obiettivo complessivo*".

2.2.2.3 Sistemi di valutazione sintetici

I sistemi di valutazione sintetici, o metodi quantitativi, sono i più indicati per svolgere analisi volte alla definizione degli impatti ambientali generati dall'edificio lungo il suo ciclo di vita. Tali sistemi non impongono strategie progettuali, bensì valutano e verificano le ripercussioni ambientali delle scelte progettuali adottate (Lavagna, 2008): quantificano in modo oggettivo l'effettivo carico ambientale

in termini di uso del suolo, di effetto serra, di acidificazione, di eutrofizzazione, o di qualche altro impatto sull'ambiente.
I risultati di questo tipo di analisi sono "gli indicatori sintetici, ossia valori quantitativi di impatto ambientale che sommano gli impatti ambientali delle diverse fasi del ciclo di vita ed esprimono un valore numerico che rappresenta la misura-quantificazione dell'effetto ambientale (MJ per i consumi di energia primaria, kg di CO_2 eq. Per l'effetto serra, kg di SO_2 eq. Per l'acidificazione, ecc.)" (Lavagna *et alii*, 2011).
Questi tipi di analisi e verifica della sostenibilità ambientale degli edifici utilizzano un approccio *life cycle* e sono del tutto simili alle analisi termodinamiche di *input* e *output* di materiali e energia condotte da Odum sugli edifici - *stock* di risorse alle quali si aggiunge la valutazione degli impatti di tutte le emissioni e di tutti i rifiuti.
L'approccio *life cycle*, o *Environmental Life Cycle Thinking*, nasce in ambito industriale alla fine degli anni Sessanta con l'intento di studiare i sistemi produttivi da un punto di vista ambientale attraverso l'analisi delle prestazioni a partire dall'estrazione delle materie prime, dai processi di trasformazione e di trasporto, sino alla loro dismissione in qualità di rifiuti. Tale approccio fu poi adottato dagli organismi promotori della protezione dell'ambiente e da aziende produttrici statunitensi che intendevano confrontare da un punto di vista ambientale prestazioni equivalenti con l'utilizzo di soluzioni e materiali diversi.
Gli stessi sistemi di valutazione a punteggio stanno cercando di introdurre all'interno delle loro procedure alcuni indicatori sintetici derivanti dal *Life Cycle Thinking* relativi più alle scelte dei materiali e dei componenti degli edifici che all'intero sistema edificio. Questo per via sia della mancanza di dati e di ricerca su questo tipo di approccio sia per l'effettiva complessità di applicare una metodologia di analisi che si presenta esauriente se riferita al processo produttivo dei prodotti e meno completa se utilizzata come strumento di valutazione ambientale alla scala dell'intero edificio.
Il sistema di valutazione della sostenibilità ambientale tedesco, il DGNB, all'interno della categoria *Environmental quality* prevede che i primi 10 punti siano affidati al criterio denominato *Life Cycle Assessment* (LCA), che consiste in una valutazione ambientale del ciclo di vita dell'edificio nell'intero arco della sua vita potenziale. Gli indicatori

sintetici che compongono tale criterio e che vanno ad integrare quelli di carattere qualitativo relativi all'uso sostenibile delle risorse, alla facilità di pulitura e manutenzione e alla facilità di dismissione e riciclo, sono: il potenziale di effetto serra (GWP), il potenziale di distruzione della fascia dell'ozono (ODP), il potenziale di formazione di ossidanti fotochimici (POCP), il potenziale di acidificazione (AP) e il potenziale di eutrofizzazione (EP) riferiti tutti all'intero edificio. L'introduzione di questi requisiti ha automaticamente innescato una maggiore trasparenza nell'ambito delle informazioni relative ai profili ambientali dei prodotti sia perché richiesta dai progettisti e dai costruttori ai produttori sia perché le aziende stesse hanno avviato un percorso di certificazione ambientale dei propri prodotti. In questo modo si è attivata una virtuosa sinergia tra l'innovazione ambientale legata al progetto dell'edificio e l'innovazione ambientale legata alla produzione dei prodotti edilizi, poiché la riduzione degli impatti ambientali può essere ottenuta sia attraverso un miglioramento delle scelte di progetto sia attraverso l'individuazione di prodotti edilizi a ridotto impatto ambientale (Lavagna *et alii*, 2011). Su questo tipo di approccio sinergico si vuole basare anche la metodologia che è in via di elaborazione da parte del gruppo di lavoro CEN/TC 350, un Comitato tecnico europeo costituito in occasione della conferenza organizzata dal CE-PMC (la Federazione europea dei produttori di materiali da costruzione).

All'interno del suo programma d'azione, il TC 350 ha introdotto infatti una sezione dedicata all'analisi di standard per la valutazione dell'impatto ambientale degli edifici e una relativa alla descrizione del ciclo di vita di un edificio.

Anche il BREEAM ha introdotto all'interno della propria procedura la valutazione ambientale del ciclo di vita per orientare progettisti e costruttori verso scelte eco-responsabili sia relative al tipo di materiali sia in relazione alle soluzioni tecnico-costruttive. A tal proposito viene fornita ai progettisti una Green Guide dove vengono riportate le principali soluzioni costruttive e le rispettive classi di qualità ambientale valutate in base a classificazioni effettuate a parità di prestazione.

La criticità che si incorre nell'introdurre gli indicatori sintetici all'interno di sistemi di valutazione a punteggio è che da un lato si ha sicuramente una migliore leggibilità del risultato relativo a quella

specifica categoria, dall'altro però i valori definiti attraverso l'analisi LCA vengono sostituiti da un punteggio complessivo perdendo in tal modo il proprio carattere oggettivo.

2.2.3. Azioni normative

Ad oggi l'apparato normativo maggiormente sviluppato riguarda il risparmio dell'energia e l'uso delle fonti di energia rinnovabili. La direttiva europea sul rendimento energetico in edilizia detta norme importanti sul contenimento dei consumi di energia legati agli usi standard degli edifici (riscaldamento, raffrescamento, illuminazione, riscaldamento dell'acqua calda sanitaria) e, conseguentemente, sulle emissioni di gas climalteranti.
Di seguito si riporta una sintesi dei principali riferimenti legislativi a livello europeo e nazionali.

Anno	Europa	Italia	Titolo
1976		L. 373	Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici
1977		DPR 28 giugno DM 10 marzo	
1991		L. 10	Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia
1991		Decreto attuativo dell'art. 4 comma 4 della L.R 10/91, modificato con il DPR n. 551 del 12 dicembre	
1993		Decreto applicativo DPR n. 412 del 26 agosto	Regolamento recante norme per la progettazione, l'installazione, l'esercizio e la manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia, in attuazione dell'art. 4, comma 4 della legge 9 gennaio 1991 n. 10.
1999		DPR n. 551/1999	Regolamento recante modifiche al D.P.R. 26/8/1993 n. 412 in materia di progettazione, installazione, esercizio e manutenzione degli impianti termici degli edifici ai fini del contenimento dei consumi di energia.
2001	Direttiva europea 2001/77/CE		Promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.

2002	Direttiva europea 2002/91/CE		Rendimento energetico nell'edilizia
2003		Dlgs. 387/2003	Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità.
2004		DM 20 luglio Attività produttive	- Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi nazionali di risparmio energetico e sviluppo delle fonti rinnovabili, di cui all'art. 16, comma 4, del decreto legislativo 23 maggio 2000, n. 164. - Nuova individuazione degli obiettivi quantitativi per l'incremento dell'efficienza energetica negli usi finali di energia, ai sensi dell'art. 9, comma 1, del decreto legislativo 16 marzo 1999, n. 79.
2005		Dlgs. 192/2005	Attuazione della direttiva europea 2002/91/Ce relativa al rendimento energetico nell'edilizia
2006		Dlgs. 311/2006	Disposizioni correttive ed integrative del Dlgs. 192/2005 recante l'attuazione della direttiva europea 2002/91/Ce
2006	Direttiva europea 2006/32/CE		Efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazione della direttiva 93/76/CEE del Consiglio.
2007		DM 19 febbraio Ministero dello Sviluppo Economico	Criteri e modalità per incentivare la produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare, in attuazione dell'articolo 7 del decreto legislativo 29 dicembre 2003 n. 387 ("decreto fotovoltaico").
2008		Dlgs. 115/2008	Attuazione della direttiva 2006/32/CE relativa all'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e abrogazione della direttiva 93/76/CEE.
2008		DL 112/2008	Disposizioni urgenti per lo sviluppo economico, la semplificazione, la competitività, la stabilizzazione della finanza pubblica e la perequazione tributaria.
2009		DPR 2 aprile 2009 n. 52	Regolamento che definisce le metodologie di calcolo e i requisiti minimi per la prestazione energetica degli edifici e degli impianti termici.
2009	Direttiva europea 2009/28/CE		Promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
2009		DM 26 giugno Ministero dello Sviluppo Economico	Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici. Decreto del Presidente della Repubblica 2 aprile 2009 n. 59. Regolamento di attuazione dell'art. 4, c. 1, lettere a) e b) del D. Lgs. 19 agosto 2005, n. 192 concernente attuazione della Direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
2009		DPR 59/2009	Regolamento di attuazione dell'articolo 4, comma 1, lettere a) e b), del decreto legislativo 19 agosto 2005, n. 192, concernente attuazione della direttiva 2002/91/CE sul rendimento energetico in edilizia.
2010		DM 26 marzo Ministero dello Sviluppo Economico	Modalità di erogazione delle risorse del Fondo previsto dall'articolo 4 del decreto-legge 25 marzo 2010, n. 40, per il sostegno della domanda finalizzata ad obiettivi di efficienza energetica, eco-compatibilità e di miglioramento della sicurezza sul lavoro
2010		Dlgs. 56/2010	Modifiche ed integrazioni al decreto 30 maggio 2008,

			n. 115, recante attuazione della direttiva 2006/32/CE, concernente l'efficienza degli usi finali dell'energia e i servizi energetici e recante abrogazioni della direttiva 93/76/CEE.
2010	Direttiva 2010/31/UE		Prestazione energetica nell'edilizia.
2010		DM 6 agosto Ministero dello Sviluppo Economico	- Incentivazione della produzione di energia elettrica mediante conversione fotovoltaica della fonte solare. - Termini, modalità e procedure per la concessione ed erogazione delle agevolazioni in favore dei programmi di investimento riguardanti la produzione di beni strumentali funzionali allo sviluppo delle fonti di energia rinnovabili e al risparmio energetico nell'edilizia.
2011		Dlgs. 28/2011	Attuazione della Direttiva 2009/28/CE sulla promozione dell'uso dell'energia da fonti rinnovabili, recante modifica e successiva abrogazione delle direttive 2001/77/CE e 2003/30/CE.
2012	Direttiva 2012/27/UE		Sull'efficienza energetica
2013		DL 63/2013	Disposizioni urgenti per il recepimento della Direttiva 2010/31/UE del Parlamento europeo e del Consiglio del 19 maggio 2010.

Sintesi del quadro normativo europeo e nazionale relativo al risparmio energetico.

In questo quadro di riferimento normativo e soprattutto all'interno dell'apparato ricettivo di tali norme a livello nazionale, accade che lo stretto legame tra energia e ambiente si perda, e che la certificazione energetica dell'edificio risulti essere una condizione necessaria ma non sufficiente per garantire non solo la sostenibilità ma la stessa riduzione dei consumi energetici globali.

Anno	Europa	Italia	Titolo
1983		DPCM 28/03/83	Limiti massimi di accettabilità delle concentrazioni e di esposizione relativi ad inquinanti dell'aria nell'ambiente esterno)
1985	Direttiva 85/33/CEE		Valutazione dell' impatto ambientale di determinati progetti pubblici e privati.
1986	Direttiva 86/278/CE		Protezione dell'ambiente, in particolare del suolo
1988		DPCM 27/12/1988	Norme tecniche per la redazione degli studi di impatto – modif. da Dpr n. 348/99
1989	Direttiva 89/106/CEE		Ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati membri concernenti i prodotti da costruzione.
1990		DM 12/07/90	Linee guida per il contenimento delle emissioni inquinanti degli impianti industriali e la fissazione dei valori minimi di emissione
1992		D.Lgs. n. 99 del 27/12/92	Attuazione della Direttiva 86/278/CEE).

1993	Reg. n. 1836/93/CE		Sistema comunitario ecoaudit – EMAS
1994		DM 15/04/94	Inquinanti atmosferici in aree urbane: livelli e stati di attenzione e di allarme, modif. da DM 60/02);
1994		L. n. 146/94	Art.40: disposizioni in materia di valutazione di impatto ambientale
1995		D.M. n.413/95	Comitato nazionale Ecolabel e Ecoaudit
1996	Direttiva 96/61/CE		Prevenzione e riduzione integrate dell'inquinamento - IPPC)
1997	Direttiva 97/11/CE		Modifica della Direttiva 85/33/CEE
1999	Direttiva 99/30/CE		Valori limite di qualità dell'aria ambiente per il biossido di zolfo, il biossido di azoto, gli ossidi di azoto, le particelle e il piombo
1999		D. Lgs. n. 372/99	Attuazione della DIR 96/61/CE).
2000	Direttiva 2000/69/CE		Valori limite di qualità aria ambiente per il benzene ed il monossido di carbonio
2000	Reg. n. 2000/1980/CE		Ecolabel – sistema comunitario di un marchio di qualità ecologico
2001	Direttiva 2001/42/CE		Valutazione degli effetti di determinati piani e programmi sull'ambiente
2001	Decisione 2001/379/CE		Approvazione del Protocollo della Convenzione di Aarhus sull'inquinamento atmosferico transfrontaliero
2001	Reg. n. 761 del 19/03/2001		Nuovo sistema comunitario di ecogestione e audit - EMAS II
2002	Decisione 2002/358/CE		Approvazione del Protocollo di Kyoto
2002		DM n. 60 del 02/04/2002	Recepimento della DIR 99/30/CE e della DIR 2000/69/CE
2004	Direttiva 2004/35/CE		Responsabilità ambientale in materia di prevenzione e riparazione del danno ambientale.
2005	Direttiva 2005/32/CE		Istituzione di un quadro per l'elaborazione di specifiche per la progettazione ecocompatibile dei prodotti che consumano energia
2006		Dlgs. 152/2006	Norme in materia ambientale
2008		DM 25 novembre Ministero dell'ambiente e della tutela del territorio e del mare	Disciplina delle modalità di erogazione dei finanziamenti a tasso agevolato ai sensi dell'art. 1, c. 1110-1115, della legge 27 dicembre 2007 n. 296 - Fondo rotativo per il finanziamento delle misure finalizzate all'attuazione del Protocollo di Kyoto

Sintesi del quadro normativo europeo e nazionale relativo alle tematiche ambientali.

A livello internazionale l'organo Tecnico preposto alla definizione delle norme di riferimento concernenti la sostenibilità ambientale nell'ambito edilizio è l'ISO/TC 59/SC ''Sostenibilità nell'edilizia'' costituito nel 2002. Tale organo si suddivide nei seguenti gruppi di lavoro:

TC 59/SC 17/WG 1 - Principi generali e terminologia;
TC 59/SC 17/WG 2 - Indicatori della sostenibilità;
TC 59/SC 17/WG 3 - Dichiarazione ambientale dei prodotti;
TC 59/SC 17/WG 4 - Performance ambientale degli edifici;
TC 59/SC 17/WG 5 - Opere di ingegneria civile.
Le principali norme pubblicate sono di seguito riportate.

NORME	Sintesi dei contenuti
ISO 15392:2008 - *Sostenibilità in edilizia - Principi generali*	La presente norma internazionale individua e stabilisce i principi generali per la sostenibilità nell'edilizia. Si basa sul concetto di sviluppo sostenibile, e si riferisce all'intero ciclo di vita dell'edificio, dalla nascita alla dismissione, tenendo in considerazione materiali, prodotti, servizi e processi relativi all'edificio. La presente norma internazionale non fornisce tuttavia i benchmark utili per la valutazione della sostenibilità (ISO 15392, 2008).
ISO / TS 21931-1:2006 - *Sostenibilità in edilizia - Quadro dei metodi di valutazione per le prestazioni ambientali nei lavori di costruzione – Parte 1: Edifici*	Questa parte della norma ISO/TS 21931 fornisce un quadro generale per migliorare la qualità e la comparabilità delle metodologie di valutazione delle prestazioni ambientali degli edifici. Vengono qui descritte le questioni che devono essere prese in considerazione nel momento in qui si abbia la necessità di utilizzo dei metodi per la valutazione degli aspetti ambientali e delle prestazioni di edifici di nuova costruzione o già esistenti, nelle fasi di progettazione, costruzione, funzionamento, rinnovo e demolizione. Questa parte della norma ISO/TS 21931 è destinata ad essere utilizzata in combinazione con e secondo i principi stabiliti dalla serie ISO 14000 (ISO 21931, 2006).
ISO / TS 21929-1:2006 *Sostenibilità in edilizia - Indicatori di sostenibilità - Parte 1: Quadro per lo sviluppo di indicatori per gli edifici (ISO, 2006)*	Questa parte della norma ISO / TS 21929 fornisce un quadro linee guida per lo sviluppo e la selezione di appropriati indicatori di sostenibilità per gli edifici. L'obiettivo di questa parte della norma ISO / TS 21929 è quello di definire il procedimento da seguire nel valutare l'impatto economico, ambientale e sociale di un edificio con l'ausilio di una serie di indicatori.
ISO 21930:2007 - *Sostenibilità in edilizia - La dichiarazione ambientale dei prodotti da costruzione.*	La presente norma internazionale fornisce i principi ed i requisiti per l'etichetta ambientale di tipo III; dichiarazione (EPD) riferita ai prodotti da costruzione. La presente norma internazionale fornisce quindi un quadro dei requisiti di base per le regole di categoria di prodotto (PCR) come definito nella ISO 14025 (ISO, 2007).

Sintesi delle norme ISO sulla sotenibilità ambientale dell'edificio.

A partire dal 2002 l'organo Tecnico internazionale, l'ISO/TC 59/SC 14, preposto alla definizione delle norme di riferimento relative alla pianificazione e all'assicurazione della vita utile di esercizio dei componenti e dei sistemi edilizi, pubblica la prima parte della norma ISO 15686. Ad oggi, di tale norma sono state pubblicate le prime otto

parti, le altre quattro sono ancora in via di sviluppo.
Di seguito si riportano le sintesi delle parti che compongono la norma.

Norma	Sintesi
ISO 15686-1:2011	Si occupa dei principi, degli aspetti e dei dati generali necessari per prevedere i tempi di esercizio e fornisce un metodo di valutazione della vita utile di esercizio dei componenti o dei sistemi edilizi da utilizzare in progetti edilizi specifici.
ISO 15686-2:2012	Descrive una metodologia generica per verificare le prestazioni a lungo termine dei componenti e dei sistemi edilizi per fornire una previsione di vita utile di esercizio.
ISO 15686-3:2002	Descrive il metodo e la procedura da applicare nelle fasi di briefing di progettazione, di costruzione e, dove richiesto, di gestione e di demolizione, per assicurare in termini ragionevoli che le misure necessarie per realizzare le prestazioni a lungo termine saranno effettuate.
ISO/PRF 15686-4	Descrive la gamma di requisiti di dati che permetteranno che la vita utile di esercizio sia determinata.
ISO 15686-5:2008	Fornisce una guida sulla valutazione dei costi di ciclo di vita di una costruzione.
ISO 15686-7:2006	Fornisce delle indicazioni generiche sulla valutazione delle prestazioni che influenzano la vita utile d'esercizio, la terminologia utilizzata e come descriverle e documentarle.
ISO 15686-8:2008	Fornisce una guida sulla raccolta, selezione e formattazione dei dati relativi alla vita utile d'esercizio e sull'utilizzo di tali dati ai fini del calcolo della vita utile stimata.
ISO/TS 15686-9:2008	Rappresenta la guida per costruttori e produttori alla valutazione dei dati relativi alla vita utile d'esercizio.
ISO 15686-10:2010	Stabilisce quando devono essere specificati o verificati i requisiti funzionali prestazionali durante la vita utile d'esercizio degli edifici e dei loro componenti e quando controllare la possibilità di soddisfare tali requisiti.

Norma ISO 15686. Parti della norma finora pubblicate e breve sintesi dei contenuti.

A livello europeo, l'Organo Tecnico preposto alla definizione delle norme di riferimento relative alla sostenibilità ambientale nell'ambito edilizio è il CEN/TC 350 "Sostenibilità dei lavori da costruzione" costituito nel 2006.
Questo è responsabile dell'elaborazione di metodi volontari orizzontali normalizzati per la valutazione degli aspetti di sostenibilità delle costruzioni ed è responsabile delle norme per la dichiarazione ambientale di prodotto dei prodotti da costruzione.
Le norme finora sviluppate o in via di sviluppo sono sintetizzate nella seguente tabella.

NORME	Sintesi dei contenuti
EN 15804:2012 - *Sostenibilità delle costruzioni - Dichiarazioni ambientali di prodotto - Regole quadro di sviluppo per categoria di prodotto*	La norma fornisce regole quadro per categoria di prodotto (PCR) per l'elaborazione di dichiarazioni ambientali di tipo III per ogni tipo di prodotto e servizio per le costruzioni.
CEN/TR 15941:2010	Tale documento fa da riferimento alla norma EN 15804:2012. Fornisce linee guida per la selezione e l'uso di tipi diversi di dati generici, disponibili per progettisti e valutatori coinvolti nella preparazione di EPD, al fine di migliorarne la coerenza e comparabilità.
EN 15643-1:2010 - *Sostenibilità delle costruzioni - Valutazione della sostenibilità degli edifici - Parte1: Quadro di riferimento generale*	La norma fornisce i principi generali ed i requisiti, espressi attraverso una serie di norme, per la valutazione degli edifici in termini di prestazione ambientale, sociale ed economica, tenendo in considerazione le caratteristiche tecniche e la funzionalità dell'edificio. La valutazione quantifica il contributo allo sviluppo sostenibile da parte delle opere da costruzione valutate.
EN 15643-2:2011 - *Sostenibilità delle costruzioni - Valutazione degli edifici - Parte 2: Quadro di riferimento per la valutazione della prestazione ambientale*	La norma fa parte di una serie di norme e fornisce i principi e i requisiti specifici per la valutazione della prestazione ambientale degli edifici tenuto conto delle caratteristiche tecniche e funzionali di un edificio. La valutazione della prestazione ambientale è uno degli aspetti di sostenibilità degli edifici in conformità al quadro di riferimento della UNI EN 15643-1. Il quadro di riferimento si applica a tutti i tipi di edifici ed è pertinente alla valutazione della prestazione ambientale dei nuovi edifici durante il loro intero ciclo di vita, e degli edifici esistenti durante la loro vita utile e la dismissione.
EN 15643-3:2012 - *Sostenibilità delle costruzioni - Valutazione degli edifici - Parte 3: Quadro di riferimento per la valutazione delle prestazioni sociali*	La norma fa parte di una serie di norme europee sulla sostenibilità e fornisce requisiti e principi specifici per la valutazione delle prestazioni sociali degli edifici, tenendo conto delle loro caratteristiche tecniche e funzionali. La valutazione delle prestazioni sociali è un aspetto della valutazione di sostenibilità delle costruzioni nell'ambito del quadro di riferimento della UNI EN 15643-1.
EN 15643-4:2012 - *Sostenibilità delle costruzioni - Valutazione degli edifici - Parte 4: Valutazione delle prestazioni economiche*	La norma fa parte di una serie di norme europee per la valutazione degli edifici e fornisce i principi e i requisiti specifici per la valutazione delle prestazioni economiche degli edifici, tenendo in considerazione le caratteristiche tecniche e la funzionalità dell'edificio. La valutazione delle prestazioni economiche è un aspetto della valutazione di sostenibilità degli edifici nell'ambito del quadro di riferimento della UNI EN 15643-1.

Norme sulla sostenibilità delle costruzioni sviluppate dal CEN/TC 350.

A livello nazionale l'Organo Tecnico preposto alla definizione delle norme di riferimento riguardanti la sostenibilità ambientale nell'ambito edilizio è rappresentato dalla Commissione "Prodotti, processi e sistemi per l'organismo edilizio", più precisamente il Gruppo di Lavoro 4 "Sostenibilità in edilizia". Si riporta di seguito la norma pubblicata assieme al rapporto allegato sugli "Indicatori dei requisiti relativi all'eco-compatibilità di progetti edilizi".

NORME	Sintesi dei contenuti
UNI 11277:2008 - *Sostenibilità in edilizia - Esigenze e requisiti di eco-compatibilità dei progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, di nuova edificazione e ristrutturazione*	La norma definisce le esigenze e i requisiti relativi all'eco-compatibilità di progetti edilizi, con riferimento all'intero ciclo di vita dell'edificio, ai fini del processo di valutazione ambientale. Si applica ai progetti di edifici residenziali e assimilabili, uffici e assimilabili, sia di nuova costruzione sia di ristrutturazione. In particolare, oltre a stabilire classi di esigenze quali la salvaguardia ambientale, l'utilizzo razionale delle risorse, il benessere l'igiene e la salute dell'utente, specifica una lunga serie di requisiti di diretta pertinenza con la proposta di legge in oggetto, la quale, anziché svilupparli al suo interno, dovrebbe ad essi fare riferimento
Rapporto Tecnico nazionale su *"Indicatori dei requisiti relativi all'eco-compatibilità di progetti edilizi"* per la loro classificazione ai fini del processo di valutazione ambientale di cui alla UNI 11277	Il documento si inquadra nel più ampio contesto delle norme internazionali sulla sostenibilità ambientale ISO 21931 e dei progetti di norma CEN/TC 350. La verifica degli indicatori dei requisiti è sia di tipo quantitativo che qualitativo e si basa su una definizione di sei classi di valutazione. La classe 0 si riferisce all'applicazione di norme cogenti o prassi corrente, la classe 3 si riferisce al progetto di buona pratica ambientale, la classe 5 si riferisce al progetto eccellente nel campo della sostenibilità .

Norme definite dall'Organo Tecnico nazionale sulla sostenibilità in edilizia.

Le ultime leggi nazionali nell'ambito dell'edilizia riguardano:
- il piano nazionale di edilizia abitativa, denominato "**Piano casa**", che è stato introdotto dall'art. 11 del decreto-legge 112/2008, con l'obiettivo di "garantire su tutto il territorio nazionale i livelli minimi essenziali di fabbisogno abitativo per il pieno sviluppo della persona umana";
- l'accordo tra Stato-Regioni per il rilancio dell'economia e per rispondere ai bisogni abitativi delle famiglie definito il 31 marzo 2009 e denominato "**Piano casa 2**"; tale accordo prevede l'impegno delle Regioni di approvare proprie leggi atte a consentire un adeguato rilancio dell'attività edilizia, nel rispetto dell'ambiente e del tessuto urbanistico esistente e una sostituzione rapida del patrimonio edilizio fatiscente, obsoleto e non rispondente alla nuova situazione tecnologica ed energetica, con contestuale protezione dei beni storici, culturali e paesaggistici. Nello specifico tali leggi devono essere volte a regolamentare interventi che migliorino la qualità architettonica e/o energetica degli edifici entro il limite del 20% della volumetria esistente di edifici residenziali uni- e bi-familiari e a disciplinare interventi straordinari di demolizione e ricostruzione con ampliamento, per edifici a destinazione residenziale, entro il limite del 35% della volumetria esistente, con finalità di miglioramento

della qualità architettonica e dell'efficienza energetica.
Affinché tali provvedimenti legislativi non si trasformino in disposizioni atte a favorire nuove forme di speculazione edilizia è opportuno che le Regioni e i Comuni rivedano i propri regolamenti edilizi in modo che le azioni che ne conseguono non continuino a produrre effetti negativi sull'ambiente.
I **Regolamenti Edilizi** rappresentano ad oggi uno strumento fondamentale affinché si promuovano prassi progettuali impostate sui principi dello sviluppo sostenibile e della tutela ambientale. Essi costituiscono "il codice per interpretare il cambiamento in corso nel modo di progettare e costruire, sia per l'introduzione di nuovi criteri e obiettivi energetico-ambientali, sia per il campo dei temi che essi contemplano" (Crisci, 2012). Le trasformazioni in atto alle quali i Regolamenti Edilizi sono chiamati a rispondere riguardano le nuove esigenze indotte dall'insorgere delle problematiche ambientali relative alla tutela delle risorse naturali (consumo energetico, uso del suolo, approvvigionamento idrico, valorizzazione del verde, ecc.) e alla richiesta di un maggiore benessere psicofisico (salubrità dei nuovi materiali, ottimizzazione del microclima, controllo ed eliminazione delle fonti inquinanti, ecc.). Vi sono amministrazioni locali che hanno avvertito l'urgenza di regolamentare alcuni aspetti legati a queste esigenze e hanno introdotto nei propri Regolamenti alcune norme specifiche anticipando le disposizioni nazionali.
Di seguito si riporta una sintesi delle azioni adottate da alcune amministrazioni locali in ambito regionale, intercomunale e comunale tratte da Crisci (Crisci, 2012) e dal Rapporto ONRE 2013.

Ambito Regionale	Strumento normativo	Azioni sensibili alle problematiche ambientali
Valle d'Aosta	Regolamenti edilizi	- Elaborati grafici di progetti di restauro in scale di dettaglio; - Rappresentazione dell'edificio oggetto di restauro nella sua geometria; - Indagine stratigrafica dell'edificio corredata da relazione tecnica; - Definizione dello stato di conservazione dei materiali componenti dell'oggetto su cui si vuole intervenire; - Elaborato delle sagome e dei relativi distacchi e altezze per la definizione del contesto; - Descrizione delle specie arboree presenti
Emilia Romagna	Regolamenti edilizi	- Indicazione delle destinazioni d'uso dei locali di tutti i piani; - Indicazione dei materiali impiegati e dei cromatismi risultanti;

	Regolamento edilizio tipo	- Certificazioni, pareri e provvedimenti specificati; - Livelli di prestazione e relativi calcoli della conformità ai requisiti prescritti - Requisiti cogenti e volontari delle opere edilizie; - Introduzione di requisiti prestazionali rispondenti alle esigenze dell'edilizia bioclimatica ed ecosostenibile; - Adozione di incentivi economici da calcolare attraverso un meccanismo che assegna un punteggio ai vari criteri adottati; - Uso razionale delle risorse climatiche ed energetiche
Marche	Regolamento edilizio tipo	- Definizione dettagliata delle categorie d'intervento; - Indicazione sugli spazi aperti; - Distanze delle antenne per ripetitori televisivi e telefonia mobile
Piemonte	Regolamento edilizio tipo	- Prescrizioni differenziate in relazione alla dimensione dei Comuni; - Evidente intenzione di legare la regolamentazione edilizia con l'analisi della realtà storica e formale dei luoghi
Lombardia	Regolamento edilizio tipo	- Obiettivi qualitativi da perseguire per quanto riguarda l'ambiente urbano; - Requisiti delle costruzioni in rapporto sia al tessuto urbano e sia agli spazi fruibili; - Ruolo delle nuove costruzioni di promuovere il miglioramento delle condizioni insediative nel rispetto degli elementi positivi sedimentati nella memoria urbana; - Rispetto delle condizioni climatologiche e degli aspetti storici ambientali e culturali dei contesti in cui si inseriscono; - Intero capitolo sull'ambiente urbano; - Introduzione del libretto d'uso e di manutenzione del fabbricato
Toscana	Regolamento edilizio tipo Regolamenti edilizi	- Abaco di soluzioni conformi per l'esecuzione di opere a regola d'arte; - Introduzione di regole ambientali - Garanzia della tutela delle risorse, della sinergia delle azioni e del coordinamento di tutti i settori capaci di incidere sulle risorse stesse
Calabria	Legge Regionale n. 19/2002 - Legge urbanistica regionale. Norme per la tutela, governo ed uso del territorio	- Sviluppo sostenibile del territorio
Campania	Legge Regionale n.16/2004 - Norme sul governo del territorio	- Utilizzo adeguato delle risorse ambientali, naturali, territoriali e culturali anche in funzione del loro recupero
Ambito intercomunale	**Strumento normativo**	**Azioni sensibili alle problematiche ambientali**
Comuni del Meratese (MI)	Regolamento edilizio	Previsione di spazi appositi per la raccolta differenziata nelle nuove costruzioni e/o

		ristrutturazioni totali
Provincia di Como	Regolamento edilizio tipo	- Promozione progettazione bioclimatica e risorse energetiche rinnovabili
Provincia di Lecco	Linee guida per la sostenibilità in edilizia	- Corretto orientamento dell'edificio; - Uso di fonti di energia rinnovabili; - Uso di materiali da costruzione riciclabili per una certa quota; - Isolamento termico; - Recupero acque piovane
Provincia di Torino	Allegato Energetico-Ambientale tipo	- Definizione di valori di trasmittanza; - Impianti solari termici e fotovoltaici; - Installazione di sistemi per il risparmio idrico
Provincia di Pavia	Linee guida	- Disposizioni sull'orientamento dell'edificio e sull'utilizzo di fonti di energia rinnovabili
Provincia di Varese	Quaderno per la sostenibilità energetica ed ambientale nell'edilizia	Si definiscono gli obblighi da inserire nei Regolamenti Edilizi Comunali: l'obbligo di privilegiare il rapporto tra l'edificio e l'ambiente allo scopo di migliorare il microclima interno, sfruttando le risorse energetiche rinnovabili, in particolare la radiazione solare; l'adozione, nella progettazione degli edifici, di strategie per ridurre gli effetti indesiderati della radiazione solare nei mesi estivi; l'installazione nei nuovi edifici di impianti solari termici integrati e dimensionati per coprire non meno del 50% del fabbisogno energetico annuo di acqua calda Sanitaria; obbligo d'installazione di impianti alimentati con fonti rinnovabili per la copertura del 30% del fabbisogno energetico
Unione dei Comuni della Bassa Romagna	Regolamento edilizio unitario	- Fissa i limiti di trasmittanza e le prestazioni dei serramenti; - Prescrive il ricorso ai pannelli solari termici per la produzione di almeno il 50% del fabbisogno di acqua calda sanitaria e fotovoltaici per 1 kW di potenza installata per ogni unità abitativa; - Obbligo di allaccio al teleriscaldamento (se presente una rete entro 1.000 metri di distanza); - Gestione degli inerti da costruzione e demolizione: obbligo di utilizzare almeno il 30% dei rifiuti inerti derivati da opere di costruzione e demolizione

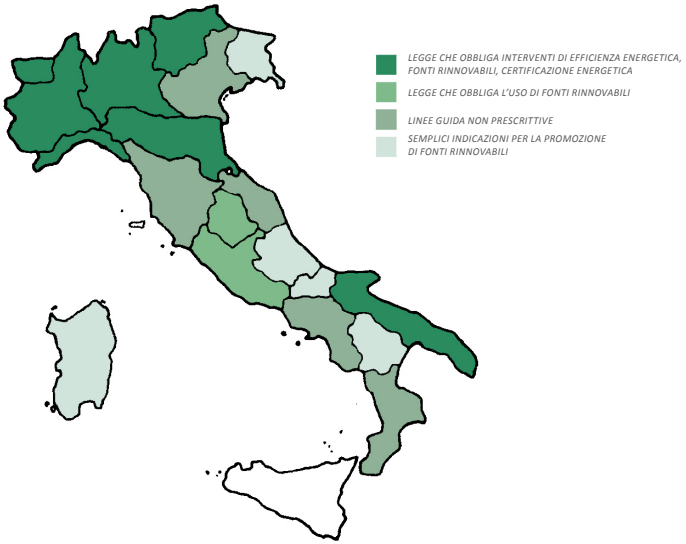
Ambito comunale	**Strumento normativo**	**Azioni sensibili alle problematiche ambientali**
Polverigi (AN)	Regolamento edilizio	Previsione di spazi appositi per la raccolta differenziata nelle nuove costruzioni
Modena	Regolamento edilizio	Riconoscibilità e qualità morfologica : - Riconoscibilità dei caratteri ambientali del sito; - Identificabilità e comprensibilità dell'uso; - Riconoscibilità dei caratteri costruttivi preesistenti
Firenze	Regolamento edilizio	- Planimetrie scala 1/200 con indicazione di strade, parcheggi, linee ferroviarie, elettrodotti di alta tensione, corsi d'acqua e di tutti gli altri elementi che possono condizionare la progettazione ai fini del rispetto delle distanze e delle altezze;

		- Indicazione delle caratteristiche dei materiali da costruzione utilizzati; - Riduzione dell'impermeabilizzazione superficiale; - Risparmio energetico; - Introduzione principi di bioarchitettura; - Uso di materiali sani secondo le norme UNIBioedilizia; - Smaltimento dei liquami attraverso la fitodepurazione; - Registro della certificazione energetica comunale
Giovinazzo (BA)	Regolamento edilizio pilota	- Introduzione di regole qualitative sui materiali da costruzione, le tipologie, l'ambiente, i colori, l'inserimento nel paesaggio urbano e rurale
Bari	Regolamento edilizio	- Attenzione alle tematiche bioclimatiche; - Incentivi normativi di tipo edilizio ed economico; - Tutela aree naturali; - Regolamentazione degli aspetti relativi alla permeabilità del suolo; - Uso materiali d produzione locale e tradizionali
Napoli	Regolamento edilizio	- Prescrizioni, indirizzi e indicazioni per lo sviluppo delle fonti rinnovabili di energia, risparmio energetico e corretto impiego dell'energia
Carugate (MI)	Regolamento Edilizio Sostenibile	- Requisiti delle costruzioni in rapporto all'ambiente e allo spazio urbano; - Requisiti delle costruzioni in rapporto agli spazi fruibili; - Prestazioni energetiche
Schio e Valdagno (VI)	Regolamento edilizio	- Prestazioni energetiche degli edifici; - Dispositivi bioclimatici; - Dispositivi bioclimatici passivi; - Qualità dei materiali ecocompatibili
Silvi (TE)	Regolamento Edilizio	Parametri di sostenibilità con un mix tra obblighi ed incentivi e si distingue per le norme sulla risorsa idrica
Monopoli (BA)	Regolamento edilizio	Introduce criteri per migliorare le prestazioni ambientali ed energetiche degli edifici, e riguarda sia gli edifici sia nuovi che esistenti soggetti a ristrutturazione o ampliamenti volumetrici
Gasperina (CZ)	Regolamento edilizio	- Adozione del protocollo Casa Clima calandolo nella realtà geografica e climatica calabrese; - Obbligo d'installazione sia di solare termico sia di fotovoltaico; - Contabilizzazione individuale del calore; - Risparmio idrico; - Schermatura delle superfici vetrate; - Obbligo costruzione di nuovi edifici in classe Casa Clima C; - Incentivi per il raggiungimento delle classi energetiche superiori
Montallegro (AG)	Regolamento edilizio	- Livelli di trasmittanza degli edifici più stringenti rispetto a quanto previsto dai Comuni circostanti; - Obbligo d'installazione di pannelli solari termici ed incentivi per il fotovoltaico; - Risparmio idrico cogente; - Recupero delle acque meteoriche
Salerno	Regolamento edilizio	- Uso razionale delle risorse climatiche ed

	energetiche; - Uso razionale delle risorse idriche; - Controllo delle caratteristiche nocive dei materiali da costruzione; - Bioedilizia e ecologia urbana; - Benessere ambientale

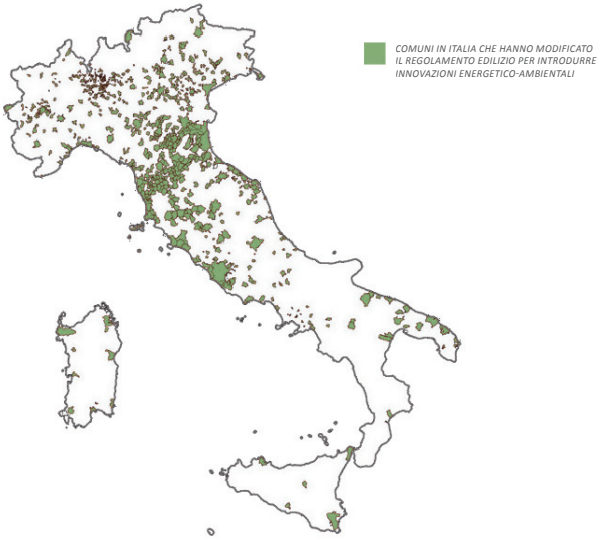
Azioni sensibili alle problematiche ambientali attuate nei regolamenti edilizi alla scala comunale, intercomunale e regionale.

In sintesi, l'attività di revisione degli strumenti normativi da parte di alcune amministrazioni locali, ha individuato i parametri di sostenibilità comuni: l'isolamento termico e acustico, l'utilizzo di fonti rinnovabili e di tecnologie per l'efficienza energetica, l'orientamento degli edifici, i materiali da costruzione locali e riciclabili, il risparmio idrico e il recupero delle acque meteoriche, la permeabilità dei suoli e l'obbligo di ricorrere alle fonti rinnovabili.
Dall'analisi dei Regolamenti Edilizi, sono 1003 i Comuni in Italia nei quali si sono introdotte innovazioni che riguardano l'energia e la sostenibilità in edilizia: si tratta del 12,4% del totale dei Comuni italiani per una popolazione complessiva che supera i 21 milioni di abitanti (ONRE 2013).



Mappa regionale sull'edilizia sostenibile (Rapporto ONRE-2013).

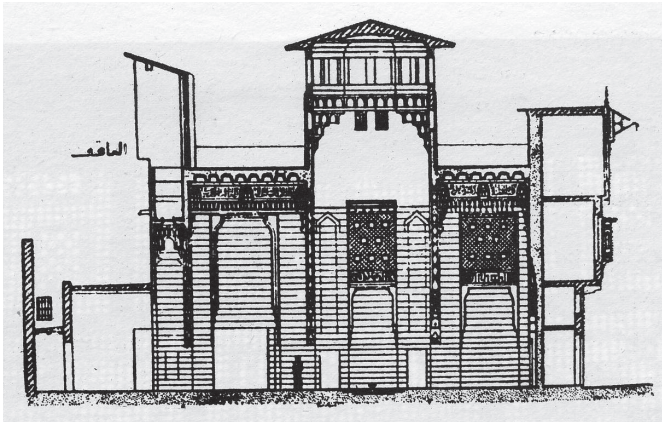
L'incremento è costante negli anni: pari a quasi cinque volte in più rispetto ai 188 Comuni del 2008, mentre erano 705 nel 2010 e 855 nel 2011 (dati estrapolati dal Rapporto ONRE 2013).
Oltre a queste sporadiche azioni condotte dalle amministrazioni locali, esistono strumenti che rispondono alla richiesta di qualità ambientale e di benessere psicofisico che consentono all'utente finale di conoscere il comportamento energetico-ambientale del proprio edificio e di fare scelte consapevoli (Lavagna, 2008).
Finora l'attenzione maggiore è stata rivolta alle problematiche energetiche, e ciò ha portato all'adozione della certificazione energetica nella prassi progettuale.
Tuttavia lo strumento della certificazione energetica deve essere integrato da una verifica più completa che presuppone la certificazione degli aspetti maggiormente inerenti le problematiche ambientali.
Gli strumenti di certificazione ambientale finora sviluppati si basano su sistemi a punteggio. Tra le procedure analizzate in precedenza, quelle che ad oggi consentono di accedere alla certificazione ambientale dell'edificio sono il BREEAM, il LEED, il GREEN STAR, il GREEN GLOBES, il DGBN e l'ESTIDAMA.

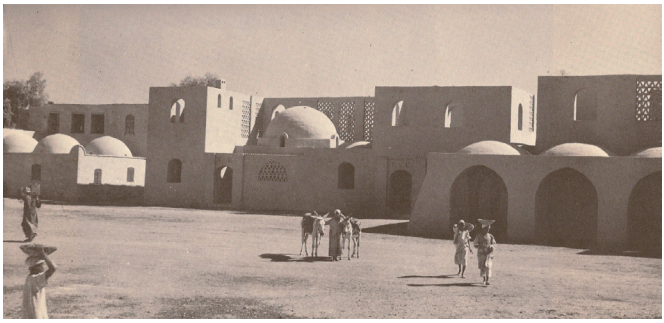


Mappa nazionale comuni che hanno modificato i propri regolamenti edilizi introducendo innovazioni energetico-ambientali (Rapporto ONRE-2013).

2.2.4. Progettazione eco-responsabile: casi-studio

All'inizio del paragrafo dedicato alla sostenibilità ambientale alla scala dell'edificio si è visto come Odum, attraverso l'analisi emergetica, contabilizzasse il contributo in termini di risorse ed energia necessarie per la realizzazione, la gestione e la manutenzione di un edificio.
Sono pochi gli studi analoghi a questo sviluppati alla scala dell'edificio e di cui si ha trova testimonianza in letteratura (Brown, Buranakarn 2003, Meillaud, Gay, Brown 2005 e Buranakarn 1998).
Le ragioni sono individuabili principalmente nella difficoltà del reperimento dei dati necessari e nella specializzazione richiesta a chi effettua tali analisi che va molto oltre le comuni conoscenze possedute dai progettisti.
Di seguito si fa accenno ad alcune esperienze progettuali del passato più e meno recente che riassumono i criteri di eco-sostenibilità finora analizzati.
Prima fra tutte, l'esperienza dell'architetto egiziano Hassan Fathy (1900-1989) che, attraverso l'uso di materiali poveri e l'impiego di tecnologie costruttive tradizionali, ha voluto affermare un'architettura autoctona, relativamente economica, in grado di adattarsi meglio alle necessità della gente.
Un'architettura sostenibile dal punto di vista ambientale, economico e sociale che può essere sintetizzata nei seguenti punti:
- ricerca di un'architettura autoctona, radicata e in armonia con il luogo;
- ricorso a tecniche tradizionali e manodopera locale che escludono o riducono al minimo l'intervento di macchinari e di opere aggiuntive (utilizzo della tecnica nubiana per la copertura degli ambienti senza dover ricorrere alle centine) che, oltre che costosi in termini energetici, si rivelano spesso dannosi per le economie dei Paesi in via di Sviluppo;
- il proponimento di schemi distributivi tradizionali capaci di assolvere la funzione di mitigatori climatici senza adoperare sistemi di condizionamento meccanico dell'aria estranei alla cultura locale (distribuzione degli ambienti attorno al *qa'a*, ambiente più elevato a doppia altezza, protetto dal riscaldamento solare diretto e funzionante come un camino di ventilazione naturale per via del flusso convettivo

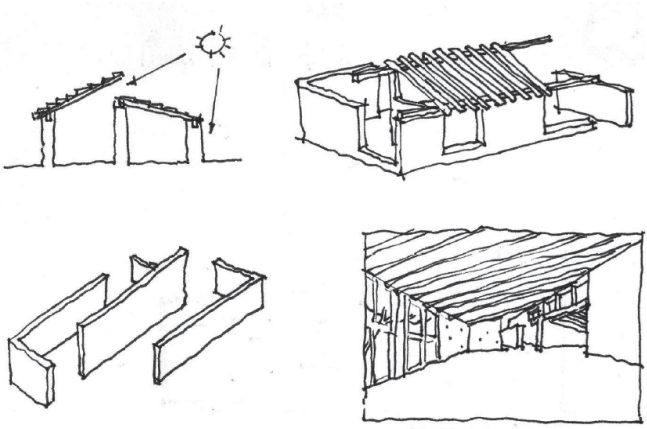




Villaggio egiziano di New Gourna realizzato tra il 1945 e il 1948, progettista H. Fathy.

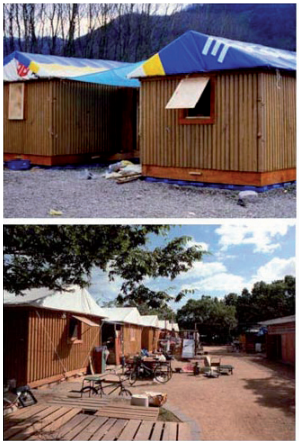
In alto, sezione del sistema di ventilazione-raffrescamento che si genera attraverso il qa'a *e il* malqaf *in un edificio tipo (immagine tratta da < http://dome.mit.edu >).*
In basso, scorcio del villaggio (immagine tratta da < http://arwafreelance.com>).

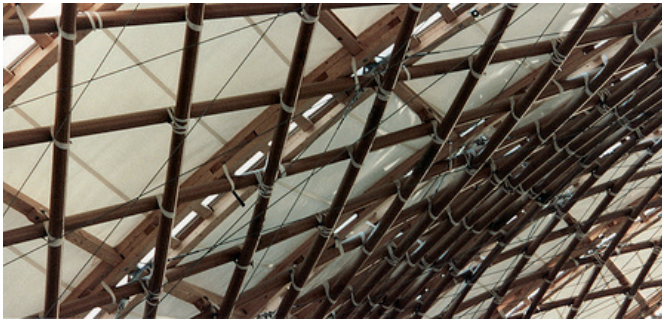
ascendente che fuoriesce attraverso le aperture sommitali generando un richiamo di aria fresca nella parte bassa; presenza, spesso affianco al *qa'a,* del *malqaf*, o presa di vento, che per via del suo orientamento capta le brezze marine, le filtra in buona parte da polveri e sabbia e le incanala in basso negli ambienti dell'edificio; mantenimento della corte interna e della fontana centrale al suo interno come elemento termoregolatore oltre che simbolico);
- l'offrire alla gente un'architettura che scaturisca dai propri sogni e dalle proprie esigenze, mai uguale a sé stessa o standardizzata.
A questi principi del filosofo, architetto e urbanista Fathy si sono ispirati architetti modernisti come Le Corbusier e Wright e architetti contemporanei come Shigeru ban.
Le Corbusier nel 1940 scelse la terra cruda e il legno per la realizzazione di piccoli alloggi d'emergenza per accogliere gli sfollati di guerra (*maisons Murondins*). Si trattava di una scelta dettata dalla facile reperibilità del materiale e dalla indisponibilità di manodopera specializzata.
Anche Wright nel 1942 optò per la terra cruda (secondo la tecnica tipica locale degli adobe) e per il legno nel suo progetto di un complesso residenziale con un'oasi al suo interno (*Pottery House*) in un'area del Texas fortemente soggetta a tempeste di sabbia.
Shigeru Ban nei suoi manufatti in tubi di cartone (padiglione di Hannover, copertura a Pouilly-En-Auxois, Paper Dome, padiglione temporaneo a Aix en Provence, padiglione per la Biennale di Singapore), in blocchi in terra cruda pressata (villaggio a Kirinda) e in bambù (padiglione di Hannover) dimostra, attraverso l'uso parsimonioso dei materiali e dei mezzi, la sua etica progettuale minimalista, il suo approccio estremamente pragmatico alla ricerca del sistema meno costoso e più accessibile per giungere ai risultati e il suo atteggiamento ecologico che lo porta ad evitare accuratamente ogni spreco e ad adoperarsi per il riutilizzo e riciclaggio dei materiali fino ad adattarli a nuovi usi (Mori, 2004).
Appartengono ad un panorama recente le esperienze di Renzo Piano in Nuova Caledonia, del gruppo Ove Arup a Londra e di numerosi altri progettisti accomunati dall'obiettivo di perseguire il '*more*' attraverso il '*less*' come fosse una sorta di ricerca del male minore per l'ambiente in termini di minimo impatto.
Il centro culturale Tjibaou di Noumea progettato da Renzo Piano fu



In alto, disegni schematici delle Maisons Murondins, *abitazioni d'emergenza con murature in terra cruda secondo la tecnica del pisé, pensate da Le Corbusier nel 1940 per accogliere gli sfollati di guerra in Belgio (immagine tratta da < http://proyectos4etsa.wordpress.com>).*

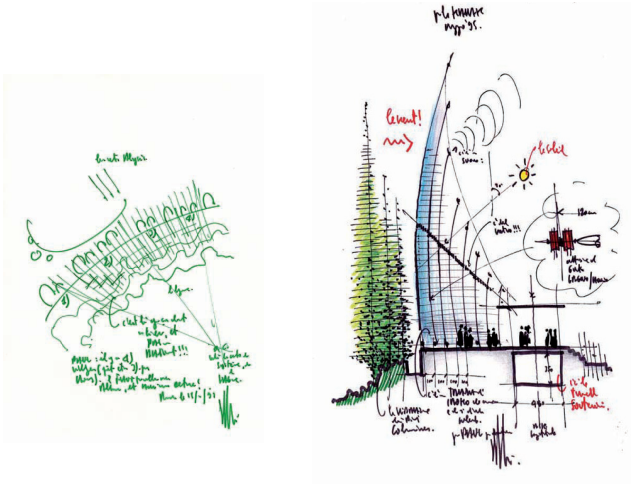
In basso, scorci del complesso residenziale in mattoni di terra cruda (adobe) sviluppato intorno ad un'oasi in Texas, progettato da F.L. Wright nel 1942 (immagini tratte da < http://flwpotteryhouse.blogspot.it >).

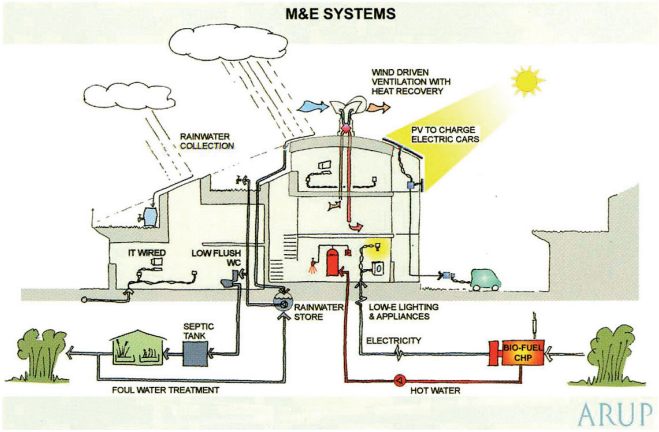




*In alto, sequenza di immagini e schema volumetrico delle abitazioni d'emergenza (*Paper Log Houses*) con pareti portanti in tubi di cartone progettate da Shigeru Ban nel 1993 in seguito ad un disastroso terremoto a Nagara, in Giappone (immagine tratta da < http://www.econote.i>).*

In basso, vista della copertura in travi di bambù del padiglione giapponese ideato da Shigeru Ban in occasione dell'esposizione universale tenutasi ad Hannover nel 2000 (immagine tratta da ALESSIO, L., 2008. Shigeru Ban. *Roma: Edilstampa).*





In alto, schizzi del centro culturale Tjibaou di Noumea progettato da Renzo Piano e finito di realizzare nel 1997. I disegni, mostrano in planimetria e in sezione, l'approccio sostenibile con cui è stato ideato il progetto (immagine tratta da < http://www.fondazionerenzopiano.org>).

In basso, schema di sintesi del funzionamento bioclimatico di un edificio tipo realizzato nel quartiere BedZED a Londra nel 2002 (immagine tratta da < http://saman3230.wordpress.com>).

finito di realizzare nel 1997.
I caratteri che lo distinguono sono il suo rapporto con l'ambiente circostante, la capacità affidata alla moderna tecnologia di simulare le tecniche costruttive tradizionali, la capacità di sfruttare l'energia dei fenomeni climatici locali e il coesistere di materiali provenienti da culture costruttive molto lontane: il legno e la pietra, propri della cultura locale, e il calcestruzzo, l'acciaio, il vetro, il legno lamellare e l'alluminio, figli della tecnologia più recente.
Il quartiere di Beddington, a Londra, progettato dall'architetto Bill Dunster e dal gruppo ZEDfactory e denominato BedZED (acronimo di *Beddington Zero Energy Development*), costituisce il primo esempio di comunità *Carbon Neutral* e si distingue per il riutilizzo di un'area dismessa (zero consumo del suolo), per l'attivazione di servizi comuni quali i trasporti, lo sfruttamento dei fattori climatici naturali (uso passivo della luce solare nella sua componente termica e luminosa), utilizzo di materiali e sistemi tecnologici dotati di alte prestazioni, l'uso compatibile della risorsa idrica, il riciclaggio e il contenimento dei rifiuti, impianti alimentati da risorse rinnovabili.
Di fronte a questi tentativi rimane il problema di migliorare l'efficienza nel suo insieme, ovvero di ridurre complessivamente i consumi di risorse, di riportare l'impronta globale entro i limiti della biocapacità del pianeta e invertire la tendenza alla crescita (Pulselli, Tiezzi, 2008).
Scrive Paolo Portoghesi nel suo articolo "Parliamo della terra" riportato in *Abitare la terra* (2007):

> "*Decine di libri hanno indagato affinità e interferenze tra il mondo della vita e quello delle costruzioni umane e moltissimi edifici, costruiti negli ultimi anni, si sono cimentati con i problemi del consumo energetico, dell'inquinamento, dello spreco sistematico di risorse.*
> *Eppure non si può certo affermare che si intraveda l'alba di una "geo-architettura", di un'architettura cioè che tragga ispirazione dal desiderio e dalla volontà di ridurre ed estinguere il conflitto che contrappone gli interessi della società tecnologica ai ritmi e alle esigenze del nostro pianeta, inteso, come alcuni scienziati hanno proposto, come un organismo vivente capace di autocontrollo*".

2.3. La sostenibilità ambientale alla scala dei prodotti per l'edilizia

"*Secondo l'OMS (Organizzazione Mondiale della Sanità) solo il 5% dei prodotti edili risulta innocuo*".

Con questa premessa esordiscono alcuni slogan promozionali di prodotti per l'edilizia immessi nel mercato che si autoproclamano come "ecologici" sulla base di pochi aspetti realmente riconducibili a criteri di eco-compatibilità, che però non sono sufficienti a rispondere in modo soddisfacente ai criteri di sostenibilità.
Nel suo manuale sui materiali e l'ambiente Ashby scrive (Ashby, 2011):

"*You can speculate without numbers, but if you want your conclusions to rest on a solid foundation, you need real numbers*"

Attualmente sono pochi i prodotti edilizi che si presentano nel mercato, oltre che con i propri attibuti prestazionali chimici, fisici ed energetici, anche con un proprio eco-profilo determinato a livello quantitativo. La maggior parte definiscono la propria ecologicità in base a parametri qualitativi che, come abbiamo visto nel precedente paragrafo, non sono sufficienti. Non basta affermare che i prodotti di origine vegetale e animale sono biologici e rinnovabili, i prodotti di origine minerale sono naturali e riciclabili, i prodotti di sintesi chimica sono riciclati, riciclabili e durevoli (Lavagna, 2008): non sempre i prodotti composti da materiali di origine naturale o da materiali potenzialmente riciclabili sono ecologici o riciclabili e non sempre i materiali naturali risultano meno impattanti di un materiale sintetico. La corretta definizione di prodotto ecologico deve essere relativa al suo grado di eco-efficienza, ovvero alla sua capacità di garantire le prestazioni attese producendo ridotti impatti ambientali, ovvero impiegando le risorse della Terra in un modo *environmetally friendly*. L'efficienza prestazionale dei prodotti per l'edilizia deve essere misurata non solo in base alle specifiche tecniche e alle caratteristiche fisico-meccaniche relative alle funzioni d'uso, ma anche in base ai "*criteri di compatibilità ambientale desunti attraverso una stima del costo energetico di produzione e dello sfruttamento delle risorse primarie misurato sul ciclo complessivo di vita del manufatto*" (Gulli,

2012, p.43). L'ottimizzazione delle risorse è uno dei principali obiettivi per raggiungere l'eco-efficienza e, come dimostrano gli studi effettuati dal Club Fattore 10[21], l'attuale modello di sviluppo è potenzialmente in grado di raggiungere il fattore 10 nella riduzione di input di materie prime ed energia per la produzione di beni e servizi (Baldo, Marino, Rossi, 2008).

2.3.1. Strategie progettuali sostenibili per la scelta dei prodotti per l'edilizia

I principali criteri per una corretta progettazione eco-responsabile di un prodotto riguardano la minimizzazione del consumo di materiali ed energia utilizzati come *input*, la riduzione della tossicità e nocività delle risorse impiegate, l'utilizzo di risorse rinnovabili, biocompatibili, riciclate, riciclabili, recuperate, riusate e locali, l'ottimizzazione della vita dei prodotti attraverso un facile rinnovo e manutenzione, l'estensione della vita dei materiali e un'intensificazione dell'uso del prodotto (Baldo, Marino, Rossi, 2008). Anche per i prodotti, deve valere sempre la regola del "ridurre, riusare e riciclare":
- '**ridurre**' l'utilizzo di risorse materiche ed energetiche sino a condurle all'essenziale;
- '**riusare**' i prodotti per nuovi usi;
- '**riciclare**' i prodotti riducendo in questo modo il quantitativo di materie prime ed energia ed evitando nuovi rifiuti, con la possibilità di sostituire i materiali vergini senza alterare le loro proprietà (sistema di riciclo chiuso) o di essere inseriti in un processo diverso da quello originario che determina anche un cambiamento delle loro proprietà.

Negli ultimi decenni il concetto di eco-*design* ha progressivamente ridefinito le proprie teorie e pratiche passando da un approccio riduzionista, che interessa particolari fasi di vita o specifici componenti dei prodotti, ad un approccio sistemico che rapporta le problematiche ambientali legate al prodotto alla dimensione complessa della società. L'eco-efficienza viene così sostituita dall'obiettivo della eco-efficacia che mette in primo piano la natura e l'ambiente spostando l'interesse dalla centralità del prodotto alla centralità della rete sociale e ambientale nella quale si colloca. Tale approccio sistemico deve

tenere contemporaneamente in considerazione una molteplicità di elementi (biologici, chimici, fisici, ambientali, economici, sociali, ecc.) e ciò necessita principalmente di due apporti fondamentali: la multidisciplinarietà e l'eco-alfabetizzazione. Il progettista deve riappropriarsi del perduto coinvolgimento nello studio delle proprietà dei materiali e dei prodotti e nella ricerca legata ai loro processi produttivi. Nell'ambito della progettazione degli edifici infatti non sempre la scelta dei prodotti e dei componenti riveste un ruolo primario. Spesso tale scelta è subordinata agli aspetti architettonici e formali che intende perseguire il progettista, ricadendo su soluzioni suggerite dall'esperienza e guidate dalla familiarità che si ha con il materiale. Occorrerebbe invece fare una scelta razionale dei prodotti in base a criteri puntuali e specifici del progetto stesso che tengano opportunamente conto delle sue fasi di sviluppo.

Anche per i prodotti per l'edilizia così come per gli edifici nel loro complesso, un approccio perseguibile è quello della **selezione multicriterio** che prende in considerazione diversi aspetti quali le proprietà dei materiali, le loro possibili combinazioni e le interazioni con aspetti tecnologici, economici e ambientali.

Tale approccio inizialmente prende in considerazione tutti i prodotti. Via via, attraverso una selezione basata sui vincoli imposti dal progetto, essi vengono ridotti e ordinati secondo i loro indici di prestazione e ulteriormente valutati in base ad altre informazioni di supporto spesso relative alle condizioni locali, quali ad esempio la disponibilità di una certa fornitura o il sistema di lavorazione. Tra i requisiti a cui tali prodotti devono rispondere è auspicabile inserire, nell'ottica di una progettazione eco-responsabile, gli indici relativi alla loro compatibilità ambientale.

Nelle schede descrittive dei singoli materiali, Ashby, accanto alle proprietà chimico-fisiche, meccaniche, prestazionali (termiche e elettriche), riporta una lista di attributi misurabili che quantificano in modo sintetico gli impatti che i materiali producono sull'ambiente.

L'indicatore 'produzione mondiale annuale' (*global production*) rappresenta semplicemente la massa di quel materiale prodotto annualmente e proveniente da minerali o da riserve e viene espresso in metro-tonnellata all'anno.

L'indicatore 'riserve naturali' (*reserves*) rappresenta il quantitativo (misurato in metro-tonellata) presente attualmente in natura di

risorse e riserve naturali dai quali i materiali derivano.
L''energia incorporata' (*embodied energy*) di un materiale è l'energia necessaria per produrre 1 kg di quel materiale e si misura in MJ al kg di petrolio equivalente.
L''impronta di CO_2' (CO_2 *footprint*) di un materiale è la massa di CO_2 rilasciata nell'atmosfera per l'unità di massa di materiale prodotta.
L'indicatore 'acqua impiegata' (*water usage*) rappresenta la quantità di acqua commerciale, misurata in litri, necessaria per produrre un kg del materiale.
Gli indicatori ecologici (*eco-indicators*) rappresentano una sintesi degli *output* dello studio LCA relativo alla sola fase di produzione del materiale.
L''energia di lavorazione' (*casting energy*) è l'energia impiegata nel processo di lavorazione del materiale e si misura in MJ/kg. L''impronta di CO_2' (*casting* CO_2 *footprint*) rappresenta il quantitativo di massa di CO_2 rilasciata nell'atmosfera per l'unità di massa di materiale durante il suo processo di lavorazione.
Nell'ambito della fase di fine vita del materiale vengono presi in considerazione tre indicatori: l''energia incorporata riciclabile' (*embodied energy recycling*), che esprime in MJ/kg l'energia ancora sfruttabile dal materiale dismesso, l''impronta di CO_2' durante il processo del riciclo (*CO_2 footprint recycling*), che indica in kg/kg la CO_2 immessa nell'atmosfera nella fase di riciclo, e la 'frazione riciclata' (*recycle fraction in current supply*), l'indicatore della percentuale di materiale effettivamente riciclabile.
Tali dati non sempre sono di facile reperibilità. La letteratura presente a riguardo è piuttosto carente e non sempre aggiornata. Le aziende produttrici, non avendo nessuna pressione anche da parte degli acquirenti, preferiscono trascurare i dati quantitativi su tali informazioni di prodotto, rimarcandone solamente gli aspetti qualitativi e non consentendo in questo modo la possibilità di fare un confronto tra più prodotti.
Una strategia di eco-progettazione dei prodotti che tiene conto di tutti questi aspetti sinora illustrati è il ***Life Cycle Design*** (o *Design for Environment*, o *Eco-Design*) che analizza gli impatti sull'ambiente estesi all'intero ciclo di vita del prodotto.
Tale strategia è strutturata su una disciplina chiara e ben definita, tuttavia risulta ancora carente di applicazioni pratiche per via delle

ragioni economiche che risiedono nella frammentazione degli attori e dei loro interessi lungo il ciclo di vita, dell'inerzia delle realtà industriali che si rifiutano di riorientare i propri sistemi produttivi e della mancanza di un consenso generalizzato da parte delle comunità scientifiche che ancora sono alla ricerca di un sistema di valutazione dell'impatto ambientale standardizzato e condiviso.

2.3.2.Strumenti di valutazione della sostenibilità ambientale dei prodotti

Durante la fase progettuale e costruttiva di un edificio, è possibile fare una scelta eco-responsabile dei materiali edilizi con il supporto di criteri di valutazione dell'impatto ambientale indicativi di aspetti parziali delle problematiche ambientali.
Tali criteri sono:
- l'**energia incorporata** (*embodied energy*) ovvero l'energia utilizzata per trasformare le materie prime in prodotti edilizi, data dalla somma dell'energia di lavorazione (energia diretta, relativa al processo di lavorazione, ed energia indiretta, relativa alla produzione e trasporto dei combustibili), dell'energia *feedstock* (energia contenuta nei materiali in ingresso nel processo che potenzialmente potrebbero essere impiegati come combustibili) e dell'energia grigia (*grey energy*, ovvero l'energia di trasporto dei prodotti edilizi al cantiere);
- lo **zaino ecologico** (*ecological rucksack*) ovvero il quantitativo di materiali necessario per la realizzazione di un prodotto al netto del peso del prodotto stesso;
- il **M.I.P.S.** (*Materials Input/Intensity per Service Unit*), ovvero un indicatore dell'eco-efficienza dei prodotti che misura il rapporto tra l'*input* dato dalla somma del peso proprio di un prodotto più il peso del materiale necessario per la sua produzione e il servizio fornito;
- la **contabilizzazione dell'efficienza delle risorse** (*Resource Efficiency Accounting*) ad integrazione del M.I.P.S. rispetto al quale prende in considerazione anche gli aspetti economici;
- l'**eco-profilo** (eco-*profile*), ovvero l'indice ricavato dallo studio LCA dei materiali o prodotti relativo alle fasi della loro estrazione, lavorazione e produzione (dalla culla al cancello, *from cradle to gate*).

2.3.3. Strategie politiche e azioni normative

Le strategie politiche che hanno portato alla definizione delle norme di gestione ambientale e alle dichiarazioni ambientali di prodotto iniziano il loro iter nel 1973 con il Primo Programma di Azione della Comunità Europea in Materia Ambientale, all'interno del quale viene introdotto il "certificato di purezza per prodotti durevoli che possano essere reinseriti nel processo di produzione e provochino soltanto un grado limitato di inquinamento nelle fasi della produzione e del consumo" (Lavagna, 2008).
In Italia, in continuità con il VI Piano d'Azione Ambientale comunitaria, viene approvata nel 2002 la **Strategia Nazionale d'azione Ambientale** che si ispira ai seguenti principi:
- integrazione dell'ambiente nelle altre politiche;
- preferenza per stili di vita consapevoli e parsimoniosi;
- aumento nell'efficienza globale dell'uso delle risorse;
- rigetto della logica d'intervento "a fine ciclo" e orientamento verso politiche di prevenzione;
- riduzione degli sprechi;
- allungamento della vita utile dei beni;
- chiusura dei cicli materiali di produzione-consumo;
- sviluppo dei mercati locali e delle produzioni in loco;
- valorizzazione dei prodotti tipici e delle culture della tradizione;
- partecipazione di tutti gli attori sociali alla determinazione degli obiettivi e degli impegni e alla corrispondente condivisione delle responsabilità.

Gli strumenti di azione ambientale individuati alla scala del prodotto sono essenzialmente la dematerializzazione, il *greening*, cioè l'integrazione proattiva del fattore ambientale, l'innovazione tecnologica dei processi produttivi e la qualità dei prodotti e dei servizi.
Con tale Strategia si intendeno promuovere le azioni che mirano ad "una complessiva riforma in senso ecologico del sistema fiscale" secondo il principio del "chi inquina paga", accompagnato dalla implementazione degli accordi volontari volti all'efficienza energetica, dal riconoscimento di crediti ambientali ai settori che applicano i criteri dello sviluppo sostenibile, dall'incentivo ai sistemi di commercio dei permessi di emissione, dal carico fiscale sui prelievi di risorse per

favorire la dematerializzazione dell'economia.
In via del tutto volontaria, la Comunità Europea promuove delle azioni politiche volte all'incentivo di domande e offerte di prodotti rispettosi dell'ambiente.
Tra queste vi sono:
- la **Politica Integrata di Prodotto** (I.P.P., *Integrated Product Policy*), che si propone di orientare il mercato verso prodotti sostenibili sotto richiesta di una committenza sensibilizzata agli acquisti "verdi" (i primi committenti sensibilizzati sono state le Pubbliche Amministrazioni);
- la formazione di una "**committenza verde**" (*Green Public Procurement*) costituita da alcuni grandi consumatori, come il settore pubblico che da solo assorbe prodotti e servizi per il 15%, ai quali viene chiesto di "internalizzare i requisiti ambientali negli acquisti" favorendo di conseguenza l'attivazione di campagne promozionali che privilegiano la qualità ambientale da parte delle aziende produttrici.
Per quanto riguarda il quadro normativo, il Comitato Tecnico Internazionale ISO/TC 207 "*Environmental Management*" dell'Organizzazione Internazionale di Normazione (ISO) ha iniziato nel 1993 i lavori di redazione delle norme delle serie **ISO 14000**, una serie di norme finalizzate alla gestione ambientale, riguardanti i criteri e requisiti per i sistemi di *audit* per le aziende e la gestione ambientale dei prodotti.
Le norme ISO 14000 si possono dividere in due categorie:
- le norme di sistema, che specificano i requisiti di un sistema di gestione ambientale che consente a un'organizzazione di formulare una politica ambientale e stabilire obiettivi, tenendo conto degli aspetti legislativi e delle informazioni riguardanti gli impatti ambientali significativi;
- le norme di prodotto, che definiscono una metodologia in grado di effettuare uno studio completo sugli impatti ambientali del prodotto stesso considerandone tutto il ciclo di vita ("dalla culla alla tomba"), comprendendo quindi l'estrazione e la lavorazione delle materie prime, la fase di fabbricazione del prodotto, il trasporto e la distribuzione, l'utilizzo e l'eventuale riuso del prodotto o delle sue parti, la raccolta, lo stoccaggio, il recupero, e lo smaltimento finale dei relativi rifiuti.
Di seguito si riportano in sintesi le principali norme che fanno parte di queste due categorie.

Norme di sistema	Sintesi
UNI EN ISO 14001:2004	Sistemi di gestione ambientale - Requisiti e guida per l'uso
UNI EN ISO 14004:2005	Sistemi di gestione ambientale - Linee guida generali su principi, sistemi e tecniche di supporto
UNI EN ISO 19011:2003	Linee guida per gli audit dei sistemi di gestione per la qualità e/o di gestione ambientale (ha sostituito le precedenti UNI EN ISO 14010, 14011 e 14012)
UNI EN ISO 14031:2000	Gestione ambientale - Valutazione della prestazione ambientale - Linee guida
Norme di prodotto	**Sintesi**
UNI EN ISO 14040:2006	Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento
UNI EN ISO 14044:2006	Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida (ha sostituito le precedenti UNI EN ISO 14041, 14042 e 14043)
UNI EN ISO 14045:2012	Gestione ambientale - Valutazione dell'eco-efficienza di un sistema di prodotto - Principi, requisiti e linee guida
UNI EN ISO/TS 14048:2002	Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Formato della documentazione dei dati
UNI EN ISO/TR 14062:2002	Gestione ambientale - Integrazione degli aspetti ambientali nella progettazione e nello sviluppo del prodotto
UNI EN ISO 14020:2002	Etichette e dichiarazioni ambientali - Principi generali
UNI EN ISO 14024:2001	Etichette e dichiarazioni ambientali - Etichettatura ambientale di Tipo I - Principi e procedure
UNI EN ISO 14021:2002	Etichette e dichiarazioni ambientali - Asserzioni ambientali auto-dichiarate (etichettatura ambientale di Tipo II)
UNI EN ISO 14025:2006	Etichette e dichiarazioni ambientali - Dichiarazioni ambientali di Tipo III - Principi e procedure

Sintesi delle norme UNI EN ISO 14000.

La norma **UNI EN ISO 14040:2006** descrive i principi ed il quadro di riferimento per la valutazione del ciclo di vita (LCA), comprendendo:
a) la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione dell'LCA;
b) la fase di inventario del ciclo di vita (LCI);
c) la fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita (LCIA);
d) la fase di interpretazione del ciclo di vita;
e) la rendicontazione e la revisione critica dell'LCA;
f) le limitazioni dell'LCA;
g) le correlazioni tra le fasi dell'LCA;
h) le condizioni per l'utilizzo delle scelte dei valori e degli elementi facoltativi.
La norma tratta gli studi di valutazione del ciclo di vita (LCA) e di inventario del ciclo di vita (LCI) ma non descrive in dettaglio la tecnica di valutazione del ciclo di vita, né specifica metodologie per le singole fasi dell'LCA.

La norma **UNI EN ISO 14044:2006** fornisce le linee guida generali per gli studi di valutazione, di inventario e d'interpretazione del ciclo di vita.
La norma **UNI EN ISO 14045:2012** descrive i principi, i requisiti e le linee guida per la valutazione dell'eco-efficienza di un sistema di prodotto, comprendendo:
a) la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione della valutazione dell'eco-efficienza;
b) la valutazione degli impatti ambientali;
c) la valutazione del valore del sistema di prodotto;
d) la quantificazione dell'eco-efficienza;
e) l'interpretazione dei risultati (comprendendo il controllo sulla qualità della valutazione);
f) il *reporting*;
g) la revisione critica della valutazione dell'eco-efficienza.
Non sono inclusi i requisiti, le raccomandazioni e le linee guida sulla scelta di specifiche categorie di impatto e di valore. L'applicazione prevista dei risultati della valutazione dell'eco-efficienza è considerata durante la definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione, ma l'applicazione stessa non rientra nello scopo e nel campo di applicazione della presente norma.
La norma **UNI EN ISO 14020:2002** stabilisce i principi guida per lo sviluppo e l'utilizzo di etichette e dichiarazioni ambientali.
La norma **UNI EN ISO 14024:2001** stabilisce i principi e le procedure per lo sviluppo di programmi di etichettatura ambientale di Tipo I, includendo la selezione delle categorie di prodotto, dei criteri ambientali di prodotto e delle caratteristiche funzionali di prodotto, e per la valutazione e la dimostrazione della conformità. La norma stabilisce inoltre le procedure di certificazione per l'assegnazione dell'etichetta. I programmi di etichettatura ambientale di Tipo I sono volontari, possono essere gestiti da organismi pubblici o privati e possono essere di carattere nazionale, regionale o internazionale. Prevede la presenza di un ente certificatore esterno diverso dal richiedente affinché sostenga la credibilità del marchio. L'Ecolabel è un'etichetta ambientale di I Tipo certificata mediante tale norma.
La norma **UNI EN ISO 14021:2002** specifica i requisiti per le asserzioni ambientali auto-dichiarate, comprendendo dichiarazioni, simboli e grafici riguardanti i prodotti. Descrive inoltre i termini selezionati

utilizzati comunemente nelle asserzioni ambientali e fornisce le qualifiche per il loro utilizzo. La norma descrive inoltre una metodologia generale di valutazione e verifica per le asserzioni ambientali auto-dichiarate e i metodi specifici di valutazione e verifica per le asserzioni selezionate nella norma. Non prevede la verifica di validità del marchio da parte di un certificatore esterno. Gli esempi di qualifiche certificate mediante tale norma sono: riciclabile, compostabile, percentuale di materiale riciclato contenuto nel prodotto, biodegradabilità, assenza di sostanze tossiche o dannose per l'ambiente.

La norma **UNI EN ISO 14025:2006** stabilisce i principi e specifica le procedure per lo sviluppo delle dichiarazioni ambientali di Tipo III e dei programmi corrispondenti. Le procedure da essa definite fanno riferimento alle norme 14040 sulla valutazione del ciclo di vita e concorrono alla predisposizione della dichiarazione ambientale del prodotto, dove viene pubblicato il suo eco-profilo (profilo ambientale relativo alle fasi di pre-produzione e produzione) in termini quantitativi. L'EPD (*Environmental Product Declaration*) è un'etichetta di III Tipo.

Ancor prima delle etichette ambientali, nel 1989 con la **Direttiva 89/106/CEE** *Construction Product Directive* (CPD) l'Unione Europea impone la marcatura CE ad alcuni tipi di prodotti per poter circolare liberamente nel mercato unico. In Italia la direttiva è stata recepita con il DPR 246/93 e modificato dal DPR 499/97 in seguito alle integrazioni apportate con la direttiva 93/68/CEE. La direttiva fissa sei requisiti essenziali che i prodotti devono soddisfare: resistenza meccanica e stabilità, sicurezza in caso di incendio, igiene, salute e ambiente, sicurezza nell'impiego, protezione contro i rumori, risparmio energetico e isolamento termico. In Italia il prodotto può essere immesso nel mercato se soddisfa uno o più dei sei requisiti. Il Benestare Tecnico mediante il quale il prodotto riceve il marchio CE può essere assegnato da tre organismi: il Servizio Tecnico Centrale del Consiglio superiore dei Lavori Pubblici per il primo requisito; il Centro Studi ed Esperienze del Corpo Nazionale dei vigili del Fuoco per il requisito due; l'Istituto Centrale per l'Industrializzazione e la tecnologia Edilizia del CNR per i restanti requisiti (Lavagna, 2008).

In particolare, il requisito "igiene, salute e ambiente" richiede che l'opera non arrechi alcun danno alla salute degli occupanti o dei vicini e che in particolare non provochi sviluppo di gas tossici, presenza nell'aria di particelle o di gas pericolosi, emissione di radiazioni

pericolose, inquinamento o tossicità dell'acqua o del suolo, difetti dell'eliminazione delle acque di scarico, dei fumi e dei rifiuti solidi o liquidi, formazione di umidità su parti o pareti dell'opera.
Sulla base di questo quadro normativo appena illustrato, è evidente che finché tali norme non saranno inserite in piani d'azione cogenti e non semplicemente volontari, gli operatori (progettisti, costruttori, committenti) non si occuperanno mai, salvo qualche sporadica iniziativa virtuosa, in modo attivo in favore dell'ambiente.

2.3.4. Esperienze produttive sostenibili

Vi sono due esperienze relative alla realizzazione di prodotti per l'edilizia che hanno segnato questo percorso di ricerca. Due esempi di approccio sistemico alla produzione: il primo nato in occasione delle attività promosse da una comunità creativa locale, il secondo da una semplice intuizione di sfruttamento in campo edile di una specie arborea presente in natura.
Si tratta di due modelli di esperienze produttive nell'ambito dell'edilizia che possono essere definite realmente 'sostenibili' nelle tre diverse accezioni che tale definizione comporta (quella sociale, quella ambientale e quella economica) e che hanno scelto di operare sfruttando risorse umane e materiali locali per soddisfare i bisogni futuri.
I principali prodotti che derivano da queste esperienze vengono utilizzati con la funzione di isolamento. Hanno trovato nell'edilizia il canale di massima diffusione, soprattutto per via della necessità in questo settore di trovare immediate soluzioni alle istanze di compatibilità ambientale e di efficientamento energetico. Tuttavia, trovano impiego anche in altri settori e talvolta anche con altre funzioni.

2.3.4.1 EDILANA®

La prima esperienza "sostenibile"[22] si concretizza in Sardegna e precisamente a Guspini, cittadina del Medio-Campidano, dove nel 1999 nasce una delle banche del tempo più innovative d'Italia. La banca del tempo di Guspini è una comunità creativa costituita da gruppi di persone che promuovono attività scambiandosi un mutuo aiuto secondo l'antica tradizione sarda de *s'aggiudu torrau* (aiuto

ricambiato o relazioni di buon vicinato) senza ricorrere ad alcuna forma monetaria. A partire dall'investimento profondo nelle potenzialità dell'economia delle relazioni si è reso possibile, a detta degli stessi attori di tale comunità, il passaggio dall'economia di relazione all'economia di produzione. All'innovazione sociale ha fatto subito seguito l'innovazione produttiva, scaturita da pratiche e saperi emersi negli scambi all'interno di questa comunità che hanno cominciato a contagiare e ad intrecciarsi con l'economia di produzione (De Vita, 2009). Ed è proprio nell'ambito di questi scambi di saperi e di pratiche legate alla tradizione lavorativa e domestica che è nata l'esperienza innovatrice di EDILANA e del nuovo uso della lana di pecora sarda.

EDILANA - LANAturale Edilizia è un marchio che ora produce prodotti innovativi fatti con il 100% di lana di pecora di Sardegna, frutto della sinergia di due importanti aziende sarde, la Tessile Crabolu, con sede a Nule (SS), e la Essedi S.r.l., con sede a Guspini. Insieme le due aziende, senza l'ausilio di denaro pubblico, hanno intrapreso un percorso imprenditoriale, d'investimento e d' ingegnerizzazione industriale a partire dalla sperimentazione in ambito domestico di nuovi possibili impieghi di un materiale, la lana di pecora, sino ad allora considerato quasi un rifiuto scomodo del settore della pastorizia.

Una volta testato il materiale e dopo aver riscontrato gli eccellenti risultati prestazionali, non è stato difficile reperire la materia prima, considerato che la Sardegna è uno dei massimi produttori di lana sucida a livello nazionale (con una produzione annua pari a 4500 tonnellate, la regione sarda ricopre circa un terzo della produzione laniera nazionale).

Reperire la materia prima a livello locale e lavorarla per mezzo dei macchinari di un'azienda tessile che possiede una riconosciuta esperienza nel settore delle lavorazioni in lana (tappeti, rivestimenti d'arredo) sono azioni che sicuramente hanno ricadute positive nell'economia locale. Soprattutto se si pensa al basso valore che viene attribuito alla lana per via degli scarsi ricavi di vendita che non ricoprono neppure i costi di tosatura, ma anche per via della mancanza di strutture specializzate per la raccolta, lo stoccaggio e la selezione in loco del materiale e infine per via dello stesso apparato normativo che classifica la lana di pecora come un "rifiuto speciale" richiedendone specifici accorgimenti per il trattamento nelle fasi di stoccaggio, trasporto e smaltimento che gravano ulteriormente

sull'allevatore.
Riconosciuto il suo valore sostenibile dal punto di vista sociale ed economico, non resta che esaminarne gli aspetti relativi alla sua ecologicità[23].
Tali aspetti vengono sintetizzati dall'azienda nei seguenti punti:
- ecologicità;
- riduzione di CO_2;
- metodo di tosa *cruelty free*;
- produzione di materiali e paesaggi *Carbon Free*;
- azione disinquinante;
- valori di eticità e dignità;
- miglior valore di conduttività termica tra gli isolanti naturali;
- materia prima, produzione, distribuzione a km 0 e con il km scambiato;
- 100% *made in Italy*.

L'ecologicità dei prodotti EDILANA è garantita dal marchio IBO apposto dall'istituto istituto tecnico austrico *Österreichisches Institut für Baubiologie und -ökologie* GmbH - riconosciuto e indipendente nel campo del costruire e dell'abitare sano e orientato all'ambiente, avente comprovata esperienza nel campo delle prove di bioedilizia ed ecologia dei prodotti. I dati forniti dall'azienda non fanno altro che rimarcare l'ecologicità del prodotto.

Eco-indicatori		
Consumo risorse energetiche non rinnovabili	8,77	MJ/kg
Consumo risorse energetiche rinnovabili	18,79	MJ/kg
Potenziale di riscaldamento globale	-0,244	$kgCO_2eq/kg$
Acidificazione potenziale	0,0034	$kgSO_2eq/kg$
Creazione di ossidanti fotochimici	0,00040	kgC_2H_2eq/kg
Eutrofizzazione	0,00034	$kgPO_4eq/kg$

Eco-indicatori relativi ad 1kg di EDILANA®.

L'uso di EDILANA abbatte fino al 50% le emissioni di CO_2 rispetto agli isolanti vegetali, compresi quelli d'importazione (cocco, juta, lino, canapa, kenaf, ecc.), e fino al 70% per quelli a base di materiali riciclati (come carta, vegetali, stracci, cellulosa, lane riciclate o rigenerate, plastica, bioplastica, ecc.) e fino all'85% rispetto ai coibenti minerali e petrolchimici. Grazie ad *input* energetici bassissimi Edilana riesce a mantenere negativo il valore relativo all'effetto serra diventando un materiale fortemente CO_2 riduttore. I prodotti EDILANA sottraggono anidride carbonica dall'atmosfera, purificano l'aria, disinquinano

e neutralizzano i gas inquinanti, le polveri sottili, gli ossidi di azoto e metalli pesanti, lo smog e molte altre sostanze nocive altamente dannose per la salute, quali formaldeide e ossidi di zolfo, grazie alla presenza di una proteina detta cheratina nella struttura della fibra di lana.

Edilana è stata la prima, e al momento anche unica, a realizzare nel settore dei coibenti naturali l'imballaggio sottovuoto, con un semplice foglio di carta (zero plastica) riducendo l'ingombro del 50% rispetto agli altri materiali coibenti con il metodo "edilana pressa lana" sfruttando la resilienza della lana, che si traduce in vantaggio ambientale, economico e non ultimo logistico, ai quali si aggiunge infine la limitazione dei rifiuti di cantiere. Un'ulteriore innovazione, frutto di una politica eco-responsabile, è stata conseguita mediante il sistema di commercializzazione a "km scambiato", ovvero un sistema di distribuzione che raggiunge i mercati europei senza costi energetici ulteriori. Le consegne dei prodotti EDILANA vengono effettuate mediante camion scarichi di rientro dal trasporto di altri materiali.

La lana impiegata per la realizzazione del prodotto è interamente pura lana vergine di pecora autoctona di Sardegna certificata da allevamento estensivo a tutela dell'ambiente senza consumo di paesaggio e di risorse idriche.

Tale lana viene ricavata dal vello degli ovini di razza sarda e si presenta con fili lisci e secchi ad alta elasticità (grazie alla ricchezza di lanolina) di media lunghezza e alta ruvidità. La sua struttura viene influenzata dal fattore genetico, dall'alimentazione dell'animale e dalle condizioni ambientali in cui vive.

Dal punto di vista commerciale le lane sono normalmente classificate in base al diametro della fibra (si esprime in micron, µm), al numero delle ondulazioni e alla sua lunghezza (in cm). Il diametro della fibra varia da circa 16 µm (tipo Merino) a oltre 40µm per alcune razze a lana grossolana. Il numero di ondulazioni varia da 0 a 12 per centimetro di fiocco. La lunghezza di fibra varia dai 7 ai 30 cm[24].

Le lane risultano tanto più pregiate quanto più sottili e lunghe sono le fibre.

Lo spessore della lana sarda si attesta intorno ad un valore medio di 33,5 µm[25].

La lana vanta molteplici proprietà: è idrorepellente, ha un'elevata coibenza termica e resiste all'usura. Ha la capacità di infeltrire ed è

una fibra igroscopica: è in grado di assorbire vapore acqueo fino a un terzo del suo peso senza dare la sensazione di bagnato. Infine in caso di clima umido o di intensa sudorazione, la lana attiva un processo di traspirazione per cui assorbe l'umidità e la restituisce all'ambiente.
In sintesi la lana è rinnovabile, sostenibile, biodegradabile, a bassa emissione di CO_2 (assorbe il carbonio dannoso per la salute presente nell'atmosfera), efficiente dal punto di vista energetico, ignifuga (grazie all'alto contenuto di acqua e azoto), protegge dai raggi UV, riduce l'elettricità statica, resiste alle alte temperature, traspirante, controlla l'umidità, bassa allergicità, filtra gli agenti chimici tossici ed è fonoassorbente. Ed EDILANA ha saputo sfruttare tutte queste caratteristiche impiegandola sia come coibente per pareti, pavimenti e coperture ma anche per altri usi in agricoltura e nel design.
In campo edile, i materassini EDILANA sono classificati al primo posto per conducibilità termica tra tutti gli isolanti di origine vegetale, animale e minerale con marchio certificato[26]. Questa caratteristica propria della lana naturale viene potenziata ulteriormente in fase di lavorazione attraverso un sistema ingegneristico di agugliatura in grado di aumentare la captazione di aria nelle fibre di lana migliorandone così il potere termo-coibente e fono-isolante.
I prodotti EDILANA presentano inoltre ottime qualità acustiche con un potere fonoisolante Rw pari a 54dB (con il prodotto EDILANA - Mat30) e un ottimo comportamento al fuoco, in quanto è autoestinguente, non fonde, non gocciola, prende difficilmente fuoco, carbonizza celermente, non trasmette fiamma e sviluppa poco fumo. Ulteriori caratteristiche positive sono la sua durata, la sua elevata resistenza alla trazione, la non dispersione di fibre e la facilità di posa.
Gli ulteriori utilizzi dei prodotti EDILANA avvengono nel settore del design (come complementi d'arredo), dell'agricoltura (come soluzioni termo-pacciamanti), ma possono trovare ulteriori impieghi grazie alla continua ricerca e all'innovazione su cui tanto investe l'azienda, lavorando in sinergia con imprenditori, tecnici, università, mondo della scienza e competenze della comunità di ogni tipo fino a valorizzare anche le semplici intuizioni dei bambini.

Materiale	Conducibilità termica	Spessore	Densità	Resistenza al vapore
EDILANA - SP6	0,0327	6	97	3,6
EDILANA - Mat30	0,0339	30	50	2,3

Indicatori prestazionali relativi a due prodotti EDILANA®.

Alla luce di tutti questi elementi, EDILANA si configura come una eccellente realtà sostenibile riconosciuta a livello internazionale, abile nel tessere relazioni e mossa dall'umile desiderio di perseguire politiche eco-responsabili con uno sguardo costante al futuro. E ciò lo confermano la sua sinergia con altre realtà sarde nate con lo stesso intento, EDILATTE e EDITERRA, e con il distretto di bioedilizia *La Casa verde CO2.0*.

2.3.4.2 NAPORO®

La seconda esperienza selezionata è relativa ad un altro materiale isolante stavolta prodotto in Austria grazie all'intuizione del giovane architetto di origine tedesca Robert Schwemmer.
Nel 2001, mosso dall'interesse per i materiali naturali utilizzati in architettura, ha iniziato la sua ricerca sulla tifa (*Typha latifolia*) o stiancia (secondo lo Zingarelli), pianta monocotiledone della famiglia delle *Typhaceae* che cresce spontaneamente lungo gli argini dei fiumi o in zone umide con acque stagnanti come le paludi.
Anticamente le foglie di questa pianta venivano usate per farne panieri e le infiorescenze, composte da finissimi "pelucchi", venivano usate per imbottire materassi.
Dopo anni di ricerca su tale materiale, nel 2009 Schwemmer fonda insieme all'imprenditore Frank Reiche il marchio NAPORO guadagnandosi l'appellativo di "uomo della tifa" utilizzando un materiale presente ovunque ma mai usato sino ad allora a tale scopo.
I prodotti NAPORO sono essenzialmente degli ottimi isolanti termici e acustici naturali, regolatori dell'umidità, dotati di resilienza, estremamente leggeri per via della porosità della loro struttura e facili da mettere in opera.
Durante il loro processo di produzione non necessitano di addittivi dannosi per l'ambiente e impiegano un basso quantitativo di energia.

Proprietà tecniche: NAPOROZELL	
Densità	55 kg/m^3
Conducibilità termica	0,0390 W/m K
Resistenza al vapore	4
Capacità termica	>1500
Classe infiammabilità secondo DIN 4102	B2

Indicatori prestazionali relativi al prodotto NAPOROZELL®.

Rotoli commerciali di EDILANA® - MAT 3 - 'D50' (immagine tratta da < http:// www.edilportale. com>).

*Essenze vegetali (*Typha latifolia*) impiegate nella produzione dei pannelli NAPORO® (immagine tratta da < http://ecosummit.net>).*

Inoltre, durante la crescita, la tifa si rivela un ottimo CO_2 riduttore per via del grande quantitativo di anidride carbonica che assorbe al pari delle foreste.
Non è stato possibile riportare in questa ricerca i valori relativi all'eco-bilancio dei prodotti NAPORO in quanto l'azienda non ha ancora effettuato uno studio del loro ciclo di vita dalla culla al cancello né ha voluto fornire informazioni relative al loro processo di produzione.
In assenza di tali dati è impossibile fare delle considerazioni o azzardare dei confronti con altri isolanti vegetali dal punto di vista ambientale.
Ciò che si è voluto mettere in evidenza, tuttavia, è come dalla semplice valorizzazione di una risorsa facilmente rinnovabile e presente in natura con una certa copiosità, frutto di una semplice intuizione, si possa innescare un processo in grado di apportare dei cambiamenti in campo energetico, sociale, morale, climatico, ambientale ed economico. E in questo periodo di sempre più frequenti allarmi ambientali, il bisogno di cambiamenti si fa sempre più indispensabile.
Ad innescare dei cambiamenti a volte bastano "tante piccole azioni e lavorare in sinergia per tornare a vivere in un benessere che non sia solo legato al P.I.L., ma a una serie di fattori che comprendano la salute, la capacità di godere di un habitat sano, il rispetto per la vita di uomini e animali, cibi non contaminati, la bellezza del paesaggio" come ha dichiarato Daniela Ducato, ideatrice ed imprenditrice di EDILANA, in una intervista rilasciata lo scorso dicembre dopo aver ricevuto il prestigioso Euwiin International Award 2013 come migliore Innovatrice Europea nel settore *Ecofriendly*.
E una di queste piccole azioni è proprio la riscoperta di materiali e risorse naturali locali sotto una nuova veste resa possibile grazie alle innovazioni conseguite in campo tecnologico e grazie al contributo sinergico di più attori che intessono tra loro relazioni di mutuo scambio mosse dall'obiettivo di un futuro possibile in un presente rispettoso dell'ambiente.

2.3.4.3 I distretti produttivi per la bioedilizia

Vi sono associazioni o distretti operativi nel territorio nazionale e regionale che tentano di promuovere lo studio e l'uso dei materiali naturali nel settore edile. Tra queste, *La Casa Verde CO2.0*,

il polo produttivo per la bioedilizia più grande d'Italia per tipologie di prodotti realizzati (oltre 400), con 72 realtà coinvolte, di cui 40 in Sardegna (tra le quali EDILANA, Edilatte, Ovile sardo Design, Ortolana) e 32 nel resto d'Italia.
È una filiera produttiva a km zero, dalle materie prime locali ed eccedenti al prodotto finito; 100% made in Italy, 100% *carbon free*, senza uso di denaro pubblico, senza consumo di territorio, di suolo agricolo, di risorse idriche e di paesaggio.
Tra le materie prime naturali utilizzate vi sono la lana di pecora, sotto-lavorazioni e recupero di latte di pecora e di capra, erbe infestanti, sabbie e argille selezionate, eccedenze vegetali, agricole, orticole, boschive e del verde urbano, dalle quali si realizzano a km 0 e scambiato prodotti come massetti, tegole, mattoni di terra cruda, pannelli e materassini termo e fono isolanti, arredi, e anche giocattoli, materassi, lampade, tessili e pitture.
Un'altra realtà produttiva tutta italiana è la ton-gruppe®, un'azienda che da decenni investe nella ricerca e nello sviluppo di nuovi prodotti e soluzioni, coinvolgendo diversi marchi nel settore della bioedilizia. Tra le soluzioni proposte vi è la "casa massiva", una casa che si ispira alle case massive tradizionali in pietra, in mattoni pieni o in terra cruda del Mediterraneo, sfruttando l'inerzia termica dell'involucro per garantire all'interno delle abitazioni condizioni di benessere.
Tale soluzione sfrutta lo schema massa concentrata esterna - isolante leggero centrale - massa concentrata interna. L'elemento pesante esterno (elemento Geosana denominato Krioton, ovvero un mattone in un composito di terra cruda e minerale con fibre naturali,) serve per schermare la casa dal calore estivo, l'isolante leggero (isolante in canapa) per proteggere la casa dal freddo invernale e la massa interna (novamente l'elemento Geosana) per assorbire il calore che entra in estate dalle finestre e che viene prodotto dagli elettrodomestici, computer, luci e dall'uomo stesso, all'interno della casa. La massa interna funge anche da volano termico, necessario per accumulare il calore prodotto dal sole, nelle mezze stagioni durante il giorno, per rilasciarlo quando la temperatura interna lo richiede.

2.3.4.4 Altre possibili risorse naturali locali sostenibili

Oltre alla lana, alla tifa, alla canapa, alla terra, vi sono altre risorse naturali sulle quali vale la pena investire in ricerca e in sviluppo,

facendo partire l'innovazione dagli esempi che la tradizione ci ha tramandato. Tra queste, durante questo percorso di studi, ho avuto modo di approfondire come la paglia e le canne, materiali naturali presenti localmente, rinnovabili, ecologici, possono essere impiegati in ambito architettonico secondo i principi del risparmio energetico e nel rispetto dei criteri della bioedilizia.

La paglia

Le prime costruzioni in balle di paglia risalgono alla fine dell'Ottocento, in seguito all'invenzione della macchina imballatrice, e negli Stati Uniti in passato erano maggiormente comuni rispetto all'Europa.
Possono essere impiegate per la realizzazione di murature portanti (tecnica del Nebraska) o come murature da tamponamento in presenza di telai portanti in legno.
Attualmente la paglia viene anche pressata e impiegata per la realizzazione di pannelli per partiture interne (come accade per il pannello tedesco Karphos® Die Wand) o portanti (come nel progetto di una casa in paglia ad Eschenz in Svizzera ad opera dell'architetto svizzero Felix Jerusalem) a seconda dello spessore e della densità.
In Europa, i Comuni, non avendo sufficienti esperienze e conoscenze tecniche riguardo al comportamento dei muri costruiti con balle di paglia, difficilmente rilasciano le licenze per la costruzione. In realtà, ciò che preoccupa maggiormente è la resistenza alla compressione delle balle, il loro comportamento sismico e l'infiammabilità del materiale.
Quanto alla resistenza a compressione, anche in Italia si stanno mettendo a punto dei parametri di qualità e compressione che possano certificare con sicurezza l'uso edilizio delle balle di paglia e permettere una regolamentazione per le approvazioni , che sia meno burocratica e più voltata alla sperimentazione sicura e ecocompatibile.
Attualmente non è presente alcuna normativa che contempli la paglia come materiale da costruzione.
Quanto alle qualità antisismiche della paglia, recenti studi e prove di laboratorio effettuate negli Stati Uniti, presso il laboratorio del *Network for Earthquake Engineering Simulation*, Università del Nevada a Reno, hanno evidenziato come le murature in balle di paglia si comportino ottimamente sotto l'azione di forti sismi.

In alto, pannello in paglia pressata Karphos® Die Wand *(immagine tratta da <http://www.oase-naturbaustoffe.de>).*

In basso, immagini dell'edificio realizzato in Svizzera con pannelli pluristrato in paglia pressata. Progetto del 2005 dell'architetto F. Jerusalem (immagini tratte da <http://news.mongabay.com>).

Infine, quanto all'infiammabilità, le balle di paglia soddisfano i requisiti richiesti solo se ben pressate e in tal caso sono definite "difficilmente infiammabili".
La presenza poi di strati di intonaco su ambedue le facce, con 5 cm di argilla, o con un intonaco di terra cruda e calce, incrementa ulteriormente il grado di infiammabilità sino alla categoria F90 (ossia resistente al fuoco per 90 minuti, al pari di una parete in calcestruzzo dello spessore di 20 cm).
La paglia è nota principalmente per le sua ottime prestazioni di isolamento termo-acustico. La sua conduttività varia da 0,052 a 0,080 W/mK a seconda della disposizione degli steli di paglia e, secondo test austriaci, l'abbattimento acustico della balla in paglia arriva sino a 55 dB.
Altra importante caratteristica della paglia è la traspirabilità. Un muro in balle di paglia, intonacato esternamente con calce e internamente con terra cruda, diventa un regolatore naturale dell'umidità interna. Quando all'interno vi è troppa umidità il muro assorbe questa umidità in eccesso.
Al contrario quando in casa l'aria è troppo secca, l'umidità precedentemente assorbita viene rilasciata. La casa, traspirando, fa si che non si formino condense e muffe nelle pareti.
Questo sistema naturale unito al grande isolamento termico e acustico di una casa in paglia da una grande sensazione di benessere e comfort.
Per comprendere meglio le proprietà del materiale paglia utilizzato in campo architettonico si è rivelata utile la partecipazione a due seminari[27] sulle costruzioni in balle di paglia e sulla realizzazione di intonaci in terra e paglia nel 2010.
Tale occasione è servita infatti oltre a stimare direttamente le effettive proprietà termo-acustiche, salutari ed ecologiche della paglia, a comprenderne le modalità di posa e ad apprezzarne la facilità di messa in opera.

Le canne

In occasione della Fiera dell'Edilizia a Bari nel 2010[28] è stata presentata, durante un seminario sulla bioedilizia, una soluzione impiegata in ambito edilizio costituita da pannelli in canne palustri. Tali pannelli trovano applicazione in cappotti interni ed esterni rifiniti

In alto, fasi di cantiere per la realizzazione di appartamenti in un agriturismo a Esserhof (BZ), progetto degli architetti Schmidt&Schwarz (immagine tratta da <http://www.archschwarz.com>).

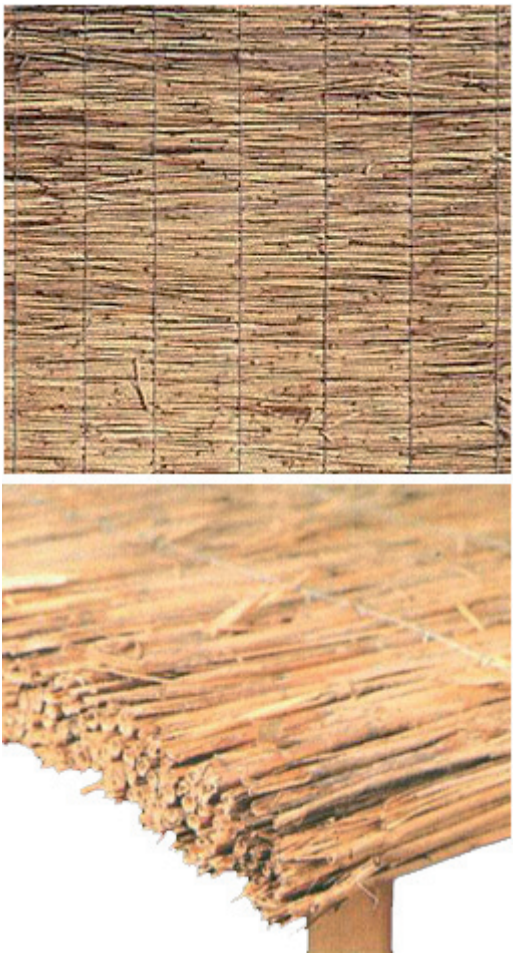
In basso, scorcio del complesso turistico a lavori ultimati (immagine tratta da <http://www.archschwarz.com>).

Proprietà tecniche: Pannello in canne palustri (sp.= 2cm)	
Densità	190 kg/m^3
Conducibilità termica	0,050-0,056 W/m K
Potere fonoisolante (R_w)	14 dB
Capacità termica	>1500
Classe infiammabilità secondo DIN 4102	B2

Indicatori prestazionali relativi ad un pannello di canne palustri.

ad intonaco o rivestiti in legno, in intercapedini di pareti, solai e coperture di strutture in legno, in soffitti e controsoffitti, in pareti divisorie interne e anche come supporti porta intonaco.
La canna palustre è un materiale con un buon comportamento termico ed acustico, è traspirante, non assorbe acqua o umidità garantendo un isolamento costante nel tempo. Inoltre non contiene sostanze tossiche ed in nessuna fase (raccolto, lavorazione, utilizzo) è dannoso per la salute e per l'ambiente.
Le canne per l'utilizzo in edilizia vengono raccolte già secche e poi legate insieme mediante filo di ferro zincato o filo di nylon; in tal modo le cavità interne rimangono integre e contengono aria ferma, ottima per l'isolamento termico.
Il pannello finito si presenta con uno spessore medio di 5cm ma, a seconda degli usi, può essere anche superiore o inferiore.
Si rivela un prodotto molto interessante sia dal punto di vista prestazionale, sia dal punto di vista del suo carico ambientale e sia per la facilità della posa in opera.

Questi materiali appena esposti, così come tanti altri appartenenti al patrimonio di risorse naturali reperibili *in loco*, meriterebbero di essere studiati e valutati dal punto di vista ambientale in modo da essere confrontati con i materiali correntemente utilizzati in architettura.
Tale confronto, affinché sia veritiero e riporti dei valori prossimi all'effettivo carico ambientale dei singoli materiali considerati per unità di prestazione, può essere fatto con dei metodi di valutazione ambientale di tipo sintetico come quelli esposti nei precedenti paragrafi.
Attualmente, il metodo ritenuto più valido, anche se con qualche criticità ancora irrisolta, è l'analisi del ciclo di vita del materiale (*Life Cycle Assessement*, LCA) che verrà descritta nel dettaglio nel capitolo 5 della terza parte di questo lavoro di ricerca.



Pannelli in stuoie di canne (immagine tratta da <http://www.hiss-reet.com>).

Note

[1] Vedi in GRECO, A., 2012. *Riflessioni sulle differenti declinazioni della sostenibilità nei progetti tra urbano e rurale.* In ATZENI , C. (a cura di), 2012. "Tra urbano e rurale. Ricerche, progetti e linee guida per nuovi habitat di margine nei centri delle aree interne della Sardegna". Roma: Gangemi Editore, pp. 110-116.

[2] Vedi in COLAVITTI, A.M., 2009. *Paesaggio urbano. Dalla ricostruzione dei contesti insediativi pluristratificati ai piani di recupero della contemporaneità*. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni.

[3] Tiezzi e Pulselli così descrivono il diagramma (Tiezzi, Pulselli, 2008, pp.69-71):

"*Nel diagramma energetico, il rettangolo grande definisce i confini di un sistema territoriale vasto, una «regione urbana». Rispetto a questi confini, vengono classificate le relazioni multiple tra le parti all'interno e all'esterno del sistema. Macrosettori (in forma di rettangoli arrotondati e rettangoli più piccoli) sono rappresentati come sottosistemi con propri processi specifici: l'agricoltura e i sistemi forestali sono descritti come processi di trasformazione primari; la produzione di elettricità da varie fonti rinnovabili e fossili, e l'industria manifatturiera, sono processi di trasformazione secondari. Il diagramma si legge da sinistra a destra, passando dalle risorse di diretta derivazione ambientale (tutte nel lato sinistro del diagramma rispetto al tratteggio di mezzeria), ai successivi processi antropici di prelievo, trasformazione e consumo delle risorse primarie (lato destro della mezzeria). Gli inputs di diretta derivazione ambientale sono l'irraggiamento solare, la pioggia, i fiumi, il calore geotermico, il ciclo sedimentario (risorse disegnate all'esterno del rettangolo grande, sul lato sinistro del diagramma). Per lo più, questi flussi insistono su tutti i processi di trasformazione primaria e secondaria e alimentano riserve locali (in forma di serbatoi) come le falde acquifere, il suolo (con la sostanza organica in esso contenuta) e i materiali estratti in cave e miniere (questi sono il risultato di un ciclo sedimentario che avviene in tempi lunghissimi rispetto alla velocità di prelievo e sono pertanto rappresentati in uno stock esauribile). Anche i rifiuti, dopo aver subito un trattamento (come un processo industriale) in virtù del quale ritornano alla città in forma di materiali riciclati ed energia, sono concepiti nel diagramma come uno stock, immaginando che i residui siano depositati in una discarica. Gli altri inputs che vengono dall'esterno del sistema sono beni alimentari e altri servizi acquisiti dal mercato, combustibili e materiali (risorse disegnate in alto). La città è un rettangolo, all'interno del quale interagiscono uno stock di strutture ed edifici e una comunità di consumatori (il simbolo esagonale indica una popolazione). Tutte le frecce indicano i flussi di energia e materia. Esistono poi delle frecce in uscita (verso destra) che rappresentano gli outputs, come l'energia esportata, i prodotti che vengono immessi sul mercato nazionale e globale direttamente dalle industrie, i beni, i servizi, una parte dei rifiuti (se trattati altrove) e, in generale, l'informazione prodotta dalla città. Dal lato inferiore di ognuno di questi sottoinsiemi, in cui avviene una qualche*

trasformazione, parte una freccia diretta verso il basso, e destinata a un pozzo di calore, che indica la dissipazione, la degradazione entropica. Se inoltre avessimo considerato l'azione di controllo e gestione del territorio a opera di un'amministrazione centrale, avremmo dovuto disegnare una serie di flussi di informazione che, in uscita dalla città, ritornano a tutti i sistemi di trasformazione primari e secondari e ai sistemi d'interazione con le risorse naturali rinnovabili e non-rinnovabili, condizionandone le dinamiche."

[4] L'inventario dei gas serra è frutto del lavoro dell'unità operativa dell'*Intergovernamental Panel on Climate Change* (IPCC). L'unità operativa, oltre ad essere responsabile del programma nazionale di inventari del gas serra, sviluppa linee guida per calcolare le emissioni e le rimozioni dei gas serra dall'atmosfera.

[5] L'exergia misura il massimo lavoro meccanico che può essere estratto da un dato flusso di energia. Nell'ambito dell'analisi della sostenibilità degli ecosistemi l'exergia viene utilizzata per dare una valutazione del livello organizzativo in cui questi si collocano nei vari stadi della loro evoluzione. Jørgensen e Nielsen hanno sottolineato le potenzialità dell'uso dell'exergia come indicatore ecologico, dal momento che esprime l'energia incorporando una misura della sua qualità.

[6] L'indice di benessere economico sostenibile (*Index of Sustainable Economic Welfare*, ISEW) esprime il tentativo di valorizzare la qualità della vita piuttosto che la ricchezza economica. Rispetto al P.I.L., l'ISEW apporta alcune correzioni, quali la sottrazione dei costi sociali derivanti dall'inquinamento dell'aria e dell'acqua, dei danni ambientali di lungo termine, delle spese difensive sostenute dalle famiglie per la salute e l'educazione, del deterioramento delle risorse naturali rinnovabili e dell'esaurimento delle risorse naturali rinnovabili, nonché l'aggiunta di altri elementi non normalmente contabilizzati, quali il valore del lavoro domestico svolto nelle famiglie.

[7] Si riportano di seguito i progetti di cui all'Allegato I della Direttiva 85/337/CEE sottoposti alla VIA:

1. Raffinerie di petrolio greggio (escluse le imprese che producono soltanto lubrificanti dal petrolio greggio) nonché impianti di gassificazione e di liquefazione di almeno 500 tonnellate al giorno di carbone o di scisti bituminosi.
2. - Centrali termiche ed altri impianti di combustione con potenza termica pari o maggiore di 300 MW e
- centrali nucleari ed altri reattori nucleari, compreso lo smantellamento e lo smontaggio di tali centrali e reattori (*) (esclusi gli impianti di ricerca per la produzione e la lavorazione delle materie fissili e fertili, la cui potenza massima non supera 1 kW di durata permanente termica).
3. a) Impianti per il ritrattamento di combustibili nucleari irradiati.
b) Impianti destinati:
- alla produzione o all'arricchimento di combustibile nucleare,
- al trattamento di combustibile nucleare irradiato o residui altamente radioattivi,
- allo smaltimento definitivo dei combustibili nucleari irradiati,
- esclusivamente allo smaltimento definitivo di residui radioattivi,
- esclusivamente allo stoccaggio (previsto per più di 10 anni) di combustibile nucleare irradiato o residui radioattivi in un sito diverso da quello di produzione.
4. - Acciaierie integrate di prima fusione della ghisa e dell'acciaio.
- Impianti destinati a ricavare metalli grezzi non ferrosi da minerali, nonché concentrati o materie prime secondarie attraverso procedimenti metallurgici, chimici o elettrolitici.
5. Impianti per l'estrazione di amianto, nonché per il trattamento e la trasformazione

dell'amianto e dei prodotti contenenti amianto: per i prodotti di amianto-cemento, una produzione annua di oltre 20 000 tonnellate di prodotti finiti; per le guarnizioni da attrito, una produzione annua di oltre 50 tonnellate di prodotti finiti e, per gli altri impieghi dell'amianto, un'utilizzazione annua di oltre 200 tonnellate.
6. Impianti chimici integrati, ossia impianti per la produzione su scala industriale, mediante processi di trasformazione chimica, di sostanze in cui si trovano affiancati vari stabilimenti funzionalmente connessi tra di loro:
i) per la fabbricazione di prodotti chimici organici di base;
ii) per la fabbricazione di prodotti chimici inorganici di base;
iii) per la fabbricazione di fertilizzanti a base di fosforo, azoto o potassio (fertilizzanti semplici o composti);
iv) per la fabbricazione di prodotti di base fitosanitari e di biocidi;
v) per la fabbricazione di prodotti farmaceutici di base mediante procedimento chimico o biologico;
vi) per la fabbricazione di esplosivi.
7. a) Costruzione di tronchi ferroviari per il traffico a grande distanza, nonché aeroporti (1) con piste di decollo e di atterraggio lunghe almeno 2 100 m.
b) Costruzione di autostrade e vie di rapida comunicazione (2).
c) Costruzione di nuove strade a quattro o più corsie o raddrizzamento e/o allargamento di strade esistenti a due corsie al massimo per renderle a quattro o più corsie, sempreché la nuova strada o il tratto di strada raddrizzato e/o allargato abbia una lunghezza ininterrotta di almeno 10 km.
8. a) Vie navigabili e porti di navigazione interna che consentono il passaggio di navi di stazza superiore a 1 350 tonnellate;
b) Porti marittimi commerciali, moli di carico e scarico collegati con la terraferma e l'esterno dei porti (esclusi gli attracchi per navi traghetto) che possono accogliere navi di stazza superiore a 1 350 tonnellate.
9. Impianti di smaltimento dei rifiuti (cioè rifiuti cui si applica la direttiva 91/689/Cee) (1) mediante incenerimento, trattamento chimico, quale definito nell'allegato II bis, punto D 9 della direttiva 75/442/Cee (2), o interramento di rifiuti pericolosi.
10. Impianti di smaltimento dei rifiuti mediante incenerimento o trattamento chimico di rifiuti non pericolosi, quali definiti nell'allegato II bis, punto D 9 della direttiva 75/442/Cee, con capacità superiore a 100 tonnellate al giorno.
11. Sistemi di estrazione o di ricarica artificiale delle acque freatiche in cui il volume annuale dell'acqua estratta o ricaricata sia pari o superiore a 10 milioni di metri cubi.
12. a) Opere per il trasferimento di risorse idriche tra bacini imbriferi inteso a prevenire un'eventuale penuria di acqua, per un volume di acque trasferite superiore a 100 milioni di metri cubi all'anno.
b) In tutti gli altri casi, opere per il trasferimento di risorse idriche tra bacini imbriferi con un'erogazione media pluriennale del bacino in questione superiore a 2 000 milioni di metri cubi all'anno e per un volume di acque trasferite superiore al 5 % di detta erogazione.
In entrambi i casi sono esclusi i trasferimenti di acqua potabile convogliata in tubazioni.
13. Impianti di trattamento delle acque reflue con una capacità superiore a 150 000 abitanti equivalenti quali definiti all'articolo 2, punto 6 della direttiva 91/271/Cee (3).
14. Estrazione di petrolio e gas naturale a fini commerciali, per un quantitativo estratto superiore a 500 tonnellate al giorno per il petrolio e a 500 000 m^3 al giorno per il gas naturale.
15. Dighe e altri impianti destinati a trattenere le acque o ad accumularle in modo durevole, laddove un nuovo o supplementare volume di acqua trattenuta o accumulata sia superiore a 10 milioni di metri cubi.
16. Gasdotti, oleodotti o conduttore per prodotti chimici, di diametro superiore a 800 mm e di lunghezza superiore a 40 km.
17. Impianti per l'allevamento intensivo di pollame o di suini con più di:
a) 85 000 posti per polli da ingrasso, 60 000 posti per galline;
b) 3 000 posti per suini da produzione (di oltre 30 kg) o
c) 900 posti per scrofe.
18. Impianti industriali destinati:
a) alla fabbricazione di pasta per carta a partire dal legno o da altre materie fibrose;

b) alla fabbricazione di carta e cartoni con capacità di produzione superiore a 200 tonnellate al giorno.
19. Cave e attività minerarie a cielo aperto, con superficie del sito superiore a 25 ettari, oppure torbiere, con superficie del sito superiore a 150 ettari.
20. Costruzione di elettrodotti aerei con un voltaggio di 220 kV o superiore e di lunghezza superiore a 15 km.
21. Impianti per l'immagazzinamento di petrolio, prodotti petrolchimici o prodotti chimici, con una capacità superiore a 200 000 tonnellate.
22. Ogni modifica o estensione dei progetti elencati nel presente allegato, ove la modifica o l'estensione di per sé sono conformi agli eventuali valori limite stabiliti nel presente allegato.

[8] Si riportano di seguito i progetti di cui all'Allegato II della Direttiva 85/337/CEE sottoposti ad un esame caso per caso o a soglie o criteri fissati a livello nazionale secondo la Direttiva ma ai quali, nel DPCM 377/88, non si fa alcun accenno:

1. Agricoltura, selvicoltura ed acquicoltura
a) Progetti di ricomposizione rurale.
b) Progetti volti a destinare terre incolte o estensioni seminaturali alla coltivazione agricola intensiva.
c) Progetti di gestione delle risorse idriche per l'agricoltura, compresi i progetti di irrigazione e di drenaggio delle terre.
d) Primi rimboschimenti e disboscamento a scopo di conversione ad un altro tipo di sfruttamento del suolo.
e) Impianti di allevamento intensivo di animali (progetti non contemplati nell'allegato I).
f) Piscicoltura intensiva.
g) Recupero di terre dal mare.
2. Industria estrattiva.
a) Cave, attività minerarie a cielo aperto e torbiere (progetti non compresi nell'allegato I).
b) Attività mineraria sotterranea.
c) Estrazione di minerali mediante dragaggio marino o fluviale.
d) Trivellazioni in profondità, in particolare:
- trivellazioni geotermiche,
- trivellazioni per lo stoccaggio dei residui nucleari,
- trivellazioni per l'approvvigionamento di acqua, escluse quelle intese a studiare la stabilità del suolo.
e) Impianti di superficie dell'industria di estrazione di carbon fossile, di petrolio, di gas naturale e di minerali metallici nonché di scisti bituminosi.
3. Industria energetica
a) Impianti industriali per la produzione di energia elettrica, vapore e acqua calda (progetti non compresi nell'allegato I).
b) Impianti industriali per il trasporto di gas, vapore e acqua calda; trasporto di energia elettrica mediante linee aeree (progetti non compresi nell'allegato I).
c) Stoccaggio in superficie di gas naturale.
d) Stoccaggio di gas combustibile in serbatoi sotterranei.
e) Stoccaggio in superficie di combustibili fossili.
f) Agglomerazione industriale di carbon fossile e lignite.
g) Impianti per il trattamento e lo stoccaggio di residui radioattivi (se non compresi nell'allegato I).
h) Impianti per la produzione di energia idroelettrica.
i) Impianti di produzione di energia mediante lo sfruttamento del vento (centrali eoliche).
4. Produzione e trasformazione dei metalli
a) Impianti di produzione di ghisa o acciaio (fusione primaria o secondaria), compresa la relativa colata continua.
b) Impianti destinati alla trasformazione di metalli ferrosi mediante:
i) laminazione a caldo,
ii) forgiatura con magli,
iii) applicazione di strati protettivi di metallo fuso.

c) Fonderie di metalli ferrosi.
d) Impianti di fusione e lega di metalli non ferrosi, esclusi i metalli preziosi, compresi i prodotti di recupero (affinazione, formatura in fonderia ecc.).
e) Impianti per il trattamento di superficie di metalli e materie plastiche mediante processi elettrolitici o chimici.
f) Costruzione e montaggio di autoveicoli e costruzione dei relativi motori.
g) Cantieri navali.
h) Impianti per la costruzione e riparazione di aeromobili.
i) Costruzione di materiale ferroviario.
j) Imbutitura di fondo con esplosivi.
k) Impianti di arrostimento e sinterizzazione di minerali metallici.
5. Industria dei prodotti minerali
a) Cokerie (distillazione a secco del carbone).
b) Impianti destinati alla fabbricazione di cemento.
c) Impianti destinati alla produzione di amianto e alla fabbricazione di prodotti a base di amianto (progetti con compresi nell'allegato I).
d) Impianti per la fabbricazione del vetro, compresi quelli destinati alla produzione di fibre di vetro.
e) Impianti per la fusione di sostanze minerali, compresi quelli destinati alla produzione di fibre minerali.
f) Fabbricazione di prodotti ceramici mediante cottura, in particolare tegole, mattoni mattoni refrattari, piastrelle, gres o porcellane.
6. Industria chimica (progetti non compresi nell'allegato I)
a) Trattamento di prodotti intermedi e fabbricazione di prodotti chimici.
b) Produzione di antiparassitari e di prodotti farmaceutici, di pitture e vernici, di elastomeri e perossidi.
c) Impianti di stoccaggio di petrolio, prodotti petrolchimici e chimici.
7. Industria dei prodotti alimentari
a) Fabbricazione di oli e grassi vegetali e animali.
b) Fabbricazione di conserve di prodotti animali e vegetali.
c) Fabbricazione di prodotti lattiero-caseari.
d) Industria della birra e del malto.
e) Fabbricazione di dolciumi e sciroppi.
f) Impianti per la macellazione di animali.
g) Industrie per la produzione della fecola.
h) Stabilimenti per la produzione di farina di pesce e di olio di pesce.
i) Zuccherifici.
8. Industria dei tessili, del cuoio, del legno e della carta
a) Impianti industriali destinati alla fabbricazione di carta e cartoni (progetti non compresi nell'allegato I).
b) Impianti per il pretrattamento (operazioni di lavaggio, imbianchimento, mercerizzazione) o la tintura di fibre o di tessili.
c) Impianti per la concia delle pelli.
d) Impianti per la produzione e la lavorazione di cellulosa.
9. Industria della gomma. Fabbricazione e trattamento di prodotti a base di elastomeri.
10. Progetti di infrastruttura
a) Progetti di sviluppo di zone industriali.
b) Progetti di riassetto urbano, compresa la costruzione di centri commerciali e parcheggi.
c) Costruzione di ferrovie, di piattaforme intermodali e di terminali intermodali (progetti non compresi nell'allegato I).
d) Costruzioni di aerodromi (progetti non compresi nell'allegato I).
e) Costruzione di strade, porti e impianti portuali, compresi i porti di pesca (progetti non compresi nell'allegato I).
f) Costruzione di vie navigabili interne non comprese nell'allegato I, opere di canalizzazione e di regolazione dei corsi d'acqua.
g) Dighe e altri impianti destinati a trattenere le acque o ad accumularle in modo durevole (progetti non compresi nell'allegato I).
h) Tram, metropolitane sopraelevate e sotterranee, funivie o linee simili di tipo particolare,

esclusivamente o principalmente adibite al trasporto di persone.
i) Installazioni di oleodotti e gasdotti (progetti non compresi nell'allegato I).
j) Installazione di acquedotti a lunga distanza.
k) Opere costiere destinate a combattere l'erosione e lavori marittimi volti a modificare la costa mediante la costruzione, per esempio, di dighe, moli, gettate e altri lavori di difesa dal mare, esclusa la manutenzione e la ricostruzione di tali opere.
l) Progetti di estrazione o di ricarica artificiale delle acque freatiche, non compresi nell'allegato I.
m) Opere per il trasferimento di risorse idriche tra bacini imbriferi, non comprese nell'allegato I.
11. Altri progetti
a) Piste permanenti per corse e prove di veicoli a motore.
b) Impianti di smaltimento di rifiuti (progetti non compresi nell'allegato I).
c) Impianti di depurazione delle acque reflue (progetti non compresi nell'allegato I).
d) Depositi di fanghi.
e) Immagazzinamento di rottami di ferro, comprese le carcasse di veicoli.
f) Banchi di prova per motori, turbine e reattori.
g) Impianti per la produzione di fibre minerali artificiali.
h) Impianti per il recupero o la distruzione di sostanze esplosive.
i) Stabilimenti di squartamento.
12. Turismo e svaghi
a) Piste da sci, impianti di risalita, funivie e strutture connesse.
b) Porti turistici.
c) Villaggi di vacanza e complessi alberghieri situati fuori dalle zone urbane e strutture connesse.
d) Terreni da campeggio e caravaning a carattere permanente.
e) Parchi tematici.

13. - Modifiche o estensioni di progetti di cui all'allegato I o all'allegato II già autorizzati, realizzati o in fase di realizzazione, che possono avere notevoli ripercussioni negative sull'ambiente (modifica o estensione non inclusa nell'allegato I).

- Progetti di cui all'allegato I, che servono esclusivamente o essenzialmente per lo sviluppo e il collaudo di nuovi metodi o prodotti e che non sono utilizzati per più di due anni.

[9] Il territorio della provincia di Cagliari e la sua organizzazione rispetto all'uso delle risorse sono stati oggetto di studio nell'ambito di un progetto di ricerca sviluppato presso l'Università di Siena e raccontato in Pulselli, R.M., Rustici, M., Marchettini N., *An integrated framework for regional studies: Emergy based spatial analysis of the Province of Cagliari*, in "Environmental Monitoring and Assessment", 133, 2007, pp. 1-13. Lo studio mette in evidenza che seppur la situazione di deficit tra biocapacità e impronta ecologica della provincia sia contenuta, la presenza di una vasta area libera, biologicamente produttiva, non sia sufficiente a compensare l'impatto della città, responsabile di un eccesso di consumi. In questo quadro di riferimento, viene auspicato che la programmazione territoriale tenga conto di questi aspetti e ipotizzi, insieme allo sviluppo di infrastrutture e servizi a bassi consumi nelle aree urbanizzate, azioni di conservazione e potenziamento delle parti di territorio con funzione di riserve e serbatoi naturali. Solo interpretando il territorio come un sistema integrato di componenti abiotiche e biotiche è possibile sostanziare una pianificazione dello sviluppo duraturo e sostenibile (Tiezzi, Pulselli, 2008, pp. 88-92).

[10] Il quartiere di Vauban a Friburgo nasce in una ex area militare di 38 ettari riqualificata e trasformata in un quartiere residenziale eco-sostenibile e auto-sufficiente. Le azioni strategiche, che hanno guidato il processo progettuale dalla

fase del masterplan sino alla fase realizzativa, sono state concertate dallo studio Kohlhoff&Kohlhoff, vincitore del concorso urbanistico d'idee, e dagli stessi cittadini. Gli obiettivi fissati e in gran parte raggiunti sono stati:
- la coesistenza tra residenze, luoghi di lavoro e servizi vari;
- la creazione di alloggi per fasce sociali eterogenee;
- la conservazione e nuova realizzazione di corridoi verdi e spazi pubblici attrezzati;
- la mobilità sostenibile;
- il risparmio energetico;
- la raccolta dell'acqua piovana;
- la qualità e varietà architettonica attraverso l'adozione di stili differenti.

Il quartiere di Vikki ad Helsinki dista dal centro della città 8 km e occupa un'area di 1.100 ettari. Il progetto è il risultato di una collaborazione multidisciplinare tra amministrazione locale, università, soggetti governativi e aziende private. Gli obiettivi prevedevano la realizzazione di un parco scientifico-tecnologico attraverso la realizzazione di un centro di ricerca e sviluppo di importanza internazionale (nell'area delle scienze biologiche, delle biotecnologie, dell'agronomia e dell'agricoltura) che potesse garantire anche l'occupazione di tutti i residenti (6000 posti di lavoro, 6000 studenti, 13.000 ricercatori), una riserva naturale e un'area residenziale da integrare con un quartiere già esistente, così come richiesto dal programma Agenda 21 locale. Le strategie adottate sono state: la separazione tra traffico veicolare e pedonale, un sistema di trasporto pubblico efficiente, 850 km di piste ciclabili, 100 mq/abitante di spazi verdi e aree naturali, la dotazione di tutti i servizi al fine di limitare gli spostamenti, il risparmio energetico, il risparmio idrico, la gestione sostenibile dei rifiuti, la certificazione dei prodotti dal punto di vista ambientale.

[11] Vedi in MELE, C., 2006. *Cultura del recupero e cultura della sostenibilità: un binomio auspicabile per l'intervento sull'esistente del XXI secolo*. In ASTRUA, F., CALDERA, C., POLVERINO, F., 2006. "Intervenire sul patrimonio edilizio: cultura e tecnica". Torino: Celid, pp. 331-337.

[12] *Ibidem*.

[13] *Ibidem*.

[14] *Ibidem*.

[15] *Ibidem*.

[16] Scrive Greco (GRECO, 2012, pp.115-116):

> "*Per il raggiungimento di uno sviluppo sostenibile si auspica anche che la normativa possa essere sempre più uno strumento propositivo e flessibile, con un carattere prestazionale determinato sulla conoscenza del territorio a cui deve essere applicata e non determinata a tavolino su consuetudini consolidate in centri decisionali lontani dalla realtà in cui si applica*".

[17] Vedi in BESANA, D., 2012. *Architettura e Natura*. In ATZENI , C. (a cura di), 2012. "Tra urbano e rurale. Ricerche, progetti e linee guida per nuovi habitat di margine nei centri delle aree interne della Sardegna". Roma: Gangemi Editore, pp. 117-123.

"*[...] citando le parole di Mandolesi, si può intendere il progetto come un "atto conoscitivo sperimentale". Progetto nel senso letterale di* projectare*, "gettare in avanti", rivolgere lo sguardo al futuro, fornendo un'interpretazione di come la nostra azione propositiva possa contribuire al cambiamento e, possibilmente, ad un miglioramento del contesto esistente. Il progetto non può che considerarsi come atto conoscitivo, proprio perchè azione intellettuale che determina una migliore e più approfondita conoscenza della realtà e delle leggi che la governano, [...]. Infine sperimentale perchè strettamente legata all'esperienza diretta del saper fare*".

[18] GRECO, 2012, p.110.

[19] Per alcuni di essi non è stato possibile approfondire la procedura seguendo gli stessi parametri di analisi usati per altri. Questo a causa della non accessibilità ai dati da parte dell'ente certificatore.

[20] "*Il perseguimento della sola riduzione dei consumi del "contenuto", stimolando il ricorso a tecnologie e materiali più o meno innovativi sul "contenitore", può produrre il rischio di quello che in economia viene definito il "paradosso di Jevons", con incremento dei consumi energetici dei materiali utilizzati, nell'energia spesa per il trasporto degli stessi, per le tecnologie di costruzione, di demolizione, riuso e smaltimento*".

Tratto da CICCONI, I., 2008. *Politiche e cultura del risparmio energetico*, in: AA.VV, 2008. "L'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile". BolognaFiere: Bologna.
Sergio Croce, docente presso il Politecnico di Milano, in riferimento all'involucro edilizio e alle innovazioni cui è sempre più soggetto, scrive in un suo contributo riportato negli atti del convegno tenutosi a Bari il 24/04/2004 su "L'involucro edilizio. Innovazione e sostenibilità":

"[...] In un sistema complesso come l'architettura, l'innovazione di prodotto non ha esito apprezzabile senza l'innovazione di progetto: ciò è tanto più vero per ciò che attiene gli aspetti legati alla sostenibilità. La messa a sistema di qualsiasi prodotto innovativo richiede quindi un riesame delle prassi progettuali per la loro messa a sistema, orientato a valutarne la coerenza, l'interazione con altri elementi tecnici e lo sfruttamento delle sue potenzialità. L'involucro a cui fa capo la funzione di controllo dei flussi termici entranti e uscenti dall'organismo edilizio, costituisce il luogo più fertile dal punto di vista ambientale su cui concentrare l'innovazione di progetto. L'incomprensione della potenzialità dell'involucro e la riproduzione di stereotipi progettuali porta spesso ad assegnare agli impianti la funzione surrogatoria di risolvere difettosità del sistema edilizio".

(CROCE, S., 2004. *Il progetto dell'involucro innovativo. L'approccio low-energy e la sostenibilità*. In Atti del convegno su "L'involucro edilizio. Innovazione e sostenibilità", Bari, 24/04/2004)

[21] Il "Club Fattore 10" è un circolo internazionale di economisti, tecnologi ed ecologi che ha proposto attraverso la Dichiarazione di Carnoules (settembre 1997), una decisa dematerializzazione dell'economia, con l'obiettivo entro 50 anni, di ridurre di due volte i flussi di materiali sul piano globale e di dieci volte nei paesi industriali.

[22] Anche se gli attori di questa esperienza non amano definirla tale, all'attributo "sostenibile" preferiscono "desiderabile", in "polemica con tutti quegli enti che pagano esperti di ogni dove per realizzare iniziative sostenibili, come ad esempio insegnare attività tradizionali, piuttosto che rivolgersi alle reti del sapere locale" e questo avviene oggi sempre più spesso con un grande spreco di denaro pubblico e a discapito del primo prodotto locale che andrebbe valorizzato e mantenuto: il sapere locale (De Vita, 2009).

[23] Tutti i dati tecnici relativi al prodotto EDILANA sono stati gentilmente messi a disposizione dall'imprenditrice Daniela Ducato, ideatrice e conduttrice dell'impresa EDILANA, insignita di numerosi premi nazionali (Premio Itwin Italia come migliore innovatrice italiana 2011, Oscar Settegreen - Premio del Corriere della Sera 2011, Premio Donna Sarda 2012, Premio Nazionale VAS 2012, Premio mimosa d'oro nel 2013, EWHA Woman University Awards nel 2013) e internazionali (Premio Euwin International Awards 2013 come Migliore Innovatrice d'Europa nel settore Produzioni *Ecofriendly*).

[24] Dati Infocamere, dicembre 2010.

[25] Dati tratti da Sirca, E., 2010. *Un "renewal" per le lane sarde, in Sardegna Economica*. Bimestrale della Camera di Commercio di Cagliari, n. 5-6/2010.

[26] Dati tratti da Oleotto, E., Bassi, L., 2011. *Guida agli isolanti naturali. Prodotti, caratteristiche, tipologie d'impiego*. Milano: Hoepli editore.

[27] Si tratta del seminario di 24 ore "Costruire in paglia" tenuto nel 2012 ad Ula Tirso (OR) dal Prof. Stefano Soldati in collaborazione con il CEAS Guilcier - Barigadu (Centro di Educazione Ambientale e alla Sostenibilità), e del seminario "Costruire intonaci in terra cruda" della durata di 20 ore tenuto nel 2012 ad Ardauli in collaborazione con il CEAS Guilcier - Barigadu e con l'Associazione B.A.R.E.G.A. (associazione di Bio Architettura Rete Economica Gruppo d'Azione con sede a Cagliari e Iglesias).

[28] Fiera dell'edilizia: Costruire Edil-Levante, Bari, Aprile 2010.

PARTE SECONDA

Nella seconda parte della tesi, sulla base di quanto analizzato nella prima parte, vengono ipotizzati *modus operandi* eco-responsabili da parte di soggetti che intendono promuovere politiche *environmentally friendly*. Lo si fa a partire da un'esperienza lavorativa che mi ha coinvolto in prima persona durante l'ultimo anno di ricerca e che si è svolta presso un ente pubblico, il comune di Sedilo in provincia di Oristano, nell'ambito della redazione del Piano Particolareggiato del proprio centro di antica e prima formazione.

Tale esperienza di pianificazione attuativa nel campo della conservazione e del recupero rappresenta un *continuum* con il percorso formativo universitario e post-universitario finora affrontato.

Un percorso che è cominciato con una tesi di laurea in ingegneria edile-architettura sull'analisi dei caratteri storico-tipologici in ambito urbano e un progetto di recupero (*Architettura storico-tradizionale a Sedilo. Caratteri tipologici e progetto di recupero*, relatore prof. Antonello Sanna), e che è proseguito con la collaborazione con la facoltà di Architettura di Cagliari per la redazione dei *Manuali del recupero dei centri storici della Sardegna* e con il master in Recupero e Riqualificazione del Patrimonio Architettonico Storico Rurale.

In questi ultimi anni, il corso di dottorato in Tecnologie per la conservazione dei beni architettonici e ambientali ha consentito di affrontare il tema della conservazione del bene architettonico mettendone in evidenza gli aspetti storico-culturali legati all'identità e alla tradizione costruttiva locali dal punto di vista del loro valore

ambientale e del loro costituire un patrimonio naturale, unico capitale su cui investire per il futuro. Un capitale naturale composto di beni materiali e immateriali, come le stesse case, ma anche le tradizioni e i saperi, i *know how* e le micro-economie locali, i servizi dell'ambiente, le comunità.

L'esperienza lavorativa è stata la giusta occasione per poter ipotizzare e sperimentare politiche e azioni eco-responsabili di "investimento" sul patrimonio architettonico all'interno di un progetto volto principalmente a salvaguardare e valorizzare i caratteri storico-culturali dell'esistente.

Questo tipo di approccio alla sostenibilità ambientale di tipo *bottom - up*, come suggerito dalla stessa Agenda 21, che riguarda inizialmente piccoli, ma anche maggiormente perseguibili, interventi a livello locale, è necessario per poter ambire ad una gestione corretta del territorio e del capitale naturale ad una scala più vasta.

Le strategie e gli strumenti elaborati nell'ambito di questa esperienza auspicano ad essere i futuri mezzi d'azione condivisi e adottati anche a livello intercomunale e regionale a servizio di una politica del recupero e della conservazione che intenda garantire il prolungamento della vita e lo sviluppo futuro della città attraverso il rinnovo delle sue funzionalità. Una politica che riconosca nella città il patrimonio che conserva la memoria del lavoro, dei materiali e dell'energia spesi per la costruzione e il suo mantenimento nel tempo seguendo un istintivo principio di efficienza con l'obiettivo di prolungare indefinitamente l'investimento iniziale.

“If you don’t want to do something,
you can always find an excuse!
If you do want to do something,
you can always find a way!”

(*Old Polish Proverb*)

3. Strumenti e metodi di valutazione ambientale di progetto e costruzione

Una ricerca all'interno del corso di dottorato in 'Tecnologie per la conservazione dei beni architettonici e ambientali' non poteva non trovare applicazione se non nell'ambito della conservazione e del recupero del costruito esistente, in un contesto dove "*gli* input *energetici sono già stati immagazzinati e vengono assemblati negli anni*" (Tiezzi, Pulselli, 2008, p.133) e in cui le politiche di sostenibilità ambientale, supportate da dibattiti internazionali e nazionali sulle istanze di compatibilità ambientale e di efficientamento energetico, trovano il giusto fondamento. Proprio in questo contesto si è tentato di introdurre un processo di revisione rispetto alle azioni progettuali e costruttive comunemente praticate, ancora indifferenti alle interazioni tra architettura, energia, comfort, clima e contesto ambientale. In virtù di questo, si è provato a sviluppare una nuova razionalità di piano della conservazione e del recupero non più basato sugli indici urbanistici bensì sugli indicatori della qualità urbana e del benessere comune. Un esperimento che non sempre è riuscito a raggiungere i risultati attesi, ma che tuttavia ha dato modo di comprendere quale sia la strada possibile da intraprendere, quali le strategie da seguire e gli strumenti da adottare verso la valutazione ambientale in architettura in un contesto che ancora stenta a capirne l'importanza e che si affida a deboli strumenti per il conseguimento degli intenti.

Nell'ambito dell'adeguamento del Piano Particolareggiato del comune di Sedilo[1] alle Norme Tecniche d'Attuazione del Piano Paesaggistico Regionale della Sardegna, l'amministrazione comunale, in concertazione con l'ufficio tecnico comunale e i tecnici incaricati alla redazione del lavoro, hanno inteso perseguire una politica di conservazione e recupero del patrimonio architettonico storico e di piccoli interventi mirati essenzialmente all'ampliamento o alla sopraelevazione dell'esistente al fine di valorizzare il disegno unitario dell'abitato e la qualità urbana.

In questo contesto lavorativo particolarmente favorevole sia dal punto di vista delle idee perseguite sia dal punto di vista del dialogo e dello scambio costruttivo di esperienze, il lavoro di ricerca si inserisce proponendo, ad integrazione delle strategie di definizione degli

interventi consentiti in ambito urbano, politiche di progettazione e costruzione eco-responsabili.
Le strategie e gli strumenti individuati a supporto di tali politiche eco-responsabili vanno ad aggiungersi agli strumenti di cui la pianificazione attuativa correntemente si serve. Essi si inseriscono dunque all'interno del piano attuativo in qualità di integrazioni alle norme tecniche e in qualità di sistemi di verifica della sostenibilità ambientale degli interventi consentiti a supporto sia della fase progettuale sia della fase di realizzazione.

3.1. Strumenti normativi e legislativi di riferimento per la pianificazione attuativa in materia di sostenibilità ambientale

A livello normativo nell'ambito regionale della Sardegna, attualmente l'unico strumento che integra la variabile ambientale nei processi di pianificazione è la Valutazione Ambientale Strategica (V.A.S.) attraverso l'interazione tra la pianificazione e la valutazione durante tutto il processo di impostazione e redazione di un piano o di un programma.
La V.A.S. viene introdotta a livello nazionale con il D. Lgs. 152 del 3 aprile 2006, in recepimento della Direttiva 2001/42/CE, ed entra in vigore il 31 luglio 2007. Il decreto viene successivamente modificato, prima dal D. Lgs. 4/2008 e recentemente dal D. Lgs. 128/2010, entrato in vigore il 26 agosto 2010.
La Regione Sardegna, con Deliberazione 24/23 del 23 aprile 2008 ha definito specifiche procedure in materia di Valutazione Ambientale Strategica da adottare nell'ambito dei processi di pianificazione di livello regionale.
Per quanto riguarda i Piani Urbanistici Comunali, a decorrere dal 7 aprile 2008, la verifica e il controllo della procedura V.A.S. è sottoposta all'autorità competente in materia di V.A.S. che è rappresentata dall'Amministrazione Provinciale competente per territorio. In generale, ai sensi dell'art. 6 del D. Lgs. 152/2006 e s. m. i., devono essere sottoposti a V.A.S. tutti i piani e i programmi che possono avere effetti significativi sull'ambiente e, in particolare, quelli che appartengono a specifici settori, tra i quali è incluso quello della pianificazione territoriale.

Per tali piani, ai sensi dell'Art. 12, comma 1 del D. Lgs. 152/2006 e s. m. i., deve essere redatto in via preliminare "un rapporto comprendente una descrizione del piano o programma e le informazioni e i dati necessari alla verifica degli impatti significativi sull'ambiente dell'attuazione del piano o programma, facendo riferimento ai criteri dell'allegato I del presente decreto".
Sulla base del rapporto preliminare sui possibili impatti ambientali significativi dell'attuazione del piano, l'Amministrazione comunale proponente entra in consultazione, sin dai momenti preliminari dell'attività di elaborazione di piani e programmi, con l'autorità competente (Amministrazione Provinciale) e gli altri soggetti competenti in materia ambientale, al fine di definire l'effettiva assoggettabilità del piano alla procedura V.A.S. o meno.
I criteri a cui il rapporto preliminare deve rispondere sono riportati nell'allegato I al D. Lgs. 152/2006 e s. m. i. e sono i seguenti:

" *- in quale misura il piano o il programma stabilisce un quadro di riferimento per progetti ed altre attività, o per quanto riguarda l'ubicazione, la natura, le dimensioni e le condizioni operative o attraverso la ripartizione delle risorse;*
- in quale misura il piano o il programma influenza altri piani o programmi, inclusi quelli gerarchicamente ordinati;
- la pertinenza del piano o del programma per l'integrazione delle considerazioni ambientali, in particolare al fine di promuovere lo sviluppo sostenibile;
- problemi ambientali pertinenti al piano o al programma;
- la rilevanza del piano o del programma per l'attuazione della normativa comunitaria nel settore dell'ambiente (ad es. piani e programmi connessi alla gestione dei rifiuti o alla protezione delle acque;
[OMISSIS]
- probabilità, durata, frequenza e reversibilità degli impatti;
- carattere cumulativo degli impatti;
- natura transfrontaliera degli impatti;
- rischi per la salute umana o per l'ambiente (ad es. in caso di incidenti);
- entità ed estensione nello spazio degli impatti (area geografica e popolazione potenzialmente interessate);
- valore e vulnerabilità dell'area che potrebbe essere interessata

a causa delle speciali caratteristiche naturali o del patrimonio culturale, e del superamento dei livelli di qualità ambientale o dei valori limite dell'utilizzo intensivo del suolo;
- impatti su aree o paesaggi riconosciuti come protetti a livello nazionale, comunitario o internazionale".

Nel documento si fa dunque riferimento ai principi inerenti la tutela dell'ambiente ma non si fa alcun accenno alle strategie e agli strumenti di cui il piano intende servirsi per attuare tali intenti e per verificarne l'effettiva concretizzazione.
L'esplicitazione delle strategie e degli strumenti di verifica delle azioni "sostenibili" che il piano intende adottare potrebbe essere rinviata all'effettiva procedura V.A.S., in particolare, nell'ambito della fase di attuazione e gestione del Piano in cui devono essere attuati dei sistemi di monitoraggio sugli effetti ambientali.
Tuttavia non sempre l'assoggettabilità alla procedura V.A.S. è obbligatoria.
Il D.Lgs. 152/2006, e s. m. i. riporta infatti i casi in cui non occorre attuare tale procedura di verifica (testo estratto da *Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei Piani Urbanistici Comunali*, redatte dall'Assessorato della Difesa dell'Ambiente e dall'Assessorato Enti Locali Finanze ed Urbanistica della Regione autonoma della Sardegna):

" *- le varianti ai piani urbanistici comunali riconducibili per legge a provvedimenti di autorizzazione per la realizzazione di opere singole, ferma restando l'eventuale applicazione della normativa in materia di V.I.A. o, in caso di non applicazione della procedura di V.I.A., lo specifico esame degli aspetti ambientali in sede di autorizzazione;*
- le varianti ai piani urbanistici comunali contenenti modifiche normative e/o dei meccanismi di attuazione delle previsioni insediative, ferma restando l'entità del carico urbanistico;
- le varianti ai piani urbanistici comunali contenenti correzioni di errori cartografici del P.U.C. stesso;
- le varianti ai piani urbanistici comunali che non determinino incrementi del carico urbanistico e non contengano opere soggette alle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale o a Valutazione di Incidenza, secondo la vigente normativa;

- i piani attuativi dei piani urbanistici comunali già sottoposti a V.A.S.;
- i piani attuativi relativi a piani urbanistici comunali non sottoposti a V.A.S., purché tali strumenti attuativi non contengano opere soggette alle procedure di Valutazione di Impatto Ambientale o a Valutazione di Incidenza, secondo la vigente normativa".

In sintesi, ove non siano previste opere i cui effetti sull'ambiente siano significativi nell'ambito di varianti a piano già sottoposti a V.A.S. o di piani di attuazione dei P.U.C., non occorre procedere con la verifica di V.A.S..
Quali sono invece gli strumenti di verifica della sostenibilità ambientale di tutte quelle opere che sono ritenute "poco impattanti" sull'ambiente, quali ad esempio tutti gli interventi di nuova costruzione o di ristrutturazione considerati "minori" e che in realtà rappresentano la maggioranza degli interventi in ambito edilizio?
Nel secondo capitolo si è trattato ampiamente delle strategie e degli strumenti adottati in ambito nazionale e internazionale, quali sistemi di attuazione di azioni eco-responsabili e di valutazione e verifica della sostenibilità ambientale in edilizia.
Le strade da percorrere individuate, attraverso le quali è possibile introdurre in modo cogente e/o volontario azioni immediate di eco-sostenibilità studiate per specifici contesti, sono:
- i regolamenti edilizi e le norme tecniche d'attuazione recanti specifiche disposizioni inerenti la sostenibilità ambientale degli edifici e dei materiali impiegati nell'ambito dei piani attuativi,
- e i protocolli di valutazione energetico-ambientale.
A livello nazionale, non vi è una legge che prescrive alle Regioni l'adozione di tali strumenti. Tuttavia la maggioranza di esse ha deciso di adeguarsi in modo autonomo e volontario alle disposizioni comunitarie inerenti l'edilizia sostenibile e il risparmio energetico sviluppando delle linee guida tipo che venissero prese come riferimento dai singoli comuni.
In quest'ottica il Regolamento edilizio e le norme tecniche d'attuazione rappresentano attualmente gli strumenti più efficaci per avviare, da parte delle amministrazioni comunali, concrete politiche di sviluppo sostenibile, nella consapevolezza che solo interventi strutturati nel territorio possono migliorare l'ambiente e il clima in cui viviamo.

Nell'ambito della ricerca sono stati analizzati alcuni Regolamenti edilizi alla scala comunale italiani recentemente adeguati e contenenti indicazioni in merito alle tematiche della sostenibilità, quali il risparmio energetico, lo sviluppo delle fonti rinnovabili, l'uso efficiente dell'energia e delle risorse naturali, e la bioedilizia.
Si tratta dei regolamenti edilizi e delle norme tecniche di piani attuativi adottati nei comuni di Bari, Firenze, Napoli, Giovinazzo (BA), Carugate (MI), Cassinetta di Lugagnano (MI), Monterotondo (RM), Ittiri (SS).
Tutti (ad eccezione del comune di Ittiri in Sardegna) seguono la traccia di linee guida redatte a livello intercomunale e regionale (si pensi alla legge regionale della Puglia e alle sue deliberazioni nell'ambito dei sistemi di certificazione e di valutazione della sostenibilità ambientale degli edifici[2], alle delibere per la valutazione della qualità energetica ed ambientale degli edifici in Toscana[3] e in Campania[4], alle linee guida per la definizione di un Regolamento Edilizio tipo per la provincia di Milano[5], alla legge della Regione Lazio del 2008 e alle successive disposizioni tecniche[6] e alle delibere regionali emiliane[7]).
Vi sono poi realtà comunali, come ad esempio Ittiri in Sardegna, che, per perseguire politiche d'interventi eco-responsabili nell'ambito del proprio centro urbano, in mancanza di riferimenti legislativi e di linee guida di tipo prescrittivo elaborate a livello regionale, devono operare in modo del tutto volontario, con le dovute difficoltà che tale procedura comporta.
Il passo successivo è quello di verificare ed eventualmente premiare gli interventi che seguono i requisiti richiesti e che addirittura riescono a migliorare la prestazione attesa.
Per verificare e valutare l'effettiva attuazione delle strategie sostenibili dal punto di vista ambientale riportate all'interno dei Regolamenti edilizi e delle norme tecniche attuative, occorre perciò predisporre delle procedure di verifica o dei protocolli di valutazione energetico-ambientale.
Dall'analisi dei regolamenti edilizi sopra citati, emerge una grande varietà di questi strumenti di verifica basati prevalentemente su indicatori comuni. In linea con quanto espresso nella Direttiva 89/106/CEE[8], tali indicatori vengono ricondotti a requisiti prestazionali oggettivi, chiari, misurabili e ricollegabili ai risultati attesi.
L'introduzione di requisiti prestazionali particolarmente sensibili alle tematiche ambientali all'interno delle norme tecniche attuative

consente alle amministrazioni locali di promuovere politiche in grado di valutare preventivamente la sostenibilità ambientale degli interventi di trasformazione del proprio territorio.
Per evitare che si faccia affidamento su strumenti di verifica basati su criteri di compatibilità ambientale e di efficientamento energetico standard prefissati da poteri decisionali distanti dalle reali esigenze di contesti specifici, occorre in primo luogo studiare gli aspetti di sostenibilità e di insostenibilità caratteristici del costruito esistente, individuare le corrispondenti norme di sostenibilità e su queste basare criteri di verifica specifici di quel contesto costruttivo ai quali si dovrà rapportare qualsiasi intervento di trasformazione futuro.

3.2. Approccio metodologico per l'introduzione di sistemi di valutazione ambientale di progetto e di costruzione nell'ambito della pianificazione attuativa locale in Sardegna

In questo quadro di riferimento, la ricerca ha voluto approfondire in che modo sia possibile introdurre l'approccio alla sostenibilità e gli strumenti di valutazione ambientale anche in quei contesti regionali, come la Sardegna, in cui ancora non si è legiferato in merito.
L'iter individuato è quello dell'elaborazione nell'ambito dei piani attuativi e dei relativi strumenti normativi (regolamenti edilizi e norme tecniche) di requisiti tecnici in materia di sostenibilità edilizia. Tali requisiti, oltre che discendere da un preventivo atto conoscitivo di preparazione al progetto che riguarda il contesto insediativo e costruttivo studiato (che verrà meglio descritto nel capitolo 4) vengono proposti in coerenza e in sinergia con le discipline edilizie e urbanistiche regionali vigenti e, nello specifico, con il Piano Paesaggistico Regionale.
Da una lettura delle norme tecniche d'attuazione allegate al P.P.R. della regione Sardegna[9], si evince che il P.P.R. della Sardegna è un piano assolutamente al passo con le attuali direttive europee relative alle politiche di conseguimento dello sviluppo sostenibile a livello locale, e eventuali requisiti in materia di sostenibilità edilizia, sarebbero perfettamente in sintonia con esso, e in particolare con gli

articoli di seguito riportati:

- Art. 1 , comma 3: "*Il P.P.R. assicura nel territorio regionale un'adeguata tutela e valorizzazione del paesaggio e costituisce il quadro di riferimento e di coordinamento per gli atti di programmazione e di pianificazione regionale, provinciale e locale e per lo sviluppo sostenibile.*"

- Art. 1 , comma 4: "*Il P.P.R. persegue le seguenti finalità:*
a) preservare, tutelare, valorizzare e tramandare alle generazioni future l'identità ambientale, storica, culturale e insediativa del territorio sardo;
b) proteggere e tutelare il paesaggio culturale e naturale e la relativa biodiversità;
c) assicurare la salvaguardia del territorio e promuoverne forme di sviluppo sostenibile, al fine di conservarne e migliorarne le qualità."

- Art. 3, comma 1: "*I principi contenuti nel P.P.R., assunti a base delle azioni da attuare per il perseguimento dei fini di tutela paesaggistica, costituiscono il quadro di riferimento e coordinamento per lo sviluppo sostenibile del territorio regionale, fondato su un rapporto equilibrato tra i bisogni sociali, l'attività economica e l'ambiente, in coerenza con la Convenzione Europea del Paesaggio e con lo Schema di Sviluppo dello Spazio Europeo.*"

- Art. 3, comma 2: "*I principi di cui al comma 1 concernono:*
- il controllo dell'espansione delle città;
- la gestione dell'ecosistema urbano secondo il principio di precauzione;
- la conservazione e sviluppo del patrimonio naturale e culturale;
- l'alleggerimento della eccessiva pressione urbanistica, in particolare nelle zone costiere;
- le politiche settoriali nel rispetto della conservazione della diversità biologica;
- le strategie territoriali integrate per le zone ecologicamente sensibili;
- la protezione del suolo con la riduzione di erosioni;
- la conservazione e recupero delle grandi zone umide;
- la gestione e recupero degli ecosistemi marini;
- la conservazione e gestione di paesaggi di interesse culturale,

storico, estetico ed eco-logico;
- una più adeguata compatibilità delle misure di sviluppo che incidano sul paesaggio;
- il recupero di paesaggi degradati da attività umane."

- Art. 107, comma 3: "*I Comuni, nell'adeguare i propri strumenti urbanistici alle disposizioni e previsioni del P.P.R, e al fine di conferire contenuti paesaggistici alla pianificazione urbanistica comunale, provvedono a:*
[omissis]
c. determinare le proposte di sostenibilità degli interventi e delle trasformazioni urbanistiche in considerazione dei valori paesaggistici riconosciuti nel territorio comunale;
g. regolare e ottimizzare la pressione del sistema insediativo sull'ambiente naturale, migliorando la vivibilità dell'ambiente urbano e i valori paesaggistici del territorio attraverso:
1. ***una disciplina degli usi e delle trasformazioni, orientata a limitare il consumo del territorio, delle risorse non rinnovabili e alla prevenzione integrata degli inquinamenti****;*
[omissis]
3. la realizzazione di interventi di riequilibrio e di mitigazione degli impatti negativi dell'attività antropica;
4. il potenziamento delle infrastrutture e delle dotazioni ecologiche ambientali costituite dall'insieme degli spazi, delle opere e degli interventi che concorrono, insieme alle infrastrutture per l'urbanizzazione degli insediamenti, a migliorare la qualità dell'ambiente urbano, mitigandone gli impatti negativi."

Promuovere nell'ambito dei piani attuativi norme contenenti riferimenti a requisiti tecnici in materia di sostenibilità ambientale in edilizia è in perfetta coerenza e sinergia con quanto richiesto dal P.P.R. ai comuni, ovvero di provvedere allo sviluppo di una "disciplina degli usi e delle trasformazioni, orientata a limitare il consumo del territorio, delle risorse non rinnovabili e alla prevenzione integrata degli inquinamenti" (art.107, comma 3, lett. g, punto 1).
I requisiti tecnici in materia di sostenibilità edilizia e relativi alle istanze di compatibilità ambientale e di efficientamento energetico di nuovi edifici e di edifici esistenti sono definiti in base a criteri che consentono l'aggiornamento, l'integrazione, la semplificazione e la razionalizzazione al fine di fornire elementi di regolazione unitari al

processo decisionale in grado di garantire un approccio integrale alla sostenibilità.
Per tale ragione i requisiti sono stati strutturati sulla base delle procedure analizzate nel secondo capitolo, ed in particolare secondo l'impostazione del Protocollo ITACA, e sono stati articolati in cinque sezioni:

Area A. Qualità del sito
Area B. Consumo delle risorse
Area C. Carichi ambientali
Area D. Qualità degli ambienti indoor
Area E. Qualità del servizio

La procedura adotta una visione multiscalare del processo decisionale partendo da un'adeguata analisi del sito, del contesto insediativo e dei criteri di gestione (aree A e E), che introducono i requisiti propri della scala insediativa (area B) che, a loro volta, aiutano a porre le condizioni affinché sia garantita la più elevata qualità delle opere edilizie (aree C e D) .
Ciascuna area di valutazione è articolata in ambiti; ogni ambito contiene requisiti che vengono esplicitati in singole schede, ai quali corrispondono specifici livelli di prestazione.
Per ciascun requisito vengono esplicitati:
- Nome e codice criterio;
- Area di valutazione di appartenenza (A, B, C, D, E);
- Ambito di appartenenza;
- Esigenza da soddisfare;
- Indicatore di prestazione;
- Categorie d'intervento (in linea con gli interventi proposti all'interno del piano attuativo);
- Peso del criterio (ai fini del calcolo del punteggio finale utile per attribuire la corrispondente classe di premio);
- Unità di misura;
- Scala prestazionale (scala di soddisfacimento dei risultati attesi);
- Metodo e strumenti di verifica (metodo di calcolo dell'indicatore di prestazione).

I requisiti sono soggetti ad aggiornamento ogni qualvolta intervengano variazioni alle norme di riferimento nazionali o regionali.
In generale, i requisiti selezionati sono tali da:

- riqualificare il patrimonio costruito esistente e tutto il capitale naturale costituito da beni materiali e immateriali;
- supportare le norme attuative redatte al fine di conservare e riqualificare il patrimonio architettonico esistente e integrarle dal punto di vista energetico-ambientale;
- rispondere prioritariamente ad esigenze di risparmio di risorse materiali, energetiche ed idriche;
- attuare la riduzione del consumo di energia non rinnovabile per il contenimento delle emissioni di CO_2 in atmosfera;
- garantire livelli di prestazione sicuramente raggiungibili, tenuto conto dell'attuale stato dell'arte in campo scientifico e nel settore edilizio, ma al tempo stesso avendo sempre presenti le migliori tecniche disponibili;
- essere verificati in modo oggettivo, in sede progettuale e a lavori ultimati.

I requisiti tecnici relativi al risparmio energetico e all'utilizzo di fonti rinnovabili di energia negli edifici fanno riferimento alle seguenti disposizioni legislative:
- L. 9 gennaio 1991, n. 10 "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia";
- D. Lgs. 29 dicembre 2006, n. 311; disposizioni correttive ed integrative al D. Lgs. 19 agosto 2005, n. 192, recante attuazione della direttiva 2002/91/CE relativa al rendimento energetico nell'edilizia;
- Delibera G.R. n. 25/40 del 10 marzo 2010 riguardante le "Competenze e procedure per l'autorizzazione di impianti per la produzione di energia elettrica da fonti rinnovabili" e sul "Procedimento di autorizzazione unica per l'installazione di impianti per la produzione di energia da fonti rinnovabili - linee guida" contenute nell'Allegato alla D.G.R. n. 25/40 del 1° luglio 2010;
- Deliberazione n. 48/31 del 29 novembre 2007 relative alle "Linee guida e modalità tecniche d'attuazione per la riduzione dell'inquinamento luminoso e acustico e il conseguente risparmio energetico".

Nell'ambito di un sistema di valutazione della sostenibilità ambientale di un edificio, il grado di rispondenza delle prestazioni alle esigenze espresse nelle singole schede viene esplicitato attraverso un sistema a punteggio. Il metodo di attribuzione dei punteggi, come analizzato

per il Protocollo ITACA nel capitolo 2, avviene per ogni criterio di valutazione in base ad una scala che va da -1 a 5 (-1, 0, 3, 5), dove il livello 0 rappresenta il valore del punteggio o lo standard di paragone (*benchmark*) riferibile a quella che deve considerarsi come la pratica costruttiva corrente nel rispetto delle leggi o dei regolamenti vigenti. In particolare la scala di punteggio è così strutturata:

- punteggio -1: rappresenta una prestazione inferiore alla pratica corrente e prescritta dalle leggi vigenti;
- punteggio 0: rappresenta la prestazione minima accettabile definita da leggi o regolamenti vigenti nella regione, o nel caso in cui non vi siano specifici regolamenti di riferimento in merito, rappresenta la pratica comune utilizzata nel territorio;
- punteggio 3: rappresenta un significativo miglioramento della prestazione rispetto ai regolamenti vigenti ed alla pratica comune;
- punteggio 5: rappresenta una prestazione considerevolmente avanzata rispetto alla pratica corrente, di carattere sperimentale e dotata di prerogative di carattere scientifico.

La valutazione finale del grado complessivo di sostenibilità energetico-ambientale si ottiene secondo il seguente procedimento:

- voto del requisito x peso (%)= voto pesato del requisito;
- sommatoria voti pesati dei requisiti appartenenti alla stessa area di valutazione= voto dell'aria di valutazione;
- voto dell'area di valutazione x peso dell'area di valutazione= voto pesato dell'area;
- sommatoria voti pesati delle aree= valutazione dell'edificio

A seconda della priorità delle esigenze da attendere in conformità con gli obiettivi prefissati nel piano o nel programma d'azione, è possibile variare il peso del singolo criterio e anche il peso dell'area di valutazione, premiando criteri o ambiti di applicazione piuttosto che altri.
Di seguito viene riportato l'elenco dei requisiti o criteri (in carattere sottolineato) presi in considerazione e che possono subire integrazioni o altre modifiche a seconda del contesto analizzato.

A. QUALITÀ DEL SITO

A.1 SELEZIONE DEL SITO

A.1.1. RIUTILIZZO DEL TERRITORIO

A.1.2. ACCESSIBILITÀ AL TRASPORTO PUBBLICO
A.1.3. MIX FUNZIONALE DELL'AREA
A.1.4. ADIACENZA AD INFRASTRUTTURE
A.2 PROGETTAZIONE DELL'AREA
A.2.1. AREE ESTERNE DI USO COMUNE ATTREZZATE
B. CONSUMO DI RISORSE
B.1 ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE
B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO
B.1.2. ENERGIA PRIMARIA PER LA PRODUZIONE DI ACS
B.2 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI
B.2.1. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI TERMICI
B.2.2. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI
B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI
B.3.1. RIUTILIZZO DELLE STRUTTURE ESISTENTI
B.3.2. MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI
B.3.3. MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI
B.3.4. MATERIALI LOCALI PER FINITURE
B.3.5. MATERIALI RICICLABILI O SMONTABILI
B.4 ACQUA POTABILE
B.4.1. ACQUA POTABILE PER USI IRRIGUI
B.4.2. ACQUA POTABILE PER USI INDOOR
B.5 PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO
B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO
B.5.2. TRASMITTANZA TERMICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO
B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE
B.5.4. INERZIA TERMICA DELL'EDIFICIO
C. CARICHI AMBIENTALI
C.1 EMISSIONI DI CO2 EQUIVALENTE
C.1.1. EMISSIONI PREVISTE IN FASE OPERATIVA
C.2 ACQUE REFLUE
C.2.1. ACQUE GRIGIE INVIATE IN FOGNATURA
C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO
C.3 IMPATTO SULL'AMBIENTE CIRCOSTANTE
C.3.1. EFFETTO ISOLA DI CALORE
D. QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR
D.1 VENTILAZIONE
D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA
D.2 BENESSERE TERMOIGROMETRICO
D.2.1. TEMPERATURA DELL'ARIA NEL PERIODO ESTIVO

D.3 BENESSERE VISIVO

D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE

D.4 BENESSERE ACUSTICO

D.4.1. QUALITÀ ACUSTICA DELL'EDIFICIO

D.5 INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

D.5.1. CAMPI MAGNETICI A FREQUENZA INDUSTRIALE (50HZ)

E. QUALITÀ DEL SERVIZIO

E.1 SICUREZZA IN FASE OPERATIVA

E.1.1. INTEGRAZIONE SISTEMI

E.2 FUNZIONALITÀ ED EFFICIENZA

E.2.1 QUALITÀ DEL SISTEMA DI CABLATURA

E.3 MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI IN FASE OPERATIVA

E.3.1. MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO

E.3.2. DISPONIBILITÀ DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA

La definizione degli interventi presenti nell'ambito del processo di pianificazione attuativa si basa sui caratteri locali, di tipo ambientale, climatico e storico, del territorio all'interno del quale è ubicata l'area oggetto della trasformazione.
In particolare, al fine di ridurre il fabbisogno annuo di energia primaria, il progetto deve tener conto dei benefici climatici favorevoli che possono essere sfruttati nella fase di gestione dell'edificio e ridurre quelli i cui effetti incidono negativamente sul comfort abitativo e sul risparmio energetico.
Al fine di garantire il rispetto e la valorizzazione delle caratteristiche ambientali locali, nella progettazione, si deve tener conto della possibilità di utilizzo di materiali locali, di materiali a basso consumo energetico, naturali o artificiali, ed eventualmente provenienti da cicli di riuso e/o recupero.
Le condizioni minime per il raggiungimento degli obiettivi previsti sono assicurate mediante il conseguimento di un punteggio pari a 0 per ogni scheda tecnica che corrisponde ad un requisito specifico.
Il raggiungimento di livelli superiori di sostenibilità, riscontrabili con il conseguimento di un punteggio superiore allo 0, può essere incentivato secondo una modalità di tipo economico/fiscale che viene prevista attraverso apposita deliberazione del consiglio comunale in attuazione di specifiche politiche di miglioramento ambientale.
Gli incentivi di tipo economico/finanziario corrispondono a sconti sugli oneri concessori legati al tipo di intervento previsto o sulle tasse

comunali relative ai beni immobili (come la tassa sui rifiuti solidi urbani), in misura e in proporzione rispetto al punteggio finale conseguito nell'ambito della valutazione di sostenibilità energetico-ambientale. Essi possono riguardare anche l'attribuzione di finanziamenti pubblici nell'ambito delle politiche di promozione di interventi di recupero del patrimonio esistente adottate a livello regionale.
Nell'ambito della verifica dei requisiti, al fine dell'effettiva concessione di eventuali incentivi, gli elaborati tecnici presentati all'organo di controllo preposto devono essere atti a dimostrare il soddisfacimento dei requisiti e dei risultati attesi dichiarati e deve essere previsto l'accertamento *in situ*, anche attraverso sopralluoghi da parte del personale della vigilanza edilizia, durante e subito dopo la realizzazione dell'intervento.
Il calcolo dei requisiti può essere effettuato mediante un foglio di calcolo elaborato sulla base della procedura definita e, per rendere ancora più facile la sua compilazione, potrebbe essere collegato ad una piattaforma GIS nella quale siano presenti tutti i dati utili al fine del calcolo immediato del punteggio relativo ai requisiti che possono essere collegati alla mappa geografica del contesto urbano analizzato, quali quelli compresi nell'area A di "Qualità del sito".

3.3. Possibili evoluzioni degli strumenti proposti

Il lavoro svolto verrà meglio esplicato sul piano metodologico e sperimentale nel capitolo seguente e nella terza parte della tesi per quel che riguarda gli strumenti di progettazione eco-responsabile e di valutazione eco-sostenibile applicata ai prodotti e alle soluzione costruttive.
Se opportunamente studiata ed integrata con i contributi degli organi competenti nelle materie trattate a partire dagli ambiti comunali sino alla scala regionale, tale ricerca potrà avere diverse evoluzioni in funzione degli obiettivi perseguiti.
Si delineano a seguire alcuni scenari di sviluppo.

Sistema di valutazione degli aspetti di sostenibilità

È possibile ideare un sistema di valutazione degli aspetti di sostenibilità riferiti ad ambiti più vasti d'indagine, al fine di incentivare politiche di risparmio delle risorse idriche ed energetiche, recupero/

riciclo dei materiali, utilizzo dei materiali locali e poco impattanti nell'arco del loro ciclo di vita a livello intercomunale o regionale, ad esempio, attraverso bandi pubblici sulla riqualificazione del costruito esistente.

Certificazione ambientale (di sostenibilità)

È possibile associare alla valutazione degli aspetti di sostenibilità un sistema di certificazione energetico-ambientale ancora assente nella regione Sardegna sul modello di quelli proposti in altre realtà italiane (ad esempio Casa Clima Nature nella provincia di Bolzano).

Sistema di informazione ambientale su prodotti e processi costruttivi

È possibile supportare questi strumenti di valutazione ambientale con le informazioni ambientali ricavate da analisi oggettive e quantificabili, come l'analisi del ciclo di vita di prodotti e di processi costruttivi, in modo che la scelta ricada su soluzioni realmente sostenibili.
I requisiti relativi alla eco-compatibilità e sostenibilità dei materiali e dei prodotti prescritti in ambito normativo e premiati dagli strumenti di valutazione ambientale potrebbero essere l'*input* affinché si attivi una richiesta informativa in materia di bilancio ambientale e eco-profilo dei prodotti, e potrebbero costituire, in questo modo, quella giusta pressione affinché produttori e costruttori certifichino dal punto di vista ambientale i propri prodotti e le soluzioni costruttive proposte.

3.4. Obiettivi auspicati

Tra gli obiettivi auspicati da questa ricerca vi sono , in primo luogo, la definizione di strategie di sostenibilità ambientale in edilizia e lo sviluppo di strumenti razionali, sintetici e schematici a supporto della progettazione eco-responsabile e in favore della qualità e del benessere in ambito urbano.
Inoltre, attraverso l'utilizzo degli strumenti di valutazione ambientale sviluppati secondo l'approccio metodologico proposto, si intende colmare un *deficit* legislativo in materia di sostenibilità ambientale in edilizia nell'ambito regionale sardo.
Si individua infatti nei regolamenti edilizi e nelle norme tecniche attuative dei piani urbanistici l'unica strada che attualmente possa

condurre in tempi non troppo lunghi all'attuazione di politiche eco-responsabili alla scala comunale, intercomunale, provinciale e regionale.
Si tratta di integrare i vigenti strumenti normativi di attuazione con linee guida prescrittive in materia di sostenibilità ambientale e fornire dei modelli schematici e semplificati di supporto alle scelte costruttive eco-responsabili sia in fase decisionale che durante l'esecuzione delle opere.
I requisiti tecnici selezionati richiamano criteri progettuali e costruttivi rispettosi dell'ambiente costruito e promuovono azioni volte a sfruttare le risorse esistenti e rinnovabili locali. Attuare politiche che sensibilizzino e premino la conservazione e il recupero del patrimonio ambientale nei propri territori, inteso come insieme dei beni materiali e immateriali locali, significa innescare dei processi che in breve tempo possano portare alla rivitalizzazione dei capitali esistenti e all'arresto del loro attuale stato di abbandono.
La realtà sostenibile è quella che si attua a partire dal proprio territorio, sfruttando le risorse materiali e umane locali, il sapere, le tecniche e le tecnologie radicate nella tradizione locale.
Continuare ad inseguire il totale *ex novo* nei processi, nelle tecniche costruttive, nei prodotti, come si è fatto nei decenni passati, porta ad un rapido impoverimento del nostro territorio e alla cancellazione dalla memoria di tutte quelle conoscenze che hanno consentito che il bene naturale giungesse fino a noi.
Autonomia e dipendenza dall'ambiente sono i due concetti base della sostenibilità in ambito urbano: auto- ed eco-organizzazione rappresentano il *modus operandi* verso lo sviluppo sostenibile locale a livello ambientale, sociale ed economico.
Nel secondo capitolo abbiamo analizzato alcuni esempi virtuosi e abbiamo visto come modelli di approccio capaci di sfruttare risorse materiali e umane locali secondo uno spirito condiviso e partecipato riescano ad attivare dei processi di sviluppo a catena.
Esperienze che si traducono in nuove occasioni di sfruttamento del territorio e in nuove opportunità di lavoro, in un contesto tanto ricco di materie prime e di eccedenze delle produzioni in ambito industriale e agricolo ma anche tanto bisognoso di *input* nel settore occupazionale.
Questo sarebbe l'obiettivo massimo auspicabile.

Note

[1] Per la redazione del Piano Particolareggiato del centro di antica e prima formazione in adeguamento alle norme tecniche d'attuazione al Piano Paesaggistico Regionale, l'amministrazione comunale di Sedilo ha istituito l'Ufficio del Piano, composto da quattro professionisti locali (arch. Alessia Lampreu, arch. Claudia Meloni, ing. Giuseppe Manca e me medesima) sotto il coordinamento dell'Ufficio tecnico comunale e dell'arch. Sebastiano Gaias. Tale elaborazione è iniziata a febbraio del 2013 e prevede l'adozione del Piano entro il 2014.

[2] Si fa riferimento alla Legge regionale n.13 del 10 giungo 2008 della Regione Puglia, alla Deliberazione di G. R. n. 2272 del 24.11.2009 che definisce il Sistema di certificazione di Sostenibilità ambientale degli edifici ed alla D.G.R. n. 1471/2009 che definisce il Sistema di Valutazione.

[3] Delibera Giunta regionale 28 febbraio 2005, n. 322 di approvazione delle istruzioni tecniche denominate "Linee guida per la valutazione della qualità energetica ed ambientale degli edifici in Toscana" ai sensi dell'articolo 37, comma 3 della legge regionale 3 gennaio 2005, n. 1 ed in attuazione dell'azione B.13 del P.r.a.a. 2004-2006.

[4] Deliberazione 12 aprile 2011 n.145 (BUR 18/04/2011 n.24) in approvazione delle "Linee guida per la valutazione della sostenibilità energetico-ambientale degli edifici in attuazione della L.R. n. 1/2011 di modifica della L.R. n.19/2009. Protocollo Itaca - Campania sintetico (con allegati)".

[5] "Linee Guida per la definizione di un Regolamento Edilizio tipo Provinciale" redatte nel 2005 dall'assessorato all'ambiente - settore Energia della provincia di Milano in collaborazione con il Politecnico di Milano.

[6] Legge regionale 27 maggio 2008, n.6 "Disposizioni regionali in materia di architettura sostenibile e bioedilizia", a cui fanno seguito la Deliberazione Giunta Regionale 5 febbraio 2010, n.72 recante la presa d'atto del documento denominato Schema di Regolamento regionale "Sistema per la Certificazione di sostenibilità ambientale degli interventi di bioedilizia e l'accreditamento dei soggetti certificatori", la Deliberazione Giunta Regionale 5 marzo 2010, n.133 recante l'adozione del "Protocollo ITACA Regione Lazio" Residenziale e del "Protocollo ITACA Regione Lazio" non Residenziale, il Regolamento Regionale del 23 aprile 2012 n.6 contenente il "Sistema per la certificazione di sostenibilità energetico - ambientale degli interventi di bioedilizia e per l'accreditamento dei soggetti abilitati al rilascio del certificato di sostenibilità energetico - ambientale".

[7] Per la regione Emilia Romagna si fa riferimento alla Deliberazione Assemblea Legislativa 4 marzo 2008, n.156 "Atto di indirizzo e coordinamento sui requisiti di rendimento energetico e sulle procedure di certificazione energetica degli edifici" (Proposta della Giunta regionale in data 16 novembre 2007, n. 1730) e ai Requisiti Tecnici in Materia Di Sostenibilità Edilizia (la cui stesura è stata ultimata nel novembre del 2011).

[8] Direttiva 89/106/CEE del Consiglio del 21 dicembre 1988 relativa al ravvicinamento delle disposizioni legislative, regolamentari e amministrative degli Stati Membri concernenti i prodotti da costruzione.

[9] Il Piano Paesaggistico Regionale sardo nasce nel 2006 in virtù della Legge regionale n°8 del 25 novembre 2004, "Norme urgenti di provvisoria salvaguardia per la pianificazione paesaggistica e la tutela del territorio regionale", e assume una valenza "descrittiva, prescrittiva e propositiva" generale in attesa che gli strumenti urbanistici locali si adeguino ad esso.

“La povertà di espressione odierna è la riprova dell’assenza di quello spirito ordinatore presente invece nel passato.”

“... l’acquisizione di nuove tecniche costruttive che attingono dall’industria più che dall’artigianato non giustifica la rottura di quell’equilibrio tra natura, vita e casa, raggiunto e rispettato sino a ieri”

(Vico Mossa in *Architettura domestica in Sardegna*)

4. *Ri*-abitare sostenibile a Sedilo

In questo capitolo si riporta un caso-studio frutto dell'esperienza lavorativa personale intrapresa nel campo della pianificazione attuativa nell'ambito dell'adeguamento del Piano Particolareggiato del comune di Sedilo alle Norme Tecniche d'Attuazione del Piano Paesaggistico Regionale della Sardegna di cui si è fatto accenno nel capitolo 3.

In tale occasione si è avuto modo di sperimentare quanto sviluppato a livello metodologico nell'ambito di questa ricerca: dalla lettura dei caratteri di sostenibilità rilevati in un contesto costruito esistente si è giunti alla formulazione di indicazioni normative e schede di valutazione e di verifica degli interventi ammessi in quello specifico contesto.

In seguito all'entrata in vigore del Piano Paesaggistico Regionale nel 2006, i comuni sardi sono stati chiamati a definire con precisione i propri ambiti di tutela e, in particolar modo, il 'centro di antica e prima formazione'[1], in riferimento ai quali adeguare i piani attuativi seguendo le norme tecniche d'attuazione del P.P.R. (2006).

In questo quadro di riferimento, il comune di Sedilo, dopo aver concordato con gli organi competenti regionali il perimetro del centro matrice, ha iniziato l'iter di adeguamento del piano particolareggiato alle nuove disposizioni regionali. Per l'occasione è stato costituito l'Ufficio del Piano, composto da professionisti locali e coordinato da un professionista esterno e dall'Ufficio Tecnico Comunale.

Tale esperienza è stata fondamentale per sperimentare la metodologia studiata ed elaborare un apparato di strumenti normativi e di valutazione e verifica della sostenibilità ambientale attraverso i quali sia effettivamente possibile e fattibile promuovere e incentivare interventi eco-responsabili alla scala locale.

L'eterogeneità formativa del gruppo di lavoro, il continuo confronto con i tecnici e gli amministratori comunali, il processo di partecipazione che ha accompagnato la stesura del Piano e ha visto il coinvolgimento dei tecnici e della popolazione locale, hanno contribuito ad arricchire questa esperienza testando le reazioni degli attori e traducendole in osservazioni costruttive ai fini dei risultati raggiunti.

La prima fase dello studio è stata dedicata alla conoscenza del patrimonio costruito esistente, ovvero all'analisi dei caratteri storici, architettonici, culturali e sociali dell'abitato oggetto di studio, in relazione al territorio che lo circonda.
Questa prima fase è stata fondamentale per la successiva fase progettuale, in cui, sulla base della conoscenza, comprensione e sensibilizzazione al recupero del proprio patrimonio storico, sono state elaborate le indicazioni normative per gli interventi consentiti all'interno del centro matrice nel pieno rispetto dei principi forniti dal Piano Paesaggistico Regionale e dalle sue norme tecniche d'attuazione.
Ed è proprio in riferimento a quei principi contenuti nelle norme tecniche attuative del P.P.R. (art.107, comma 3, lett. g, punto 1), in cui si invitano i comuni a predisporre, tra le altre cose, una "disciplina degli usi e delle trasformazioni, orientata a limitare il consumo del territorio, delle risorse non rinnovabili e alla prevenzione integrata degli inquinamenti", che è stato elaborato uno strumento di indirizzo e di verifica alla valutazione della sostenibilità ambientale degli interventi consentiti dal Piano.

4.1 Gli obiettivi del Piano

Nell'ambito di un piano particolareggiato, gli obiettivi della sostenibilità si devono integrare e susseguono a quelli prioritari della conservazione e del recupero dei caratteri storici del luogo.
Questo costituirebbe un limite all'applicazione di politiche eco-responsabili qualora non si riconoscesse in quegli stessi caratteri storici le matrici alle più recenti tecniche e tecnologie costruttive in materia di risparmio energetico e bioedilizia. È importante perciò imparare a 'leggere' il costruito esistente non solo mettendone in risalto gli aspetti architettonici storico-culturali ma anche quelli ambientali legati alla sostenibilità.
Di tali caratteri si è tenuto conto per la definizione degli obiettivi generali del Piano Particolareggiato del centro matrice di Sedilo.
A seguire si riportano gli obiettivi del Piano estrapolati dalla "Relazione illustrativa" mettendo in evidenza quelli specifici sulla sostenibilità:

"- conservare gli elementi architettonici e l'unità formale originaria degli edifici;
- ricomporre il carattere formale degli edifici secondo la loro tipologia originaria;
- armonizzare l'intervento con i caratteri dell'ambiente naturale nel quale si inserisce;
- preservare l'identità storica e culturale del patrimonio edilizio e architettonico;
- preservare le tradizioni e tecniche costruttive e tipologiche;
- valorizzare gli elementi costruttivi presenti negli edifici storici e nell'edilizia tradizionale locale e/o rurale che trovano piena rispondenza nei principi dell'architettura sostenibile e della bioedilizia;
- assicurare, negli interventi di recupero degli edifici, la conservazione e il ripristino degli elementi e delle soluzioni costruttive proprie dell'architettura sostenibile e della bioedilizia ovvero la sostituzione degli stessi con materiali che ne mantengano inalterate le originali caratteristiche di biocompatibilità;
- armonizzare i fabbricati di nuova costruzione o soggetti a ricostruzione o a recupero, in relazione ai materiali da rivestimento, alle tinteggiature e alle coperture, con gli edifici circostanti, in particolare con quelli costituenti matrice ambientale, anche senza essere necessariamente simili a questi, nonché inserirsi convenientemente nell'ambiente urbano o naturale rispettandone le caratteristiche peculiari;
- garantire che le caratteristiche morfologico-costruttive e cromatico-materiche dell'intervento nel complesso ben si adattino all'ambiente in cui si inseriscono attraverso l'adozione di configurazioni coerenti con le caratteristiche del luogo, soluzioni che facilitino l'orientamento, rispetto alle coordinate geografiche ed orografiche, e la leggibilità delle caratteristiche geomorfologiche del luogo, caratteri architettonici compatibili e coerenti con le regole compositive proprie del contesto, caratteristiche spaziali planivolumetricamente coerenti con la tipologia degli edifici tradizionali circostanti e con le forme del paesaggio naturale;
- promuovere all'interno del costruito storico azioni di

intervento che rispettino le normative nazionali e regionali sulla sostenibilità energetico-ambientale e premiare le iniziative volte a sperimentare nuove soluzioni maggiormente performanti rispetto alle pratiche correnti."

Tali obiettivi sono stati riportati anche nel Rapporto Ambientale preliminare che accompagna la procedura di verifica di assoggettabilità del piano particolareggiato alla Valutazione Ambientale Strategica ai sensi del D.Lgs. 152/2006, e s. m. i., del quale si riporta uno stralcio in Appendice.
Dal punto di vista della verifica ambientale, qualora il Piano sia ritenuto non assoggettabile alla V.A.S., come è successo nel caso di Sedilo, il suo iter di valutazione ambientale inizia e termina con il Rapporto Ambientale preliminare che, difatti, costituisce una semplice dichiarazione d'intenti la cui attuazione non subirà ulteriori verifiche di controllo da parte degli organi competenti in materia di sostenibilità ambientale.
Da qui è nata l'esigenza di proporre, con questo lavoro di ricerca, nuovi strumenti di verifica della sostenibilità che supportino i comuni strumenti regolatori.
Si tratta di strumenti destinati ai progettisti locali e ai tecnici dell'ufficio comunale in qualità di organo di controllo. Strumenti chiari, sintetici e schematici che fanno riferimento a protocolli già adottati nel territorio nazionale e che vengono adattati ad un contesto locale esistente al fine di recuperarlo e riqualificarlo.
Di seguito si riporta la descrizione dell'approccio metodologico adottato nell'ambito della ricerca e che ha portato all'individuazione dei caratteri di sostenibilità e d'insostenibilità del patrimonio costruito esistente e alla successiva formulazione delle indicazioni normative e dei requisiti di sostenibilità ambientale richiesti nell'ambito degli interventi di progetto e costruzione.
Le indicazioni normative in materia di sostenibilità ambientale proposte e inserite negli elaborati finali della "Relazione Illustrativa" e delle "Norme tecniche d'Attuazione" del Piano Particolareggiato del centro di antica e prima formazione di Sedilo e i "Requisiti tecnici di sostenibilità ambientale degli edifici" vengono riportate per esteso in Appendice.

4.2. Caratteri di sostenibilità del patrimonio costruito esistente nel centro matrice di Sedilo

4.2.1. La riqualificazione del patrimonio edilizio urbano esistente

Abbiamo visto, nella prima parte della tesi, come le crisi energetiche del Ventesimo secolo abbiano progressivamente innescato un movimento di denuncia, di informazione e di sensibilizzazione nei confronti delle problematiche ambientali e, in particolare, di responsabilizzazione nell'utilizzo del suolo.
Gli incontri internazionali e nazionali di questi ultimi vent'anni anni hanno dibattuto, nello specifico, sulle strade da intraprendere affinchè tutti i settori continuassero a perseguire il progresso, in termini di efficacia ed efficienza, non più finalizzato alla crescita bensì ad uno sviluppo di tipo economico, sociale e ambientale improntato su una nuova cultura: la cultura della sostenibilità.
Questa nuova cultura, in base agli studi scientifici che continuamente dimostrano e denunciano il depauperamento dell'ecosistema ad opera soprattutto dei settori più energivori, quali i trasporti, l'edilizia e l'industria, sta via via convergendo negli intenti, negli strumenti e nei metodi, verso la cultura del risparmio e del recupero.
Anche nell'ambito architettonico e dell'edilizia, negli ultimi dieci-quindici anni, si sente sempre più spesso parlare di cultura del recupero non solamente in termini di recupero storico, architettonico e culturale, ma sopratutto in adeguamento ai criteri dettati dalle emergenti istanze di compatibilità ambientale e di efficientamento energetico. Il patrimonio edilizio esistente, infatti, per essere recuperato e adeguato ai criteri di eco-sostenibilità, necessita di interventi più o meno rilevanti a seconda del suo stato di conservazione e a seconda del suo grado iniziale di sostenibilità o di insostenibilità.
Il primo passo da compiere, necessario a promuovere provvedimenti normativi atti a favorire il recupero del patrimonio edilizio esistente, è un'analisi rigorosa di tipo analitico, tipologico e costruttiva che sappia scorgere gli elementi di sostenibilità del costruito, preservarli e integrarli con le più recenti disposizioni normative. Solo attraverso un atto cognitivo eco-consapevole è possibile promuovere la conservazione del patrimonio esistente e la rivitalizzazione del

centro abitato in modo da mantenere una testimonianza della storia sociale, culturale ed economica del territorio da tramandare alle future generazioni e da evitare che il degrado o la sostituzione indiscriminata travolgano la situazione esistente, sostituendola con un'edilizia anonima, così come lentamente sta avvenendo in molti centri storici.

4.2.2. Il caso Sardegna nell'ambito del dibattito sulla cultura del recupero e della sostenibilità[2]

Intorno al 2005-2006, secondo i dati del Rapporto CRESME sull'edilizia, l'indice degli investimenti in costruzioni e in produzione dell'industria edilizia ha registrato un picco (indice 2005 pari a 100) rispetto al dato del 1995 (indice pari a 80). Le nuove costruzioni in questi anni hanno favorito la crescita delle periferie senza qualità nelle nostre città e allo stesso tempo la progressiva "periferizzazione" e "marginalizzazione" dei centri storici a causa dell'abbandono e della dismissione del costruito esistente e della sua "capillare sostituzione con edilizia a bassa qualità" (Sanna, 2012, p. 68).
In questo ultimo decennio, in seguito anche alla crisi mondiale che ha rafforzato la presa di coscienza della necessità di un immediato cambiamento, si sta nuovamente facendo appello allo sviluppo di qualità in luogo della crescita in quantità di scarsa qualità degli ultimi cinquant'anni.
E tra i cambiamenti auspicati, vi è, come è stato ampiamente ribadito nel corso di questo scritto, una maggiore attenzione alle istanze legate alle tematiche ambientali e alla sostenibilità in chiave economica e sociale.
Anche la Sardegna ha attivamente partecipato e contribuito a questa nuova controtendenza a livello politico, a livello formativo e a livello attuativo, promuovendo azioni di sensibilizzazione e incentivazione alla cultura della sostenibilità e del recupero. Così, in continuità con la Legge Regionale 29/98 sui centri storici[3], che già aveva individuato la strada da seguire per un cambiamento all'insegna del recupero del costruito storico "facendo scattare nuove convenienze economiche ed insieme un'inedita attenzione sociale al patrimonio tradizionale di qualità" (Sanna, 2012, p.75), a partire dal 2004-2005 la Regione avvia l'esperienza del Piano Paesaggistico della Sardegna in adempimento

al Codice Urbani[4]. Si riporta a seguire la sintesi dei principi ispiratori del Piano Paesaggistico della Regione Sardegna a cura del prof. A. Sanna[5]:

> "*Il Piano si basa in ultima analisi sull'idea chiave che si possa costruire un modello di sviluppo della Sardegna non più basato sulla quantità dei volumi edificati, ma sulla valorizzazione dei "paesaggi della lunga durata", fatta con il recupero del patrimonio storico culturale e con una qualità contemporanea costruita attraverso un processo di comprensione profonda del senso di questi paesaggi. Quindi in Sardegna, che è un luogo di elevatissima concentrazione dell'habitat, di bassa densità ma di quasi assoluta assenza di dispersione dell'edificato nel territorio, l'idea del Piano Paesaggistico è stata quella di valorizzare il principio della densità contro la dispersione, a partire dal recupero del costruito storico. Il recupero del paesaggio storico viene riproposto non in senso imitativo, non rifacendo la caricatura delle vecchie case, ma comprendendo la struttura profonda del paesaggio, la logica dell'insediamento dell'architettura regionale, come modello per il terzo millennio. Un modello di sviluppo possibile e sostenibile, in una regione come la Sardegna, alla periferia dell'occidente sviluppato e nel quadro dell globalizzazione, si è pensato allora che dovesse essere basato sulla competizione intorno alla qualità piuttosto che alla quantità*".

Ciò su cui il Piano ha puntato basandosi su un modello di sviluppo ecologico che contrastasse il consumo del suolo è la ricostruzione e la valorizzazione dell'"identità dell'architettura storica e del paesaggio, considerando che la rete dei nuclei storici può costituire l'elemento portante dell'identità e dell'armatura del territorio" (Sanna, 2012, p.72).

A partire dal 2007, a supporto del P.P.R. della Sardegna sono state attuate diverse iniziative imprenscindibili dal Piano stesso e che rientravano nell'ambito del programma formativo di costruzione del progetto di conoscenza che si era imposto. Regione e Università hanno perciò avviato due strumenti paralleli oltre a master post-universitari sul costruito moderno e storico: l'Osservatorio dei centri storici, in affiancamento agli Uffici Tecnici comunali con il compito di riorganizzare la consapevolezza sulla gestione della qualità del proprio patrimonio costruito in ambito storico, e i "Manuali di recupero

dei centri storici della Sardegna"[6], strumenti orientativi e discorsivi e non prescrittivi di indirizzo alla lettura del patrimonio esistente secondo un approccio metodologico rigoroso d'indagine dalla scala dell'insediamento territoriale alla scala dei dettagli costruttivi dei tipi edilizi tradizionali.
Di contro a questo grande progetto di conoscenza, messo in piedi dalla Regione con il supporto dell'Università, il Piano ha dimostrato qualche carenza nella fase di trasmissione e di condivisione di questa conoscenza con la comunità: è mancata allora, e manca tutt'oggi nell'ambito dell'adeguamento dei piani attuativi alle norme tecniche attuative del P.P.R. (rendendo arduo il percorso di approvazione), la partecipazione attiva alla costruzione del Piano da parte degli attori e dei gestori del territorio, ovvero i cittadini e tutte le figure professionali che rendono vitali i centri dell'isola. Su questo bisogna sicuramente lavorare affinchè il Piano non venga visto solamente come uno strumento che impone dall'alto regole e vincoli. Occorre che la Regione promuova maggiori iniziative e opportunità di conoscenza delle micro-realtà locali che compongono il vasto e ricco patrimonio costruito esistente e che sia a livello locale che si compia il programma di conoscenza del proprio contesto costruito da cui derivare le regole d'intervento per il futuro.
Questa tesi in questo senso rappresenta un'occasione di condivisione di un approccio di lettura del patrimonio esistente in un contesto definito da cui derivare le regole per un habitat futuro eco-responsabile e su cui impostare un proprio protocollo di intervento e trasformazione del costruito. Il protocollo che viene alla fine sviluppato, composto di schede di requisiti tecnico-ambientali richiesti in ambito di progetto e costruzione, rappresenta uno strumento di partenza, flessibile, aggiornabile, integrabile, discutibile, in cui poter trasferire l'insieme delle regole di ri-abitare sostenibile che la comunità decide di darsi a partire da quelle di carattere generale imposte dalla normativa nazionale.

4.2.3. Caratteri insediativi e tipologici

Ai sensi dell'art. 51 delle Norme Tecniche d'Attuazione (N.T.A.) del Piano Paesaggistico Regionale (P.P.R.) le aree caratterizzate da insediamenti storici sono costituite dalle matrici di sviluppo dei

centri di antica e prima formazione, lette dalla cartografia storica, da cui l'espressione 'centro matrice'.
Per il centro urbano di Sedilo, tale area, individuata dalla Regione in concertazione con il Comune, comprende quella porzione di abitato in cui ancora oggi si legge chiaramente il tessuto storico, i tracciati urbani storici e il rapporto costruito - non costruito caratteristico della città storica.
La definizione del perimetro deriva da un'analisi approfondita della cartografia storica (catastali d'impianto del primo Novecento) e dei caratteri storico-architettonici che ancora permangono nel costruito esistente.
La sovrapposizione della planimetria attuale (riportante gli isolati urbani e le divisioni in unità edilizie) del centro matrice con il catastale storico di primo impianto (datato intorno al primo decennio del Novecento) mostra la perfetta conservazione, in questo ultimo secolo, dei tracciati urbani storici e evidenzia un processo di trasformazione ed accrescimento del patrimonio costruito caratterizzato da un prevalente addensamento del centro urbano. Dalla progressiva parcellizzazione delle grandi proprietà all'interno dell'ambito storico si è poi passati, a partire dagli anni Settanta, all'espansione, contenuta da margini di natura orografica (un pendio) e viaria (strada provinciale di circonvallazione), verso due direttrici preferenziali.
Il censimento analitico e tipologico del patrimonio costruito esistente, che ha supportato la stesura del Piano Particolareggiato del centro matrice di Sedilo, ha consentito di individuare quattro fasi significative diacroniche di trasformazione del costruito corrispondenti a quattro archi temporali distinti: costruito ante 1900, costruito tra 1900-1950, costruito tra 1950-1970 e costruito post 1970.
Le trasformazioni che hanno interessato il patrimonio costruito fino agli anni Cinquanta hanno seguito un processo di addizione e accrescimento per matrici cellulari standard (dimensioni pressoché quadrate con lato pari a 4,50-5,00m e un'altezza pari a 2,70-3,00m) utilizzando prevalentemente le stesse tecniche costruttive tradizionali del passato.
Le trasformazioni avvenute tra il Cinquanta e il Settanta hanno in parte riproposto schemi distributivi tradizionali, con qualche innovazione nelle tecniche costruttive utilizzate (solai in cemento e ferro) e negli aspetti formali esterni (finiture esterne moderniste

Elaborazioni grafiche estrapolate dall'elaborato A3 del Piano Particolareggiato del centro di antica e prima formazione di Sedilo intitolato "Sintesi delle carte storiche e analisi della struttura urbana". In alto, sovrapposizione della planimetria attuale degli isolati e delle unità edilizie rilevate e comprese nel perimetro del centro matrice sul catastale storico d'impianto (primo '900).
In basso, rappresentazione grafica dell'isorientamento dei corpi di fabbrica riportati nel catastale storico di primo impianto (primo '900).

lineari e squadrate), e in piccola parte (si tratta di qualche edificio con funzione pubblica di proprietà della Chiesa) hanno introdotto manufatti architettonici "moderni" con qualche richiamo, sopratutto costruttivo, ai caratteri tradizionali.
L'edilizia post anni Settanta, infine, è quasi totalmente caratterizzata da nuovi manufatti che si discostano dall'architettura tradizionale per gli aspetti morfologici, distributivi, costruttivi, formali, che mal si rapportano con il costruito e il non costruito esistente.
In sostanza, fino alla prima metà del Ventesimo secolo le trasformazioni che hanno interessato il patrimonio costruito esistente hanno cercato di rispondere prevalentemente ad esigenze di spazio (in seguito, ad esempio, all'aumento dei componenti del nucleo familiare o alla specializzazione funzionale degli ambienti della casa): la cellula matrice si ripeteva pressoché invariata nelle abitazioni delle persone più o meno illustri (negli aspetti costruttivi ma non negli apparati di finitura) secondo un processo di addizione e giustapposizione che avveniva a lato, in profondità o in altezza rispetto al corpo originario esistente. Successivamente, a partire dalla fine degli anni Quaranta in poi, l'edilizia tradizionale è andata via via trasformandosi nelle tecniche costruttive e negli aspetti formali fino alla sua completa sostituzione con modelli estranei, in parte o in tutto, ai caratteri tipologici di quel contesto e rispondenti non più alle sole esigenze di spazio ma sopratutto alle nuove esigenze abitative secondo un nuovo modo di abitare la propria dimora, in termini di mutati rapporti tra interno-esterno, area verde-spazio costruito, corte-abitazione, attività dentro-fuori casa.
Esigenze che hanno portato al progressivo abbandono e allo spopolamento dei centri storici dove il patrimonio costruito esistente poteva risultare proibitivo da questo punto di vista. Tuttavia, le esigenze contemporanee con cui il patrimonio esistente è chiamato a confrontarsi, essendo nuovamente cambiate negli ultimi cinquant'anni, potrebbero verosimilmente ritrovare una dimensione più consona nel costruito esistente storico piuttosto che in quello esistente più recente, in virtù anche degli aspetti di compatibilità ambientale e di efficientamento energetico ai quali sono chiamate a rispondere.
L'architettura tradizionale, infatti, e il caso-studio di Sedilo lo conferma, vanta caratteri di sostenibilità quasi dimenticati o disconosciuti

dall'architettura moderna dei nostri centri urbani: caratteri quali ad esempio il rapporto tra l'edificio e il sito in cui sorgeva o l'uso di risorse materiali ed energetiche proprie del luogo in cui si costruiva.

4.2.4. Individuazione dei caratteri di sostenibilità e di insostenibilità

Dalla sintesi dell'analisi conoscitiva del patrimonio costruito esistente nel centro matrice di Sedilo è stato possibile individuare i caratteri di sostenibilità propri dell'architettura tradizionale.
Tali caratteri vanno a costituire quel patrimonio di conoscenza degli aspetti climatici e ambientali del costruire tradizionale che occorre conservare e promuovere, così come richiesto alla scala locale da Agenda 21 assieme alle altre azioni di sostenibilità degli insediamenti urbani e delle attività edilizie, quali la riduzione del consumo del terreno libero, la manutenzione e la prevenzione del degrado urbano ed edilizio, la gestione sostenibile, la tutela del patrimonio storico, la progettazione di edifici e manufatti longevi, flessibili e adattabili alle diverse esigenze future. Azioni che, come abbiamo visto nel secondo capitolo, possono essere sintetizzate mediante i seguenti criteri di eco-sostenibilità riportati da Gulli in *Struttura e Costruzione* (2012): interazione sito-edificio, comfort ambientale interno, contenimento dei consumi energetici, recupero e riutilizzo dei materiali, mantenimento dell'assetto idrico del territorio, uso della vegetazione come strumento regolatore bioclimatico, uso dei materiali ecologici e biologici, uso di prodotti e soluzioni costruttive durature che richiedono poca manutenzione e organizzazione sostenibile del cantiere. Sulla base di questi criteri sono state redatte quattordici schede[7] riassuntive dei principi di sostenibilità nell'edilizia individuati all'interno del centro matrice di Sedilo:

- INTERAZIONE SITO-EDIFICIO: RAPPORTO TRA SPAZIO COSTRUITO E NON-COSTRUITO;
- INTERAZIONE SITO-EDIFICIO: ORIENTAMENTO DEI CORPI DI FABBRICA
- INTERAZIONE SITO-EDIFICIO: RAPPORTO SUPERFICIE/VOLUME
- INTERAZIONE SITO-EDIFICIO: RAPPORTO EDIFICIO/MORFOLOGIA DEL SITO
- INTERAZIONE SITO - EDIFICIO: RAPPORTO EDIFICIO - SERVIZI
- COMFORT AMBIENTALE INTERNO: DISTANZA DA FONTI DI INQUINAMENTO E

PREDISPOSIZIONE SERVIZI DI CABLATURA E DOMOTICA
- COMFORT AMBIENTALE INTERNO: INVOLUCRO OPACO
- COMFORT AMBIENTALE INTERNO: ILLUMINAZIONE NATURALE E SISTEMI DI SCHERMATURA
- COMFORT AMBIENTALE INTERNO: AERAZIONE NATURALE
- CONTENIMENTO CONSUMI ENERGETICI
- RECUPERO E RIUTILIZZO DEI MATERIALI
- USO MATERIALI ECOLOGICI COMPATIBILI CON MATERIALI TRADIZIONALI
- MANTENIMENTO ASSETTO IDRICO DEL TERRITORIO E RIUTILIZZO ACQUA METEORICA
- IMPIEGO DELLA VEGETAZIONE COME STRUMENTO REGOLATORE BIOCLIMATICO

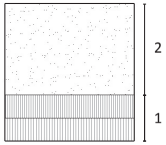
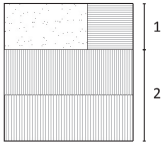
Ciascuna scheda è organizzata in:
- caratteri di sostenibilità del patrimonio esistente;
- caratteri di insostenibilità del patrimonio esistente;
- indirizzi di recupero e adeguamento alle istanze di compatibilità ambientale ed efficientamento energetico dei caratteri di sostenibilità del patrimonio esistente.

Questi ultimi, a seconda dello strumento regolatore adottato (prescrittivo, normativo o di valutazione e verifica), si suddividono a loro volta in:
- considerazioni fatte nell'ambito della definizione degli interventi consentiti per le singole unità edilizie e che nel Piano Particolareggiato si traducono nell'indicazione degli interventi prescrittivi (di manutenzione ordinaria, straordinaria, ristrutturazione edilizia, restauro conservativo, restauro scientifico) all'interno di schede d'intervento di dettaglio e negli elaborati progettuali (con planimetrie e prospetti in scala 1:200)[8];
- indicazioni normative per la tutela della sostenibilità del patrimonio edilizio esistente (ad integrazione delle Norme Tecniche d'attuazioneriportate per esteso in Appendice);
- schede di valutazione e verifica (riportate per esteso in Appendice) dei requisiti di sostenibilità ambientale ed energetica degli interventi di riqualificazione del patrimonio costruito esistente.

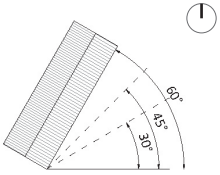
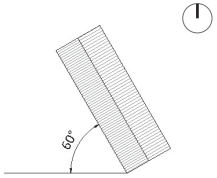
Si riporta, a seguire, uno schema della metodologia adottata nell'ambito di questa ricerca e in parte sperimentata nell'ambito dell'esperienza del Piano Particolareggiato del centro di antica e prima formazione di Sedilo, e le schede di sintesi dei principi di sostenibilità nel patrimonio costuito esistente.

Schema di sintesi dei caratteri di sostenibilità nel patrimonio costruito esistente analizzato e delle corrispondenti indicazioni normative per la loro tutela e la loro valutazione e verifica in ambito di progetto e costruzione.

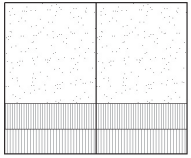
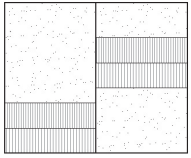
INTERAZIONE SITO - EDIFICIO: RAPPORTO TRA SPAZIO COSTRUITO - SPAZIO NON COSTRUITO

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
 **RAPPORTO COSTRUITO/NON COSTRUITO =1/2 o 1/3** Le architetture tradizionali perfettamente conservate sino ai giorni nostri o aventi subito piccoli accrescimenti (aggiunta di vani tecnici o locali igienici) presentano un rapporto superficie costruita/superficie non costruita rispetto alla corte annessa (antistante o retrostante) pari a 1/3 o al massimo pari a 1/2. In termini di sostenibilità questo si traduce in: - un risparmio complessivo di risorse (materiali ed energetiche) nell'arco della vita dell'edificio a partire dalla sua costruzione sino alla sua totale dismissione; - ridotto consumo del suolo; - maggiore qualità della vita.	 **RAPPORTO COSTRUITO/NON COSTRUITO >1/2** Le trasformazioni recenti (post anni '70) hanno portato all'ampliamento planimetrico degli edifici esistenti sino alla quasi totale saturazione dello spazio non costruito. La non sostenibilità di queste nuove situazioni rilevate è riconducibile a: - un maggiore consumo di risorse materiali ed energetiche sia in fase di costruzione sia in fase di gestione dell'edificio; - maggior consumo del suolo; - scomparsa dell'elemento caratteristico filtro della casa tradizionale: la corte; - riduzione degli spazi privati aperti a danno della qualità della vita.	- Nelle Unità Edilizie (U.E.) rilevate in cui il rapporto costruito/non costruito è quasi saturo non vengono consentiti ampliamenti planimetrici. - Ove il rapporto con il contesto costruito adiacente lo consente, è consentita la sopraelevazione previa demolizione di locali accessori che saturano la corte. - Alle piccole U.E. con ampia area di pertinenza non costruita è stato consentito l'ampliamento in profondità rispetto all'affaccio principale. - Nei casi di U.E. con piccole corti e aventi necessità di nuove volumetrie è stata consentita la sopraelevazione in modo da non saturare la corte e purché la nuova soluzione di progetto sia in armonia con il contesto adiacente.	- Si prescrive la demolizione di tutti i volumi esistenti che sono stati realizzati senza regolare concessione edilizia e che pertanto risultano abusivi. - Nella progettazione degli spazi residuali e non edificati del lotto edificabile dovranno essere tenute in considerazione le esigenze di massimo utilizzo della superficie a verde. - Non è consentita la realizzazione nelle corti e nei cortili di pavimentazioni impermeabili. - Rispetto alle norme relative ai massimi indici di edificabilità e di copertura prevalgono le disposizioni presenti nelle tavole di progetto e nelle schede di dettaglio allegate al Piano Particolareggiato.	**- SCHEDA A.1.1. RIUTILIZZO DEL TERRITORIO:** per favorire l'utilizzo delle aree già in precedenza antropizzate e preservare le aree non urbanizzate - **C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO**: minimizzare l'interruzione e l'inquinamento dei flussi naturali d'acqua - **C.3.1. EFFETTO ISOLA DI CALORE**: garantire che gli spazi esterni abbiano condizioni di comfort termico accettabile durante il periodo estivo

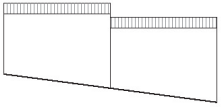
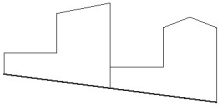
INTERAZIONE SITO - EDIFICIO: ORIENTAMENTO DEI CORPI DI FABBRICA

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
 **ISORIENTAMENTO A 60°, 45° E 30° RISPETTO ALL'EST GEOGRAFICO** Nell'edificato tradizionale la disposizione dei corpi di fabbrica è in prevalenza orientata verso sud-est. Il corpo di fabbrica si sviluppa di preferenza lungo la direttrice posta a 60°, 45° o 30° rispetto all'est geografico. Su tale affaccio si dispongono gli ambienti principali e si concentrano le maggiori aperture che sfruttano al massimo in tal modo l'apporto solare: l'inclinazione rispetto all'est geografico consente di attenuare l'intensità della radiazione durante il periodo estivo. Tale orientamento, consente inoltre di ripararsi dai venti invernali (maestrale).	 **ORIENTAMENTO A 60° RISPETTO ALL'OVEST GEOGRAFICO** All'interno del centro matrice sono state rilevate sequenze di fabbricati disposti lungo l'asse sud-est - nord-ovest con affaccio principale verso nord-est o verso sud-ovest. Tali casi corrispondono alle edificazioni sorte successivamente ai percorsi d'impianto in seguito a processi di parcellizzazione di grandi proprietà, lungo i percorsi che li collegavano (percorsi di collegamento) e che si disponevano ortogonalmente o con angolo d'incidenza inferiore o superiore ai 90°, da qui la loro giacitura in contrasto con la tradizionale giacitura isorientata. Oltre a favorire l'esposizione maggiore ai venti dominanti, tale giacitura non riesce a sfruttare al meglio le radiazioni solari sopratutto nei periodi invernali.	- Le nuove volumetrie concesse tengono conto nella disposizione dell'orientamento ottimale secondo l'isorientamento dei corpi di fabbrica tradizionali. - Laddove vi siano situazioni di corpi abitativi con l'unico affaccio consentito rivolto verso nord e con ampia area di pertinenza, sono state concesse nuove volumetrie che riescano a sfruttare al meglio l'esposizione ottimale. - Le nuove volumetrie concesse tengono conto, in termini di superficie, altezza e localizzazione, del rapporto con i volumi adiacenti onde evitare fenomeni di disturbo alle situazioni esistenti a causa delle ombre portate.	- Per le nuove costruzioni o gli ampliamenti volumetrici in sopraelevazione o su nuove superfici sono stati presi in considerazione, nel rispetto dell'altezza massima consentita, nonché delle distanze tra gli edifici, il sistema della reciprocità dei parametri citati e delle ombre portate, al fine di garantire, agli edifici in condizioni meno vantaggiose a causa della maggiore esposizione a nord o della minore altezza, condizioni accettabili di soleggiamento invernale.	- **B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO:** ridurre il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento - **B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE:** Ridurre gli apporti solari nel periodo estivo - **D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA**: garantire una ventilazione che consenta di mantenere un elevato grado di salubrità dell'aria, minimizzando al contempo i consumi energetici per la climatizzazione - **D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE:** assicurare adeguati livelli d'illuminazione naturale in tutti gli spazi primari occupati

INTERAZIONE SITO - EDIFICIO: RAPPORTO SUPERFICIE/VOLUME

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
 **COMPATTEZZA DEGLI EDIFICI E DEGLI AGGREGATI DI EDIFICI** Le architetture tradizionali sono caratterizzate da una forma volumetrica compatta e poco disperdente. I processi di accrescimento per addizione di cellule-matrice dalle dimensioni standard favoriscono la formazione di nuove configurazioni che conservano la compattezza originaria. Le uniche "appendici" del corpo abitativo principale che si sviluppano autonomamente rispetto ad esso sono adibite a funzioni specialistiche (attività della panificazione, ricovero animali o laboratori agricoli). All'interno degli isolati, gli aggregati di edifici appaiono compatti: gli edifici seguono lo stesso allineamento formando lunghe "stecche" edificate isorientate nelle quali i rapporti di vicinato vengono risolti evitando fenomeni di ombreggiamento non desiderati e l'introspezione tra unità abitative vicine.	 **ORGANISMI URBANI DISOMOGENEI** Le architetture rilevate all'interno del centro matrice, più o meno recenti, si presentano tutte piuttosto compatte nella forma. Tuttavia le trasformazioni che l'abitato ha subito negli ultimi sessant'anni hanno creato disallineamenti tra i corpi di fabbrica generando alcune situazioni di disomogeneità all'interno dell'organismo urbano oltre che episodi di non compattezza all'interno degli isolati. Il disallineamento tra corpi di fabbrica adiacenti crea occasioni di dispersione nelle pareti libere con conseguente aumento delle risorse (energetiche e materiali) impiegate durante la fase di gestione.	- Ove possibile in base al rapporto costruito/ non costruito sono stati concessi piccoli aumenti di volume al fine di ripristinare l'allineamento del fronte nell'ambito della stessa u.e. o l'allineamento dei fronti di corpi di fabbrica adiacenti. - Le nuove volumetrie concesse sorgono, salvo esigenze particolari dei proprietari, in adiacenza ai volumi esistenti. - Al fine di conservare il carattere di compattezza degli aggregati urbani originari, le nuove volumetrie assegnate fanno riferimento per dimensioni e per processo di accrescimento ai moduli cellulari tradizionali.	- L'intervento di ristrutturazione edilizia prevede la realizzazione di opere di ampliamento ai fini dell'allineamento del fronte dell'edificio rispetto al filo strada e alla cortina edilizia adiacente esistente per le parti, le dimensioni e le caratteristiche indicate negli elaborati grafici di progetto. - Negli edifici di recente fabbricazione, o comunque difformi dalle tipologie tradizionali, sono sempre permessi interventi di ristrutturazione edilizia che possano ricondurre l'edificio alle tipologie e ai caratteri tradizionali (allineamenti su strada), purché non si compromettano le condizioni igienico sanitarie e si conservi la stessa volumetria di massima, pur ammettendo che la specifica conformità tipologica dell'intervento ai caratteri costruttivi e di impianto è prevalente sulla dimensione volumetrica dello stesso.	- **B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO:** ridurre il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento - **C.1.1. EMISSIONI PREVISTE IN FASE OPERATIVA:** ridurre la quantità di emissioni di CO_2 equivalente da energia primaria non rinnovabile impiegata per l'esercizio annuale dell'edificio

INTERAZIONE SITO - EDIFICIO: RAPPORTO EDIFICIO-MORFOLOGIA DEL SITO

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
 **DISPOSIZIONE PARALLELA DEI CORPI DI FABBRICA AI PERCORSI IN PENDENZA** L'abitato presenta alcune zone disposte al margine del centro matrice e declinate verso un pendìo naturale. In queste zone le abitazioni si dispongono parallele ai percorsi che si riversano nel pendìo non frapponendo corpi rilevanti al naturale deflusso delle acque meteoriche, neanche nelle aree di pertinenza.	 **DISPOSIZIONE TRASVERSALE DEI CORPI DI FABBRICA RISPETTO AI PENDÌI** Vi sono corpi di recente fabbricazione che non hanno seguito la tradizionale disposizione dei fabbricati secondo le linee di pendìo. Essi si dispongono trasversalmente all'andamento del terreno sopratutto nelle pertinenze interne dove non è possibile, essendo private, prevedere comuni percorsi di deflusso delle acque meteoriche.	- Le nuove volumetrie concesse sono state disposte evitando ostacoli al normale deflusso delle acque meteoriche, sopratutto nelle aree scoscese al margine del centro matrice.	- Le indicazioni normative sono insite nelle prescrizioni progettuali riportate nelle schede di dettaglio e negli elaborati grafici di intervento.	- **C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO**: minimizzare l'interruzione e l'inquinamento dei flussi naturali d'acqua

INTERAZIONE SITO - EDIFICIO: RAPPORTO EDIFICIO - SERVIZI

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
DIMENSIONE COMPATTA E CONTENUTA DELL'INSEDIAMENTO STORICO L'insediamento storico presenta una dimensione piuttosto compatta e contenuta e si sviluppa a partire e in prossimità dei poli di particolare interesse come quelli religiosi. Fino a cinquantanni fa l'abitato era ricco di esercizi commerciali dislocati in tutta l'area urbana.	**DELOCALIZZAZIONE DEI SERVIZI NELLE AREE DI NUOVA ESPANSIONE** Parte dei servizi principali, quali scuole o servizi sportivi, sorgono nelle aree di nuova espansione al di fuori del perimetro del centro matrice dove è concentrata invece la gran parte della popolazione. Questo fa si che per raggiungere tali servizi si faccia uso di mezzi di trasporto privati. L'abitato è servito da pochi mezzi pubblici che lo collegano ai centri principali dell'isola. Le principali aree verdi adibite a parco-giochi si trovano al di fuori del centro-matrice.	- Riqualificazione dei percorsi-aree di connessione all'interno del centro matrice in modo tale che, oltre a svolgere la funzione di collegamenti, siano dei veri e propri spazi di relazione e socializzazione connessi ai servizi esistenti. - Concessione di variazione della destinazione d'uso per i fabbricati compresi nel centro matrice.	- Norma specifica sugli spazi pubblici aperti con considerazioni sugli attuali punti di forza e punti critici e con indicazioni di intervento su pavimentazioni, arredi, aree verdi per garantirne l'accessibilità e fruibilità da parte di tutti. - Intervento: "Variazioni della Destinazione d'Uso" che consiste nelle modifiche, comportanti o meno opere edilizie di uso o di funzione, per l'area o l'edificio o parti di esso (per residenza e servizi strettamente connessi, attività produttive di carattere artigianale compatibili con la funzione residenziale, attività commerciali, artigianato di servizio alla persona, attività direzionali ed amministrative, attività ricettive, attività ricreative e sportive, attività culturali, politiche e sociali, magazzini e depositi, attività assistenziali, sanitarie e religiose, servizi pubblici di interesse generale).	- **A.1.2. ACCESSIBILITÀ AL TRASPORTO PUBBLICO**: favorire la scelta di siti prossimi ai nodi di accesso ai mezzi di trasporto pubblico per ridurre l'uso dei veicoli privati - **A.1.3. MIX FUNZIONALE DELL'AREA:** favorire la scelta di siti prossimi ad aree caratterizzate da un adeguato mix funzionale - **A.1.4. ADIACENZA AD INFRASTRUTTURE:** favorire l'edificazione in prossimità delle reti infrastrutturali per evitare impatti ambientali determinati dalla realizzazione di nuovi allacciamenti - **A.2.1. AREE ESTERNE DI USO COMUNE ATTREZZATE:** favorire l'utilizzo degli spazi esterni di uso comune di pertinenza dell'edificio

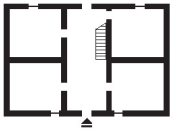
COMFORT AMBIENTALE INTERNO: DISTANZA DA FONTI DI INQUINAMENTO E PREDISPOSIZIONE SERVIZI DI CABLATURA E DOMOTICA				
CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
PRESENZA RETE ADSL **ASSENZA DI FONTI DI INQUINAMENTO ACUSTICHE ED ELETTROMAGNETICHE RILEVANTI**	**ASSENZA RETE WI-FI FREE SU TUTTO IL PAESE**	- Le azioni del Piano sono orientate a limitare il consumo del territorio e delle risorse non rinnovabili, a ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici tramite la razionalizzazione della mobilità, a mitigare l'inquinamento acustico, atmosferico, luminoso ed elettromagnetico.	- Per gli edifici nuovi e per quelli soggetti a ristrutturazione edilizia, in relazione ai requisiti acustici definiti dalla normativa nazionale e regionale vigente, per quanto riguarda i rumori esterni, i rumori provenienti da altre unità abitative, dalle parti comuni, i rumori di calpestio e da impianti, è auspicabile l'adozione di soluzioni tecnologiche che rispettino i valori di isolamento prescritti dalla normativa e che non alterino i caratteri storici delle parti esistenti. - L'installazione degli impianti di climatizzazione è consentita purché: - [...] i componenti esterni degli impianti non rechino disturbo dal punto di vista acustico. - L'impiego di materiali ecosostenibili deve garantire il rispetto delle normative riguardanti il risparmio energetico e la qualità acustica degli edifici.	- **D.4.1. QUALITÀ ACUSTICA DELL'EDIFICIO**: protezione dai rumori esterni ed interni all'edificio - **D.5.1. CAMPI MAGNETICI A FREQUENZA INDUSTRIALE (50Hertz):** minimizzare il livello dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50 Hz) negli ambienti interni al fine di ridurre il più possibile l'esposizione degli individui - **E.1.1. INTEGRAZIONE SISTEMI:** Ottimizzazione servizio sistemi domotici attraverso la loro integrazione - **E.2.1. QUALITÀ DEL SISTEMA DI CABLATURA:** Permettere la trasmissione dati all'interno dell'edificio per diverse finalità

COMFORT AMBIENTALE INTERNO: INVOLUCRO OPACO				
CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
EDILIZIA TRADIZIONALE CON MURATURE AD ELEVATA INERZIA TERMICA L'involucro opaco degli edifici tradizionali è costituito da murature massive ad elevata inerzia termica e manti di copertura con soluzioni elementari di isolamento. Le murature sono realizzate in blocchi squadrati o trovanti sbozzati di basalto allettati su malta di fango e rifiniti con intonaco di malta di terra e paglia nella facciata interna e lasciati a vista o intonacati con malta di calce nella parte esterna. Si tratta di una muratura ad elevata inerzia termica sia per il materiale impiegato sia per lo spessore con cui viene messa in opera (55-60cm o anche superiore) e ad alta traspirabilità (grazie anche alla malta impiegata). La colorazione degli intonaci esterni segue tonalità chiare e, nelle facciate lasciate in pietra a vista, vengono realizzate larghe stilature dei giunti con malta di calce. Le coperture tradizionali, al fine di essere permeabili e isolanti, avevano come manto di posa dei coppi stuoie di canne. Nell'edilizia più recente le soluzioni adottate per le murature sono di tipo multistrato con pareti esterne in poroton, strato isolante interno e fodera in laterizio forato. Per le coperture, al di sopra della struttura in laterocemento viene disposto uno strato isolante e il manto in coppi.	**UTILIZZO NELL'EDILIZIA ANNI SETTANTA DI MATERIALI DA COSTRUZIONE A BASSA INERZIA TERMICA E SPESSORI INFERIORI** Nell'edilizia più recente sono state rilevate soluzioni costruttive murarie dotate di inerzia termica inferiore e spessori insufficienti (blocchi in tufo e in calcestruzzo) a proteggere l'edificio dal caldo estivo. Gli intonaci utilizzati sono in malta di cemento a bassa traspirabilità e frequenti fenomeni di degrado. Le colorazioni esterne variano da colori scuri e spenti a colori medi vivaci.	- Ove sia presente una muratura in pietra (ad elevata inerzia termica) di particolare pregio per modalità di tessitura e per stato di conservazione, si prescrive la sua conservazione "a vista". Gli eventuali inteventi di efficientamento energetico dovranno riguardare la parte interna dell'involucro. - Le colorazioni dell'intonaco esterno saranno chiare e riflettenti. - Le nuove edificazioni dovranno essere realizzate preferibilmente con: strutture verticali portanti in muratura con elevate caratteristiche di accumulo termico, traspirazione, ed igroscopicità; strutture orizzontali portanti in legno con elevate caratteristiche di isolamento ed igroscopicità; strutture di copertura in legno ventilate; intonaci interni ed esterni, tinte e vernici realizzati a base di cere, calci, oli e resine naturali atti a garantire il massimo grado di traspirazione; materiali coibenti naturali e altamente traspiranti e che non assorbano umidità.	- I paramenti murari originari "faccia a vista" dovranno essere conservati. È consigliata l'intonacatura delle murature di poco pregio attraverso l'utilizzo di materiali e tecniche tradizionali. - I paramenti murari "faccia a vista" di nuova realizzazione, o integrazioni di parti già esistenti, dovranno essere di tipo tradizionale. I paramenti murari realizzati con materiali e/o tecniche costruttive atipiche, devono essere sempre rivestiti con intonaco del tipo tradizionale. - Per la composizione dell'arriccio e del velo negli intonaci, è ammesso l'utilizzo della sola malta a base di calce. - Per favorire il risparmio energetico, è sempre consentito intervenire sull'involucro edilizio in modo da rispettare i valori massimi di trasmittanza termica purché non vengano alterati i caratteri storici o artistici del manufatto esistente.	- **B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO**: ridurre il fabbisogno energetico ottimizzando le soluzioni costruttive e le scelte architettoniche in particolare relativamente all'involucro - **B.5.2. TRASMITTANZA TERMICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO:** ridurre lo scambio termico per trasmissione durante il periodo invernale - **B.5.4. INERZIA TERMICA DELL'EDIFICIO:** mantenere buone condizioni di comfort termico negli ambienti interni nel periodo estivo, evitando il surriscaldamento dell'aria - **E.3.1. MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO:** assicurare che attraverso il progetto di particolari e dettagli costruttivi sia ridotto al minimo il rischio di formazione e accumulo di condensa interstiziale affinché la durabilità e l'integrità degli elementi costruttivi non venga compromessa

COMFORT AMBIENTALE INTERNO: ILLUMINAZIONE NATURALE E SISTEMI DI SCHERMATURA

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
 DIMENSIONI MINIME DELLE APERTURE E SISTEMI DI SCHERMATURA NATURALI L'esposizione a sud-est non consente all'insolazione mattutina e serale di penetrare direttamente negli ambienti interni: la presenza delle strombature nelle murature in corrispondenza delle aperture fa si che la luce diretta lambisca prima la superficie svasata e poi rifletta la luce all'interno degli edifici. Le aperture, porte e finestre, sono di modeste dimensioni, sopratutto quele esposte a nord, nord-ovest. Le soluzioni di schermatura consistono nella dotazione di scurini interni in corrispondenza delle superfici trasparenti. Per schermare la luce zenitale del Mezzogiorno, oltre all'aggetto dei coppi canale dalle cornici di gronda, lungo le facciate, al di sopra delle architravi delle aperture, corrono tralci di vite che creano aree di penombra e di filtro mitigatrici del clima afoso.	**AUMENTO DIMENSIONI APERTURE E SOVRAUTILIZZO DI SISTEMI DI SCHERMATURA ESTERNA** Per consentire un'illuminazione adeguata e idonea alle disposizioni normative vigenti d'illuminazione naturale nei locali interni, vengono realizzate aperture ben superiori rispetto a quelle tradizionali, talvolta anche su facciate esposte a nord o esposte alle massime radiazioni solari. In queste stesse soluzioni, per ovviare all'eccessiva esposizione, si ricorre all'utilizzo di sistemi di schermatura esterni (portelloni pieni o con lamelle regolabili) spesso inadatti al tipo di esposizione. Oltre a generare condizioni in cui si necessita di un maggior supporto energetico per la climatizzazione estiva, l'utilizzo spropositato di schermature esterne determina un inutile spreco di risorse.	- Mantenere invariate le aperture tradizionali. - Le nuove aperture dovranno seguire dimensioni e proporioni delle aperture tradizionali. - Schermature consentite: scurini interni. - Salvaguardia dei tralci di vite. - Apertura di sistemi di illuminazione zenitale. - Limitare aperture verso nord.	- Le nuove aperture dovranno inserirsi armonicamente nel prospetto dell'edificio per proporzioni e dimensioni e potranno fare riferimento alle caratteristiche architettoniche, formali e strutturali descritte negli Abachi. - Per i sistemi di oscuramento si raccomanda l'utilizzo di scurini interni o di persiane in legno. - Nel restauro di facciata dovrà essere prevista la rimozione degli infissi incongrui e la loro sostituzione con infissi del tipo tradizionale. - L'illuminazione naturale degli spazi che non dispongono di sufficienti aree esposte rispetto alla superficie utile interna può essere garantita anche attraverso l'utilizzo di sistemi di illuminazione zenitale, purché non visibili dalla pubblica via. -È consigliato che le superfici trasparenti dei locali principali siano orientate entro un settore ± 45° dal sud geografico.	- **D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE**: assicurare adeguati livelli d'illuminazione naturale in tutti gli spazi primari occupati. - **B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE**: ridurre gli apporti solari nel periodo estivo.

COMFORT AMBIENTALE INTERNO: AERAZIONE NATURALE

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
 **DISTRIBUZIONE INTERNA DEGLI AMBIENTI E DISPOSIZIONE DELLE APERTURE TALI DA CONSENTIRE IL RISCONTRO D'ARIA** Negli edifici tradizionali la disposizione degli ambienti con le cellule contrapposte e dotate di aperture nei rispettivi affacci consente il l'aerazione naturale. Laddove vi è una scala nell'androne centrale, in corrispondenza del pianerottolo intermedio della rampa, vi è un'apertura che consente la formazione di una corrente di regolazione dell'aria.	**DISTRIBUZIONE DEGLI AMBIENTI E DISPOSIZIONE DELLE APERTURE NON OTTIMALE PER LA VENTILAZIONE NATURALE** L'aggiunta di nuovi volumi in profondità rispetto al corpo originario talvolta non consente l'aerazione naturale dell'edificio. Allo stesso modo, l'edificazione su fondo lotto con l'impossibilità di realizzare aperture sul fronte posteriore non consente il riscontro d'aria all'interno dell'edificio. Queste situazioni di scarsa aerazione interna, in particolar modo nel periodo della calura afosa e nei periodi di umidità, portano al ricorso di sistemi di raffrescamento e ventilazione meccanica e all'insorgere di fenomeni di condensa superificiale nelle pareti interne.	- Le nuove volumetrie concesse hanno il doppio affaccio con la possibilità di realizzare aperture e favorire il riscontro dell'aria interno. - Concessione dell'intervento di ristrutturazione edilizia al fine di consentire la modifica di situazioni di edificato incongrue che hanno portato alla eccessiva saturazione dell'unità edilizia e all'impossibilità di verificarsi condizioni favorevoli al riscontro d'aria e alla ventilazione naturale dell'edificio.	- Ai fini della riduzione degli effetti dell'emissione del Radon, nelle nuove volumetrie previste e riportate negli elaborati grafici e negli edifici soggetti a ristrutturazione, è consigliata una ventilazione costante su ogni lato del fabbricato.	- **B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO**: ridurre il fabbisogno energetico ottimizzando le soluzioni costruttive e le scelte architettoniche in particolare relativamente all'involucro. - **D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA**: garantire una ventilazione che consenta di mantenere un elevato grado di salubrità dell'aria, minimizzando al contempo i consumi energetici per la climatizzazione. - **D.2.1. TEMPERATURA DELL'ARIA NEL PERIODO ESTIVO**: mantenere un livello soddisfacente di comfort termico durante il periodo estivo.

CONTENIMENTO CONSUMI ENERGETICI

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
RAPPORTO SITO-EDIFICIO E PROPRIETÀ INVOLUCRO COME UNICI REGOLATORI CLIMATICI Gli edifici tradizionali erano concepiti in modo tale da consentire al loro interno un discreto comfort ambientale nei periodi invernali ed estivi. Le strategie di efficientamento ricadevano sulle scelte relative a: disposizione dell'edificio nel lotto, orientamento, maggiore apertura dei fronti esposti a sud-est, aperture più ridotte nei fronti esposti a nord-ovest, soluzioni costruttive con elevata massa termica per i componenti edilizi verticali e traspiranti per i componenti orizzontali esterni, adozione di sistemi di schermatura e oscuramento flessibili e variabili, forme degli edifici compatte, distribuzione e disposizione delle aperture tali da consentire la ventilazione passante estiva, colorazioni chiare dei fronti e larghe stilature dei giunti con malta di calce nelle murature in pietra lasciate "a vista".	**UTILIZZO IMPIANTI SOVRADIMENSIONATI** **NUOVE COSTRUZIONI NON SFRUTTANO IN TERMINI ENERGETICI IL RAPPORTO CON IL SITO** Spesso si suole dotare gli edifici di sistemi impiantistici sovradimensionati in quanto non si riescono a sfruttare appieno le proprietà dello stesso organismo edilizio e la sua possibile interazione con il sito in cui sorge. L'incremento della superficie finestrata, spesso su lati con una esposizione non ottimale perché esposti a nord o perché eccessivamente esposti alle radiazioni solari nel periodo estivo, e l'utilizzo di soluzioni costruttive poco efficienti e poco efficaci dal punto di vista energetico, portano all'utilizzo di impianti che sopperiscano a questo deficit prestazionale dell'involucro generando consumi di energia eccessivi.	- È consentito qualsiasi tipo di impianto volto al contenimento dei consumi energetici e allo sfruttamento attivo e passivo delle radiazioni solari, per usi termici e elettrici, purchè non siano visibili dalla pubblica via e non deturpino i beni storici. - Sono consentite le soluzioni costruttive e distributive volte all'efficientamento energetico di tutto l'organismo edilizio (che interessino i singoli componenti edilizi, la distribuzione degli ambienti interni, la disposizione delle aperture) purchè preservino i caratteri storici presenti. - Sono da preferire sistemi impiantistici (illuminazione, riscaldamento, raffrescamento, elettricità) ad elevata efficienza energetica atti a conseguire globalmente una riduzione dell'indice di prestazione energetica.	- È consentita l'installazione di elementi per la trasformazione o captazione dell'energia solare negli spazi di pertinenza privata e nelle falde interne, non in vista dalla pubblica via. - È obbligatoria l'installazione di dispositivi che permettano di ottimizzare i consumi di energia dovuti all'illuminazione mantenendo o migliorando il livello di benessere visivo fornito rispetto ai riferimenti di legge. - È bene garantire l'integrazione del sistema di illuminazione con l'involucro edilizio in modo tale da massimizzare l'efficienza energetica e sfruttare al massimo gli apporti di illuminazione naturale. - Per gli edifici nuovi e per quelli soggetti a ristrutturazione edilizia totale deve essere rispettato il valore di fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale dell'edificio, EPi, relativi alla normativa vigente. - Le serre bioclimatiche e le logge addossate all'edificio, ove consentite, non sono computabili ai fini volumetrici. - Per le nuove costruzioni sono da preferire sistemi impiantistici atti a conseguire globalmente una riduzione dell'indice di prestazione energetica.	- **B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO** - **D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA** - **B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO:** ridurre il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento. - **B.1.2. ENERGIA PRIMARIA PER LA PRODUZIONE DI ACS:** ridurre i consumi di energia primaria per la produzione di ACS. - **B.2.1. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI TERMICI:** favorire la produzione di energia da fonti rinnovabili. - **B.2.2. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI**: incoraggiare l'uso di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili. - **B.5.2. TRASMITTANZA TERMICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO** - **B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE** - **B.5.4. INERZIA TERMICA DELL'EDIFICIO** - **D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE** - **C.1.1. EMISSIONI PREVISTE IN FASE OPERATIVA**

RECUPERO E RIUTILIZZO DEI MATERIALI

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
CULTURA TRADIZIONALE DEL RECUPERO E DEL RIUTILIZZO L'architettura tradizionale, sia nell'approccio insediativo sia nell'approccio costruttivo alla scala dell'edificio, manifesta una cultura del recupero e del riutilizzo dell'esistente perfettamente in sintonia con una spontanea cultura della sostenibilità. Tale cultura del recupero e del riutilizzo è riscontrabile nelle seguenti pratiche costruttive caratteristiche: - l'accrescimento degli edifici secondo processi di addizione che cercano di recuperare qualsiasi elemento o componente utili esistenti utilizzando tecniche e soluzioni costruttive a secco o comunque facilmente reversibili compatibili con le strutture esistenti; - l'utilizzo di materiali (malte per intonaci, malte di allettamento) che non intaccano gli elementi su cui vengono posti in opera e possono essere nuovamente riutilizzate in quanto costituite da materiali naturali; - l'utilizzo di materiali compatibili tra loro pronti per qualsiasi altro riuso; - utilizzo di soluzioni costruttive che necessitano di tecniche di montaggio a secco con il supporto di poca malta.	**DIFFUSA CULTURA DELLA SOSTITUZIONE E DEL TOTALE RINNOVO DEI COMPONENTI PIÙ CHE DEL RECUPERO DELL'ESISTENTE** Il censimento del patrimonio costruito esistente mette in evidenza una diffusa consuetudine all'interno del centro matrice di sostituire i corpi di fabbrica esistenti versanti in cattivo stato di conservazione o semplicemente ritenuti non idonei alle nuove destinazioni d'uso o alle nuove esigenze. Dall'analisi diacronica dell'insediamento, emerge come, in luogo di corpi di fabbrica esistenti ai primi del Novecento, siano sorti dopo il 1970 nuovi edifici che riprendono in parte o quasi mai l'area di sedime originaria. Raramente i nuovi edifici riutilizzano le strutture esistenti: le recenti trasformazioni preferiscono al processo di addizione dei nuovi vani il processo di sostituzione totale, con nuovi componenti, nuovi schemi di distribuzione e spesso disallineamento rispetto agli edifici aderenti. Le soluzioni costruttive a base di cemento o i prodotti che contengono sostanze additive non consentono di operare la raccolta selettiva dei rifiuti provenienti da opere di demolizione né il loro riciclo.	- Vengono incentivate le azioni volte al recupero e al riutilizzo dei materiali attraverso ad esempio l'utilizzo di tecnologie a secco (coperture, solai intermedi, tramezzi, elementi d'arredo, ...) al fine di rendere gli spazi maggiormente flessibili e facilitare lo smontaggio e la raccolta selettiva dei componenti che potrebbero essere riutilizzati o riciclati. - Non utilizzo di elementi in pvc (infissi, canali di gronda e pluviali, ...) per via del suo elevato carico ambientale in termini di sostanze inquinanti emesse in fase di produzione, e per via della difficoltà di riciclo del materiale a causa della presenza di additivi nella sua composizione.	- La scelta dei materiali e delle finiture deve essere dettata anche da criteri di riciclabilità: i materiali di base devono essere riciclabili (pre-assemblaggio) al fine di favorire la limitazione della quantità di rifiuti edilizi, specie se indifferenziati; i prodotti finiti devono poter essere riutilizzati in caso di demolizione o ristrutturazione; occorre documentare negli elaborati illustrativi di progetto, i materiali presenti in elementi strutturali, in elementi di finitura e impianti, nelle pertinenze dell'organismo edilizio, indicando le caratteristiche di riutilizzo/riciclabilità dei medesimi materiali in caso di demolizione futura ed evidenziando l'eventuale uso di materiali reimpiegati o riciclati. Non è consentito l'utilizzo di elementi in pvc (infissi, gronde e pluviali). - Per gli edifici esistenti è consigliato l'uso e il recupero dei materiali in situ.	- **B.3.5. MATERIALI RICICLABILI O SMONTABILI:** favorire una progettazione che consenta smantellamenti selettivi dei componenti in modo da poter essere riutilizzati o riciclati. - **B.3.2. MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI:** favorire l'impiego di materiali riciclati e/o di recupero per diminuire il consumo di nuove risorse. - **B.3.1. RIUTILIZZO DELLE STRUTTURE ESISTENTI:** favorire il riutilizzo della maggior parte dei fabbricati esistenti, disincentivare le demolizioni e gli sventramenti di fabbricati in presenza di strutture recuperabili.

USO MATERIALI ECOLOGICI COMPATIBILI CON MATERIALI TRADIZIONALI

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
 UTILIZZO MATERIALI DI NATURA ORGANICA E MATERIE PRIME MINERALI Nell'architettura tradizionale i materiali utilizzati erano quelli presenti in loco: rocce, terra, legno, canne (o comunque facilmente reperibile nelle immediate vicinanze). La loro natura organica e minerale senza aver subito troppi processi meccanici di lavorazione li rende ecologici, per via del loro basso impatto sull'ambiente, biologici, a tutela della vita e della salute degli individui, riciclabili, riutilizzabili e biocompatibili.	**UTILIZZO DI MATERIALI SINTETICI E NON COMPATIBILI CON I MATERIALI TRADIZIONALI** I materiali e i prodotti utilizzati nell'edilizia recente vengono scelti per le loro prestazioni fisico-meccaniche-energetiche e per la loro economicità, assai di rado viene presa in considerazione anche la loro compatibilità verso l'ambiente o il loro comportamento quando associati ad altri materiali tradizionali. In termini di isolamento ad esempio si ricorre spesso a materiali a base sintetica, come il poliuretano o polistirene, che di contro ad economicità, ad efficienza ed efficacia prestazionale, si presentano piuttosto instabili, a causa della non prevedibile deteriorabilità, e difficilmente riciclabili e smaltibili. Altri materiali, come il cemento, nonostante le ottime capacità meccaniche, quando utilizzato nelle malte per intonaci accanto a materiali tradizionali, come il basalto nelle murature, presenta rilevanti fenomeni di incompatibilità che si manifestano con il repentino degrado del materiale e della struttura.	- È suggerito l'utilizzo di materiali naturali e finiture eco-compatibili che richiedano un basso consumo di energia ed un contenuto impatto ambientale nel loro intero ciclo di vita. - Sarebbe auspicabile nella scelta dei materiali, delle soluzioni e delle tecniche costruttive utilizzare criteri di valutazione basati sull'analisi del ciclo di vita dei prodotti per essere consapevoli dell'effettivo impatto sull'ambiente.	- Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di materiali e finiture naturali o riciclabili, che richiedano un basso consumo di energia e un contenuto impatto ambientale nel loro intero ciclo di vita. L'impiego di materiali ecosostenibili deve comunque garantire il rispetto delle normative riguardanti il risparmio energetico e la qualità acustica degli edifici. - La scelta dei materiali e delle finiture naturali o riciclabili deve seguire i seguenti criteri: di ecologicità (prodotti con materie prime abbondanti e rinnovabili, da processi di trasformazione e trasporto a ridotto consumo energetico e che non comportano condizioni di lavoro dannose per la salute), reperibilità, devono essere impiegati principalmente materiali di produzione locale e tradizionali, compatibilità con i materiali già in opera. - Tutte le caratteristiche fisico-tecniche-prestazionali dei materiali impiegati nella costruzione dovranno essere certificati da parte di Istituti riconosciuti dalla UE, dovranno quindi presentare la marcatura CE.	- **B.3.3. MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI:** ridurre il consumo di materie prime non rinnovabili. - **B.3.4. MATERIALI LOCALI PER FINITURE :** favorire l'approvvigionamento di materiali per finiture di produzione locale.

MANTENIMENTO ASSETTO IDRICO DEL TERRITORIO E RIUTILIZZO ACQUA METEORICA

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
UTILIZZO ACQUA NON POTABILE PER USI COMPATIBILI Nella prima metà del secolo scorso, l'assenza della rete di distribuzione dell'acqua potabile a servizio dei singoli edifici portava gli individui ad utilizzare il quantitativo minimo indispensabile di acqua che veniva presa dai pozzi, dalle fonti all'interno del paese o dai rigagnoli vicini. L'utilizzo era ridotto alle esigenze alimentari, di igiene personale e del vestiario e per abbeverare gli animali. Le strade erano sterrate o pavimentate con ciottoli su un sottofondo in terra, le corti ugualmente pavimentate o lasciate a verde. Le acque meteoriche venivano perciò immediatamente drenate dal terreno e, in parte, riversate in canali di scolo a cielo aperto che si trovavano al centro o al bordo delle strade.	**USO INSOSTENIBILE DELL'ACQUA POTABILE E IMPERMEABILITÀ DEL SUOLO** L'abitato è servito da una rete pubblica di acqua potabile che viene utilizzata anche per usi irrigui. La rete fognaria raccoglie sia le acque reflue degli scarichi domestici sia le acque meteoriche apportando un grosso carico all'impianto di depurazione. Le aree esterne agli edifici vengono pavimentate con soluzioni impermeabili, riducendo al minimo le aree verdi. In questo modo viene alterato l'assetto idrico del suolo che, in alcune zone, non raccogliendo più le acque meteoriche, si inaridisce e porta alla non funzionalità dei pozzi. Inoltre, la presenza di pavimentazioni impermeabili fa si che le acque meteoriche scorrano su queste superfici per poi essere riversate nelle strade e convogliate, attraverso le caditoie negli impianti di depurazione. Oltre agli sprechi dell'acqua potabile per usi irrigui, bisogna considerare anche gli sprechi che avvengono dentro le mura domestiche a causa degli scarichi dei servizi igienici sovradimensionati o dei getti di acqua nei rubinetti ad alta pressione.	- Per salvaguardare l'assetto idrico del territorio occorre ridurre i consumi di acqua potabile con i seguenti sistemi: adozione di sistemi di recupero, trattamento ed accumulo delle acque meteoriche raccolte, ad esempio, dalle coperture tramite cisterne per usi compatibili (irrigazione, pulizia, scarichi, ...); lasciando permeabili le aree d'intervento (con verde e pavimentazioni drenanti).	- Al fine della riduzione del consumo di acqua potabile, per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a ristrutturazione edilizia è obbligatoria l'adozione di dispositivi idonei ad assicurare una significativa riduzione del consumo di acqua quali frangi-getto ed erogatori con riduttori di portata. - Per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a ristrutturazione edilizia è prescritto installare apparecchiature per la regolazione del flusso di acqua dalle cassette di scarico dei servizi igienici. - Al fine della riduzione del consumo di acqua potabile, è preferibile l'utilizzo delle acque meteoriche, raccolte dalle coperture degli edifici, per l'irrigazione del verde pertinenziale, la pulizia dei cortili e dei passaggi. A tal fine è consigliata l'adozione di una opportuna cisterna. - Lasciare libera l'area nei pressi dei pozzi d'acqua.	- **C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO:** minimizzare l'interruzione e l'inquinamento dei flussi naturali d'acqua. - **C.2.1. ACQUE GRIGIE INVIATE IN FOGNATURA:** minimizzare la quantità di effluenti scaricati in fognatura. - **B.4.2. ACQUA POTABILE PER USI INDOOR:** ridurre i consumi di acqua potabile per usi indoor attraverso l'impiego di strategie di recupero o di ottimizzazione d'uso dell'acqua. - **B.4.1. ACQUA POTABILE PER USI IRRIGUI:** ridurre i consumi di acqua potabile per irrigazione attraverso l'impiego di strategie di recupero o di ottimizzazione d'uso dell'acqua.

IMPIEGO DELLA VEGETAZIONE COME STRUMENTO REGOLATORE BIOCLIMATICO

CARATTERI DI SOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	CARATTERI DI INSOSTENIBILITÀ NEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE	INDIRIZZI DI RECUPERO E ADEGUAMENTO DEL PATRIMONIO COSTRUITO ESISTENTE		
		INDIRIZZI DI INTERVENTO	INDICAZIONI NORMATIVE	SCHEDE DI VALUTAZIONE E VERIFICA CONNESSE
AREE VERDI DELLE CORTI Le corti del primo Novecento sono costituite da aree verdi in cui la vegetazione è fondamentale sia perché assorbe la radiazione solare sia per le sue proprietà ombrifere ed evaporative. Le specie arboree sono disposte in modo tale da schermare il sole afoso estivo e il vento freddo invernale, quindi nei pressi delle abitazioni e lungo le murature di recinzione. La parte centrale della corte fino agli anni Sessanta veniva riservata agli animali domestici (mucche, pecore, maiali, galline, cavalli, asini). Le specie arboree autoctone rilevate sono la vite, l'ulivo, e le piante fruttifere (agrumi, peri, mandorli, fichi, fichi d'India, melograni).	**PIÙ COSTRUITO, MENO AREE VERDI** Le trasformazioni dell'ultimo cinquantennio hanno portato alla progressiva saturazione delle corti all'interno dell'area compresa nel centro matrice. In luogo delle aree di pertinenza verdi e pavimentate con un selciato permeabile sorgono nuovi volumi e superfici pavimentate con piastrelle e cemento. Le aree verdi sono ridotte al minimo e spesso sono costituite da specie arboree non autoctone e con un fabbisogno idrico elevato.	- Occorre preservare le aree verdi, pubbliche e private, esistenti, al fine di mantenere l'assetto idrico del suolo. - Le piante dovranno essere autoctone e dovranno essere caratterizzate, preferibilmente, da un ridotto fabbisogno idrico. - È importante l'utilizzo della vegetazione come strumento di regolazione bioclimatica al fine di garantire il benessere visivo e psicologico degli individui, il raffrescamento nelle aree prossime agli edifici agendo sia da schermatura o sistema filtrante per le radiazioni solari dirette e per i venti sia mantenendo la salubrità dell'aria.	- È sempre consentita la conversione di coperture piane in tetto verde al fine di ottenere un'elevata ritenzione idrica, un maggior isolamento acustico e termico, l'incremento dell'inerzia termica delle strutture, la riduzione delle polveri sospese e dell'effetto "isola di calore" degli edifici. - Per le aree non edificate dovranno essere tenute in considerazione le esigenze di massimo utilizzo della superficie a verde. - Il ricorso al verde non ha solo un valore decorativo, ma dovrà essere progettato in modo da produrre effetti positivi sul microclima, mitigando i picchi di temperatura estivi e consentire l'ombreggiamento per controllare l'irraggiamento solare diretto sugli edifici e sulle superfici circostanti. - Nella scelta del verde sia privato che pubblico devono essere presi in considerazione gli aspetti legati alla provenienza della specie, favorendo quelle di origine autoctona, e il loro fabbisogno idrico, preferendo quelle che richiedono un minor quantitativo di acqua.	- **C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO:** minimizzare l'interruzione e l'inquinamento dei flussi naturali d'acqua. - **C.3.1. EFFETTO ISOLA DI CALORE:** garantire che gli spazi esterni abbiano condizioni di comfort termico accettabile durante il periodo estivo. - **B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE:** ridurre gli apporti solari nel periodo estivo.

4.3. Considerazioni sulla metodologia adottata e sui risultati ottenuti

Nell'ambito di un contesto storico il discorso legato alla sostenibilità ambientale e al risparmio energetico è di più difficile applicazione in quanto deve essere subordinato alla salvaguardia dei manufatti di particolare rilievo architettonico e al mantenimento dell'identità storica dei luoghi .
Inoltre, richiedere la verifica di ulteriori requisiti oltre a quelli vincolanti relativi alla tutela del bene oggetto dell'intervento, non trova sicuramente il facile assenso da parte dei soggetti proprietari del bene e degli stessi progettisti che si trovano a dover redigere nuovi elaborati di progetto. Ciò comporta anche ripercussioni in termini economici, dovute ai maggiori costi di progettazione, a carico dei soggetti proprietari del bene, e ai costi di aggiornamento professionale, a carico di tecnici e progettisti.
Questi sono i fattori maggiormente critici che hanno finora ostacolato la diffusione e l'applicazione di simili strumenti di valutazione ambientale, oltre a quelli legati agli interessi dei produttori e dei costruttori nel settore edilizio di prodotti e soluzioni tecnologiche meno sostenibili.
Gli impedimenti di natura economica sono facilmente superabili se si pensa ai risparmi di risorse materiali ed energetiche che conseguono da una progettazione eco-responsabile e, dunque, all'ammortizzamento degli eventuali costi aggiuntivi e se si pensa ad un mercato la cui competitività si basi anche sulle prestazioni ambientali dei prodotti.
Gli strumenti di valutazione e verifica della sostenibilità ambientale discernenti da un'analisi rigorosa del costruito esistente ed elaborati in quest'ambito specifico di recupero sono facilmente adattabili anche ad ambiti urbani più vasti: variando opportunamente alcuni criteri di valutazione è possibile adattarli anche alle aree di recente espansione.
Allo stesso modo, è possibile esportare tali strumenti anche in altri ambiti comunali adattando opportunamente i criteri di valutazione in base alle specificità del luogo, e innescando così un processo di pianificazione di tipo *bottom-up* che promuove la sostenibilità ambientale a partire dalle realtà locali per poi arrivare ad un disegno di sensibilizzazione ambientale a scala intercomunale e regionale.

Note

[1] Il centro di antica e prima formazione scorrisponde al nucleo o matrice di primo impianto e di antica formazione individuato attraverso la cartografia storica (secondo l'art. 51, comma 1, lettera a, *Norme Tecniche d'Attuazione del PPR della Regione Autonoma Sardegna*).

[2] Una sintesi del processo di riqualificazione del patrimonio esistente, storico e moderno, che si è attuato in Sardegna negli ultimi dieci anni è riportata da uno degli attori di questo processo, il prof. A. Sanna, docente ordinario presso la facoltà di Architettura dell'Università degli Studi di Cagliari, in un suo contributo intitolato *Norma Conoscenza Progetto negli interventi sul patrimonio costruito. Il caso Sardegna* in "Intervenire sul costruito. Norme tecniche e progetto per la riqualificazione del patrimonio esistente" a cura di R. Gulli e A. Greco (2012).

[3] Legge Regionale 13 Ottobre 1998, n. 29 "Tutela e valorizzazione dei centri storici della Sardegna".

[4] D. Lgs. 22 gennaio 2004, n.42, *Codice dei Beni Culturali e del Paesaggio*, nuovo e primo codice dei beni culturali composto di 184 articoli ed entrato in vigore sotto il coordinamento del Ministero dei Beni culturali con l'allora ministro Giuliano Urbani. Nella materia del paesaggio, ha mantenuto l'obbligo del Piano paesaggistico ed ha reintrodotto parere vincolante della Soprintendenza e preliminare all'adozione di provvedimenti di tutela da parte delle Regioni.

[5] SANNA, A., 2012. *Norma Conoscenza Progetto negli interventi sul patrimonio costruito. Il caso Sardegna* in GULLI, R., GRECO, A., 2012. "Intervenire sul costruito. Norme tecniche e progetto per la riqualificazione del patrimonio esistente". Monfalcone (GO): EdicomEdizioni, p.71.

[6] *I Manuali del recupero dei centri storici della Sardegna* compongono una collana divisa in 8 volumi che raccontano l'identità dello spazio di vita e le culture materiali che caratterizzano le comunità rurali sarde. Nell'ambito di questo progetto di conoscenza e censimento dei centri rurali, si è diviso il territorio in grandi regioni dotate di una cultura costruttiva abbastanza omogenea: si tratta di cinque macroambiti per ciascuno dei quali è stato dedicato un Manuale in cui si analizza il quadro ed i processi territoriali di formazione e trasformazione del patrimonio storico, le culture costruttive e distributive proprie dei tipi edilizi tradizionali individuati, e in cui vengono delineate le linee guida per un recupero possibile delle diverse forme di degrado in atto. Ad integrazione dei Manuali vi sono due volumi tematici che analizzano in maniera specialistica alcuni caratteri peculiari delle costruzioni storiche della Sardegna realizzate in pietra e in mattoni di terra cruda.
L'opera intera dei Manuali completata nel 2009 ed edita dalla DEI, che mi ha visto impegnata in prima persona in qualità di componente del gruppo di lavoro addetto all'apparato di rilievo e illustrativo e alla documentazione fotografica, si compone dei seguenti volumi:

- *L'atlante delle culture costruttive della Sardegna. La geografia dell'abitare* (a cura di G.G. Ortu e A. Sanna);
- *L'atlante delle culture costruttive della Sardegna. Approfondimenti* (a cura di G.G. Ortu e A. Sanna);
- *Architettura in terra cruda dei Campidani, del Cixerru e del Sarrabus* (a cura di A. Sanna, C. Atzeni);
- *Il manuale tematico della terra cruda* (a cura di M. Achenza, U. Sanna);
- *Architettura in pietra delle Barbagie, dell'Ogliastra, del Nuorese e delle Baronie* (a cura di A. Sanna, F. Cuboni);
- *Il manuale tematico della pietra* (a cura di U. Sanna, C. Atzeni);
- *Il Sulcis e l'Iglesiente: l'edilizia diffusa e i paesi* (a cura di A. Sanna);
- *Architetture delle colline e degli altipiani centro-meridionali: Marmilla, Trexenta, Sarcidano, Siurgus, Gerrei, Marghine, Planargia, Barigadu, Montiferru, Guilcer* (a cura di C. Atzeni);
- *Architetture delle colline e degli altipiani settentrionali (Anglona, Gallura, Goceano, Logudoro, Meilogu, Montacuto, Monteleone, Sassarese)* (a cura di D. Bianco, F. Cuboni).

7 Per la redazione delle schede è stato preso come riferimento uno studio condotto da M. Biolcati Rinaldi, docente presso il Dipartimento di Ingegneria dell'Università degli Studi di Ferrara, e riportato in un suo articolo intitolato *Caratteri di sostenibilità dell'edilizia rurale tradizionale nel territorio ferrarese*, pubblicato in "Intervenire sul patrimonio edilizio: cultura e tecnica", a cura di F. Astrua, C. Caldera, F. Polverino, Celid, Torino, 2006.

8 È stato ritenuto opportuno non pubblicare nell'ambito di questa tesi di dottorato specifici casi progettuali affrontati nella redazione del Piano Particolareggiato del centro matrice di Sedilo in quanto, alla data di pubblicazione del lavoro di ricerca, l'iter di pianificazione si trova nella fase di revisione finale che precede la sua approvazione da parte del Consiglio Comunale.

PARTE TERZA

La terza parte della tesi è dedicata al tema del progetto e della costruzione eco-responsabile alla scala dell'edificio ed, in particolare, alla individuazione e sperimentazione di tecniche progettuali utili alla valutazione della sostenibilità ambientale delle soluzioni costruttive selezionate durante la fase progettuale.
A tale scopo, è stata approfondita la procedura *Life Cycle Assessment* in quanto può essere ritenuta l'unico valido strumento di valutazione ambientale nell'ambito dell'analisi o della progettazione di un qualsiasi prodotto o servizio in grado di valutare in modo oggettivo l'eco-compatibilità e la naturalità dei prodotti.
Lo studio della procedura è stato arricchito, durante il triennio di ricerca, da un'esperienza formativa che si è svolta a Milano in occasione del primo corso base di LCA organizzato dall'associazione Rete Italiana LCA presso il Politecnico universitario.
L'analisi LCA, o di Valutazione del Ciclo di Vita, è una disciplina ancora poco diffusa nelle università e a livello professionale in Italia.
La tesi intende sottolineare la sua importanza dedicandole un intero capitolo, che illustra la procedura in riferimento alle norme UNI EN ISO 14040-14044 e ne supporta la comprensione riportando esempi di applicazione alla scala del prodotto.
L'approccio LCA aiuta a riconoscere il valore ambientale delle materie prime o dei prodotti naturali con cui abitualmente costruiamo ed a riconoscere in essi il nostro patrimonio naturale, in quanto rappresentano la memoria della nostra terra, lo scambio reciproco

tra uomo e natura, la capacità umana di trasformare un prodotto che nasce dalla terra e che, a fine utilizzo, potrà ritornare ad essa senza provocare alcun danno.
L'utilizzo dell'analisi LCA a supporto delle procedure di analisi qualitative, attualmente più diffuse, è sicuramente auspicabile per quei soggetti che intendono perseguire politiche e azioni *environmentally friendly* e di sviluppo sostenibile, quali progettisti, costruttori, produttori, imprenditori, ricercatori, enti pubblici o semplici soggetti privati.
Il lavoro di ricerca tenta di mettere in evidenza le potenzialità di tale strumento nell'ambito di esperienze produttive eco-responsabili e sostenibili a livello ambientale, sociale e economico.
Nel capitolo 6 viene riportato un esempio applicativo di valutazione ambientale di massima durante il processo decisionale nell'ambito di un progetto di efficientamento energetico dell'involucro edilizio in una abitazione tradizionale in pietra.
Nell'ambito di questo studio viene preso in considerazione come parametro di sostenibilità ambientale di riferimento l'energia incorporata (*embodied energy*) di estrazione e di produzione dei prodotti edilizi selezionati.
Sulla base di questo eco-attributo viene impostato uno studio comparativo tra diverse soluzioni costruttive che rispondono a determinati parametri prestazionali fisici e termici.
I risultati dimostrano in termini quantitativi l'insostenibilità di alcuni prodotti sintetici rispetto ad altri prodotti di origine naturale.

“L’intero è più della somma delle parti.”

(Blaise Pascal)

5. La procedura di *Life Cycle Assessment* (LCA) a supporto delle decisioni di progetto e di costruzione

Nella seconda parte di questa tesi di dottorato, ed in particolare nel capitolo 4, si è visto come sia possibile un approccio responsabile verso l'ambiente in ambito edilizio con l'ausilio di sistemi di valutazione e di verifica della sostenibilità ambientale determinati sulla conoscenza del territorio a cui devono essere applicati. Si tratta di strumenti che supportano i progettisti durante il percorso decisionale e consentono agli enti amministratori del territorio di attuare politiche eco-responsabili.

È stato accennato, inoltre, nel secondo capitolo, che tali strumenti di valutazione ambientale di tipo qualitativo possono dare adito a stime soggettive se non contengono al loro interno criteri oggettivi e quantificabili.

È importante perciò, ai fini di una corretta valutazione ambientale, rispondere soprattutto a quei requisiti tecnici riconducibili ad indicatori di impatto ambientale misurabili, quali ad esempio il carico energetico o il quantitativo di gas serra prodotti.

Un sistema di valutazione normato e tuttora studiato che consente di calcolare in modo attendibile tali indicatori in riferimento a tutto l'arco di vita del prodotto o dell'organismo studiato è la Valutazione ambientale del ciclo di vita.

La Valutazione ambientale del ciclo di vita (*Life Cycle Assessment*) è "un procedimento oggettivo di valutazione dei carichi energetici e ambientali relativi ad un processo o ad un'attività, effettuato attraverso l'identificazione dell'energia e dei materiali usati e dei rifiuti rilasciati nell'ambiente.

La valutazione include l'intero ciclo di vita del processo o attività, comprendendo l'estrazione e il trattamento delle materie prime, la fabbricazione, il trasporto, la distribuzione, l'uso, il riuso, il riciclo e lo smaltimento finale" (Baldo, Marino, Rossi, 2008).

Nei processi decisionali, la procedura di Valutazione del Ciclo di Vita si rivela un ottimo strumento al fine di fornire, inizialmente, le indicazioni ai soggetti decisori in merito alle azioni da intraprendere,

confrontando eventualmente le diverse alternative di intervento a disposizione e, successivamente, di pervenire all'identificazione della migliore soluzione possibile, sulla base dei dati forniti in *input* e delle assunzioni adottate nello sviluppo dello studio. La procedura di Valutazione del Ciclo di Vita fa riferimento alle norme UNI EN ISO 14040-14044, che ne definiscono le finalità, le modalità di sviluppo dello studio e le diverse fasi attraverso le quali deve articolarsi. In questi ultimi due anni la metodologia ha subito un'ulteriore evoluzione con la redazione di nuove norme già operative e di altre ancora in fase di revisione (UNI EN ISO 14045:2006, ISO/DIS 14046:2012, ISO/TS 14067:2013, ISO/NP TS 14071:2012) indirizzate verso quattro linee principali[1] (Zamagni, A., *Corso base LCA*, Milano 2013):

- l'affinamento dei metodi e dei modelli impiegati;
- l'allargamento del basket di indicatori;
- l'allargamento del campo di applicazione;
- lo sviluppo di forme speciali di LCA: c*arbon footprint*, *water footprint*, *eco-efficiency*.

Oltre all'apparato degli *standard* normativi, lo studio LCA fa riferimento ad altre linee guida europee: l'*International Reference Life Cycle Data System* (ILCD) *Handbook* (costituito da *General Guide for Life Cycle Assessment - detailed guidance* del 2010, *Recommendations for Life Cycle Impact Assessment in the European context* del 2011, *Review schemes for Life Cycle Assessment* del 2010), la *Product Environmental Footprint Guide* (2013) e l'*EnviFood protocol - Environmental Assessment of Food and Drink Protocol* (2012) specifico per prodotti alimentari.

L'LCA può dare supporto a (UNI EN ISO 14040:2006):

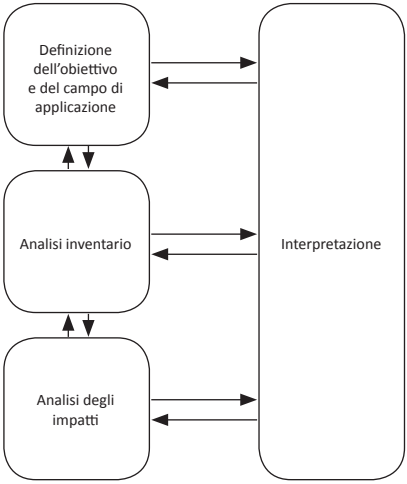
- Identificare le opportunità di migliorare gli aspetti ambientali dei prodotti nei diversi stadi del loro ciclo di vita (ricerca e sviluppo);
- Prendere delle decisioni nel settore delle industrie, nelle organizzazioni governative e non governative (*ecodesign*);
- Scegliere indicatori rilevanti di prestazione ambientale con le relative tecniche di misurazione (supporto nei sistemi di gestione ambientale);
- Commercializzare, per esempio, integrando le informazioni sui prodotti con una dichiarazione ecologica, un sistema di etichetta ecologica o un'asserzione di prodotto ecologico (*green marketing*).

Il percorso di vita di un prodotto o di un processo inizia con

l'estrazione e la lavorazione delle materie prime. Prosegue con ulteriori trasformazioni, processi di produzione e assemblaggio che da semilavorato lo fanno diventare un prodotto pronto per essere commercializzato. Questa parte del ciclo di vita viene denominata "dalla culla al cancello" (*from cradle to gate*).
Uscito dalla fabbrica, il prodotto viene distribuito sul mercato per poi iniziare la sua fase d'uso, la cui durata dipende dal prodotto stesso e dall'essere sottoposto a cicli di manutenzione.
Giunto al proprio fine vita, il prodotto può (Baldo *et alii*, 2008):
- essere riutilizzato nei processi produttivi (totalmente o in parte);
- essere riciclato per la produzione dello stesso tipo o di altri prodotti;
- essere utilizzato ai fini del recupero energetico (termovalorizzazione);
- essere smaltito in discarica.
In questo quadro di riferimento, mentre inizialmente l'analisi si concludeva con la trasformazione del prodotto in rifiuto (analisi "dalla culla alla tomba", *from cradle to grave*), ultimamente l'analisi contempla anche la fase del riutilizzo dei materiali riciclati, divenendo un'analisi "dalla culla alla culla" (*from cradle to cradle*).

5.1. Descrizione del metodo di analisi dell'LCA

Come riporta la norma UNI EN ISO 14040:2006, la valutazione del ciclo di vita consta delle seguenti fasi principali:
- la fase di definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione (*goal and scope definition*), in cui vengono definiti le finalità dello studio, l'unità funzionale, i confini del sistema studiato, il fabbisogno e l'affidabilità dei dati, le assunzioni e i limiti;
- la fase di analisi dell'inventario (*Life Cycle Inventory Analysis*, LCI), in cui vengono ricostruiti i flussi dell'energia e dei materiali, i processi di trasformazione e trasporto;
- la fase di valutazione degli impatti (*Life Cycle Impact Assessment*, LCIA), in cui le singole fasi del processo vengono tradotte in termini di impatti ambientali da esse derivati;
- la fase di interpretazione (*Life Cycle Interpretation*), in cui vengono analizzati i dati ottenuti e vengono avanzate delle proposte di cambiamenti necessari a ridurre l'impatto ambientale dei singoli processi e attività considerate.



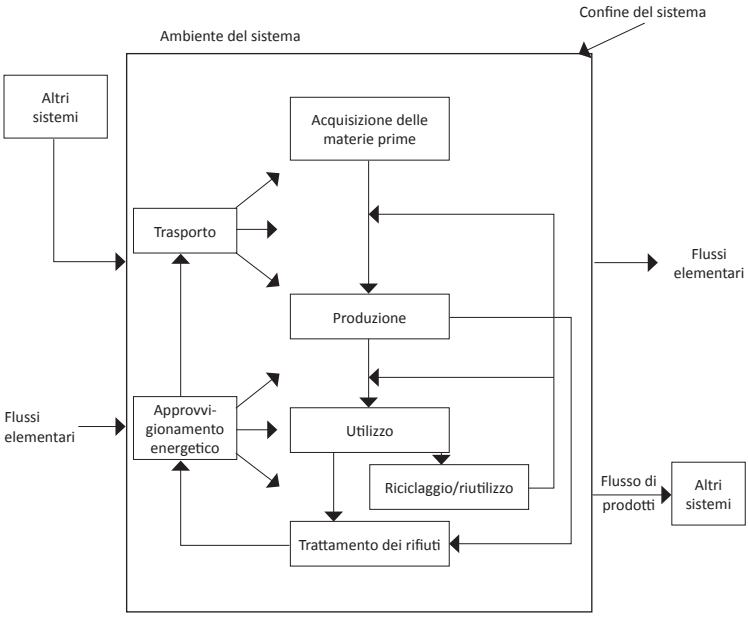
Schema operativo di una Valutazione ambientale di ciclo vita (UNI EN ISO 14040:2006).

In sintesi, l'LCA può essere definita una tecnica per identificare tutti gli *input* e gli *output* di un prodotto, di un processo e di un servizio, valutare i rifiuti associati, gli effetti sulla salute dell'uomo e le problematiche ecologiche ed, infine, interpretare e comunicare i risultati della valutazione.

5.1.1. Concetti generali

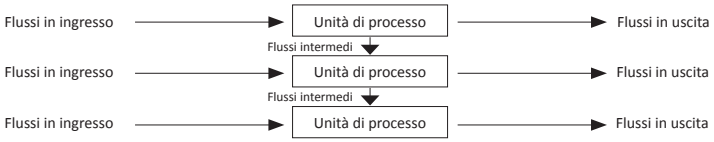
Elemento di base per l'applicazione della procedura LCA è la caratterizzazione delle componenti fondamentali oggetto della valutazione: le unità di processo e il sistema di prodotto.
Il primo passo per l'applicazione del procedimento di Valutazione del Ciclo di Vita, infatti, è la rappresentazione del processo da analizzare, attraverso un diagramma di flusso che, in maniera sequenziale ed interconnessa, colleghi tra loro le successive fasi del ciclo di vita di un prodotto, tramite flussi di materia e di energia in ingresso e in uscita e consenta di definire ed identificare, attraverso ciascun blocco, la natura e la tipologia dei processi che hanno significatività ai fini dello studio.
Un sistema di prodotto è un "qualsiasi insieme di dispositivi che

realizzano una o più precise operazioni industriali aventi una determinata funzione; esso è delimitato da appropriati confini fisici rispetto al sistema ambiente e con questo ha rapporti di scambio caratterizzati da una serie di *input* e *output*" (Baldo *et alii*, 2008).



Esempio di sistema di prodotto per la Valutazione ambientale di ciclo vita (UNI EN ISO 14040:2006).

I sistemi di prodotti si suddividono in una serie di unità di processo. Le unità di processo sono collegate fra loro da flussi di prodotti intermedi e da rifiuti da trattare e sono collegate con altri sistemi di prodotti e con l'ambiente da flussi elementari (UNI EN ISO 14040:2006).



Esempio di sistema di serie di processi unitari all'interno di un sistema di prodotto (UNI EN ISO 14040:2006).

Ai fini della caratterizzazione del sistema di prodotto, è importante definire, sin dall'inizio dello studio, le funzioni, l'unità funzionale e il relativo flusso di riferimento.
Le funzioni individuano le caratteristiche prestazionali del sistema, ovvero le finalità del sistema, scelte in relazione agli obiettivi dello studio, mentre l'unità funzionale definisce la quantificazione delle funzioni identificate e, quindi, una misura delle prestazioni del flusso in uscita dal sistema di prodotto (flusso di riferimento, *reference flow*). Lo scopo principale dell'unità funzionale è di fornire un riferimento a cui legare i flussi in entrata e in uscita. Questo riferimento è necessario per consentire la comparabilità dei risultati di una LCA. Tale comparabilità risulta critica nell'ambito di valutazione di sistemi differenti poiché ci si deve assicurare che i confronti avvengano su una base analoga. Un sistema può avere un gran numero di funzioni possibili e la funzione scelta per lo studio dipende dall'obiettivo e dal campo di applicazione (UNI EN ISO 14040:2006).

5.1.2. Definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione

Il primo fondamentale passo per l'applicazione della Valutazione del Ciclo di Vita è quello di definire l'obiettivo dello studio e il relativo campo di applicazione.
Definire l'obiettivo dello studio significa identificare, senza alcuna ambiguità, le ragioni per cui tale studio viene realizzato, i dati di *output* che si vogliono ottenere e i soggetti a cui lo studio deve essere rivolto e a cui devono essere comunicati i relativi risultati. Il PEF del 2013 e l'ILCD *Handbook* del 2010, rispetto a quanto indicato nella norma ISO, attribuiscono a questa fase anche la definizione del contesto decisionale, ovvero il riscontro e le conseguenze che un tale studio potrebbe avere su altri sistemi.
La definizione del campo di applicazione richiede invece un processo di tipo iterativo che, tramite l'acquisizione di un numero di dati e di informazioni sempre crescenti sul sistema studiato, consente di identificare l'ambito da analizzare in funzione degli obiettivi da perseguire. Definire il campo di applicazione significa, quindi, tracciare i confini entro i quali effettuare l'analisi e caratterizzare le unità di processo da includere nel sistema. Tali confini vengono definiti a seguito di una minuziosa descrizione del sistema in esame e della

costruzione del diagramma di flusso del ciclo produttivo, effettuate allo scopo di pianificare la raccolta dei dati e delle informazioni utili ad inquadrare il campo di azione.
Una prima delimitazione dei confini verrà effettuata con criteri sia geografici sia tecnologici, contemplando solo gli ambienti fisici e i processi produttivi che si ritiene di dover considerare per l'analisi. Successivamente, ci si renderà conto che alcune componenti, ritenute di scarso rilievo ai fini dell'analisi o troppo onerose in quanto necessitano di maggiori approfondimenti, potranno essere escluse e altre, invece, dovranno essere inserite. Questo ci fa capire che ogni studio LCA, per poter essere gestito e completato, contiene delle semplificazioni e delle limitazioni rispetto ad uno studio completo. Ogni omissione o inserimento deve essere in ogni caso logico, giustificato dallo scopo dello studio e dichiarato, soprattutto nell'ambito di studi comparativi.
I flussi in ingresso e in uscita dal sistema devono essere dei flussi elementari, ovvero flussi di materia e di energia prelevati o scaricati nell'ambiente circostante senza alcuna trasformazione operata dall'uomo (UNI EN ISO 14044: 2006).
Rappresentando il processo come diagramma di flusso, è evidente la necessità di caratterizzarne ogni passaggio fondamentale, secondo gli obiettivi dello studio, focalizzando l'attenzione sugli aspetti che, più degli altri, concorrono in maniera significativa alla definizione degli impatti.
La determinazione dell'obiettivo e del campo di applicazione dello studio rappresenta l'elemento di base per il successivo sviluppo dell'analisi, in quanto consente, da un lato, di individuare le linee guida e i "paletti" rispetto ai quali sviluppare la valutazione, e dall'altro di definire le categorie di dati da prendere in considerazione e che saranno oggetto della successiva fase di calcolo e di valutazione.

5.1.2.1. I dati di *input* e le modalità di raccolta delle informazioni

In considerazione della sua importanza cruciale ai fini dell'attendibilità di una LCA, l'accertamento dell'affidabilità dei dati raccolti durante l'inventario costituisce un'importante fase preparatoria, che consente di ottimizzare i tempi nelle fasi successive dello studio (Baldo *et alii*, 2008).

I dati si suddividono in diverse categorie:
- Energia, materie prime, materiali ausiliari o altre entità fisiche in ingresso;
- Prodotti;
- Emissioni nell'aria, nelle acque, nel suolo, altri aspetti ambientali.

La raccolta dei dati è una procedura di tipo iterativa che, a partire da una prima indagine sulla disponibilità iniziale, conduce ad acquisire sempre più informazioni, man mano che si approfondisce la conoscenza del sistema allo studio (UNI EN ISO 14044:2006).
I dati dovrebbero, per quanto possibile, essere raccolti direttamente sul campo (dati primari) tramite la somministrazione di un dettagliato questionario alle amministrazioni, alle imprese, alle industrie, a cui aggiungere contatti telefonici e visite, presso le compagnie, per l'acquisizione dei dati più importanti (ISO/TR 14049:2000). Questi dati possono essere misurati, calcolati e stimati, ma, in ogni caso, è fondamentale la definizione del loro livello di qualità. Per semplificare l'operazione di raccolta dati è utile la predisposizione di apposite schede. Di seguito se ne riportano due modelli-tipo.

QUESTIONARIO PER LA RACCOLTA DI DATI PRIMARI LCA: *PROFILO AZIENDA*

Sito/i produttivo/i;

Presenza di Sistema di Gestione certificato (es. ISO 14001, EMAS, ISO 9000);

Laboratori di cui si avvale l'azienda (interni o esterni) per i controlli degli impatti ambientali diretti ed indiretti generati dal prodotto;

Strutture interne che si occupano del tema ambientale;

Normative cogenti e controlli di tipo ambientale (es. rilevamenti fumi);

Tipologie di prodotti;

Destinazione (gammista, impresa di costruzione,...) e uso del prodotto;

Fatturato approssimativo dell'ultimo anno sul prodotto;

Prezzo di vendita finale del prodotto;

Numero persone del/i sito/i produttivo/i coinvolti nella produzione del prodotto;

- Elenco dei fornitori coinvolti nella produzione del prodotto; Principali semilavorati o intermedi produttivi necessari alla realizzazione del prodotto;

Macro componenti del prodotto finito e relative percentuali in peso;

Presenza di una scala internazionale di produzione, trasporto, commercializzazione del prodotto;

Scenari di fine vita del prodotto.

QUESTIONARIO PER LA RACCOLTA DI DATI PRIMARI LCA: *STABILIMENTO PRODUTTIVO*

(i dati devono essere tutti riferiti a uno stesso anno e a uno specifico stabilimento)

Breve descrizione del ciclo produttivo, delle fasi di lavoro e delle attrezzature di produzione;

Produzione annua MagazzinoProdottoFinito di tutta la linea (t);

Produzione annua MPF del singolo prodotto;

Attività della linea (ore);

Portata fumi secchi (Nmc/h);

Consumo risorse. Principali materie prime, relativi quantitativi annui consumati e relativa zona di provenienza;

Consumo energetico annuo (specificare quantità per tipologia);

Consumo idrico annuo (quantità);

Emissioni in atmosfera annue (specificare quantità per tipologia);

Emissioni in acqua annue (specificare quantità per tipologia);

Produzione di rifiuti annue (specificare quantità per tipologia).

Esempi di questionari per la raccolta di dati primari nello studio LCA.

I dati utilizzati, infatti, possono avere diverse origini, sia spaziali che temporali, e la loro corretta definizione è importante per individuare l'affidabilità dei risultati e la relativa corrispondenza alla situazione reale.

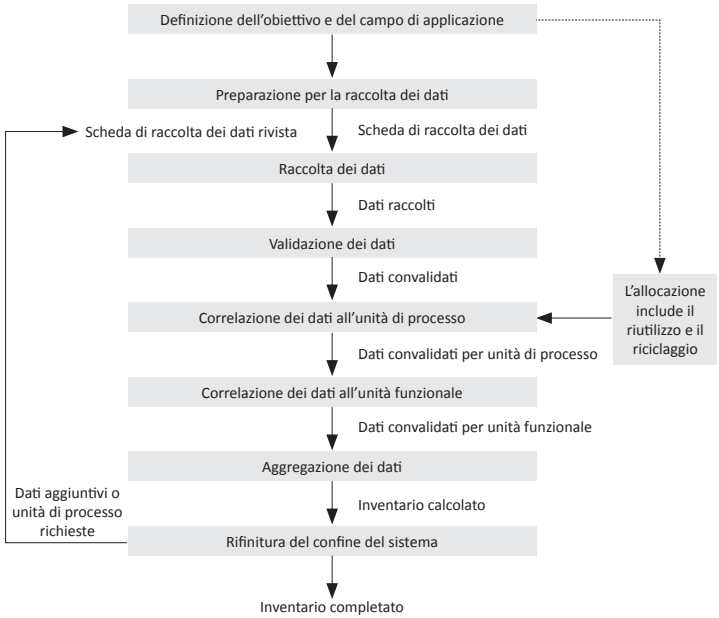
I requisiti di qualità dei dati dovrebbero includere i seguenti parametri definiti nella UNI EN ISO 14044:2006[2]:
- rappresentatività temporale: l'anzianità desiderata dei dati, per esempio entro gli ultimi cinque anni, e la minima estensione di tempo, per esempio un anno, rispetto alla quale i dati dovrebbero essere raccolti;
- rappresentatività geografica: la zona geografica nella quale dovrebbero essere raccolti i dati relativi alle unità di processo, per soddisfare l'obiettivo dello studio, per esempio locale, regionale, nazionale, continentale, globale;
- rappresentatività tecnologica: combinazione di tecnologie, per esempio media ponderata delle combinazioni di processi operanti, miglior tecnologia disponibile;
- precisione: misura della variabilità dei dati;
- completezza: quantità di flussi considerati;
- rappresentatività statistica;
- coerenza;
- riproducibilità;
- fonte dei dati e loro significatività;
- incertezza dell'informazione;
- soggetti responsabili;
- risultati delle procedure di validazione effettuate.

Qualora non sia possibile reperire i dati in modo diretto, ci si può servire di dati derivati (dati secondari) ricavabili da banche dati appositamente predisposte, o da studi in letteratura (dati terziari).
È importante, anche in questo caso, controllare e citare la fonte, la data di pubblicazione e tutti gli elementi che ne permettano una gestione trasparente e riproducibile.
Nella definizione del diagramma di processo, l'operazione da compiere è la definizione dei flussi in ingresso da studiare, che devono essere dotati di:
- Massa: si includono nello studio tutti i flussi in ingresso che, cumulativamente, contribuiscono secondo una percentuale al flusso complessivo di massa in ingresso nel sistema;
- Energia: si includono nello studio tutti i flussi in ingresso che, cumulativamente, contribuiscono secondo una determinata percentuale al flusso complessivo di energia in ingresso nel sistema;
- Rilevanza ambientale: si includono nello studio tutti i flussi in

ingresso che contribuiscono, secondo una determinata percentuale, alla quantità stimata di ciascuna categoria di dati del sistema di prodotto.

5.1.3. Analisi dell'inventario (LCI)

La fase di analisi dell'inventario, nell'ambito della Valutazione del Ciclo di Vita, si caratterizza come il procedimento di calcolo di tutti i dati precedentemente identificati, per la quantificazione dei flussi in ingresso e in uscita dal sistema di prodotto, nonché dei flussi intermedi tra le unità di processo, attraverso un procedimento iterativo che, tramite l'acquisizione di un numero sempre crescente di dati, determina cambiamenti nelle procedure di calcolo e nella stessa definizione dei confini del sistema allo studio.
Questa fase costituisce, a sua volta, la spunto per la successiva determinazione degli impatti indotti sui comparti ambientali e sulla salute dell'uomo (UNI EN ISO 14044:2006).
Alla base di una corretta analisi LCA vi dev'essere un appropriato diagramma di flusso con una dettagliata descrizione delle funzioni svolte da ciascuna unità di processo e delle categorie di dati ad essa associate.
Successivamente alla raccolta dei dati ha inizio il procedimento di calcolo vero e proprio. La prima operazione consiste in una verifica dei dati, attraverso bilanci di massa e di energia relativi a ciascuna unità di processo, al fine della individuazione di eventuali anomalie (processo di allocazione).
Tutti i dati a disposizione devono essere calcolati, in relazione ad un predefinito flusso di riferimento, e normalizzati rispetto all'unità funzionale, in modo tale da avere grandezze comparabili tra loro. Come conseguenza della natura iterativa del processo, infine, i dati così ottenuti vengono usati in un'analisi di sensibilità, per valutarne l'importanza e il relativo peso sul risultato finale, ma anche, eventualmente, per modificare i confini del sistema, escludendo unità di processo o flussi in ingresso e in uscita che si siano rivelati poco significativi, ovvero includendo quelle unità e quei flussi che, invece, hanno mostrato di avere elevata incidenza sul risultato finale.



Procedure semplificate per l'analisi dell'inventario (UNI EN ISO 14044:2006).

5.1.3.1. Il processo di allocazione

Pochi processi industriali producono un solo *output* o sono basati su una linearità di materie prime in ingresso e uscita. In realtà, la maggior parte dei processi industriali producono più di un prodotto, e riciclano i prodotti intermedi o di scarto come materie prime.
Affinché gli *input* e gli *output* del sistema globale siano assegnati correttamente ai diversi sotto-sistemi, si procede con un'operazione di allocazione (*allocation o partitioning*), associando i carichi energetici e ambientali ai vari co-prodotti e sotto-prodotti di un processo. In questo modo si è in grado di affrontare lo studio di sistemi complessi sintetizzando il comportamento del sistema con indici energetici e ambientali (Baldo *et alii*, 2008).
L'allocazione è un procedimento attraverso il quale i flussi di materia e di energia in ingresso in un'unità di processo vengono ripartiti tra i diversi prodotti in uscita, in maniera tale da attribuire a ciascuno di loro le rispettive aliquote di risorse impiegate e di inquinanti emessi,

ovvero caratterizzare il contributo fornito da ciascuna sotto-attività agli impatti ambientali complessivi.
In realtà, ove possibile, l'allocazione dovrebbe essere evitata dividendo il processo in due o più sotto-processi e raccogliendo i dati di ingresso e di uscita in relazione a questi sub-processi. Dove l'allocazione non può essere evitata, gli *input* e gli *output* del sistema dovrebbero essere ripartiti tra i propri prodotti differenti in modo da riflettere le relazioni fisiche sottostanti (es. massa). Dove il rapporto fisico da solo non può essere stabilito o utilizzato come base per l'allocazione, gli ingressi devono essere ripartiti tra i prodotti e le funzioni in un modo che rifletta le altre relazioni.
Per esempio, i dati di ingresso e di uscita possono essere ripartiti tra co-prodotti in proporzione al valore economico dei prodotti o in base alle loro masse.

5.1.3.2. Il processo di allocazione per il riutilizzo ed il riciclaggio

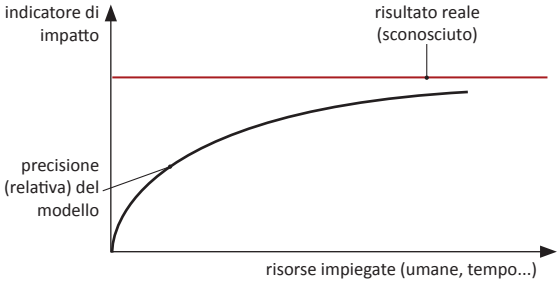
Particolari considerazioni devono, inoltre, essere fatte per ciò che riguarda i procedimenti di allocazione per il riutilizzo e il riciclaggio.
Tali attività, infatti, possono portare a situazioni particolari, perché cambiano le proprietà fisiche dei materiali, in vista di un utilizzo successivo ed inoltre, i flussi in uscita possono essere condivisi da più sistemi di prodotti.
In generale due sono i procedimenti che, in questi casi, possono essere presi in considerazione: procedimenti di allocazione a ciclo chiuso e procedimenti di allocazione a ciclo aperto.
Il procedimento di allocazione a ciclo chiuso (*closed-loop*) si applica ai sistemi di prodotti a ciclo chiuso o a quelli a ciclo aperto nei quali non si abbiano cambiamenti significativi nelle proprietà del materiale riciclato; in questo caso l'allocazione per i materiali riciclati è evitata perché il materiale secondario sostituisce le materie prime.
Il procedimento di allocazione a ciclo aperto (*open-loop*) si applica nei sistemi di prodotti a ciclo aperto, ovvero quando i prodotti subiscono cambiamenti nelle loro proprietà; in questo caso i criteri di allocazione presi in considerazione sono nell'ordine (UNI EN ISO 14044:2006):
- Le proprietà fisiche (per esempio la massa);
- Il valore economico (per esempio il valore di mercato del rifiuto o

del ateriale riciclato in rapporto al valore di mercato del materiale primario);
- Il numero dei successivi utilizzi del materiale riciclato.

5.1.3.3. I risultati di un inventario di ciclo vita

I risultati ottenuti attraverso l'analisi di inventario devono, successivamente, essere oggetto di una fase di interpretazione. Questa operazione dà l'opportunità di verificare la validità delle attività condotte, in relazione all'obiettivo dello studio e al campo di applicazione.
In particolare, l'interpretazione dei risultati deve comprendere una valutazione della qualità dei dati, delle scelte metodologiche e delle analisi di sensibilità dei flussi in ingresso e in uscita, in maniera tale da valutare l'incertezza dei risultati (UNI EN ISO 14044: 2006).
A tal fine, un valido aiuto potrebbe arrivare dall'uso di metodologie e procedimenti statistici, che consentirebbero di spiegare meglio gli effetti delle scelte operate relative alle regole di allocazione seguite, ai criteri di esclusione (*cut-off*), all' impostazione dei confini e alla definizione del sistema, alle ipotesi sui dati e al metodo di caratterizzazione individuato.
In particolare, la procedura più utilizzata è quella dell'analisi di sensibilità, che consente di valutare l'influenza, sul risultato finale, dovuta al cambiamento dei parametri di *input* o a variazioni di decisioni prese durante lo sviluppo dello studio.
Un'analisi di sensibilità si può condurre attraverso[3]:
- l'individuazione dei fattori di variabilità significativi;
- la valutazione degli impatti utilizzando i diversi *input* (ipotesi, dati, metodi);
- il confronto dei risultati ottenuti usando ipotesi, metodi o dati "alterati" (variando secondo una certa percentuale, tipicamente del 10%, i valori dei dati in ingresso ed analizzando come varia a sua volta il risultato finale dello studio come indicato nella ISO/TR 14049, 2000).
I risultati di un inventario di ciclo di vita sono essenzialmente di due tipi: energetici e ambientali.
Essi vengono normalmente presentati in sei principali categorie di parametri: materie prime (di tipo ambientale), combustibili primari, energia *feedstock* (di tipo energetico), rifiuti solidi, emissioni in aria e

emissioni in acqua (di tipo ambientale).
A quelli di tipo ambientale può essere aggiunto anche il parametro del consumo del suolo.
La schematizzazione di tali parametri con l'indicazione dei relativi risultati è propedeutica all'analisi degli impatti.
I risultati ottenuti dall'inventario di ciclo di vita si stima siano affetti da un errore minimo dell'ordine del 5-10% dovuto principalmente alla complessità della metodologia e alla qualità dei dati utilizzati. Da queste considerazioni emerge che l'errore commesso è proporzionale alle risorse impiegate per portare a termine lo studio oltre che alla sua effettiva complessità.
Lo studio LCA parte in ogni caso dal presupposto che i risultati ottenuti si avvicinino al risultato reale (che rimane tuttavia sconosciuto) in modo asintotico come rappresentato nel grafico riportato da Baldo.



Rappresentazione grafica della precisione di un modello LCA per un indicatore di impatto al variare delle risorse impiegate per calcolarlo (Baldo, 2008).

5.1.4. Analisi degli impatti del ciclo di vita (LCIA)

La fase di valutazione dell'impatto del ciclo di vita traduce in chiave "ambientale" i risultati provenienti dall'inventario, ossia consente di identificare e quantificare gli impatti sull'ambiente e sulla salute dell'uomo indotti dai flussi in uscita dai confini del sistema.
L'analisi degli impatti ha lo scopo di evidenziare l'entità delle modificazioni ambientali che si generano a seguito dei rilasci nell'ambiente, sottoforma di reflui o di emissioni, e di risorse associati a un'attività produttiva.
In generale, la valutazione dell'impatto del ciclo di vita si compone

di elementi obbligatori e facoltativi secondo quanto lo schema seguente.

LE FASI DEL LIFE CYCLE IMPACT ASSESSMENT

Elementi obbligatori

definizione delle categorie d'impatto
definizione dei risultati LCI (classificazione)
calcolo degli indicatori di categoria (caratterizzazione)

Elementi opzionali

confronto con un valore di riferimento (normalizzazione)
raggruppamento
pesatura

Le fasi principali di una LCIA (UNI EN ISO 14040:2006, UNI EN ISO 14044:2006).

Affinché uno studio sia conforme alle indicazioni delle norme ISO, occorre:
- selezionare gli effetti ambientali da considerare e gli indicatori ambientali che li rappresentano;
- assegnare i risultati dell'inventario agli effetti scelti (classificazione);
- calcolare gli indicatori di categoria (caratterizzazione).

Non viene considerata vincolante la definizione del criterio in base al quale collegare i risultati ottenuti dalla caratterizzazione ai corrispondenti giudizi di valore relativi alla gravità dell'impatto.
Sono ritenuti opzionali:
- il confronto degli indicatori ambientali calcolati con valori di riferimento (normalizzazione);
- la determinazione e il confronto dell'importanza dei singoli effetti ambientali (pesatura).

5.1.4.1. La scelta degli effetti ambientali

La prima azione da compiere nell'ambito della LCIA è la scelta degli effetti ambientali, o categorie d'impatto, sui quali sarà basata l'analisi.

Tale scelta viene fatta tenendo conto che la significatività dei risultati diminuisce man mano che dagli effetti globali si passa alla scala locale. Negli studi che generalmente vengono condotti, le categorie di impatto più frequentemente utilizzate sono l'effetto serra a 100 anni (GWP100), l'acidificazione potenziale (AP), la formazione di smog fotochimico (POCP), la riduzione dell'ozono stratosferico (ODP) e l'eutrofizzazione potenziale (EP) (Baldo *et alii*, 2008).

5.1.4.2. La classificazione

Dopo aver individuato quali sono le categorie d'impatto da considerare, si passa alla fase di classificazione che, dal punto di vista operativo consiste nell'organizzare i dati dell'inventario distribuendo i valori di tutte le emissioni gassose, liquide e solide, provocate direttamente o indirettamente dalle operazioni considerate nelle varie categorie d'impatto. Questo procedimento di aggregazione dei risultati dell'inventario in categorie d'impatto è solo il primo passo della fase di valutazione che porta, non a dare giudizi di valore assoluto sugli effetti ambientali degli impatti, bensì ad esprimere giudizi relativi, come ad esempio quello di determinare quale, tra due o più processi produttivi, porti ad un minor dispendio di risorse e ad un minor impatto sull'ambiente (Baldo *et alii*, 2008).

5.1.4.3. La caratterizzazione

La fase di caratterizzazione consente di determinare in modo omogeneo e quantitativo il contributo delle singole emissioni: i risultati dell'analisi d'inventario del ciclo di vita vengono trasformati in unità di misura comuni e poi associati a ciascuna categoria di impatto mediante i fattori di caratterizzazione.
In seguito alla fase di caratterizzazione l'impatto risulta rappresentato da valori numerici ottenuti elaborando i risultati della LCI con operazioni di raggruppamento e classificazione: il suo rapporto con l'effetto consiste che esso ne è una causa potenziale.

4.1.4.4. La normalizzazione, il raggruppamento e la pesatura

In aggiunta alle fasi obbligatorie, la Valutazione dell'Impatto del Ciclo di Vita si compone anche di tre elementi facoltativi, quali la

Normalizzazione, il Raggruppamento e la Pesatura.
In particolare, la normalizzazione è un procedimento che consente una migliore comprensione dell'entità relativa dei risultati di indicatore, perché consiste nel dividere il risultato di indicatore per un valore di riferimento prescelto, quale le emissioni totali o l'utilizzo di risorse in una data area, ovvero le emissioni totali o l'utilizzo di risorse in una data area per abitante. In questo modo è possibile ottenere degli indici sintetici con cui valutare complessivamente il sistema in esame e poter fare poi delle operazioni di confronto tra diversi sistemi produttivi.
Il raggruppamento è una procedura di riordino e classificazione delle categorie di impatto sulla base dell'obiettivo e del campo di applicazione dello studio.
Più in particolare, le categorie di impatto possono essere riordinate su base nominale, in relazione alle emissioni, alle risorse o su scala spaziale, oppure sulla base di una gerarchia, per esempio di priorità. È evidente come tale operazione, della quale deve essere garantita la trasparenza, può essere condotta in maniera diversa da individui e società differenti in relazione all'obiettivo dello studio e, quindi, differenti possono essere i risultati a parità di indicatori normalizzati.
Si procede, infine, alla fase di pesatura, ovvero alla trasformazione dei risultati di indicatore attraverso fattori numerici o di pesatura, scelti tramite un procedimento di assegnazione di valori. Anche in questo caso l'operazione, che deve essere totalmente trasparente, può condurre a risultati differenti, in relazione alle diverse preferenze di individui e organizzazioni; in ogni caso i criteri di valutazione seguiti e le procedure di calcolo utilizzate devono essere chiaramente documentate, al fine di rendere chiara la procedura ai soggetti decisori e consentire agli utilizzatori di apprezzarne i risultati (SETAC, 1993).
Le fasi di normalizzazione e pesatura dei risultati non si basano su metodologie accordate tra studiosi di LCA, bensì seguono approcci spesso di tipo politico o etico che non sempre hanno un fondamento scientifico e necessitano perciò della dovuta trasparenza al fine di non manipolare i risultati.
Tali tipi di approccio possono essere (Baldo et alii, 2008):
- approccio mandatario (*proxy approach*): l'impatto ambientale viene descritto attraverso pochi parametri scelti arbitrariamente in accordo con gli obiettivi dell'analisi;

- monetizzazione (*monetarisation*): il valore dell'ambiente può essere stimato prendendo in considerazione le spese necessarie a controllare i danni ambientali (*environmental control costs*) oppure considerando le spese necessarie ad evitare gli impatti individuati con la LCA (*environmental damage costs*);
- distanza dall'obiettivo (*distance to target*): include le emissioni che sono sottoposte a regolazione da disposizioni legislative nazionali e internazionali tramite obiettivi di riduzione;
- valutazione di esperti (*panel approach*): i coefficienti di pesatura sono calcolati da un gruppo di esperti giudicati in grado di valutare l'importanza delle categorie d'impatto;
- approccio tecnologico (*technology approaches*): si basa sulla tecnologia conosciuta e usata per l'abbattimento delle emissioni nell'ambiente.

5.1.5. Interpretazione del ciclo di vita

L'Interpretazione del Ciclo di Vita è l'ultima fase della procedura di LCA nella quale i risultati dei precedenti procedimenti di LCI e LCIA vengono riepilogati e discussi, al fine di giungere a conclusioni e raccomandazioni sulle iniziative da intraprendere, in relazione agli obiettivi dello studio e al relativo campo di applicazione (SETAC, 1993).
L'obiettivo è, inoltre, quello di presentare in maniera chiara e trasparente i risultati dello studio effettuato, in modo tale da fornire un valido strumento di consultazione ai soggetti decisori e al pubblico cui eventualmente tali informazioni sono destinate. A tal fine la fase di Interpretazione del Ciclo di Vita comprende tre stadi successivi (UNI EN ISO 14044:2006):
- Identificazione dei fattori significativi sulla base dei risultati delle fasi LCI o LCIA dell'LCA;
- Valutazione, comprensiva dei controlli di completezza, sensibilità e coerenza;
- Conclusioni, limitazioni e raccomandazioni.

5.1.5.1. Identificazione dei fattori significativi

La fase di identificazione dei fattori significativi si pone come

obiettivo la strutturazione dei risultati delle fasi di LCI e LCIA allo scopo di determinare gli aspetti principali in accordo con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio.
In particolare, le informazioni da acquisire devono riguardare innanzitutto i risultati delle fasi precedenti, rappresentati attraverso grafici, tabelle, prospetti, in maniera tale da avere un quadro complessivo dei dati a disposizione.
Tale fase di descrizione deve interessare anche le scelte metodologiche compiute (le regole di allocazione, i confini del sistema, gli indicatori di sistema e i modelli di scelta degli impatti) che, in qualche modo, possono condizionare in maniera determinante l'esito dello studio, così come le scelte dei valori adottate come determinato dalla definizione dell'obiettivo e del campo di applicazione ed, infine, le informazioni sul ruolo e le responsabilità delle diverse parti interessate (UNI EN ISO 14044:2006).

5.1.5.2. Valutazione

La fase di valutazione, invece, si pone come obiettivo la definizione e il miglioramento dell'affidabilità e dell'attendibilità dei risultati; tale operazione viene condotta attraverso tre differenti tecniche:
- Controllo di completezza;
- Controllo di sensibilità;
- Controllo di coerenza.

Il controllo di completezza è volto ad assicurare che tutte le informazioni e i dati necessari all'interpretazione siano disponibili e completi.
Nel caso in cui il dato eventualmente mancante sia ritenuto indispensabile per soddisfare l'obiettivo dello studio, occorre procedere al riesame delle fasi di LCI e LCIA o altrimenti alla variazione dell'obiettivo dell'analisi.
Il controllo di sensibilità, invece, si pone come obiettivo quello di valutare l'attendibilità dei risultati finali, determinando se sono influenzati dalle incertezze nei dati, dai metodi di allocazione, dal calcolo dei risultati degli indicatori di categoria o da altro.
Il controllo di coerenza, infine, va a verificare se le ipotesi, i metodi e i dati sono coerenti con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio. A tal fine la normativa specifica le informazioni da fornire e le

domande a cui è lecito dare una risposta, ossia in generale la coerenza con la quale devono essere condotte tutte le operazioni di analisi.

5.1.5.3. Conclusioni, limitazioni e raccomandazioni

La fase di interpretazione del ciclo di vita si chiude con le conclusioni, l'individuazione dei limiti e le raccomandazioni per i destinatari dello studio.
In generale, l'obiettivo in questa fase è quello di analizzare i risultati dello studio e trarre delle conclusioni seguendo il seguente iter:
- identificare i fattori significativi;
- valutare la metodologia e i risultati per i controlli di completezza, sensibilità e coerenza;
- trarre conclusioni preliminari e controllare che siano in accordo con l'obiettivo e il campo di applicazione dello studio;
- redigere un rapporto conclusivo in caso di coerenza verificata, altrimenti ripresa dei passi precedenti.

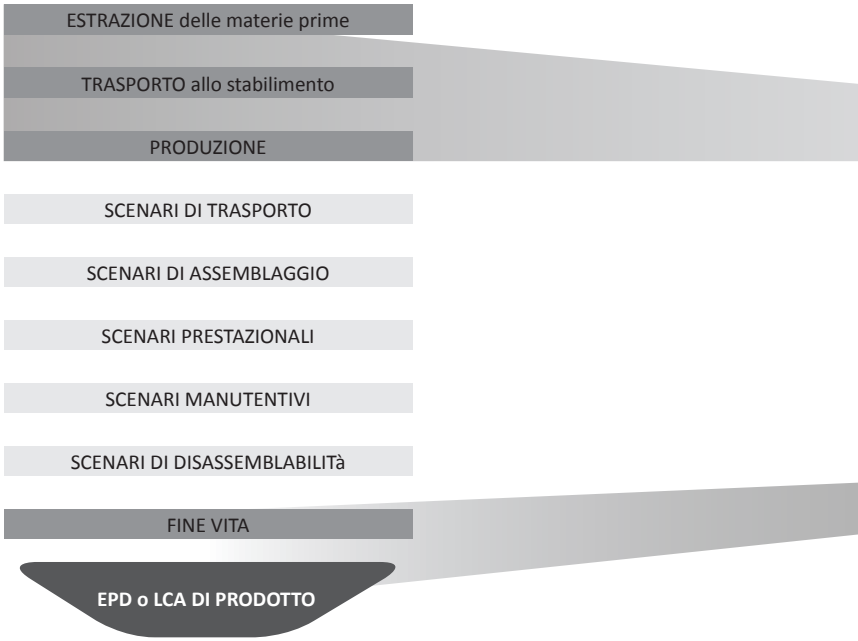
Dove appropriato, in base all'obiettivo e al campo di applicazione, è possibile fornire anche delle raccomandazioni, al fine di agevolare il processo decisionale e condurre i soggetti interessati a compiere le migliori scelte possibili (UNI EN ISO 14044:2006).

5.2. LCA in edilizia: vantaggi e criticità

Le variabili che entrano in gioco nel processo decisionale nell'ambito del progetto di un prodotto o di un manufatto edilizio sono molteplici e variegate: tecniche, economiche, ambientali e sociali.
Oltre agli aspetti di natura più prettamente tecnica, infatti, bisogna considerare le problematiche riguardanti i costi, gli impatti che la produzione e l'uso determinano sull'ambiente e, non da meno, gli aspetti legati alla partecipazione della comunità sia in qualità di produttrice sia in qualità di utente finale del prodotto.
Uno degli aspetti che bisogna affrontare con una certa urgenza, considerato il peso che l'edilizia ricopre, è la questione ambientale. L'attività edilizia pertanto in questo senso deve muoversi: per essere ambientalmente sostenibile deve garantire una minimizzazione del proprio impatto e ridurre così il rischio di danno.

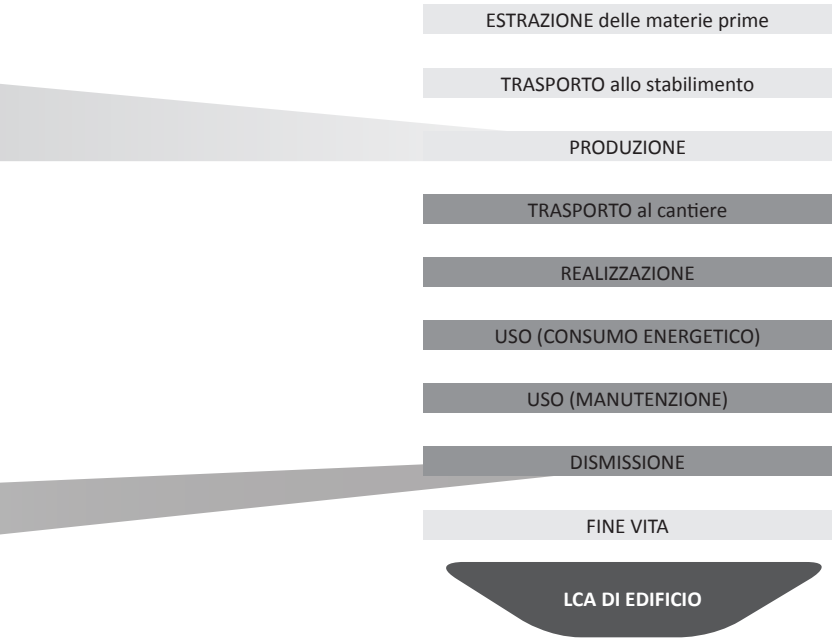
Per fare ciò, occorre attuare un completo monitoraggio del ciclo di vita e degli scambi energetici in tutte le fasi che interessano l'organismo edilizio: dalla produzione, all'utilizzo, al recupero, alla dismissione dei singoli componenti edilizi, sino all'intero edificio.
La comunità europea negli ultimi anni ha predisposto una serie di norme contenenti le linee guida per la definizione dell'eco-compatibilità di un prodotto, anche complesso come un edificio, e ha individuato nell'LCA la metodologia indispensabile per poter comprendere il grado di compatibilità ambientale, per valutare i danni ambientali associati ai singoli elementi edilizi e ai processi costruttivi e per migliorarne le prestazioni ambientali.
Tale approccio metodologico di tipo quantitativo consente di superare il limite dell'approccio progettuale alle tematiche ambientali rappresentato dai metodi di valutazione qualitativi, in quanto spesso tralasciano fasi del processo o indicatori ambientali.
Dal punto di vista progettuale, l'analisi LCA consente di poter orientare le proprie scelte sin dalla fase di ideazione, traducendo tutte le variabili coinvolte nel processo edilizio in termini di consumi energetici, ambientali ed economici.
Tale analisi si rivolge ad un oggetto definito, le cui conseguenze a livello ambientale però si estendono oltre il luogo effettivo di realizzazione, prendendo in considerazione i luoghi di produzione e di trasporto, e si prolungano nel tempo, in quanto vengono contemplate le fasi di pre-produzione, produzione, uso, dismissione e eventuale riuso. Attraverso tale analisi è possibile individuare sia le fasi sia le componenti maggiormente impattanti all'interno di un organismo edilizio.
Sebbene l'approccio LCA sia già da tempo sperimentato in altri settori, la sua applicazione nel settore edilizio non ha ancora ottenuto largo consenso e diffusione nonostante le sue intrinseche potenzialità di diventare un parametro di riferimento per progettisti, produttori, costruttori e Pubbliche Amministrazioni, nella determinazione delle caratteristiche di eco-compatibilità dei prodotti edilizi, e di conseguenza, dell'intero edificio. A livello applicativo, con il recepimento delle linee guida, è comunque possibile inserire nei regolamenti edilizi, nei capitolati o come indispensabile requisito nelle gare d'appalto, l'utilizzo di tecniche mirate che tengano in considerazione gli aspetti ambientali e valutate secondo il metodo

LCA (Neri, 2008).
Oltre ai tanti vantaggi accennati, esistono tuttavia delle criticità che rendono ancora lenta l'applicazione di tale metodologia di analisi in edilizia soprattutto alla scala dell'edificio.
La criticità "di scala" di applicazione è dovuta principalmente al fatto che l'LCA nasce come strumento di valutazione ambientale in campo industriale indirizzata allo studio di prodotti dell'industria sicuramente meno complessi di un sistema-edificio. Si rivela pertanto un valido sistema di analisi ambientale se applicato ai prodotti dell'edilizia, mentre esteso alla scala dell'edificio presenta lacune che rendono incompleta e inaffidabile la sua valutazione ambientale complessiva. La somma degli impatti dei singoli prodotti può infatti non corrispondere agli impatti del sistema edificio assemblato. La valutazione degli impatti lungo il ciclo di vita dei singoli componenti (considerati quasi autonomi rispetto all'edificio) e la valutazione degli impatti lungo il ciclo di vita dell'intero edificio (di cui i singoli componenti sono parte integrante) sono due livelli di analisi distinti ma correlati (Lavagna, 2008, p.150).
Essendo un metodo di analisi sintetico e rigido, non dà spazio a considerazioni di tipo qualitativo (parametri di tipo macro-ambientale che riguardano il corretto rapporto dell'edificio con il contesto, la qualità ambientale dell'insediamento, la vicinanza ai servizi, la permeabilità dei suoli, ecc.) che invece risultano fondamentali nell'ambito di un rapporto complessivo ambientale su un edificio. La verifica di tali aspetti viene presa in considerazione da opportuni sistemi di valutazione a punteggio, come visto nei precedenti capitoli.
Per una valutazione ambientale completa e affidabile è bene dunque utilizzare entrambe le metodologie.
Aldilà delle difficoltà di applicazione del metodo alla scala dell'edificio, è importante sottolineare l'efficacia dell'approccio: lo studio LCA consente di sperimentare un approccio olistico che tiene in considerazione tutte le fasi di vita dell'organismo e le relative ricadute ambientali.
Ciò richiede un effettivo apporto multidisciplinare nello svolgimento dello studio, che può essere dato da analisti ambientali esperti nella metodologia LCA e da operatori esperti delle specificità del settore edilizio (Lavagna, 2008).



Le fasi caratterizzanti la scala del prodotto (Lavagna, 2008).

Per poter effettuare un'analisi LCA in edilizia, come in qualsiasi altro settore, è fondamentale definire gli obiettivi e il campo di applicazione come indicato nella normativa che dipendono dai soggetti destinatari dello studio.
Questi possono essere i produttori e i costruttori e lo studio può essere volto a migliorare le prestazioni ambientali di un prodotto o di un processo produttivo/costruttivo o ad intervenire su quelle fasi del processo produttivo particolarmente impattanti.
Possono essere anche dei costruttori e dei tecnici esperti che mirano alla certificazione dei propri prodotti mediante l'etichettatura ambientale in modo da poter essere inseriti nel circolo degli acquisti verdi.
Gli studi LCA possono essere destinati anche alle Pubbliche Amministrazioni e supportare l'individuazione di parametri ambientali cogenti nell'ambito degli interventi consentiti nel proprio territorio.



Le fasi caratterizzanti la scala dell'edificio (Lavagna, 2008).

Infine, gli stessi progettisti si possono servire delle valutazioni LCA nell'ambito delle proprie scelte progettuali e poter agire così in modo eco-responsabile.
Altra fase cruciale della procedura LCA in campo edile è l'individuazione dell'unità funzionale sulla quale si baserà l'intero studio e in base alla quale verranno ricercati i relativi dati.
In edilizia, nell'ambito di studi comparativi tra più prodotti, normalmente viene utilizzata come unità funzionale l'unità di prestazione, ovvero la quantità di prodotto necessaria a soddisfare una determinata prestazione. Di fronte ad un gran numero di prestazioni svolte dai diversi prodotti, è necessario scegliere quella più significativa al fine dello studio comparativo. Essa può essere ad esempio la resistenza termica nel caso di materiali isolanti, o la capacità termica nel caso di soluzioni d'involucro.
Una volta individuata l'unità funzionale e il flusso di riferimento,

occorre ricostruire, mediante un diagramma di flusso, il processo che caratterizza il sistema scelto e fissarne i confini. Man mano che si costruisce il processo del sistema vengono raccolti i dati di *input* che alimentano le singole fasi e di *output* che interagiscono con l'ambiente esterno. Nell'ambito della ricostruzione e rappresentazione del processo vengono fatte alcune scelte relative a quali aspetti prendere in considerazione poiché realmente significativi e quali invece tralasciare poiché poco influenti al fine del risultato finale. Solo con l'esperienza tali scelte vengono compiute già dalle prime fasi, altrimenti saranno le fasi di revisione dei dati a stabilirne il peso rispetto all'esito finale.

Un parametro molto importante da considerare nell'ambito delle valutazioni LCA alla scala dell'edificio è la durata presunta del manufatto. In base alla durata dovranno essere ponderati, tra le fasi del processo, gli aspetti ad essa connessi come i cicli di manutenzione dei componenti dell'edificio o la loro durevolezza in termini di energia incorporata.

Mentre per le prime fasi di definizione dell'obiettivo di studio, dell'unità funzionale e del sistema, di elaborazione del diagramma di flusso e di raccolta dati è necessaria un'approfondita conoscenza in campo tecnico-costruttivo e dei materiali, per le fasi inerenti la costruzione dell'inventario e la valutazione degli impatti ambientali spesso ci si affida a *software*, più o meno esaustivi, che per essere utilizzati richiedono comunque una certa competenza in merito alla procedura LCA. Tali *software* sono dotati anche di banche dati formulate da diverse associazioni di categoria o enti di protezione e studi ambientali e facenti riferimento a prodotti specifici dei quali spesso non viene resa nota la modalità di costruzione del dato (provenienza, materie prime e vettore energetico di riferimento, anno di formulazione del dato, ecc.).

È importante a tal proposito utilizzare sempre dati primari che ricostruiscano nel modo più fedele possibile la realtà produttiva di quel determinato prodotto e ne descrivano in modo affidabile il processo di realizzazione.

In Italia si è costituita nel 2006 la Rete Italiana LCA su iniziativa di ENEA. Oggi conta più di 400 iscritti ed ha come obiettivo principale quello di favorire la diffusione della metodologia LCA attraverso lo scambio di informazioni, dati e buone pratiche a livello nazionale.

Ogni anno redige un dossier che raccoglie gli studi LCA portati avanti nei diversi settori (edile, alimentare e agro-industriale, legno arredo, gestione e trattamento dei rifiuti, servizi turistici, prodotti e processi chimici, elettrico e elettronico, DIRE) in ambito nazionale. Nel territorio nazionale le attività di ricerca che si basano sulla LCA si concentrano in Emilia Romagna e in Lombardia e sono portate avanti principalmente dalle università e da società di consulenza. In Sardegna al momento non si registrano significativi studi o gruppi di ricerca sulla LCA. Uno degli obiettivi di questo lavoro di ricerca è proprio quello di sensibilizzare il territorio regionale alla valutazione ambientale attraverso tale metodologia e di introdurre tale approccio nella didattica delle università oltre che nella comune prassi professionale.
In assenza della strumentazione adeguata per poter effettuare studi ex-novo, si è scelto, a titolo esemplificativo, di analizzare recenti studi LCA riportati nella letteratura scientifica di settore dove la procedura viene applicata alla scala dell'edificio e del prodotto.

5.3. Studio LCA di un edificio

Fino a qualche anno fa comparare gli impatti della fase d'uso di un edificio con gli impatti delle altre fasi del suo ciclo di vita portava a risultati piuttosto ovvi. Alcuni studi (Cuéllar-Franco, Azapagic, 2012, e Gustavsson, Joelsson, 2010) mettono in evidenza come gli impatti della fase d'uso incidano addirittura per l'80-90% rispetto agli impatti delle altre fasi. In questi ultimi anni in cui notevoli progressi sono stati fatti dal punto di vista dell'efficienza energetica degli edifici, grazie anche alle direttive europee emanate nell'ultimo decennio, occorre rimettere in discussione gli apporti delle diverse fasi del ciclo di vita degli edifici in termini di efficacia ambientale.
Un recente studio[4], condotto da M. Paleari e M. Lavagna (non ancora ultimato e presentato in anteprima in occasione del VII Convegno della Rete Italiana LCA tenutosi a Milano nel Giugno 2013), alla luce della Direttiva europea 2010/31/EU che impone ai nuovi edifici realizzati dopo il 31 Dicembre 2020 un consumo energetico operativo prossimo allo zero (*nearly-Zero Energy Buildings*), valuta, secondo la procedura LCA, un complesso residenziale n-ZEB situato nella provincia di Milano, quantificando gli impatti complessivi generati in

tutte le fasi del ciclo di vita e verificando l'effettiva efficacia ambientale delle scelte fatte in fase di progetto e di costruzione.
La metodologia di ricerca adottata fa riferimento alle norme elaborate dal Comitato Tecnico CEN 350 sulla valutazione della sostenibilità degli edifici utilizzando un approccio al ciclo di vita (EN 15643-1:2010 "Sustainability of construction works - Sustainability assessment of Buildings - Part 1: General Framework"; EN 15643-2:2010 "Sustainability of construction works - Sustainability assessment of Buildings - Part 2: Framework for the assessment of environmental performance"; EN 15978:2011 "Sustainability of construction works - Assessment of environmental performance of buildings - Calculation Method") che contempla le istanze ambientali, sociali ed economiche.
Il confine del sistema previsto coincide con il perimetro del lotto in cui si inserisce il complesso e in riferimento ad esso prende in considerazione la fase di costruzione, uso e manutenzione a fronte di uno scenario di vita utile di 100 anni. I dati inerenti le fasi di pre-produzione, produzione, trasporto, cantiere, costruzione relativi ai materiali utilizzati (componenti edilizi in calcestruzzo, laterizi, legno, acciaio, intonaci, materiali per isolamento, semilavorati, parte degli impianti) vengono acquisiti mediante l'esame delle fatture pagate dai costruttori, dei SAL predisposti dalle imprese subappaltatrici, degli elaborati grafici di progetto e delle schede tecniche dei prodotti. Si tratta di dati primari specifici per quel progetto e realmente attendibili.
Tra i risultati ottenuti e presentati nell'ambito del Convegno, emerge che gli impatti causati dalla fase d'uso e legati direttamente con la fase operativa rappresentano solo il 31%, ovvero circa 1/3 degli impatti complessivi, ben inferiori rispetto all'80-90% stimato dagli studi di Cuéllar o Gustavsson.
In realtà non è facile comparare i risultati finali ottenuti da questo caso-studio con quelli descritti da alcuni autori e reperibili in letteratura: i casi presi in esame sono differenti e differenti sono anche le fasi del ciclo di vita considerate, nonché le fonti dei dati acquisiti. Ciò che comunque è importante tener presente e che invece spesso viene trascurato, per la maggiore attenzione dedicata alle istanze energetiche piuttosto che a quelle ambientali, è l'apporto di tutte le fasi del ciclo di vita dell'edificio in termini di impatti ambientali.
In questo caso specifico di valutazione LCA applicata ad un complesso

residenziale n-ZEB emerge che:
- gli impatti riconducibili alla fase di pre-uso ammontano al 55% a fronte del 31% della fase operativa, per cui occorre investire sul miglioramento delle prestazioni ambientali delle componenti degli edifici sia in termini di impatti in fase di produzione sia aumentando la loro vita utile e, di conseguenza, riducendone gli impatti di manutenzione;
- gli impatti ambientali collegati alle fasi di produzione, costruzione e fine vita degli spazi accessori non riscaldati, che generalmente non vengono presi in considerazione, sono assolutamente influenti (in questo caso-studio ammontano al 54%);
- le componenti impiantistiche determinano un forte incremento degli impatti ambientali per via del loro consistente aumento all'interno degli edifici, per la loro complessità e per la necessità di cicli di manutenzione costanti e onerosi;
- a livello generale, questo caso-studio dimostra che la risposta fornita dalla Direttiva 2010/31/EU all'esigenza di ridurre gli impatti ambientali a carico del settore delle costruzioni è parziale poiché esclude dall'esame numerosi aspetti che al contrario influenzano notevolmente il profilo ambientale complessivo degli edifici.

5.4. Studio LCA di un pannello di lana

Di recente è stato pubblicato in rete lo studio LCA di un pannello in lana di pecora prodotto in Italia. Si è scelto di analizzare in modo critico e oggettivo tale studio e per questa ragione di non rendere note le informazioni commerciali relative al prodotto.

Unità funzionale e confini del sistema

In virtù della semplice valutazione ambientale del pannello prodotto è stata scelta come unità funzionale il singolo kg di lana di pecora. Se lo studio fosse stato di tipo comparativo tra più prodotti di natura diversa ma aventi la medesima funzione (prodotti isolanti termo-acustici ad esempio), sarebbe stato più opportuno scegliere come unità funzionale la prestazione desiderata (ad esempio una data resistenza termica).

I confini del sistema individuati in questo studio non includono la fase d'utilizzo, in quanto non prevedibile con sicurezza da parte del produttore. Essi comprendono:

- approvvigionamento delle materie prime;
- trasporto allo stabilimento;
- lavaggio;
- cardatura;
- agugliatura;
- distribuzione ai clienti;
- fine vita pannello.

Fonti di dati per l'inventario

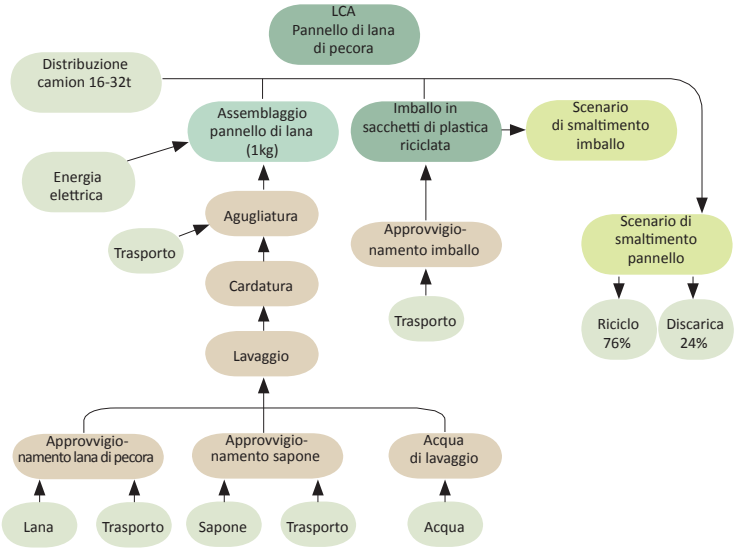
Gli impatti associati alla fase di produzione del pannello di lana di pecora sono stati determinati in base ai dati forniti dall'azienda (dati primari), analizzando tutti gli *input* e gli *output* relativi alle diverse fasi del ciclo di lavorazione aventi come anno di riferimento il 2011. Mentre per i processi legati al trasporto ed al consumo elettrico vengono utilizzati dati secondari presenti nel *database* Ecoinvent.

5.4.1. Descrizione delle materie prime e del processo produttivo

Le materie prime che concorrono alla realizzazione di un pannello in lana di pecora sono:

- Lana: viene raccolta sul territorio nazionale, ma in particolar modo proviene dalle zone limitrofe allo stabilimento (si è quindi ipotizzata una distanza percorsa pari a circa 300km). Ai fini del computo energetico e del calcolo delle emissioni relativi alla fase di trasporto, vengono considerati il contenuto energetico e le emissioni dei combustibili consumati direttamente dal mezzo di trasporto utilizzato più i contributi indiretti derivati durante il processo di produzione del combustibile, l'energia necessaria alla costruzione e alla manutenzione del mezzo e l'energia necessaria a realizzare le infrastrutture e le emissioni rilasciate in queste circostanze. È necessario specificare la provenienza della lana: in questo caso essa deriva dallo scarto dei settori industriali dell'abbigliamento, dell'arredamento e della tosa da smaltire nel ramo caseario. Il prodotto uscente dalla fase di lavaggio viene trasportato verso lo stabilimento in cui avvengono i processi di cardatura ed agugliatura che si trova a 15km di distanza. I camion trasportano mediamente un quantitativo pari a 30 balle di lana da 350 kg/m^3;
- Acqua: viene utilizzata durante la fase di lavaggio e poi convogliata

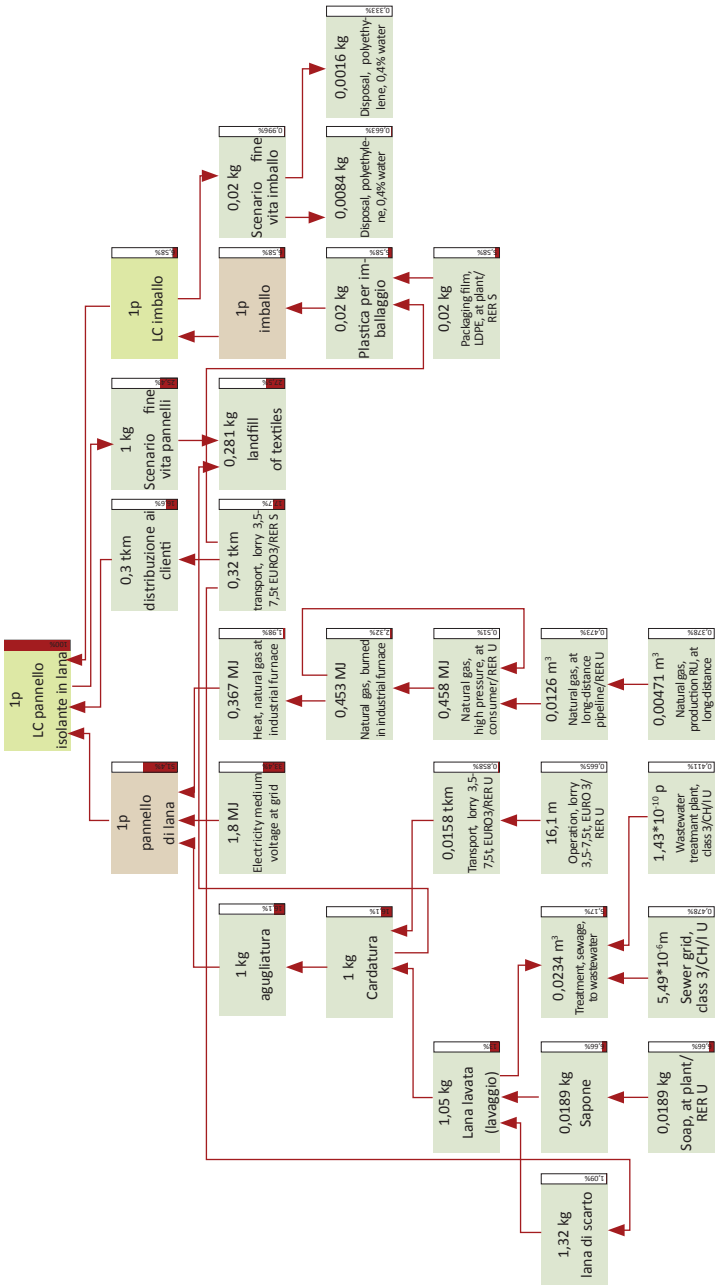
verso un depuratore, il quale la rimette in seguito in rete come acqua per uso industriale;
- Sapone: anch'esso viene utilizzato durante la fase di lavaggio; secondo la norma, è molto simile al sapone di Marsiglia, viene trasportato da un vicino rivenditore sito a 15km di distanza e non viene riutilizzato dopo questa fase.
Il processo di produzione di un pannello di lana consta principalmente delle seguenti fasi:



Schema a blocchi del processo produttivo e dello scenario di smaltimento del pannello in lana di pecora.

- Inizialmente è necessario l'approvvigionamento delle materie prime, in particolare della lana, proveniente dagli scarti dei settori abbigliamento, arredamento e tosatura;
- La lana viene trattata tramite 3 successivi lavaggi in una soluzione contenente acqua e sapone a diverse temperature; inizialmente a 60°C per il 20% del tempo complessivo di lavaggio, poi a 35°C per il medesimo tempo ed infine con acqua non riscaldata per il restante tempo di lavaggio;
- Al termine del lavaggio la lana subisce la fase di cardatura, operazione

consistente nella eliminazione delle impurità, districando e rendendo parallele le fibre tessili, al fine di permettere le successive operazioni di filatura;
- In ultima analisi avviene il processo di agugliatura, tramite l'uso di un macchinario composto da una piastra ad aghi lunga quanto la dimensione del prodotto e mossa alternativamente dall'alto verso il basso a forte velocità. Il movimento verticale permette la penetrazione degli aghi fra le fibre di lana, le quali vengono trascinate e compattate, per sovrapposizione di più strati;
- La lana di pecora esce dalla fase di agugliatura già dimensionata correttamente e viene in seguito imballata. In questo caso l'imballaggio consiste in sacchetti di plastica riciclata in polietilene per un peso di circa 20g per kg di prodotto finito. In seguito avviene la fase di distribuzione verso i grossisti o i cantieri (ai fini del calcolo si è ipotizzata una distanza percorsa in media pari a 300km).
L'utilizzo di lana proveniente da greggi da carne e da latte o da scarti dell'industria tessile, fa si che la materia prima impiegata non porti con sé alcun impatto ambientale in quanto sarebbe stata altrimenti un rifiuto.
In questo studio il consumo totale di energia elettrica per la produzione del pannello in lana è pari a 0,50 kWh/kg (per la sola fase di lavaggio il consumo è pari a 0,25 kWh/kg), corrispondente ad un consumo di 500 kWh per ogni tonnellata di pannello in lana di pecora.
Mediante il *software* SimaPro 7.3 il processo del ciclo di vita dei pannelli in lana di pecora viene sintetizzato e contabilizzato in uno schema ad albero.
Questa rappresentazione può essere letta come un diagramma di flusso che illustra la sequenza delle operazioni unitarie che costituiscono il suo ciclo di vita, ad ognuna delle quali è associato il relativo contributo rispetto al processo complessivo.
Il primo processo a cui è sottoposta la lana di pecora è il lavaggio, in quanto questa arriva sporca di residui organici, terra e grasso, i quali vengono rimossi attraverso grossi volumi d'acqua di lavaggio, che in seguito viene indirizzata verso il depuratore di zona. Il distacco di questa sporcizia dalla lana provoca una netta diminuzione in peso della materia prima; per produrre 1kg di pannello in lana di pecora sono necessari 1,25kg di lana sucida, con una conseguente diminuzione in peso di circa 0,25kg dovuta alla eliminazione dei



Albero del ciclo di vita del pannello in lana di pecora.

residui e della sporcizia.
Durante il processo di cardatura rimane una piccolissima parte di fibra corta di lana (pari circa al 5% del totale lavorato), la quale può seguire due destinazioni diverse di fine vita: se sufficientemente pulita, viene riciclata e rivenduta come cardato; altrimenti viene smaltita da un consorzio per la gestione dei rifiuti.
Relativamente al fine vita, è stato considerato uno scenario simile a quello di un qualsiasi materiale inerte per il quale si prevede un riciclo pari al 74% e lo smaltimento della restante parte.

5.4.2. Valutazione dell'impatto

Nella valutazione dell'impatto le informazioni ottenute dall'analisi dell'inventario vengono valutate e aggregate a seconda degli effetti relativi ai diversi temi ambientali, come per esempio l'effetto serra. In questo caso la fase di valutazione dell'impatto include le prime 2 fasi delle 4 indicate nello standard ISO 14040:
- Classificazione: ciascun impatto quantificato nella fase di inventario, viene "classificato" sulla base dei problemi ambientali a cui può potenzialmente contribuire;
- Caratterizzazione: consiste nella quantificazione degli impatti ambientali mediante modelli scientifici e fattori di equivalenza riconosciuti a livello internazionale;
- Normalizzazione: è una tecnica opzionale utilizzata per quantificare il contributo di ciascuna categoria d'impatto a livello regionale o globale (fase facoltativa);
- Pesatura: è una tecnica opzionale per confrontare l'importanza dei singoli effetti ambientali allo scopo di ottenere un singolo indice (fase facoltativa).

5.4.3. Classificazione e Caratterizzazione

Nella fase di valutazione dell'impatto sono stati calcolati i potenziali impatti ambientali del pannello in lana di pecora mediante il metodo CML 2001 (metodo olandese del tipo *panel approach* con coefficienti di pesatura calcolati da un gruppo di esperti), al quale è stata aggiunta la categoria 'tossicità dell'ecosistema' dal metodo *Eco-*

indicator 99. Gli impatti presi in considerazione sono i seguenti:
- effetto serra;
- assottigliamento dello strato di ozono;
- formazione di smog fotochimico;
- acidificazione;
- eutrofizzazione,
- tossicità umana;
- tossicità dell'ecosistema.

Nelle tabelle seguenti vengono riportati gli impatti ambientali e i flussi di materia di un pannello di lana di pecora (1 kg) relativi alle fase di produzione, trasporto e fine vita.

Categoria d'impatto		Unità	Produzione	Trasporto	Fine vita	Totale
Effetto serra	IPCC GWP 100a	Kg CO_2 eq	4.25E-01	1.45E-01	2.34E-01	8.04E-01
Assottigliamento ozono	Ozone layer depletion	Kg CFC-11 eq	3.19E-08	2.23E-08	7.23E-10	5.49E-08
Smog photochimico	Photochemical oxidation	Kg C_2H_4	1.24E-04	2.26E-05	4.88E-05	1.96E-04
Acidificazione	Acidification	Kg SO_2 eq	1.65E-03	6.44E-04	1.00E-04	2.39E-03
Eutrofizzazione	Eutrophication	Kg PO_4 --- eq	8.00E-04	1.56E-04	6.68E-04	1.62E-03
Tossicità umana	Human toxicity	Kg 1,4 - DB eq	7.59E-02	2.58E-02	4.48E-04	1.02E-01
Tossicità ecosistema	Ecotoxicity	CTUe	3.02E-02	2.68E-04	1.25E-05	3.04E-02

Risultati della caratterizzazione degli impatti ambientali (per 1kg di pannello in lana di pecora).

Flussi di materia		Unità	Produzione	Trasporto	Fine vita	Totale
Consumo energetico	Energy consumption	MJ eq	8.90E+00	2.44E+00	2.99E-01	1.16E+01
Consumo d'acqua	Water consumption	Kg	3.93E+01	1.11E+00	7.74E-02	4.05E+01
Esaurimento abiotico	Abiotic depletion	Kg Sb eq	3.29E-03	1.02E-03	1.38E-04	4.44E-03
Rifiuti inerti	Inert waste	Kg	1.98E-02	1.02E-02	2.63E-05	3.00E-02
Rifiuti non pericolosi	Non hazardous waste	Kg	2.14E-02	1.63E-03	3.00E-02	5.30E-02
Rifiuti pericolosi	Hazardous waste	Kg	7.80E-04	6.37E-05	9.82E-07	8.45E-04
Rifiuti radioattivi	Radioactive waste	Kg	7.67E-06	2.09E-06	1.05E-07	9.87E-06

Risultati della caratterizzazione dei flussi di materia (per 1kg di pannello in lana di pecora)

L'analisi dei contributi percentuali relativi a ciascuna fase del ciclo di vita del pannello calcolati attraverso la fase di caratterizzazione evidenzia la rilevanza della fase di produzione in riferimento a tutti gli impatti ambientali per almeno il 50%, e ancor più per l'indicatore di ecotossicità.

5.4.4. Interpretazione e miglioramento

Analizzando i risultati riportati nei grafici precedenti si possono fare tutte le considerazioni utili al fine di ridurre gli impatti complessivi del processo analizzato a partire da quelli più rilevanti.

Greggi al pascolo con il vello corto (Sedilo, 2010).

È in questa fase che tecnici, progettisti, *designers* sono chiamati a dare il loro contributo avanzando delle ipotesi migliorative ai fini di bilanci parziali, valutabili fase per fase, più confortevoli.
Evinto che la fase più impattante è quella di produzione fra le quattro analizzate e che ciò sia riconducibile principalmente alla sotto-fase di lavaggio del prodotto per via dell'acqua consumata, dei saponi utilizzati e dell'acqua reflua, occorre trovare possibili soluzioni in grado di ridurre tali impatti.
Una su tutte potrebbe riguardare le fasi a monte della produzione, ancor prima della tosa del vello delle pecore, relative alla gestione del gregge da parte dei pastori. Occorrerebbe ad esempio che gli allevatori prestassero maggiore attenzione nel marchiare i capi e non utilizzassero prodotti inadatti che producono danni irreparabili. In questo modo infatti si potrebbero, per la fase di lavaggio del vello, dei saponi meno aggressivi e non tossici per l'ambiente.
Si potrebbe inoltre pensare a livello di azienda di adottare un sistema di riuso dell'acqua reflua proveniente dal ciclo di lavaggio e in questo modo ridurre il consumo idrico e il carico fognario.
Per quanto riguarda la fase dei trasporti per la distribuzione dei prodotti si potrebbe pensare a soluzioni come quella del "km scambiato" adottata da EDILANA in Sardegna "scambiando" con altre aziende del proprio ramo produttivo dei viaggi di trasporto in andata e in ritorno.
Un ulteriore miglioramento potrebbe essere pervenuto in seguito ad una scelta eco-responsabile del sistema di imballaggio. Sarebbe opportuno perciò utilizzare materiali eco-compatibili e di riciclo, come ad esempio i fogli di carta riciclata utilizzati dalla stessa EDILANA come imballo dei rotoli di lana commerciati.

5.5. Conclusioni

L'ultimo caso-studio descritto rappresenta l'applicazione dell'approccio LCA in un ambito finalizzato a rendere un prodotto maggiormente competitivo dal punto di vista ambientale e più appetibile all'interno di un mercato orientato a promuovere prodotti sempre meno energivori e più sani per l'uomo e l'ambiente. Gli indicatori ambientali misurati nell'analisi LCA diventano ancor più significativi se utilizzati nell'ambito di uno studio comparativo tra

prodotti similari aventi la medesima prestazione, finalizzato alla scelta di quelli maggiormente performanti dal punto di vista ambientale.
A tal proposito si rimanda ad uno studio di questo tipo svolto in un ambito specifico e trattato nel secondo capitolo.
Non ci si sofferma a parlare delle criticità che la metodologia LCA presenta. Criticità relative, in primo luogo, alla difficile reperibilità dei dati per la compilazione dell'inventario e alla difficoltà di ottenere dati reali da fonti dirette, quali le stesse aziende produttrici. Tali criticità sono essenzialmente legate ad una diffusa mancanza (forse perchè ritenuta non conveniente dal punto di vista dell'investimento) di sensibilizzazione verso le tematiche ambientali e all'assenza, in certi contesti, o alla poca incisività, in altri, di politiche governative indirizzate al rispetto e alla tutela dell'ambiente.
Con questo lavoro di ricerca si vuole offrire qualche ulteriore *input* affinché tali criticità vengano superate e si operi tutti verso obiettivi comuni di sostenibilità ambientale nel settore edilizio. Un tale obiettivo può essere raggiunto solamente con la sinergia di tutti gli attori coinvolti: produttori, costruttori, progettisti, utenti finali, enti politici e normanti.
La valutazione ambientale del ciclo di vita è un valido strumento di analisi, potenzialmente in grado di ricostruire situazioni molto prossime alla realtà e di giungere perciò a risultati oggettivi, se accompagnata da dati precisi e veritieri. Occorre dunque che chi fornisce i dati, lo faccia con la massima trasparenza e 'sincerità', mosso dallo stesso intento di miglioramento di chi elabora lo studio.
È uno strumento in continuo aggiornamento che, per essere reso maggiormente accessibile e fruibile, necessita di qualche semplificazione pur rimanendo fedele a quel processo di indagine che descrive la realtà complessa.
Per essere utilizzato necessita, prima di tutto, di essere divulgato e conosciuto. Non è di certo un caso che in un contesto come la Sardegna in cui ancora non esiste un piano normativo per la sostenibilità ambientale, la procedura di valutazione ambientale del ciclo di vita non sia stata finora oggetto di studio né di insegnamento presso gli enti formativi (scuole, università, corsi di formazione). Lo dimostra il fatto che in quest'ambito regionale, il presente lavoro di ricerca è il primo che affronta tali tematiche in un corso di dottorato, e lo fa per un motivo preciso: essere un punto di partenza per la definizione di politiche sostenibili promotrici di azioni eco-responsabili.

Note

[1] Gli ultimi aggiornamenti sull'evoluzione della procedura e della normativa che la regolamenta sono stati appresi durante il *Corso base LCA* tenutosi a Milano dal 24 al 26 giugno 2013 e organizzato dall'Associazione Rete Italiana LCA in collaborazione con il Politecnico di Milano. In particolare, gli sviluppi della metodologia accennati in questo paragrafo sono stati tratti dalla lezione *Standardizzazione ed armonizzazione* tenuta dalla relatrice A. Zamagni.

[2] Tali requisiti sono stati estrapolati dalla lezione *La gestione e la qualità dei dati nel LCA: dati e metadati* tenuta dalla professoressa M. Lavagna durante il *Corso base LCA*.

[3] Si fa riferimento alla lezione tenuta dal professor A. Scipioni su *La fase di interpretazione dei risultati. Analisi di sensibilità, Analisi di rilevanza dei contributi, Analisi di incertezza. Impostazione di un report di LCA* durante il *Corso base LCA*.

[4] Una sintesi del caso-studio esaminato viene riportata nell'articolo *Life Cycle Assessment and Zero Energy Residential Buildings* di M. Paleari e M. Lavagna (2013) all'interno de "Atti del VII Convegno della Rete Italiana LCA - Life Cycle Assessment e ottimizzazione ambientale: esempi applicativi e sviluppi metodologici", a cura di S. Scalbi e F. Reale (p.156-162).

“La conservazione senza evoluzione è morte.
L’evoluzione senza conservazione è follia.”

(Gregory Bateson)

6. Ipotesi di soluzioni costruttive eco-responsabili nell'ambito di interventi di recupero

Questo lavoro di ricerca si conclude con l'approfondimento su una possibile procedura di valutazione ambientale nell'ambito del progetto architettonico.
Tale procedura viene applicata durante la fase decisionale del progetto, quando si opera la scelta dei materiali e delle soluzioni d'intervento da adottare, e consta nell'utilizzo di specifici indicatori ambientali ad integrazione degli usuali indicatori prestazionali: in questo modo vengono valutati non solo la riduzione dei consumi di energia in fase d'uso, ma anche i consumi di risorse e le emissioni inquinanti durante la fase di produzione e messa in opera dei materiali e prodotti utilizzati. Gli indicatori ambientali a cui occorre far riferimento nelle fasi preliminari del progetto sono l'energia incorporata e la CO_2 incorporata. Questi parametri ambientali consentono di operare una prima scelta progettuale in totale consapevolezza ed in virtù di una conoscenza completa delle prestazioni fornite da una determinata soluzione di progetto.
La prima cosa da fare nell'ambito di una scelta eco-responsabile di progetto è stabilire quali siano le prestazioni prioritarie che si intendono soddisfare. Queste possono essere legate alle proprietà meccaniche, fisiche e termiche dei singoli componenti, o possono essere dettate da esigenze di tipo sensoriale e percettivo. L'individuazione di una prestazione prioritaria consente di fare comparazioni univoche, ossia a parità di prestazione, tra profili ambientali di soluzioni alternative scelte. Per una scelta di massima tra soluzioni alternative di progetto si possono usare *software* (come CES-edu) che consentono di riconoscere i materiali che meglio assolvono determinate prestazioni. Tali *software,* in base ai parametri di ricerca impostati dall'utente, individuano, all'interno di una propria banca dati di materiali schedati per proprietà, quelli a loro più rispondenti.
Una volta individuata la soluzione di progetto relativa ad un determinato componente, il passo successivo è la definizione dell'unità funzionale di riferimento, ossia il quantitativo di materiale o prodotto necessario a soddisfare quella prestazione.

Poichè spesso in architettura, a parità di prestazione, corrispondono soluzioni costruttive con elementi assai differenti per peso specifico, si è soliti prendere come unità funzionale di riferimento una superficie circoscritta della soluzione prescelta. Nella ricerca di una soluzione ottimale di involucro perimetrale, ad esempio, si prende come unità funzionale di riferimento 1 m^2 di parete. In questo caso, una volta definita l'unità funzionale, per il calcolo dell'energia incorporata si procede nel seguente modo:

- individuazione degli strati e definizione degli spessori [m];
- definizione della densità [kg/m^3];
- definizione dell'unità funzionale (U.F.): quantità di materiale [kg] nello specifico strato che concorre alla prestazione complessiva del pacchetto di chiusura, calcolata come prodotto tra spessore e densità;
- ricerca del valore dell'energia incorporata di ogni materiale [MJ/kg];
- calcolo dell'energia incorporata di ciascuno strato [MJ];
- calcolo del valore dell'energia incorporata relativa ad 1 m^2 di parete dato dalla somma dei valori di energia incorporata dei singoli strati.

Uno studio di massima di questo tipo è importante per capire quanto possano incidere le fasi di produzione dei materiali e di realizzazione dell'edificio in relazione alla fase d'uso. Da quando si parla di edifici a basso consumo energetico, l'energia impiegata per raggiungere prestazioni più efficienti sta diventando sempre più cospicua. Accade infatti, come descritto nel caso-studio LCA di un edificio riportato nel precedente capitolo, che facendo un bilancio complessivo dell'energia impiegata durante il ciclo di vita di un edificio, i consumi energetici e gli impatti ambientali si siano spostati dalla fase d'uso alla fase di produzione senza una reale diminuzione del bilancio complessivo. Per uno studio ambientale più puntuale e completo è opportuno in ogni caso ricorrere alla valutazione LCA. Nel calcolo dell'energia incorporata, infatti, non vengono prese in considerazione alcune fasi del ciclo di vita, quali lo scenario di fine vita e i trasporti, che invece sarebbe bene computare data la loro rilevanza nell'ambito di un bilancio complessivo.
Viene riportata a seguire un'ipotesi di procedura preliminare da attuare per compiere scelte eco-responsabili nell'ambito del

progetto di recupero di edifici storici, e nello specifico ai fini della riqualificazione energetica delle pareti perimetrali di un edificio storico-tipo sito a Sedilo.

6.1. Valutazione ambientale di massima nel processo decisionale in un progetto di riqualificazione energetica

Nell'ambito di un progetto di *retrofit* energetico di un edificio esistente, gli aspetti che vengono valutati sono (Forlani, 2010, pp. 181-182):

> " - *il miglioramento delle prestazioni dell'involucro edilizio (incremento dell'isolamento termico, sostituzione dei serramenti, installazione di idonei sistemi di schermatura solare, ecc.);*
> *- la sostituzione di componenti obsoleti degli impianti di climatizzazione invernale e di illuminazione con altri più efficienti dal punto di vista energetico e con minore impatto sull'ambiente in termini di emissioni prodotte;*
> *- l'utilizzo dell'energia gratuita del sole per la produzione di energia elettrica (pannelli fotovoltaici) e termica (collettori solari);*
> *- la corretta gestione della ventilazione naturale e del raffrescamento passivo al fine di limitare l'utilizzo degli impianti di condizionamento estivo, responsabili dell'incremento dei consumi elettrici;*
> *- la revisione della contrattualistica inerente i servizi energetici (meccanismi di incentivi/disincentivi finanziari);*
> *- l'introduzione di sistemi di contabilizzazione individuale dell'energia per la sensibilizzazione alla riduzione dei consumi*".

In questa tesi viene trattato un caso specifico di intervento di riqualificazione ed efficientamento energetico dell'involucro perimetrale di un edificio storico ubicato a Sedilo.

6.1.1. Caratteristiche del paramento murario tradizionale

Nelle abitazioni tradizionali storiche di Sedilo le murature perimetrali sono portanti e sono realizzate in elementi lapidei di

basalto (trovanti o blocchi sbozzati) disposti su due paramenti esterni collegati da elementi disposti trasversalmente (diatoni) e allettati con malta di terra. La facciata esterna viene lasciata a vista o intonacata. All'interno vi è la finitura con intonaco di sabbia, calce e paglia dello spessore variabile pari a 2-3 cm.

Rappresentazione grafica di una muratura tradizionale in basalto con facciata a vista. Prospetto esterno, sezione e vista assonometrica. Spessore totale della muratura pari a 58 cm (intonaco interno 3 cm) Disegni tratti da Manuali del recupero dei centri storici della Sardegna. Il manuale tematico della pietra *(2009).*

Le caratteristiche fisico-termiche del basalto sono sintetizzate nella seguente tabella.

CARATTERISTICHE FISICO-TERMICHE	valore	Unità di Misura
Densità	2700	Kg/m^3
Resistenza a trazione	20	MPa
Conduttività termica	1.27-3.5	W/m·K
Calore specifico	1300	J/Kg·K

Caratteristiche fisico-termiche del basalto.

Mediante il metodo di calcolo definito dallo standard internazionale UNI EN ISO 13786 è possibile studiare il comportamento termico in regime dinamico di una muratura tradizionale in basalto utilizzando specifiche informazioni relative a ciascuno strato componente (conduttanza, densità e spessore). Con l'ausilio del *software* Namirial Termo 2.2 è stato elaborato uno schema di sintesi del comportamento termico di una muratura in basalto con intonaco interno.

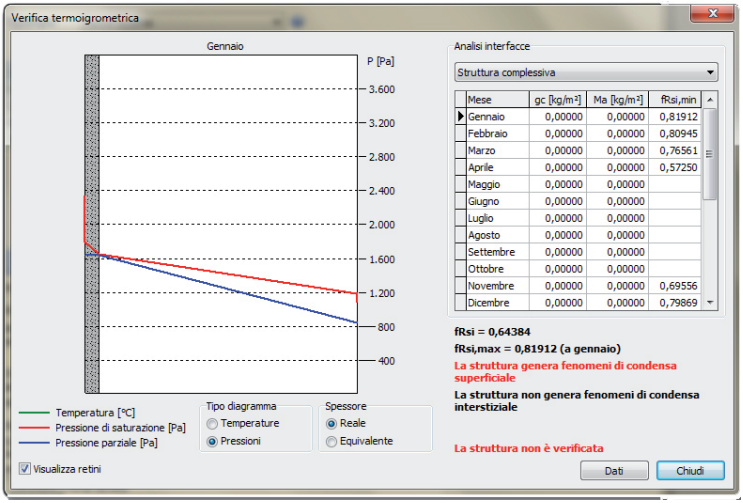
Parete esterna

Trasmittanza totale calcolata	2,740	W/m²K
Trasmittanza adottata	2,740	W/m²K
Massa superficiale	1485,00	kg/m²
Trasmittanza periodica	0,276	W/m²K
Sfasamento	12,60	h
Smorzamento	0,101	---
Capacità termica interna	76,489	kJ/m²K

Materiale	**Cond. [W/m²K]**	**Res. [m²K/W]**	**Spes. [cm]**
Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
Calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Basalto (2700 kg/m³)	6,364	0,157	55,0
Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
Totale:		0,364	58,0

Comportamento termico di una muratura tradizionale in basalto (spessore totale 0,58 m) secondo UNI EN ISO 13786 - Software di calcolo Namirial Termo 2.2.

Mediante lo stesso *software* è stata effettuata la verifica termoigrometrica della parete (diagramma di Glaser) che ha rilevato la formazione di fenomeni di condensa superficiale nel mese di gennaio.



Verifica termoigrometrica della muratura in basalto. Diagramma di Glaser relativo al mese di gennaio - Software di calcolo Namirial Termo 2.2.

Nell'ambito della valutazione ambientale della struttura studiata, la ricerca di valori relativi all'energia incorporata della pietra basaltica non ha prodotto risultati confortevoli.
Gli unici dati reperiti in letteratura sono relativi alla pietra arenaria e sono stati estrapolati dal Manuale di Ashby (2011). L'energia incorporata (*embodied energy, primary production*) di una pietra arenaria (con porosità pari al 5-30%) varia tra 0,4-0,6 MJ/kg. Si suppone che l'energia incorporata della pietra basaltica si attesti intorno allo stesso ordine di grandezza. Tuttavia in questo studio non ha rilevanza, in quanto essa fa riferimento alla struttura esistente di base che verrà conservata assieme allo strato di intonaco interno per tutte le soluzioni progettuali ipotizzate e analizzate di seguito.

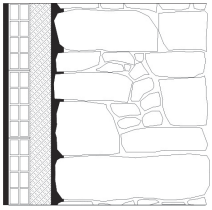
6.1.2. Ipotesi di riqualificazione energetica del paramento murario in basalto: confronto dei valori dell'energia incorporata

Nell'ambito di un intervento di riqualificazione energetica di una muratura omogenea tradizionale che non soddisfa i requisiti di trasmittanza termica stazionaria fissati dal D. Lgs. 311/2006 e ss.mm.ii. (per le zone climatiche C la trasmittanza termica deve essere inferiore a 0,40 W/m^2K), l'azione principale da seguire è l'inserimento di un sistema di isolamento termico facendo attenzione alla collocazione e alla successione degli strati di isolante nella sezione della muratura.
La messa in opera di un'errata soluzione potrebbe dar origine a fenomeni di condensa interstiziale che a lungo andare potrebbe alterare la prestazione complessiva della parete oltreché danneggiare i singoli strati che compongono l'involucro.
Per garantire una sensazione di benessere termico sia d'estate che d'inverno nelle abitazioni tradizionali site nelle aree del Mediterraneo dotate di una muratura con un'adeguata inerzia termica come quella in basalto, occorre prendere in considerazione non solo i parametri che definiscono la capacità termica dell'involucro, come la trasmittanza termica stazionaria, ma anche quelli che conservano le sue proprietà di smorzare e sfasare l'onda di temperatura esterna nella sua propagazione verso l'ambiente interno, come la massa superficiale e la trasmittanza termica periodica.
In questo quadro di riferimento, di seguito vengono proposte diverse

soluzioni di riqualificazione di una muratura tradizionale studiate per ottemperare ai requisiti di isolamento e resistenza termica.
Le soluzioni proposte sono state configurate secondo i seguenti schemi:
- multistrato con isolante concentrato;
- cappotto esterno;
- doppio cappotto.

La varietà di soluzioni ricercate scaturisce dal dover rispondere a diverse esigenze che possono essere di natura prestazionale, o anche semplicemente legate alla richiesta, in questo particolare ambito di studio (il contesto costruito storico), di conservare il paramento murario in basalto a vista.
Le soluzioni proposte presentano volutamente alcune caratteristiche prestazionali in comune: una trasmittanza termica stazionaria inferiore a 0,40 W/m^2K (ai sensi del D. Lgs. 311/2006), una trasmittanza termica periodica inferiore a 0,12 W/m^2K (ai sensi del D.M. 59/2009) e l'assenza di fenomeni di condensa interstiziale e superficiale.
A parità di tali prestazioni, per ciascuna di essa viene calcolata l'energia incorporata complessiva sulla base di dati secondari ricavati dalla letteratura scientifica. L'energia incorporata (*embodied energy*) è la quantità di energia non rinnovabile spesa per la realizzazione di una unità di materiale, componente o sistema, che può essere espressa in MJ/kg o MJ/m^3. L'energia incorporata tiene conto delle seguenti fasi del processo edilizio: estrazione dei materiali, trasporto dei materiali allo stabilimento di fabbricazione, fasi di lavorazione e produzione, trasporto al cantiere e messa in opera. Come scrive M. Lavagna nel volume da lei curato con A. Campioli (2009) "l'energia incorporata è un indicatore sintetico che permette di conoscere l'energia consumata da tutti i processi a monte della fase di uso di un edificio - dall'acquisizione delle materie prime alla messa in opera di ciascun componente - andando a includere i macchinari utilizzati in fase di estrazione delle materie prime, il processo di produzione dei componenti edilizi e il trasporto dei materiali".
Avendo di fronte tutti questi dati, il progettista può individuare quali siano gli aumenti di energia determinati dalla "implementazione prestazionale" e scegliere in modo consapevole le soluzioni tecniche che non determinino un incremento dei consumi in fase di produzione e realizzazione dell'edificio, inficiando i benefici ambientali complessivi (Campioli, Lavagna, 2009).

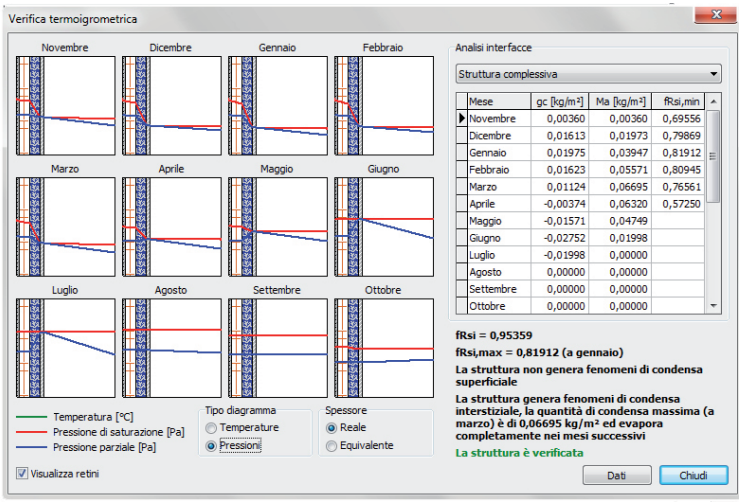
SOLUZIONE 1a - Multistrato - isolamento interno - facciata a vista



Parete esterna

Trasmittanza totale calcolata	0,364	W/m²K
Trasmittanza adottata	0,364	W/m²K
Massa superficiale	1603,80	kg/m²
Trasmittanza periodica	0,013	W/m²K
Sfasamento	17,79	h
Smorzamento	0,036	---
Capacità termica interna	58,148	kJ/m²K

Materiale	**Cond. [W/m²K]**	**Res. [m²K/W]**	**Spes. [cm]**
Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
Malta di calce o di calce e cemento	45,000	0,022	2,0
Mattone forato di laterizio (250*80*250) spessore 80	5,000	0,200	8,0
Polyfoam Kanuf Insulation C-350 SE 100 mm	0,462	2,165	8,0
Intonaco di calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Basalto (2700 kg/m³)	6,364	0,157	55,0
Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
Totale:		2,751	76,0



	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco malta di calce e cemento**
Strato 1	spessore	[m]	0,020
	densità	[Kg/m^3]	1800
	Unità funzionale	[Kg]	36
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	4,4
	Energia incorporata strato	[MJ]	158,4
	Descrizione strato	**U.M.**	**Mattone forato di laterizio 250*80*250mm**
Strato 2	spessore	[m]	0,08
	densità	[Kg/m^3]	600
	Unità funzionale	[Kg]	48
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,5
	Energia incorporata strato	[MJ]	120,0
	Descrizione strato	**U.M.**	**Isolante in polistirene espanso estruso EPS**
Strato 3	spessore	[m]	0,08
	densità	[Kg/m^3]	35
	Unità funzionale	[Kg]	2,8
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	117,0
	Energia incorporata strato	[MJ]	327,6
	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco di calce e sabbia**
Strato 4	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Descrizione strato	**U.M.**	**Muratura in basalto**
Strato 5	spessore	[m]	0,55
	densità	[Kg/m^3]	2700
	Unità funzionale	[Kg]	1485
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,79
	Energia incorporata strato	[MJ]	1173,15
Totale energia inglobata per 1 m^2		**[MJ]**	**1909,65**

Calcolo dell'energia incorporata in 1 m^2 di muratura esterna. Soluzione 1a. Energia incorporata dei singoli materiali tratta da pubblicazioni scientifiche (Campioli, Lavagna, 2009; Lavagna, 2008).

Questa soluzione tecnica d'involucro ha una trasmittanza termica pari a 0,36 W/m^{2}K, un fattore di decremento di 0,036 e uno sfasamento di 17 ore. Presenta dunque un buon comportamento termico sia dal punto di vista dell'isolamento termico sia dal punto di vista dell'inerzia termica.

Per quanto riguarda l'energia incorporata dell'intera soluzione, il contributo più rilevante proviene dal paramento murario in basalto, il quale, nell'ambito di questo studio, non deve essere preso in considerazione in quanto facente parte della struttura esistente che deve rimanere inalterata.

Tra gli strati inseriti nell'intervento, lo strato di isolante in polistirene ha una incidenza importante.

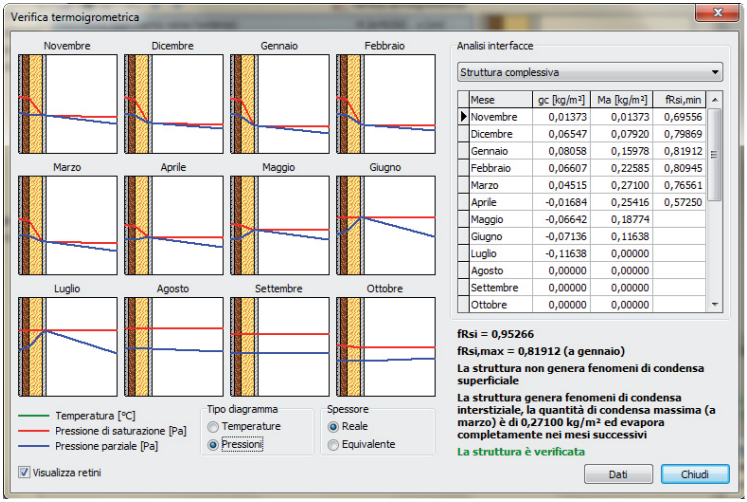
Il polistirene è uno dei sistemi di isolamento maggiormente utilizzati in edilizia per le sue capacità prestazionali, per il basso costo e per la facilità di messa in opera.

SOLUZIONE 1b - Multistrato - isolamento interno - facciata a vista

Parete esterna

Trasmittanza totale calcolata	0,364	W/m²K
Trasmittanza adottata	0,364	W/m²K
Massa superficiale	1618,00	kg/m²
Trasmittanza periodica	0,010	W/m²K
Sfasamento	20,37	h
Smorzamento	0,028	---
Capacità termica interna	59,422	kJ/m²K

Materiale	**Cond. [W/m²K]**	**Res. [m²K/W]**	**Spes. [cm]**
Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
Intonaco di gesso (1300 kg/m³)	19,000	0,053	3,0
Pannello in terra crudo e paglia KartonSana 1250x650x22 mm	9,400	0,106	5,0
Pannelli di sughero	0,450	2,222	10,0
Intonaco di calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Basalto (2700 kg/m³)	6,364	0,157	55,0
Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
Totale:		2,745	76,0

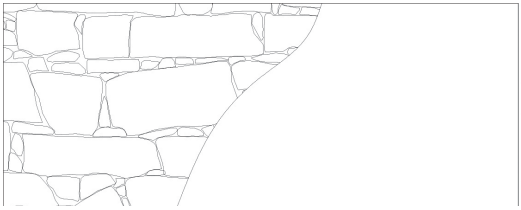


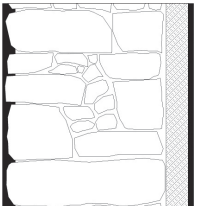
	Descrizione strato	U.M.	Intonaco malta di calce e gesso
Strato 1	spessore	[m]	0,020
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	30
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	87,0
	Descrizione strato	**U.M.**	**Pannello in terra cruda**
Strato 2	spessore	[m]	0,05
	densità	[Kg/m^3]	1320
	Unità funzionale	[Kg]	66
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,26
	Energia incorporata strato	[MJ]	17,16
	Descrizione strato	**U.M.**	**Pannello in sughero**
Strato 3	spessore	[m]	0,10
	densità	[Kg/m^3]	130
	Unità funzionale	[Kg]	13
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	1,66
	Energia incorporata strato	[MJ]	21,58
	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco di calce e sabbia**
Strato 4	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Descrizione strato	**U.M.**	**Muratura in basalto**
Strato 5	spessore	[m]	0,55
	densità	[Kg/m^3]	2700
	Unità funzionale	[Kg]	1485
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,79
	Energia incorporata strato	[MJ]	1173,15
	Totale energia inglobata per 1 m^2	**[MJ]**	**1429,39**

Calcolo dell'energia incorporata in 1 m^2 di muratura esterna. Soluzione 1b. Energia incorporata dei singoli materiali tratta da pubblicazioni scientifiche (Campioli, Lavagna, 2009; Lavagna, 2008).

Questa soluzione tecnica d'involucro rappresenta una variante a quella precedente con l'utilizzo di materiali ecologici a parità di spessore, trasmittanza termica stazionaria e massa superficiale.
Il suo comportamento in regime periodico è ottimale con un fattore di decremento bassissimo e uno sfasamento oltre le 20 ore.
Dal punto di vista dell'energia incorporata, al netto di quella della struttura esistente, i contributi degli strati scelti sono poco rilevanti se comparati a quelli della soluzione 1a.
L'impiego di materiali naturali (pannelli in terra cruda e in sughero) con una buona resistenza al vapore acqueo consentono di ottenere prestazioni termiche ottimali senza il rischio di formazione di condensa interstiziale. Al posto del pannello in terra cruda può essere impiegato uno strato di mattoni forati come nella soluzione 1a. In questo caso a fronte di una leggera diminuzione della trasmittanza termica stazionaria, si avrebbe un incremento di 3 cm della sezione muraria e un'energia incorporata totale pari a 1532,23MJ.

SOLUZIONE 2a - isolamento esterno - facciata intonacata

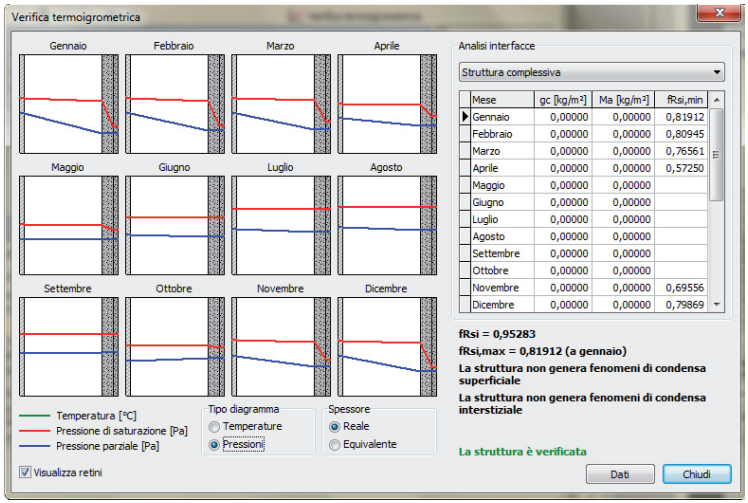




Parete esterna

Trasmittanza totale calcolata	0,363	W/m²K
Trasmittanza adottata	0,363	W/m²K
Massa superficiale	1541,16	kg/m²
Trasmittanza periodica	0,008	W/m²K
Sfasamento	15,15	h
Smorzamento	0,022	---
Capacità termica interna	73,254	kJ/m²K

Materiale	**Cond. [W/m²K]**	**Res. [m²K/W]**	**Spes. [cm]**
Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
Intonaco di calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Basalto (2700 kg/m³)	6,364	0,157	55,0
Polistirene EPS 150 Plastbau	0,425	2,353	8,0
Calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
Totale:		2,754	69,0

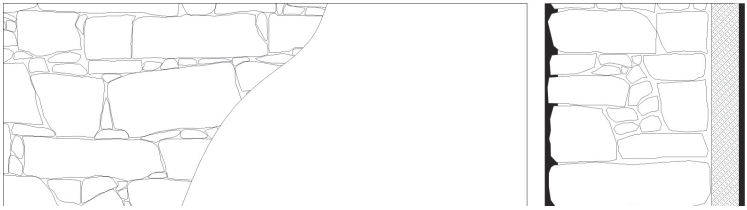


	Descrizione strato	U.M.	Intonaco di calce e sabbia
Strato 1	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Descrizione strato	**U.M.**	**Muratura in basalto**
Strato 2	spessore	[m]	0,55
	densità	[Kg/m^3]	2700
	Unità funzionale	[Kg]	1485
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,79
	Energia incorporata strato	[MJ]	1173,15
	Descrizione strato	**U.M.**	**Isolante in polistirene espanso estruso EPS**
Strato 3	spessore	[m]	0,08
	densità	[Kg/m^3]	35
	Unità funzionale	[Kg]	2,8
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	117,0
	Energia incorporata strato	[MJ]	327,6
	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco di calce e sabbia**
Strato 4	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
Totale energia inglobata per 1 m^2		**[MJ]**	**1761,75**

Calcolo dell'energia incorporata in 1 m^2 di muratura esterna. Soluzione 2a. Energia incorporata dei singoli materiali tratta da pubblicazioni scientifiche (Campioli, Lavagna, 2009; Lavagna, 2008).

Nel caso in cui sia consentito intonacare la muratura in pietra basaltica, si può procedere con la disposizione dello strato di isolante nella parte esterna, qualora questo non crei eccessivi disallineamenti con le facciate attigue. Questa soluzione tecnica d'involucro ha una trasmittanza termica pari a 0,36 W/m^{2}K, un fattore di decremento di 0,022 e uno sfasamento di 15 ore. Presenta dunque un buon comportamento termico sia dal punto di vista dell'isolamento termico sia dal punto di vista dell'inerzia termica.
Il valore dell'energia incorporata dipende dal tipo di isolante scelto.
I materiali isolanti come il polistirene (a bassa densità e ridotto peso) hanno un'energia incorporata elevatissima, dovuta alle attività di estrazione, trasporto, lavorazione delle materie prime (petrolio) e produzione; tuttavia, essendo leggeri, i pannelli isolanti hanno una ridotta incidenza sulla energia incorporata dell'intero edificio.
La sua facilità di posa, il suo costo economico e le sue ottime prestazioni termiche fanno si che venga usato anche nella realizzazione dei cappotti esterni negli interventi di risanamento.

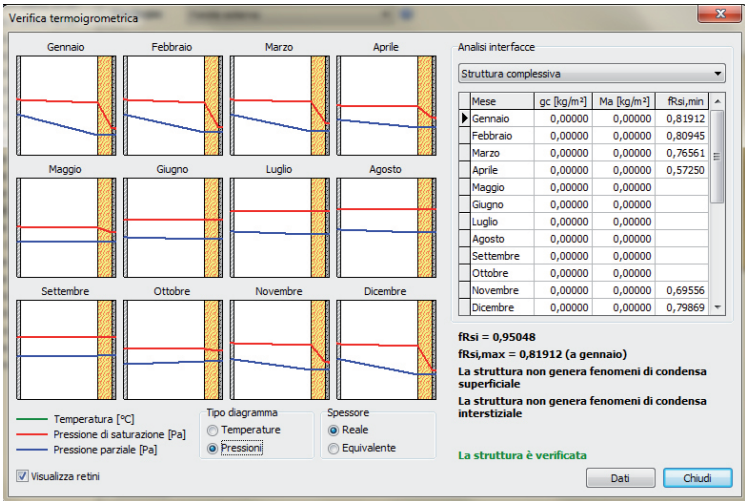
SOLUZIONE 2b - isolamento esterno - facciata intonacata



Parete esterna

Trasmittanza totale calcolata	0,381	W/m²K
Trasmittanza adottata	0,381	W/m²K
Massa superficiale	1552,00	kg/m²
Trasmittanza periodica	0,007	W/m²K
Sfasamento	17,73	h
Smorzamento	0,019	---
Capacità termica interna	73,188	kJ/m²K

Materiale	**Cond. [W/m²K]**	**Res. [m²K/W]**	**Spes. [cm]**
Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
Intonaco di calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Basalto (2700 kg/m³)	6,364	0,157	55,0
Pannelli di sughero	0,450	2,222	10,0
Calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
Totale:		2,623	71,0



	Descrizione strato	U.M.	Intonaco di calce e sabbia
Strato 1	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Descrizione strato	**U.M.**	**Muratura in basalto**
Strato 2	spessore	[m]	0,55
	densità	[Kg/m^3]	2700
	Unità funzionale	[Kg]	1485
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,79
	Energia incorporata strato	[MJ]	1173,15
	Descrizione strato	**U.M.**	**Pannello in sughero**
Strato 3	spessore	[m]	0,10
	densità	[Kg/m^3]	130
	Unità funzionale	[Kg]	13
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	1,66
	Energia incorporata strato	[MJ]	21,58
	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco di calce e sabbia**
Strato 4	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Totale energia inglobata per 1 m^2	**[MJ]**	**1455,73**

Calcolo dell'energia incorporata in 1 m^2 di muratura esterna. Soluzione 2b. Energia incorporata dei singoli materiali tratta da pubblicazioni scientifiche (Campioli, Lavagna, 2009; Lavagna, 2008).

La variante proposta alla soluzione precedente con cappotto esterno, sostituisce lo strato di polistirene con un isolante di origine vegetale, il sughero.

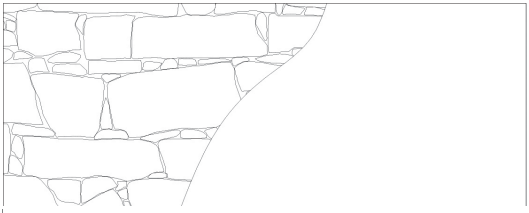
In questo caso, per ottenere una trasmittanza termica stazionaria entro i limiti normativi, occorre almeno uno spessore di 10 cm attraverso il posizionamento di un doppio strato di pannelli in sughero da 5 cm.

Questa soluzione tecnica d'involucro ha una trasmittanza termica pari a 0,38 W/m^{2}K, un fattore di decremento di 0,019 e uno sfasamento di quasi 18 ore. Presenta dunque un buon comportamento termico sia dal punto di vista dell'isolamento termico sia dal punto di vista dell'inerzia termica.

Il valore dell'energia incorporata totale rispetto alla precedente è inferiore grazie al ridotto carico energetico del sughero che richiede un basso contributo di energia nelle attività di estrazione, trasporto, lavorazione delle materie prime (petrolio) e produzione.

Come nel caso del polistirene, i pannelli in sughero godono di un facile sistema di posa. Tuttavia il fattore prezzo rappresenta un parametro di scelta prepoderante, e, in questo caso, il costo più elevato del sughero indirizza i più ad optare per soluzioni più economiche.

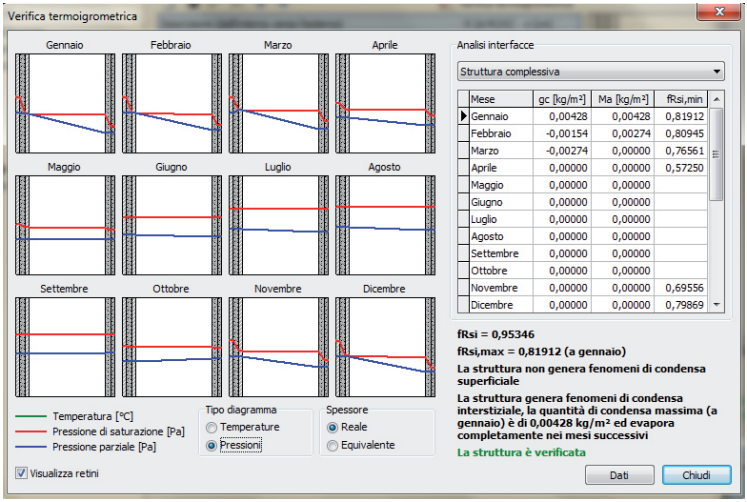
SOLUZIONE 3a - isolamento doppio - facciata intonacata



Parete esterna

Trasmittanza totale calcolata	0,358	W/m²K
Trasmittanza adottata	0,358	W/m²K
Massa superficiale	1595,16	kg/m²
Trasmittanza periodica	0,002	W/m²K
Sfasamento	17,36	h
Smorzamento	0,005	---
Capacità termica interna	44,297	kJ/m²K

Materiale	Cond. [W/m²K]	Res. [m²K/W]	Spes. [cm]
Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
Intonaco di calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Polistirene EPS 150 Plastbau	0,850	1,176	4,0
Intonaco di calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Basalto (2700 kg/m³)	6,364	0,157	55,0
Polistirene EPS 150 Plastbau	0,850	1,176	4,0
Calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
Totale:		2,790	72,0

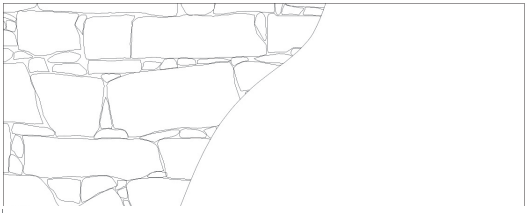


	Descrizione strato	U.M.	Intonaco di calce e sabbia
Strato 1	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Descrizione strato	**U.M.**	**Isolante in polistirene espanso estruso EPS**
Strato 2	spessore	[m]	0,04
	densità	[Kg/m^3]	35
	Unità funzionale	[Kg]	1,4
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	117,0
	Energia incorporata strato	[MJ]	163,8
	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco di calce e sabbia**
Strato 3	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Descrizione strato	**U.M.**	**Muratura in basalto**
Strato 4	spessore	[m]	0,55
	densità	[Kg/m^3]	2700
	Unità funzionale	[Kg]	1485
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,79
	Energia incorporata strato	[MJ]	1173,15
	Descrizione strato	**U.M.**	**Isolante in polistirene espanso estruso EPS**
Strato 5	spessore	[m]	0,04
	densità	[Kg/m^3]	35
	Unità funzionale	[Kg]	1,4
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	117,0
	Energia incorporata strato	[MJ]	163,8
	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco di calce e sabbia**
Strato 6	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Totale energia inglobata per 1 m^2	**[MJ]**	**1892,25**

Calcolo dell'energia incorporata in 1 m^2 di muratura esterna. Soluzione 3a. Energia incorporata dei singoli materiali tratta da pubblicazioni scientifiche (Campioli, Lavagna, 2009; Lavagna, 2008).

Qualora sia consentita l'intonacatura dei paramenti murari esterni e qualora non vi sia la possibilità di eccedere nello spessore del cappotto esterno, è possibile adottare la soluzione con il doppio cappotto: in questo caso, lo strato di isolamento viene scisso in due parti che vengono disposte sia all'esterno sia all'interno rispetto alla muratura perimetrale. Questa soluzione tecnica d'involucro ha una trasmittanza termica pari a 0,36 W/m^{2}K, un fattore di decremento bassissimo e uno sfasamento di 17 ore. Presenta dunque un ottimo comportamento termico sia dal punto di vista dell'isolamento termico sia dal punto di vista dell'inerzia termica. Anche in questo caso, l'energia incorporata, al netto del contributo della struttura esistente, dipende dal tipo di isolamento scelto.

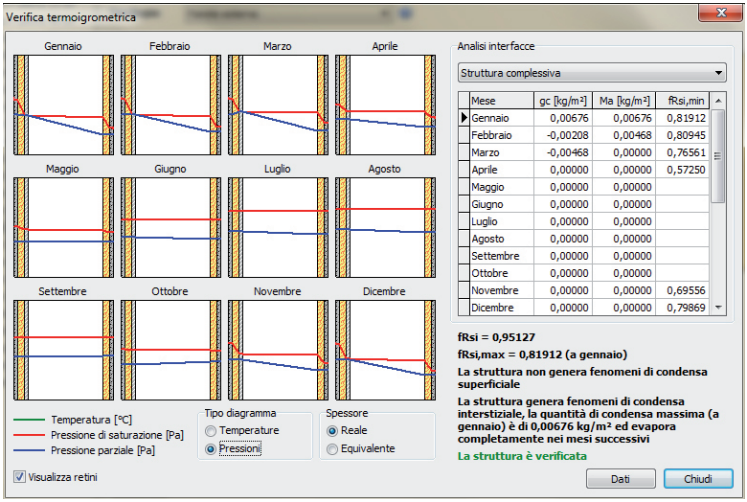
SOLUZIONE 3b - isolamento doppio - facciata intonacata



Parete esterna

Trasmittanza totale calcolata	0,375	W/m²K
Trasmittanza adottata	0,375	W/m²K
Massa superficiale	1552,00	kg/m²
Trasmittanza periodica	0,002	W/m²K
Sfasamento	18,56	h
Smorzamento	0,005	---
Capacità termica interna	38,912	kJ/m²K

Materiale	Cond. [W/m²K]	Res. [m²K/W]	Spes. [cm]
Resistenza superficiale interna	7,69	0,130	
Intonaco di calce e gesso	23,333	0,043	3,0
Pannelli di sughero	0,900	1,111	5,0
Intonaco di calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Basalto (2700 kg/m³)	6,364	0,157	55,0
Pannelli di sughero	0,900	1,111	5,0
Calce e sabbia	26,667	0,037	3,0
Resistenza superficiale esterna	25,00	0,040	
Totale:		2,666	74,0



	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco di calce e sabbia**
Strato 1	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Descrizione strato	**U.M.**	**Pannello in sughero**
Strato 2	spessore	[m]	0,05
	densità	[Kg/m^3]	130
	Unità funzionale	[Kg]	6,5
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	1,66
	Energia incorporata strato	[MJ]	10,79
	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco di calce e sabbia**
Strato 3	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
	Descrizione strato	**U.M.**	**Muratura in basalto**
Strato 4	spessore	[m]	0,55
	densità	[Kg/m^3]	2700
	Unità funzionale	[Kg]	1485
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	0,79
	Energia incorporata strato	[MJ]	1173,15
	Descrizione strato	**U.M.**	**Pannello in sughero**
Strato 5	spessore	[m]	0,05
	densità	[Kg/m^3]	130
	Unità funzionale	[Kg]	6,5
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	1,66
	Energia incorporata strato	[MJ]	10,79
	Descrizione strato	**U.M.**	**Intonaco di calce e sabbia**
Strato 6	spessore	[m]	0,03
	densità	[Kg/m^3]	1500
	Unità funzionale	[Kg]	45
	Energia incorporata materiale	[MJ/Kg]	2,9
	Energia incorporata strato	[MJ]	130,5
Totale energia inglobata per 1 m^2		**[MJ]**	**1586,23**

Calcolo dell'energia incorporata in 1 m^2 di muratura esterna. Soluzione 3b. Energia incorporata dei singoli materiali tratta da pubblicazioni scientifiche (Campioli, Lavagna, 2009; Lavagna, 2008).

Anche in questo caso di studio, il polistirene è stato sostituito con il sughero.

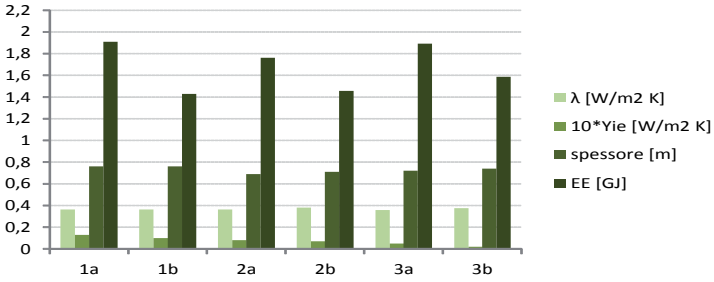
Questa soluzione tecnica d'involucro ha una trasmittanza termica pari a 0,375 W/m^{2}K, un fattore di decremento bassissimo e uno sfasamento di oltre 18 ore.

Presenta dunque anch'essa un ottimo comportamento termico sia dal punto di vista dell'isolamento termico sia dal punto di vista dell'inerzia termica.

Ai fini del calcolo dell'energia incorporata, la sostituzione dei pannelli in polistirene con pannelli in sughero ha portato all'abbassamento del valore totale.

6.2. Valutazioni conclusive

Prima di mettere a confronto le soluzioni appena analizzate, occorre fare alcune considerazioni.
Il processo di calcolo dell'*embodied energy* è complesso e coinvolge numerose fonti di dati, non semplici da reperire.
Esistono, però, dati "medi" provenienti da fonti secondarie, non dirette, come dalla letteratura scientifica, che possono essere utilizzati in una valutazione di massima. In questo studio i valori dell'energia incorporata dei singoli materiali sono stati estrapolati da analisi presentate in recenti pubblicazioni. Come scrivono gli stessi autori di tali pubblicazioni, anch'essi fanno riferimento ai dati "medi" tratti da fonti scientifiche quali Alcorn (1998), Lawson (1996), Venkatarama e Jagadish (2003).
Un forte limite dell'indicatore dell'energia incorporata è il fatto di "prendere in considerazione solo gli aspetti legati al consumo di energia, trascurando altri fattori determinanti come il consumo di materie prime e di acqua e le emissioni inquinanti, tipicamente prese in considerazione in una valutazione LCA" (Campioli, Lavagna, 2009).
Tuttavia, nell'ambito del processo decisionale di un progetto, l'*embodied energy* consente di operare valutazioni "semplificate" che permettono, comunque, di esprimere un giudizio ambientale sulle scelte progettuali.
I materiali scelti in questo studio sono indicativi. Viene scelto il polistirene in quanto materiale largamente diffuso e utilizzato in edilizia per la sua facile posa, il basso costo e le buone capacità prestazionali. Come soluzione ecologica, viene scelto il sughero, in quanto, da solo, riesce ad essere un'ottima alternativa prestazionale al polistirene e risulta anch'esso facile alla messa in opera. E, ancor più importante, il fatto che il sughero viene largamente prodotto in Sardegna. In alternativa al sughero possono essere utilizzati altri sistemi di isolamento, più "leggeri" (pannelli in lana di pecora, canapa, stuoie di canne), anche accoppiati con altri materiali, se necessario per motivi termoigrometrici o per protezione dagli agenti esterni.
Di seguito si riporta un grafico che mette a confronto le tre soluzioni studiate (muratura multistrato, cappotto esterno, doppio cappotto) per l'eventuale intervento di riqualificazione energetica di una muratura tradizionale, ciascuna con le due ipotesi alternative, l'una



Confronto tra le sei soluzioni di involucro analizzate: multistrato con isolamento interno (1a e 1b), monostrato con isolamento esterno (2a e 2b), monostrato con doppio isolamento (3a e 3b).

più economica, l'altra più "ecologica".
I parametri di paragone sono la trasmittanza termica stazionaria, la trasmittanza termica periodica (moltiplicata per un fattore 10 per comodità di rappresentazione grafica), lo spessore totale dell'involucro riqualificato e l'energia incorporata totale.
L'analisi del grafico porta alle seguenti considerazioni:
- le sei soluzioni presentano valori di tramittanza termica stazionaria molto simili (dallo 0,358 W/m^{2}K della soluzione 3a allo 0,381 W/m^{2}K della soluzione 2b) e tutti inferiori al valore limite fissato dal D. Lgs. 311/2006 e ss.mm.ii.;
- i valori relativi alla trasmittanza termica periodica delle sei soluzioni sono indice di un'ottima prestazione energetica in regime estivo (tutte abbondantemente al di sotto dello 0,12 W/m^{2}K, valore limite indicato nel D.M. 59/2009);
- lo spessore della muratura esistente nelle sei ipotesi di progetto viene incrementato dagli 11cm della soluzione 2a ai 18cm delle soluzioni 1a e 1b;
- le soluzioni più ecologiche dal punto di vista dell'energia incorporata sono nell'ordine la 1b, la 2b e la 3b; sulle altre incide il rilevante carico energetico del polistirene.
Un'analisi di massima di questo genere, nell'ambito delle fasi preliminari di un progetto architettonico, non richiede conoscenze specifiche particolari, se non relative alle nozioni fondamentali di fisica tecnica.
Affinché i risultati, invece, siano effettivamente attendibili e i confronti maggiormente variegati, occorrerebbe attingere da banche-dati regionali costantemente aggiornate.

“Non ci sono venti favorevoli,
per chi non sa dove andare”

(Seneca)

7. Sviluppi futuri della ricerca

Questa ricerca nacque agli inizi del 2010 con l'idea di costruire nel corso dell'attività una banca dati relativa ai materiali e alle soluzioni costruttive che potessero essere definite realmente "ecologiche" e che ben si potessero inserire nel contesto del recupero del patrimonio storico esistente.

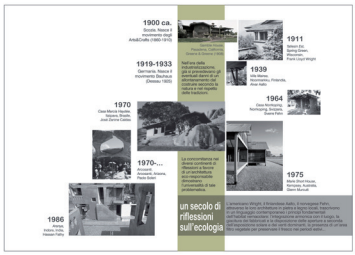
Nell'agosto dello stesso anno presentai la bozza del programma di ricerca nel corso del Seminario internazionale e Premio di Architettura e Cultura Urbana che si tiene ogni anno a Camerino e che in quell'occasione presentava, tra i temi di progetto e di conversazione, l'argomento *Tradizionale/Innovativo. Materiali e tecniche costruttive ecologiche*.

"Un programma pretenzioso", fu giudicato dai più, ma che sicuramente "viste le premesse scientifiche, dovrebbe rivelarsi veramente interessante, focalizzando il rapporto fra tradizione e innovazione nella produzione di materiali innovativi anche per il restauro di edifici storici"[1].

A conclusione di questo corso di dottorato, pensando a quanto sviluppato in questi anni di ricerca e a quanto si potrebbe ancora elaborare nella prospettiva di uno sviluppo futuro di questo progetto, posso affermare che gli obiettivi sono rimasti invariati. Con la differenza che allora la metodologia da seguire e gli strumenti da adottare erano piuttosto vaghi, ora questi sono definiti, e circoscritti sono anche i casi a cui fare riferimento.

La prima questione a cui si è cercato di rispondere è 'che cosa si intende per ecologicità?' e 'quando un materiale o prodotto può essere definito realmente ecologico?'. Da queste domande è partito il percorso di ricerca, caratterizzato da un continuo porsi di dubbi alle risposte trovate, che hanno a loro volta innescato nuove domande e risposte e che hanno infine contribuito al volgere della tesi verso la definizione di strategie e di strumenti per progettare e costruire in modo eco-responsabile.

Si è trattato in conclusione di una tesi che ha individuato i percorsi e definito gli indirizzi verso la valutazione ambientale in architettura per i progettisti, i costruttori, i produttori, i pianificatori, e gli amministratori che operano quotidianamente sul patrimonio esistente.



*Poster di sintesi del programma di ricerca presentato in occasione del XX Seminario internazionale e Premio di Architettura e Cultura Urbana - "*L'architettura dei luoghi. Contesto e modernità", Camerino 1-5 agosto 2010.

Da qui possono partire nuovi percorsi di ricerca che possono imboccare la strada verso la realizzazione di un *database* di materiali, prodotti e soluzioni costruttive ecologici, oppure verso la definizione di un protocollo di valutazione ambientale tipo di riferimento per la stesura di un sistema di certificazione energetico-ambientale degli edifici e di un sistema di certificazione ambientale dei prodotti.

Archivio di materiali, prodotti e soluzioni costruttive ecologici

Uno dei possibili sviluppi futuri di questo lavoro di ricerca, utile a livello didattico e professionale, potrebbe essere l'elaborazione di un archivio di dati, consultabile via web, relativo ai materiali, ai prodotti e alle soluzioni costruttive rispondenti a determinati requisiti di ecologicità e sostenibilità sulla base di una procedura di valutazione ambientale scientifica impostata su informazioni 'trasparenti' provenienti da fonti primarie.
Un archivio dati (sul modello di quelli proposti da materioteche ormai consolidate come ArTec, Material Connexion, Matech, Materio, Materia, Archivio Materiali della University of Eindhoven e Matrec[2]) dove ad ogni materiale, prodotto o soluzione costruttiva corrisponda una scheda che riporti i valori relativi ai requisiti prestazionali, tra i quali quelli di ecologicità (eco-attributi). All'interno della scheda devono essere esplicitate le procedure di valutazione e, se presenti, di certificazione adottate al fine di poter consentire confronti tra diversi materiali o prodotti.
La valutazione del ciclo di vita (LCA) è sicuramente la procedura più valida per supportare un'indagine di questo tipo.

Schema di processo verso la definizione di un database *di materiali, prodotti e soluzioni costruttive ecologiche auspicabile nei contesti regionali.*

Poster su L'approccio LCA a supporto degli strumenti di pianificazione *presentato in occasione del VII Convegno della Rete Italiana LCA* - "Life Cycle Assessment e ottimizzazione ambientale: esempi applicativi e sviluppi metodologici", Milano 27-28 giugno 2013.

A completamento di questo quadro cognitivo e in previsione di un processo di sviluppo sostenibile basato sui concetti di tradizione/innovazione non devono mancare le informazioni relative alla storia di quel materiale-prodotto nell'ambito del contesto costruttivo, sociale, economico e ambientale locale.
Un progetto di questo tipo richiede sicuramente tempo, risorse, conoscenze multidisciplinari e il contributo di tutti gli attori coinvolti (ricercatori, designer, produttori, costruttori, fruitori del bene stesso). Un progetto veramente ambizioso, in continua evoluzione e implementazione, costruito sulle conoscenze e sulle esperienze raccolte nei diversi settori disciplinari.
Il prodotto che ne deriva costituirebbe però un servizio ancor più prezioso a disposizione di ricercatori, imprese e pubbliche amministrazioni.

Valutazione e certificazione ambientale in architettura

Un altro obiettivo su cui puntare con questa ricerca è avviare un dialogo tra amministratori, tecnici e professionisti, a livello intercomunale e regionale, affinché si giunga anche in Sardegna alla definizione di una procedura di valutazione ambientale-tipo adattabile nei vari contesti comunali e territoriali e di supporto alla pianificazione attuativa nella fase di verifica della sostenibilità ambientale degli interventi.
Una volta individuata la procedura di valutazione, il passo successivo è la definizione di un protocollo di certificazione energetico-ambientale di un edificio che ne attesti la rispondenza prestazionale, ma sopratutto la compatibilità ambientale, il risparmio delle risorse energetiche e materiali e la salvaguardia della salute dei cittadini.

La costruzione condivisa dell'informazione ambientale e la concretizzazione dell'iter che porta ad un sistema regionale di valutazione ambientale in architettura sono dei possibili sviluppi del lavoro di ricerca appena concluso che è voluto essere in tal senso un punto di partenza. Ma anche un contributo per lo sviluppo dell'economia locale, con il proponimento di politiche eco-responsabili attuabili in Sardegna integrando gli strumenti normativi presenti, volte a sfruttare il sapere, le risorse umane e materiali e le realtà produttive locali, e un'opportunità di trasferimento delle conoscenze della ricerca alle pubbliche amministrazioni e alle imprese, attraverso il potenziale sviluppo di attività e servizi a supporto di Università,

Imprese, Enti pubblici e privati.

La ricerca e il suo rapporto con i piani stralcio del P.A.E.R.S.

Nel Novembre del 2013 la Giunta Regionale con la Delibera 49/31 ha approvato il "Documento di indirizzo per migliorare l'efficienza energetica in sardegna 2013-2020" in cui fissa gli indirizzi per raggiungere l'obiettivo specifico di efficienza energetica a cui il territorio può tendere entro il 2020 colmando il ritardo accumulato rispetto all'obiettivo fissato dall'Unione Europea. Tale documento è in sintonia con la Direttiva 2012/27/UE sull'efficienza energetica, di cui riprende i principi, le indicazioni e gli obblighi nel pieno rispetto delle specificità del territorio e secondo un approccio sostenibile nell'utilizzo dell'ambiente delle risorse naturali.
Nell'Allegato del documento vengono individuate e descritte in schede di sintesi le singole azioni di efficienza energetica e di risparmio a cui fare riferimento nei diversi settori (civile, terziario, idrico-multisettoriale, agricolo, trasportistico, industriale, ecc.).
In particolare, nel settore civile e, nello specifico, per gli edifici residenziali non pubblici, vengono proposte le seguenti azioni:

CIV01: Analisi e classificazione tipologica del patrimonio edilizio isolano
CIV02: Uso di soluzioni impiantistiche ad alta efficienza per la produzione di energia termica
CIV03: Uso di elettrodomestici e illuminazione ad alta efficienza
CIV04: Interventi di riqualificazione prestazionale dell'involucro edilizio
CIV05: Uso materiali, tecniche e tecnologie locali della tradizione e innovativo-ecocompatibili
CIV06: Legge Regionale sull'edilizia sostenibile
CIV07: Strumenti urbanistici - Regolamenti edilizi ed energetico-ambientali
CIV08: Attuazione del Protocollo ITACA
CIV09: Definizione dei requisiti minimi degli edifici ad energia quasi Zero
CIV10: Sperimentazione e diffusione di sistemi domotici
CIV11: Formazione per installatori e manutentori di tecnologie energetiche alimentate da FER

Sono state indicate in neretto le azioni strettamente connesse con le

tematiche trattate in questa ricerca.
Per l'azione CIV05 vengono indicate quali azioni di supporto le attività di divulgazione delle informazioni ambientali relative ai materiali, di promozione di ricerca sul ciclo di vita energetico-ambientale dei prodotti e dei materiali, le misure premiali per la diffusione della certificazione ambientale di prodotto e per l'impiego di materiali di riciclo e per l'utilizzo di materiali di qualità ambientale e reperiti nelle vicinanze. Proprio in riferimento a tali azioni, la tesi fornisce linee d'intervento chiare e precise sia in termini di indicazioni normative da inserire nelle norme tecniche d'attuazione dei piani attuativi sia nelle schede dei requisiti di eco-compatibilità ed efficientamento energetico (vedi in particolare le schede B.3.2. *Materiali Riciclati/ Recuperati*, B.3.3. *Materiali da fonti rinnovabili*, B.3.4. *Materiali locali per finiture*, B.3.5. *Materiali riciclabili o smontabili*, riportate in Appendice).
L'azione CIV06, volta a definire una proposta di legge che indichi i principi fondamentali della sostenibilità ambientale, è proprio ciò a cui auspica questa tesi in cui si riporta un caso pratico di processo di definizione di linee guida e principi di sostenibilità a partire da un atto conoscitivo del patrimonio edilizio esistente.
Allo stesso modo, l'azione CIV07, che prevede la diffusione negli strumenti urbanistici di principi di sostenibilità energetico-ambientale, viene attesa dalla tesi sia a livello teorico, con la descrizione della metodologia di approccio sviluppata, sia a livello pratico, con l'effettiva redazione nell'ambito di un Piano attuativo (Piano Particolareggiato del centro di antica e prima formazione di Sedilo in adeguamento alle NTA del PPR) di norme tecniche d'attuazione ed elaborati contenenti indicazioni normative per la progettazione e la gestione efficiente e sostenibile degli edifici. All'interno di quest'azione viene suggerito come strumento di valutazione dell'impatto ambientale dei materiali, ai fini di un utilizzo, in ambito edilizio, di quelli che implicano minori emissioni, la procedura LCA (*Life Cycle Assessment*), ampiamente sviluppata all'interno della tesi.
Vengono poi riportate le risorse disponibili o da reperire in termini di incentivi economici a cui la Regione fa riferimento e a cui potrebbe fare affidamento al fine di favorire l'attuazione dell'azione CIV07:

"- *riduzione oneri concessori a carico delle Amministrazioni comunali;*

- finanziamento di interventi di adeguamento energetico del patrimonio esistente (Regione);
- incentivi per privati cittadini che intendono utilizzare materiali di costruzione a basso impatto ambientale (Amministrazione comunale e Regione);
- riduzione TARSU per privati cittadini che intendono utilizzare materiali di costruzione a basso impatto ambientale (Amministrazione comuanle);
- titoli di qualificazione dell'efficienza energetica e di fornitura agevolata di servizi dedicati secondo procedure di carattere amministrativo di ambito pubblico e/o privato;
- predisposizione di forme di risparmio a termine in regime con istituti di credito convenzionati, consentendo di accedere a finanziamenti regionali previsti con tassi convenienti per interventi edilizi, correlati a diversi gradi di sostenibilità energetico-ambientale".

Alcuni di questi, quali la riduzione degli oneri di concessione o l'incremento del punteggio totale ai fini dell'attribuzione di eventuali finanziamenti regionali in edilizia, sono stati ipotizzati anche nell'ambito di questa tesi di ricerca e definiti come possibili sistemi premiali nell'ambito della valutazione della sostenibilità ambientale mediante protocolli basati su sistemi di analisi multicriterio.
Infine, l'azione CIV08 intende realizzare un Sistema per la certificazione della Sostenibilità Ambientale degli edifici in attuazione del Protocollo ITACA alla scala regionale così come è stato proposto nell'ambito della tesi alla scala locale.
In questo paragrafo conclusivo si è voluto mettere in evidenza l'attualità delle tematiche affrontate nella tesi alla luce di quanto la Regione Sardegna intende attuare nell'immediato futuro, offrendo un caso-studio reale alla scala locale sul quale poter far riferimento e sul quale basare politiche a scala più vasta.

Note

[1] AA.VV., 2011. *L'architettura dei luoghi. Contesto e modernità*. Architettura e città n.6. Milano: Di Baio Editore.

[2] ArTec è un archivio delle tecniche e dei materiali per l'architettura e il disegno industriale sviluppato dall'Università IUAV di Venezia a servizio della formazione degli studenti universitari e per l'approfondimento delle loro conoscenze nel settore della costruzione e del progetto di architettura.

Material Connexion è la prima materioteca ad essere aperta (negli Stati Uniti nel 1997 e in seguito in altre sedi internazionali) e uno degli archivi di materiali più ampi del mondo a servizio del settore del *design* e dell'architettura.

Matech è un centro di eccellenza europeo nella ricerca dei materiali innovativi, che raccoglie in un luogo fisicamente e virtualmente accessibile, campioni e schede tecniche dei più interessanti materiali disponibili sul mercato.

Materio è un centro di informazione tecnica indipendente, con sede a Parigi in uno show-room in cui sono esposti centinaia di prodotti del campo dell'*industrial design*, della scenografia, della moda, dell'arte, dell'ingegneria e dell'architettura.

Materia è una struttura olandese che ha come finalità quella di costituire un archivio di risorse per la progettazione architettonica e il *design*.

L'archivio materiali della University of Eindhoven (NL) consta di una piccola esposizione di campioni, materiale illustrativo e tecnico e maquette rivolta alle attività didattiche di supporto per i corsi di Costruzione e Produzione Edilizia.

Matrec (*Material Recycling*) è la prima banca dati italiana gratuita di *eco-design* dedicata ai materiali riciclati e al loro impiego nel mondo della produzione e del design.

APPENDICE

Abitazione tradizionale a Sedilo.

Norme e schede di valutazione della sostenibilità ambientale nel Piano Particolareggiato del centro matrice di Sedilo.

Si riportano in Appendice gli estratti di alcuni elaborati del Piano Particolareggiato del centro matrice di Sedilo che fanno riferimento agli indirizzi di sostenibilità ambientale adottati dal Piano (contenuti nel "Rapporto ambientale preliminare per la verifica di assoggettabilità del Piano alla V.A.S.") e agli interventi normativi inerenti le istanze di compatibilità ambientale e di efficientamento energetico definiti durante la fase "sperimentale" e conclusiva di questo triennio di ricerca e in via di adozione dal punto di vista dell'iter di pianificazione.

Obiettivi e indirizzi di sostenibilità ambientale

Di seguito si riportano gli stralci del "Rapporto ambientale preliminare per la verifica di assoggettabilità del Piano alla V.A.S." relativi alle modalità di risposta del piano ai criteri di determinazione dei possibili effetti sull'ambiente e alle azioni sostenibili che intende adottare.

COMUNE DI SEDILO (OR)
PIANO PARTICOLAREGGIATO
DEL CENTRO DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE

VERIFICA DI ASSOGGETTABILITÀ A V.A.S.
RAPPORTO AMBIENTALE PRELIMINARE
Ai sensi degli artt. 12 e 13 del D.Lgs n°152 del 2006 e ss.mm. e ii.

"[omissis]

CARATTERISTICHE DEL PIANO PARTICOLAREGGIATO

Misura in cui il Piano Particolareggiato stabilisce un quadro di riferimento per progetti ed altre attività, o per quanto riguarda l'ubicazione, la natura, le dimensioni e le condizioni operative o attraverso la ripartizione delle risorse.

Il Piano Particolareggiato del centro matrice di Sedilo si configura come Piano Attuativo di iniziativa pubblica. Il Piano si pone come riferimento tecnico-normativo e di indirizzo dei caratteri tipologico-costruttivi per la stesura di singoli progetti che discenderanno e le attività che si svilupperanno saranno intrinsecamente legate ad interventi edilizi (prevalentemente orientati verso la manutenzione, il restauro e risanamento conservativo e la ristrutturazione edilizia di fabbricati esistenti) che non determineranno impatti significativi sull'ambiente in quanto di modesta entità e localizzati in un contesto già urbanizzato.

Misura in cui il Piano influenza altri piani o programmi, inclusi quelli gerarchicamente ordinati.

Il Piano Particolareggiato non influenza in alcun modo i piani gerarchicamente sovraordinati.
L'influenza e le conseguenze che il Piano Particolareggiato del centro storico avrà su altri piani quale il futuro P.U.C., sarà quello di avere un centro matrice coincidente con la zona A, e di avere uno strumento attuativo che norma e salvaguarda ogni singola unità edilizia, il cui principio è quello della conservazione e restauro del tessuto storico tradizionale esistente. Anche i piccoli interventi privati dovranno rispettare i caratteri costruttivi e le prescrizioni contenute nel Piano.

Pertinenza del Piano per l'integrazione delle considerazioni ambientali, in particolare al fine di promuovere lo sviluppo sostenibile.

Il Piano Particolareggiato del centro matrice avrà un impatto ambientale migliorativo della qualità edilizia esistente e futura, poiché il Piano prescriverà ai privati che chiederanno atti autorizzativi di rimuovere superfetazioni e/o elementi particolarmente impattanti.
Da un punto di vista dell'integrazione ambientale quindi il Piano Particolareggiato tenderà, attraverso gli interventi edilizi consentiti, a creare un'immagine della città unitaria e coerente con i caratteri identitari storico-tradizionali.
La promozione dello sviluppo sostenibile potrà essere favorita con la qualità edilizia, la rivitalizzazione dell'area del centro

matrice, la possibilità di variazione di destinazione d'uso degli edifici esistenti, l'incentivo di attività artigianali compatibili con il centro storico, l'attenzione ai percorsi e alle aree pedonali e ciclabili, la cura del verde privato e pubblico, l'eliminazione delle barriere architettoniche, la riduzione del consumo del suolo privilegiando, in caso di incrementi di volume, le sopraelevazioni agli ampliamenti in superficie e prescrivendo l'utilizzo di pavimentazioni drenanti, l'incoraggiamento all'utilizzo di materiali ecologicamente compatibili, con un ridotto carico ambientale e possibilmente prodotti localmente, l'utilizzo di energie rinnovabili, la promozione di azioni volte al risparmio delle risorse (energia, acqua e materie prime) non rinnovabili sia in ambito pubblico (attraverso il completamento dell'intervento di rifacimento dell'impianto d'illuminazione stradale finalizzato al risparmio energetico già da tempo avviato) sia nel privato. Tali azioni, volte alla promozione d'interventi eco-responsabili oltre che mirati al raggiungimento della qualità urbana, saranno esplicitate all'interno delle norme tecniche attuative del Piano sia come prescrizioni sia come auspicii.

Problemi ambientali pertinenti al piano

Dal punto di vista ambientale non si pongono in essere azioni che possano far sorgere problemi ambientali. L'area del centro matrice è già servita da tutte le reti di approvvigionamento e smaltimento necessarie, gli edifici esistenti nell'area in oggetto, ad eccezione di quelli che risultano disabitati dagli anni Sessanta-Settanta, hanno già eseguito i regolari allacci alle reti di cui sopra. La produzione e lo smaltimento dei rifiuti non subiranno rilevanti variazioni. Tutto l'abitato è servito da un eccellente sistema di conferimento dei rifiuti del tipo "porta a porta" che, a breve, potrà essere integrato con un vicino eco-centro.
Non si determinano trasformazioni di aree o manufatti di interesse storico-artistico, ma anzi questi saranno salvaguardati previo imposizione del vincolo di massima tutela ossia restauro conservativo.

La rilevanza del piano per l'attuazione della normativa comunitaria nel settore dell'ambiente.

Per quanto concerne la rilevanza del piano per l'attuazione della

normativa comunitaria nel settore dell'ambiente (ad es. piani e programmi connessi alla gestione dei rifiuti o alla protezione delle acque), non avrà nessuna rilevanza."

"[omissis]
VALUTAZIONI DEGLI EFFETTI SULL'AMBIENTE DELLE AZIONI DEL PIANO
[omissis]

DEFINIZIONE DEGLI ORIENTAMENTI E INDIRIZZI PER LA RIQUALIFICAZIONE DEGLI SPAZI PUBBLICI E DEGLI ELEMENTI DI ARREDO URBANO

L'azione di Piano non produce effetti di impatto negativi sull'ambiente. Nella scelta dei materiali saranno infatti privilegiati, ove possibile, quelli locali o nel caso non fossero più reperibili o estraibili, in subordine, si dovrà fare ricorso a materiali compatibili con ridotto carico ambientale e di semplice integrazione con il contesto. Gli interventi relativi agli spazi pubblici (piazze, percorsi, parco giochi e relativi arredi) saranno mirati all'eliminazione delle barriere architettoniche e la loro progettazione sarà di tipo "plurisensoriale". Tutti gli interventi saranno inoltre volti alla riqualificazione di aree e percorsi in cui si possano creare occasioni di relazione sociale.

[omissis]
PROMOZIONE DI INTERVENTI FINALIZZATI A RENDERE MAGGIORMENTE FUNZIONALE AI FINI ABITATIVI IL PATRIMONIO ESISTENTE MEDIANTE NUOVE PICCOLE EDIFICAZIONI CONSISTENTI IN MICRO INTERVENTI DI SOPRAELEVAZIONE O AMPLIAMENTO CHE VANNO AD INSERIRSI IN UN CONTESTO GIÀ URBANIZZATO

Tale azione non apporterà effetti di impatto negativi sull'ambiente né incideranno negativamente sul contesto.
Il Piano, previa analisi dell'edificato esistente e indagine sui trend abitativi locali, intende promuovere dei piccoli interventi di sopraelevazione e ampliamento purché se ne riscontri l'effettiva necessità e ove ciò contribuisca a conferire un'immagine unitaria dell'abitato storico senza incidere negativamente sul contesto esistente.

Tali minime nuove edificazioni andranno ad inserirsi in un contesto già urbanizzato rispettando lo spirito e la volontà del Piano volti al recupero e alla riqualificazione del patrimonio esistente al fine di non incrementare ulteriore consumo del territorio e impoverimento del suolo.
I micro interventi di sopraelevazione e ampliamento seguiranno le modalità di accrescimento proprie della cultura abitativa storica locale. Si tratterà, a seconda del contesto, di inserire piccole nuove volumetrie (corrispondenti per dimensioni alle unità cellulari arcaiche) secondo il processo di addizione e giustapposizione in profondità, laterale o in altezza che ha da sempre caratterizzato l'evoluzione dell'abitato. Tali accrescimenti saranno inoltre studiati in modo da tutelare la permeabilità del suolo e da non essere d'impedimento al normale deflusso delle acque.

[omissis]
PROMOZIONE DI INTERVENTI FINALIZZATI A CONFERIRE UN'IMMAGINE UNITARIA, RICONOSCIBILE E SPECIFICA DELL'ABITATO STORICO
[omissis]
L'intervento di demolizione sarà di tipo selettivo, in modo da consentire l'isolamento delle frazioni materiali simili riusabili e/o valorizzabili come materie prime seconde e, conseguentemente, di ridurre la quantità di rifiuti inerti da destinare a smaltimento.
[omissis]
Per quanto attiene gli edifici di nuova costruzione è auspicabile l'utilizzo delle fonti energetiche alternative ed il risparmio idrico purché non invasivi né impattanti a livello visivo.

DEFINIZIONE DI INDIRIZZI OPERATIVI PER LA QUALIFICAZIONE ENERGETICA ED AMBIENTALE DEGLI EDIFICI

Tale azione di Piano non comporta in generale effetti d'impatto negativo sull'ambiente.
Le azioni che saranno indicate nelle norme del Piano particolareggiato saranno volte a regolare e ottimizzare la pressione del sistema insediativo sull'ambiente naturale, migliorando la vivibilità dell'ambiente urbano e i valori

paesaggistici del territorio. Esse mireranno a limitare il consumo del territorio e delle risorse non rinnovabili, a ridurre le emissioni di inquinanti atmosferici tramite la razionalizzazione della mobilità, a mitigare l'inquinamento acustico, atmosferico, luminoso ed elettromagnetico, a sensibilizzare la disciplina della bio-architettura favorendo il recupero delle tecniche costruttive tradizionali con l'impiego dei materiali locali e promuovendo modalità costruttive finalizzate a conseguire un risparmio energetico e a migliorare le condizioni di benessere naturale e del comfort abitativo all'interno degli edifici.
Negli interventi edilizi, al fine del perseguimento degli obiettivi di sostenibilità e di risparmio energetico, il Piano dovrà incentivare il contenimento del consumo di energia primaria per il riscaldamento invernale e per la climatizzazione estiva, intervenendo sull'involucro edilizio, sul rendimento dell'impianto di riscaldamento e sull'impianto di climatizzazione estiva, favorendo gli apporti energetici gratuiti nella stagione invernale e limitando il surriscaldamento nella stagione estiva attraverso l'analisi accurata del sito (orientamento, forma dell'edificio e disposizione degli ambienti).
Attraverso le norme del Piano saranno promosse le azioni mirate a perseguire la sostenibilità ambientale attraverso il risparmio dell'energia non rinnovabile e della risorsa idrica e ad incentivare soluzioni costruttive realizzate con materiali locali, materiali esistenti riutilizzabili e materiali ecocompatibili."

La sostenibilità ambientale all'interno delle norme tecniche d'attuazione

Le novità apportate all'interno delle norme tecniche d'attuazione del Piano particolareggiato del centro matrice di Sedilo, legate alle tematiche della sostenibilità ambientale, si possono riassumere nelle seguenti azioni:

- la conservazione del suolo e la quasi esclusività agli interventi di recupero e riconversione;
- la formazione, la conservazione e la valorizzazione delle aree verdi, la loro accessibilità e messa in sicurezza;
- la priorità, negli interventi relativi alla mobilità, alle aree o passaggi

pedonali e ai percorsi ciclabili;
- la conservazione e valorizzazione delle cortine murarie esterne che delimitano i percorsi viari e cingono le corti;
- la manutenzione periodica delle aree inedificate o degli edifici in disuso;
- la conservazione dell'impianto storico e la continuità rispetto ad esso;
- la disciplina del verde delle aree pubbliche e private che propone il ricorso a specie autoctone e con un basso fabbisogno idrico;
- l'utilizzo nelle costruzioni di materiali preferibilmente naturali e finiture bio-compatibili che richiedono un basso consumo di energia e presentano un contenuto impatto ambientale nel loro intero ciclo di vita;
- la costruzione secondo la disciplina della bio-architettura, tenendo conto dell'orientamento dell'edificio, dell'esposizione al sole e ai venti e delle prestazioni dell'involucro nel periodo estivo ed invernale;
- l'impiego nelle costruzioni di impianti ad alta efficienza energetica e di fonti energetiche rinnovabili;
- l'incentivazione di sistemi di sfruttamento dell'acqua non potabile, di riduzione del consumo di acqua potabile e il recupero di acque piovane.

Di seguito si riportano le integrazioni atte ad indirizzare gli interventi verso azioni eco-responsabili apportate alla relazione illustrativa e alle norme tecniche attuative del piano.

COMUNE DI SEDILO (OR)
PIANO PARTICOLAREGGIATO
DEL CENTRO DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE
Relazione illustrativa

[omissis]

5.4. Indirizzi di bioedilizia e risparmio energetico

Nell'ambito degli interventi di manutenzione, di restauro e risanamento conservativo, di ristrutturazione edilizia e di nuova costruzione al fine di mantenere inalterati i caratteri costruttivi

dell'architettura locale, si raccomanda di:

- garantire l'armonizzazione dell'intervento con i caratteri dell'ambiente naturale nel quale è inserito al fine di preservare l'identità storica e culturale del patrimonio edilizio e architettonico e le relative tradizioni e tecniche costruttive e tipologiche; gli elementi costruttivi presenti negli edifici storici e nell'edilizia tradizionale locale e/o rurale che trovano piena rispondenza nei principi dell'architettura sostenibile e della bioedilizia devono essere preservati;

- assicurare la conservazione e il ripristino degli elementi e delle soluzioni costruttive proprie dell'architettura sostenibile e della bioedilizia ovvero la sostituzione degli stessi con materiali che ne mantengano inalterate le originali caratteristiche di bio-compatibilità;

- armonizzare i fabbricati di nuova costruzione o soggetti a ricostruzione o a recupero, in relazione ai materiali da rivestimento, alle tinteggiature e alle coperture, con gli edifici circostanti, in particolare con quelli costituenti matrice ambientale, anche senza essere necessariamente simili a questi, nonché inserirsi convenientemente nell'ambiente urbano o naturale rispettandone le caratteristiche peculiari.

Le caratteristiche morfologico-costruttive e cromatico-materiche dell'intervento nel complesso devono dimostrare un buon adattamento all'ambiente in cui si inseriscono, attraverso l'adozione di:

a) configurazioni coerenti con le caratteristiche del luogo;

b) soluzioni che facilitino l'orientamento, rispetto alle coordinate geografiche ed orografiche, e la leggibilità delle caratteristiche geomorfologiche del luogo;

c) caratteri architettonici compatibili e coerenti con le regole compositive proprie del contesto;

d) caratteristiche spaziali plano-volumetricamente coerenti con la tipologia degli edi-fici tradizionali circostanti e con le forme del paesaggio naturale.

Per le nuove costruzioni o gli ampliamenti volumetrici in sopraelevazione o su nuove superfici sono stati presi in

considerazione, nel rispetto dell'altezza massima consentita, nonché delle distanze tra gli edifici, il sistema della reciprocità dei parametri citati e delle ombre portate, al fine di garantire, agli edifici in condizioni meno vantaggiose a causa della maggiore esposizione a nord o della minore altezza, condizioni accettabili di soleggiamento invernale.

Si riportano, a seguire, indirizzi di carattere generale suddivisi a seconda dell'esigenza che intendono soddisfare e riguardanti azioni volte alla bioedilizia e al risparmio energetico nell'ambito degli interventi previsti dal piano purché non alterino il carattere storico dei luoghi.

Illuminazione

L'illuminazione naturale degli spazi che non dispongono di sufficienti aree esposte rispetto alla superficie utile interna può essere garantita anche attraverso l'utilizzo di sistemi di illuminazione zenitale, purché non visibili dalla pubblica via.

Nelle nuove costruzioni è consigliato che le superfici trasparenti dei locali principali (soggiorni, sale da pranzo, cucine abitabili e simili) siano orientate entro un settore ± 45° dal sud geografico, anche allo scopo di sfruttare l'illuminazione naturale garantita dalla radiazione solare.

Tutte le chiusure trasparenti non esposte a Nord degli edifici di nuova costruzione, o soggetti a ristrutturazione, devono essere dotate di idonei sistemi oscuranti e schermanti secondo le tipologie e gli schemi compatibili con le soluzioni esistenti rilevate e indicate nelle schede relative agli interventi delle singole unità edilizie, tali da massimizzare gli apporti gratuiti solari d'inverno e al contempo limitare la radiazione solare diretta d'estate (21 giugno alle ore 12.00 - ora solare), senza diminuire i livelli di comfort attesi.

È obbligatoria l'installazione di dispositivi che permettano di ottimizzare i consumi di energia dovuti all'illuminazione mantenendo o migliorando il livello di benessere visivo fornito rispetto ai riferimenti di legge. È bene inoltre garantire l'integrazione del sistema di illuminazione con l'involucro edilizio in modo tale da massimizzare l'efficienza energetica e sfruttare al massimo gli apporti di illuminazione naturale.

A tal fine, per gli edifici nuovi e per gli edifici esistenti in occasione di interventi di manutenzione ordinaria o straordinaria, o di restauro e risanamento conservativo, di ampliamento o di ristrutturazione edilizia che comportino la realizzazione od il rifacimento del sistema di illuminazione o di sue parti a servizio di una o più unità immobiliare, sono da soddisfare le seguenti prescrizioni:

- per le parti comuni interne utilizzate in modo non continuativo (vani scala, passaggi alle autorimesse e alle cantine, etc.) di edifici a destinazione residenziale: installazione di interruttori a tempo e/o azionati da sensori di presenza; parzializzazione degli impianti con interruttori locali ove funzionale; utilizzo di sorgenti luminose di classe A (secondo quanto stabilito dalla direttiva UE 98/11/CE) o migliore;

- per gli altri edifici: installazione di interruttori a tempo e/o azionati da sensori di presenza negli ambienti interni utilizzati in modo non continuativo; si consiglia l'installazione anche negli altri ambienti di sensori di presenza per lo spegnimento dell'illuminazione in caso di assenza prolungata del personale o degli utenti; l'impianto di illuminazione deve essere progettato in modo che sia funzionale all'integrazione con l'illuminazione naturale (in particolare nei locali di superficie superiore a 30 mq parzializzando i circuiti per consentire il controllo indipendente dei corpi illuminanti vicini alle superfici trasparenti esterne) e al controllo locale dell'illuminazione (in particolare per locali destinati a ufficio di superficie superiore a 30 mq si consiglia la presenza di interruttori locali per il controllo di singoli apparecchi a soffitto); installazione di sensori di illuminazione naturale per gli ambienti utilizzati in modo continuativo, in particolare sensori che azionino automaticamente le parti degli impianti parzializzati di cui al punto precedente; si consiglia: l'utilizzo di apparecchi illuminanti con rendimento (flusso luminoso emesso dall'apparecchio/flusso luminoso emesso dalle sorgenti luminose) superiore al 60%, alimentatori di classe A, lampade fluorescenti trifosforo di classe A o più efficienti; l'utilizzo di lampade ad incandescenza od alogene deve limitarsi a situazioni particolari; in particolare per edifici quali scuole, uffici, supermercati, ecc., si raccomanda l'utilizzo di sistemi che sfruttino al meglio

l'illuminazione naturale, quali schermi riflettenti che indirizzano la radiazione solare verso il soffitto o verso componenti e sistemi che diffondano la radiazione solare all'interno degli ambienti, contenendo fenomeni di abbagliamento;

- per edifici ad uso industriale o artigianale: installazione di interruttori azionati da sensori di presenza per l'illuminazione di magazzini e aree interne utilizzate in modo non continuativo;

l'impianto di illuminazione deve essere progettato in modo da razionalizzare i consumi rispetto alle esigenze, progettando e posizionando i corpi illuminanti il più possibile in prossimità dei punti di utilizzo, compatibilmente con le esigenze produttive.

In tutti i nuovi edifici per l'illuminazione esterna e l'illuminazione pubblicitaria:

- è obbligatoria l'installazione di interruttori crepuscolari;

- è obbligatorio utilizzare lampade di classe A (secondo quanto stabilito dalla direttiva UE 98/11/CE) o migliore;

- i corpi illuminanti devono rispettare la normativa vigente sull'inquinamento luminoso.

Come disposto dalla legge regionale 17/01 e dalle indicazioni previste per le fasce di rispetto degli Osservatori Astronomici, è obbligatorio nelle aree comuni esterne (private, condominiali o pubbliche) degli edifici nuovi e in quelli soggetti a ristrutturazione con demolizione e ricostruzione totale, che i corpi illuminanti siano previsti di diversa altezza per le zone carrabili e per quelle ciclabili/pedonali, ma sempre con flusso luminoso orientato verso il basso per ridurre al minimo le dispersioni verso la volta celeste e il riflesso sugli edifici.

Qualità dell'aria interna

Per garantire le migliori condizioni di purezza e di salubrità dell'aria, negli ambienti riservati all'abitazione devono essere impediti l'immissione ed il riflusso dell'aria e degli inquinanti espulsi e, per quanto possibile, la diffusione di esalazioni e di sostanze inquinanti dalle stesse prodotte.

È suggerito l'utilizzo di materiali naturali e finiture eco-compatibili che richiedano un basso consumo di energia ed un contenuto impatto ambientale nel loro intero ciclo di vita.

Ogni intervento deve essere concepito e realizzato in modo da non compromettere l'igiene o la salute degli occupanti o dei vicini e in particolare in modo da non provocare:

a. sviluppo di gas tossici;

b. presenza nell'aria di particelle o di gas pericolosi;

c. emissione di radiazioni pericolose;

d. inquinamento o tossicità dell'acqua o del suolo;

e. difetti nell'eliminazione delle acque di scarico, dei fumi o dei rifiuti solidi o liquidi;

f. formazione di umidità su parti o pareti dell'opera.

A tal fine occorre rispettare le prescrizioni tecniche e procedurali previste dalle norme vigenti sull'uso di specifici materiali da costruzione.

Ai fini della riduzione degli effetti dell'emissione del Radon, nelle nuove volumetrie previste e riportate negli elaborati grafici e negli edifici soggetti a ristrutturazione, è consigliata una ventilazione costante su ogni lato del fabbricato; in particolare nei locali interrati e seminterrati si devono adottare accorgimenti per impedire l'eventuale passaggio del gas agli ambienti soprastanti dello stesso edificio (vespaio areato, aerazione naturale del locale, pellicole speciali, ecc.), in modo che la concentrazione del suddetto gas risulti inferiore ai limiti consigliati dalle Raccomandazioni europee (Raccomandazione Euratom n° 143/90 della Commissione e del 21/02/90 sulla tutela della popolazione contro l'esposizione al radon in ambienti chiusi – GU CEE n° 80 del 27/03/1990), recepiti e individuati attraverso il monitoraggio effettuato dall'Ente preposto (ARPA).

Risparmio energetico

Per gli edifici nuovi e per quelli soggetti a ristrutturazione con demolizione e ricostruzione totale deve essere rispettato il valore di fabbisogno di energia primaria per la climatizzazione invernale dell'edificio, EPi, riportati di seguito in funzione della classe di appartenenza dell'edificio stesso e relativi alla normativa di riferimento vigente. Tali valori dovranno essere aggiornati qualora la normativa di riferimento subisca delle modifiche.

Per gli edifici adibiti a residenza, esclusi collegi, conventi, case di

pena e caserme, i valori limite di fabbisogno annuo di energia primaria, relativamente alla climatizzazione invernale, espresso in kWh per metro quadrato di superficie utile, vigenti per i comuni apparte-nenti alla zona climatica C come Sedilo, sono i seguenti:

Rapporto di forma dell'edificio - Zona climatica C

S/V	*da 901 GG*	*a 1400 GG*
< 0,2	*12,8*	*21,3*
≥ 0,9	*48*	*68*

Per tutti gli altri edifici, i valori limite di fabbisogno annuo di energia primaria, relati-vamente alla climatizzazione invernale, espresso in kWh per mc di volume utile, vigenti sul territorio comunale sono i seguenti:

Rapporto di forma dell'edificio - Zona climatica C

S/V	*da 901 GG*	*a 1400 GG*
< 0,2	*3,6*	*6*
≥ 0,9	*12,8*	*17,3*

Per favorire il risparmio energetico, è sempre consentito nelle nuove costruzioni e in caso di ristrutturazione, intervenire sull'involucro edilizio in modo da rispettare contempora-neamente tutti i seguenti valori massimi di trasmittanza termica U (intesi come valori medi della parete considerata, quindi comprensivi dei ponti termici di forma o di struttura), purché non vengano alterati i caratteri storici o artistici del manufatto esistente.

Per interventi di nuova costruzione e ristrutturazione totale (valori validi per i comuni inseriti nelle zone climatiche C come Sedilo):

a. strutture verticali opache: 0,40 W/m²K

b. coperture (piane e a falde): 0,38 W/m²K

c. pavimenti verso locali a temperatura non controllata: 0,42 W/m²K

d. pavimenti verso l'esterno: 0,42 W/m²K

Il valore della trasmittanza U delle strutture edilizie di separazione tra edifici o unità immobiliari confinanti, fatto salvo il rispetto del D.P.C.M. del 5/12/97 "Determinazione dei re-quisiti acustici

passivi degli edifici", deve essere inferiore a 0,8 W/m²K. Il medesimo limite deve essere rispettato per tutte le pareti opache, verticali, orizzontali e inclinate, che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento.

Nel caso di pareti opache esterne in cui fossero previste aree limitate oggetto di riduzione di spessore (sotto-finestre e altri componenti), è auspicabile attenersi ai valori limite delle trasmittanze con la superficie totale di calcolo.

Nel caso in cui la copertura sia a falda e a diretto contatto con un ambiente accessi-bile (ad esempio sottotetto, mansarda, ecc.), è consigliabile che si adotti un sistema di tipo ventilato. In caso di intervento di manutenzione straordinaria totale della copertura in edifici esistenti con sottotetto o mansarde accessibili con sostituzione totale del manto, devono essere rispettati i valori massimi di trasmittanza imposti per le coperture degli edifici nuovi (0,38 W/m²K, valore aggiornabile in funzione dell'evoluzione normativa e tecnologica).

Nelle nuove costruzioni e negli edifici esistenti in caso di interventi edilizi nei quali sia prevista la sostituzione dei serramenti, a eccezione delle parti comuni degli edifici residenziali non climatizzate, è obbligatorio l'utilizzo di serramenti aventi una trasmittanza media (U), riferita all'intero sistema (telaio e vetro), non superiore a 2,6 W/m²K. Per tutte le chiusure trasparenti comprensive di infissi che delimitano verso l'ambiente esterno gli ambienti non dotati di impianto di riscaldamento, il valore limite della trasmittanza termica (U) deve essere inferiore a 2,8 W/m²K.

Tutte le caratteristiche fisico-tecniche-prestazionali dei materiali impiegati nella costruzione dovranno essere certificati da parte di Istituti riconosciuti dalla UE, dovranno quindi presentare la marcatura CE.

Acustica

Per gli edifici nuovi e per quelli soggetti a ristrutturazione edilizia, in relazione ai requisiti acustici definiti dalla normativa nazionale e regionale vigente, per quanto riguarda i rumori esterni, i rumori provenienti da altre unità abitative, dalle parti comuni, i rumori di calpestio e da impianti, è auspicabile l'adozione

di soluzioni tecnologiche che rispettino i valori di isolamento prescritti dalla normativa e che non alterino i caratteri storici delle parti esistenti.

Serre o altre soluzioni bioclimatiche

Le serre bioclimatiche e le logge addossate all'edificio, ove consentite in quanto non prospicienti la pubblica via e non recanti situazioni di degrado o disturbo a livello qualitativo e costruttivo del manufatto esistente, sono considerate volumi tecnici e quindi non computabili ai fini volumetrici.

Esse potranno essere consentite purché vengano rispettate le seguenti condizioni:

a. dimostrino, attraverso calcoli energetici che il progettista dovrà allegare al progetto, la loro funzione di riduzione dei consumi di combustibile per riscaldamento invernale, attraverso lo sfruttamento passivo e/o attivo dell'energia solare e/o la funzione di spazio intermedio;

b. siano integrate nelle facciate esposte nell'angolo compreso tra sud/est e sud/ovest;

c. abbiano una profondità non superiore a 1m;

d. i locali retrostanti mantengano il prescritto rapporto aerante;

e. sia dotata di opportune schermature e/o dispositivi mobili o rimovibili, per evitare il surriscaldamento estivo;

f. il progetto deve valutare il guadagno energetico, tenuto conto dell'irraggiamento solare, calcolato secondo la normativa UNI, su tutta la stagione di riscaldamento (come guadagno si intende la differenza tra l'energia dispersa in assenza della serra e quella dispersa in presenza della serra);

g. la struttura di chiusura deve essere completamente trasparente, fatto salvo l'ingombro della struttura di supporto.

I sistemi per la captazione e lo sfruttamento dell'energia solare passiva addossati o integrati all'edificio (muri ad accumulo, muri di Trombe, muri collettori, captatori in copertura ecc.), ove consentiti e per le parti di nuova edificazione, sono considerati volumi tecnici e quindi non computabili ai fini volumetrici.

Impianti di riscaldamento e raffrescamento

Per le nuove costruzioni sono da preferire sistemi impiantistici ad elevata efficienza energetica e tutti quegli impianti per la produzione di acqua calda sanitaria, per il riscaldamento e il raffrescamento atti a conseguire globalmente una riduzione dell'indice di presta-zione energetica.

Per i generatori a caldaia vige l'obbligo del rispetto dei requisiti minimi del rendimento termico utile stabilito dal D.Lgs. 192/2005 e s.m.i. È preferibile l'utilizzo di caldaie a condensazione e contestuale messa a punto del sistema di distribuzione. Si consiglia inoltre l'utilizzo di pompe di calore ad elevata efficienza energetica (ossia pompe di calore che hanno un coefficiente di prestazione almeno pari ai valori minimi indicati nell'allegato I del DM 6 Agosto 2009).

Per il riscaldamento invernale è suggerito l'utilizzo di sistemi a bassa temperatura (ad esempio pannelli radianti integrati nelle pareti). I sistemi radianti possono anche essere utilizzati come terminali di impianti di climatizzazione purché siano previsti dei dispositivi per il controllo dell'umidità relativa.

Per quanto riguarda gli interventi impiantistici, per la produzione di acqua calda sanitaria, si possono considerare le seguenti tecnologie attualmente mature ed economicamente sostenibili:

- Fonte rinnovabile (solare termico, solare fotovoltaico) con fonte di integrazione a combustibile o a pompa di calore;

- Fonte rinnovabile + seconda fonte rinnovabile (es. biomassa) + con fonte di integrazione a combustibile o a pompa di calore.

Per i collettori solari termici si prevede che:

a. i serbatoi di accumulo debbano essere posizionati al di sotto del pannello solare, all'interno dei volumi tecnici delle coperture, ovvero in maniera non visibile dal piano stradale sottostante;

b. nel caso di coperture piane, i pannelli captanti potranno essere installati con inclinazione ritenuta ottimale, purché non visibili dal piano stradale sottostante ed evitando l'ombreggiamento tra di essi se disposti su più file.

Gli impianti per la produzione di energia elettrica da fonte solare destinati a tutti gli usi standard dovranno essere del tipo integrato nella copertura; negli interventi sul patrimonio

esistente, qualora vi siano impedimenti tecnici adeguatamente documentati, si potrà ricorrere a sistemi parzialmente integrati, ovvero, successivamente, a sistemi non integrati purché non visibili da pubblica via.

I nuovi edifici devono essere realizzati con tutti gli accorgimenti per limitare l'uso della climatizzazione estiva.

L'installazione degli impianti di climatizzazione è consentita purché:

a. la potenza dell'impianto sia calcolata sulla base di un calcolo di dimensionamento analitico;

b. nei nuovi edifici si privilegino soluzioni di impianto centralizzate;

c. i componenti esterni degli impianti (torri evaporative condensatori, unità motocondensanti, ecc.) non rechino disturbo dal punto di vista acustico, termico e non siano visibili dal fronte stradale o affacciati su luogo pubblico, ovvero siano integrati a livello progettuale;

d. siano realizzati in modo da consentire un'agevole manutenzione ai fini di prevenire il rischio di legionellosi.

È fatto d'obbligo integrare gli impianti di condizionamento agli elementi costruttivi degli edifici, prevedendo appositi cavedi per il passaggio dei canali in caso di impianto centralizzato, o nicchie per l'alloggiamento dei componenti esterni.

Negli edifici dotati di impianti di riscaldamento è obbligatoria l'installazione di sistemi di regolazione locali (valvole termostatiche, termostati collegati a sistemi locali o centrali di attuazione, ecc.) che, agendo sui singoli elementi di diffusione del calore, garantiscano il mantenimento della temperatura dei singoli ambienti riscaldati o nelle singole zone aventi caratteristiche di uso e di esposizione uniformi.

Per gli edifici esistenti il provvedimento si applica nei seguenti casi:

a. completa sostituzione dell'impianto di riscaldamento;

b. interventi di manutenzione straordinaria all'impianto di riscaldamento che preveda la sostituzione dei terminali scaldanti;

c. rifacimento della rete di distribuzione del calore.

Inquinamento elettromagnetico

Per ridurre l'eventuale inquinamento elettromagnetico interno (50 Hz), è consigliato l'impiego di soluzioni migliorative a livello di organismo abitativo, attraverso l'uso di disgiuntori e cavi schermati, decentramento di contatori e dorsali di conduttori e/o impiego di bassa tensione.

COMUNE DI SEDILO (OR)
PIANO PARTICOLAREGGIATO
DEL CENTRO DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE
Norme Tecniche d'Attuazione

[omissis]

4.23. Materiali ecosostenibili

Per le aree e per i beni storici e monumentali soggetti a vincoli, nonché per le aree di interesse ambientale nel caso di interventi di manutenzione, di restauro e risanamento conservativo, deve prevedersi l'impiego di materiali compatibili con quelli preesistenti.

Per la realizzazione degli edifici è consigliato l'utilizzo di materiali e finiture naturali o riciclabili, che richiedano un basso consumo di energia e un contenuto impatto ambientale nel loro intero ciclo di vita. L'impiego di materiali ecosostenibili deve comunque garantire il rispetto delle normative riguardanti il risparmio energetico e la qualità acustica degli edifici.

La scelta dei materiali e delle finiture naturali o riciclabili deve seguire prevalentemente i seguenti criteri:

- di ecologicità: devono essere prodotti con materie prime abbondanti e rinnovabili; devono avere processi di trasformazione e trasporto a ridotto consumo energetico e che non comportano condizioni di lavoro dannose per la salute;

- di riciclabilità: i materiali di base devono essere riciclabili (pre-assemblaggio) al fine di favorire la limitazione della quantità di rifiuti edilizi, specie se indifferenziati; i prodotti finiti devono poter essere riutilizzati in caso di demolizione o ristrutturazione; occorre documentare negli elaborati illustrativi di progetto, i materiali presenti in elementi strutturali, in elementi di finitura e impianti, nelle pertinenze dell'organismo edilizio, indicando le caratteristiche di riutilizzo/riciclabilità dei medesimi materiali in caso di demolizione futura ed evidenziando l'eventuale uso di materiali reimpiegati o riciclati;

- igienicità e sicurezza a tutela della salute: non devono favorire lo sviluppo di muffe, batteri o microrganismi; non devono produrre emissioni nocive (vapori, particelle, polveri, radioattività) durante produzione, posa e rimozione;

- sicurezza in caso d'incendio: non devono produrre gas velenosi; se destinati ad uso strutturale devono conservare le caratteristiche di resistenza meccanica per un tempo sufficiente secondo norma;

- traspirabilità e permeabilità al vapore: devono evitare concentrazioni dannose di gas, umidità e sostanze nocive in sospensione negli ambienti domestici; devono favorire un clima confortevole; devono essere impiegati materiali altamente traspiranti, laddove non siano specificatamente destinati ad impermeabilizzazione;

- proprietà termiche ed acustiche: devono favorire il mantenimento del calore nei mesi freddi ed alta inerzia termica; devono ostacolare la diffusione del calore nei mesi caldi; devono garantire un corretto isolamento acustico;

- durabilità: devono conservare le proprie caratteristiche fisiche e prestazionali; devono essere facilmente riparabili ed adattabili a ristrutturazioni e riparazioni dell'immobile;

- reperibilità: oltre a limitare il consumo di energia per il trasporto, devono preservare l'identità architettonica dell'ambiente valorizzando esperienze e tradizioni dell'industria e dell'artigianato locale; devono essere impiegati solo legni di provenienza locale e da zone temperate a riforestazione programmata. Il legno tropicale non dovrebbe essere

utilizzato per l'elevato costo ambientale del trasporto e i danni all'ecosistema; devono essere impiegati principalmente materiali di produzione locale e tradizionali (pietra, legno, laterizio), al fine di incentivare il recupero e la salvaguardia di un mercato e delle risorse socioculturali legati alla tradizione produttiva locale.

I nuovi insediamenti dovranno essere realizzati preferibilmente con:

- strutture verticali portanti in muratura con elevate caratteristiche di accumulo termico, traspirazione, ed igroscopicità;

- strutture orizzontali portanti in legno con elevate caratteristiche di isolamento ed igroscopicità;

- strutture di copertura in legno ventilate;

- intonaci interni ed esterni, tinte e vernici privi di inquinanti, solventi e pigmenti chimici, realizzati a base di cere, calci, oli e resine naturali atti a garantire il massimo grado di traspirazione;

- materiali coibenti naturali e privi di trattamenti sintetici altamente traspiranti e che non assorbano umidità.

Per gli edifici esistenti è consigliato l'uso e il recupero dei materiali in sito e l'utilizzo di tecnologie tradizionali.

4.24. Azioni per la sostenibilità ambientale

Al fine della riduzione del consumo di acqua potabile, per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a ristrutturazione edilizia è obbligatoria l'adozione di dispositivi idonei ad assicurare una significativa riduzione del consumo di acqua quali frangi-getto ed erogatori con riduttori di portata.

Per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a ristrutturazione edilizia è consigliato installare apparecchiature per la regolazione del flusso di acqua dalle cassette di scarico dei servizi igienici; le cassette devono essere dotate di un dispositivo comandabile manualmente che consenta la regolazione, prima dello scarico, di almeno due diversi volumi di acqua: il primo compreso tra 7 e 12 litri e il secondo compreso tra 5 e 7 litri.

Per gli edifici esistenti il presente articolo si applica nel caso di

rifacimento dell'impianto idrico-sanitario.

Qualora per l'abitazione si predisponga una rete idrica interna di tipo duale, l'utilizzo dell'acqua non potabile dovrà essere previsto per alimentare le cassette igieniche, le lavatrici, gli impianti di riscaldamento centralizzati e gli impianti di irrigazione dei giardini.

Al fine della riduzione del consumo di acqua potabile, per gli edifici di nuova costruzione e per quelli soggetti a ristrutturazione edilizia, con una superficie destinata a verde pertinenziale e/o a cortile superiore a 100 mq, è preferibile, fatte salve necessità specifiche connesse ad attività produttive con prescrizioni particolari e nelle fasce di rispetto dei pozzi, l'utilizzo delle acque meteoriche, raccolte dalle coperture degli edifici, per l'irrigazione del verde pertinenziale, la pulizia dei cortili e dei passaggi. A tal fine è consigliata l'adozione di una opportuna cisterna per la raccolta delle acque meteoriche di dimensioni non inferiori a 1 mc per ogni 30 mq di superficie delle coperture degli stessi. La cisterna deve essere dotata di un sistema di filtratura per l'acqua in entrata, di uno sfioratore sifonato collegato al pozzo perdente per gli scarichi su strada per smaltire l'eventuale acqua in eccesso e di un adeguato sistema di pompaggio per fornire l'acqua alla pressione necessaria agli usi suddetti. L'impianto idrico così formato non può essere collegato alla normale rete idrica e le sue bocchette devono essere dotate di dicitura "acqua non potabile", secondo la normativa vigente.

Le coperture dei tetti possono essere munite nelle parti non visibili da pubblica via di canali di gronda impermeabili, atti a convogliare le acque meteoriche nei pluviali e nel sistema di raccolta per poter essere riutilizzate.

Le reti di distribuzione dell'acqua calda e fredda dell'impianto idrosanitario devono essere opportunamente dimensionate al fine di soddisfare le richieste da parte degli utenti anche nei periodi di massima contemporaneità. In particolare la temperatura dell'acqua calda per uso igienico-sanitario, dovrà essere controllata al fine di contenere i consumi energetici.

Al fine di evitare contaminazioni delle acque potabili da parte delle acque reflue, le condotte di acqua potabile devono essere

poste ad idonea distanza da fognoli, pozzetti o tubature di fognatura e almeno a 0,50m al di sopra di queste ultime. Quando non sia possibile rispettare le condizioni di cui sopra, ed in caso di intersezioni, le tubature fognarie, oltre ad essere costruite in modo da evitare qualsiasi perdita, dovranno essere collocate per il tratto interessato in un cunicolo con fondo a pareti impermeabili e dotato di pozzetti di ispezione.

Le reti di scarico delle acque domestiche e fecali e delle acque di rifiuto industriale devono essere opportunamente dimensionate, ventilate ed ubicate al fine di garantire una buona evacuazione. Inoltre, le modalità di smaltimento devono essere tali da evitare contaminazioni del suolo, delle falde e delle acque superficiali nel rispetto delle prescrizioni vigenti in materia e garantire un benessere respiratorio e olfattivo.

Per le zone non servite da fognatura comunale, lo smaltimento delle acque reflue deve avvenire nel rispetto delle leggi vigenti per gli insediamenti urbani e produttivi. In tutti i casi dovrà essere realizzato un idoneo e facilmente accessibile pozzetto di ispezione e prelievo.

Requisiti tecnici di sostenibilità ambientale degli edifici: proposta di protocollo di valutazione ambientale da allegare alle norme tecniche attuative

Per promuovere, verificare e incentivare la sostenibilità ambientale nelle opere edilizie pubbliche e private a livello comunale, alle norme tecniche d'attuazione segue l'elaborazione di un protocollo di valutazione ambientale dove vengono esplicitati i requisiti tecnici specifici. Il protocollo non è altro che una procedura di verifica degli interventi di trasformazione edilizia che intendono attuarsi in ambito comunale. Tale verifica valuta i livelli di qualità energetico - ambientale (compatibilità ambientale, efficienza energetica, *comfort* abitativo, salvaguardia della salute dei cittadini) degli spazi scoperti e di quelli edificati, al fine di renderli compatibili con le esigenze antropiche e con l'equilibrio delle risorse ambientali.
Nello specifico, la procedura sviluppata nell'ambito di ricerca e applicata con i dovuti adattamenti al caso del Piano Particolareggiato

di Sedilo definisce i requisiti tecnici e le forme di incentivazione che l'Amministrazione Comunale potrebbe adottare al fine di promuovere e attuare interventi di sostenibilità energetica ed ambientale all'interno del centro matrice di Sedilo.
Rientrano nell'ambito di applicazione dei requisiti tecnici proposti, gli interventi di iniziativa pubblica e privata, così come definiti ai sensi dell'art.2 delle norme tecniche d'attuazione del Piano Particolareggiato del centro matrice di Sedilo, relativi a:

- nuove costruzioni;
- ristrutturazione edilizia;
- restauro scientifico;
- restauro e risanamento conservativo;
- manutenzione straordinaria.

La rispondenza dei progetti ai principi dell'edilizia sostenibile, ovvero al raggiungimento degli obiettivi di qualità edilizia, urbanistica e sostenibilità ambientale, deve attuarsi attraverso un sistema di progettazione e verifica di tipo prestazionale.
A tal fine la presente procedura individua cinque aree di valutazione per il raggiungimento degli obiettivi previsti:

Area A. Qualità del sito
Area B. Consumo delle risorse
Area C. Carichi ambientali
Area D. Qualità degli ambienti indoor
Area E. Qualità del servizio

Ciascun'area di valutazione si compone di ambiti, e gli ambiti si compongono di requisiti prestazionali che vengono esplicitati nelle singole schede. Per ciascun requisito vengono riportati:

- Nome e codice criterio
- Area di valutazione di appartenenza (A, B, C, D, E)
- Ambito di appartenenza
- Esigenza da soddisfare
- Indicatore di prestazione
- Categorie d'intervento (in linea con gli interventi proposti all'interno del piano attuativo)
- Peso del criterio (ai fini del calcolo del punteggio finale utile per attribuire la corrispondente classe di premio)
- Unità di misura

- Scala prestazionale (scala di soddisfacimento dei risultati attesi)
- Metodo e strumenti di verifica (metodo di calcolo dell'indicatore di prestazione).

Sono stati già illustrati nel capitolo 2 vari sistemi di valutazione (*rating systems*) sviluppati mediante il metodo di attribuzione dei punteggi a seconda del grado di rispondenza delle prestazioni attese e il metodo di calcolo del punteggio finale.
Si riportano a seguire le schede relative ai requisiti tecnici selezionati e adattati al caso-studio specifico di Sedilo. Per la loro stesura è stato preso come principale riferimento, sia per l'impostazione sia per i contenuti, il PROTOCOLLO ITACA Nazionale 2011 nella versione aggiornata nel luglio 2012 (contenente le ultime disposizioni normative relative alla UNI TS 11300-4). I criteri del PROTOCOLLO ITACA presi come riferimento sono stati poi adattati al caso studio in esame: le esigenze espresse per i singoli requisiti hanno seguito *in primis* i principi di conservazione dell'identità storica del paese espressi attraverso il Piano Particolareggiato e hanno tenuto conto dei servizi attualmente presenti nell'abitato. Ogni Scheda relativa ai singoli criteri di sostenibilità ambientale è completata con le seguenti informazioni (riportate in nota)[1]:
a) esplicitazione degli obiettivi che si intendono perseguire nell'ottica della sostenibilità ambientale e sintesi delle principali strategie per il loro conseguimento;
b) possibilità di estrapolare le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo ai singoli criteri dal Piano o dal singolo progetto;
c) possibilità di ottenere il punteggio direttamente attraverso strumenti GIS.
Quest'ultima informazione viene esplicitata in virtù della possibile integrazione della procedura di valutazione ambientale proposta con la piattaforma GIS del Piano che è stata sviluppata in parallelo alla stesura degli elaborati del Piano dalla società di servizi informatici Nordai S.r.l.. Di seguito alle schede tecniche, vengono riportati i sistemi di pesatura a seconda della categoria d'intervento a cui si fa riferimento (manutenzioni-restauro e risanamento conservativo, ristrutturazioni edilizie-nuova edificazione, restauro scientifico) e l'allegato riassuntivo finale che deve essere presentato assieme agli altri elaborati di progetto all'Ufficio tecnico comunale ai fini del rilascio della concessione edilizia.

COMUNE DI SEDILO (OR)
PIANO PARTICOLAREGGIATO
DEL CENTRO DI ANTICA E PRIMA FORMAZIONE
SCHEDE TECNICHE RELATIVE AI REQUISITI
DI SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE

A. QUALITÀ DEL SITO

A.1 SELEZIONE DEL SITO

A.1.1. RIUTILIZZO DEL TERRITORIO

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire l'utilizzo delle aree già in precedenza antropizzate e preservare le aree non urbanizzate	Livello di utilizzo pregresso dell'area d'intervento

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	67
nel sistema completo	10

UNITÀ DI MISURA

–

SCALA DI PRESTAZIONE

		_	PUNTI
NEGATIVO		<0	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		3	3
OTTIMO		5	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio si proceda come segua:
1. Calcolare l'area complessiva del lotto d'intervento.
2. Suddividere il lotto in aree riconducibili ai seguenti scenari:
B_1. lotto inedificato dove non sono previste nuove aree edificabili
B_2. lotto inedificato dove sono previste nuove aree edificabili
B_3. lotto parzialmente edificato dove sono previste nuove aree edificabili o accrescimenti
B_4. lotto edificato dove sono previste nuove aree edificabili o accrescimenti
3. Calcolare l'estensione di ciascuna delle aree individuate al punto precedente.
4. Calcolare il livello di utilizzo pregresso del sito attraverso la formula seguente:
$[(B_1/A)*(-1)+(B_2/A)*(0)+(B_3/A)*(3)+(B_4/A)*(5)]$
5. Confrontare il valore calcolato con il benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

A. QUALITÀ DEL SITO | **A.1 SELEZIONE DEL SITO**

A.1.2. ACCESSIBILITÀ AL TRASPORTO PUBBLICO

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire la scelta di siti prossimi ai nodi di accesso ai mezzi di trasporto pubblico per ridurre l'uso dei veicoli privati	Indice di accessibilità al trasporto pubblico

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	7
nel sistema completo	1

UNITÀ DI MISURA

metri

SCALA DI PRESTAZIONE

		m	PUNTI
NEGATIVO		>500m	-1
SUFFICIENTE		500m	0
BUONO		300m	3
OTTIMO		100m	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio si proceda come segua:
1. Determinare la distanza a piedi dai nodi della rete di trasporto pubblico serviti da bus considerando il tragitto effettivamente percorribile a piedi (non calcolare distanze in linea retta nel caso in cui vi siano ostacoli invalicabili come ad esempio edifici).
2. Confrontare il valore calcolato con il benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

A. QUALITÀ DEL SITO | **A.1 SELEZIONE DEL SITO**

A.1.3. MIX FUNZIONALE DELL'AREA

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire la scelta di siti prossimi ad aree caratterizzate da un adeguato mix funzionale	Distanza media dell'edificio da strutture di base con destinazioni d'uso ad esso complementari

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	13
nel sistema completo	2

UNITÀ DI MISURA

metri

SCALA DI PRESTAZIONE

		m	PUNTI
NEGATIVO		>500m	-1
SUFFICIENTE		500m	0
BUONO		300m	3
OTTIMO		100m	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio si proceda come segua:
1. Individuare le strutture di commercio, di servizio, sportive e culturali della zona secondo la seguente suddivisione:
 a) strutture di commercio: negozio di beni alimentari e di prodotti per la casa, edicola, bar;
 b) strutture di servizio: uffici comunali, ufficio postale, asilo nido d'infanzia, scuola materna, scuola elementare, banca, farmacia, giardino pubblico;
 c) strutture sportivo/culturali: struttura sportiva, biblioteca.
2. Calcolare la distanza con media aritmetica in metri, da percorrere a piedi, che separa il punto di accesso principale all'edificio e i punti di accesso delle strutture afferenti alle categorie sopracitate.
3. Confrontare il valore calcolato con il benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

A. QUALITÀ DEL SITO | **A.1 SELEZIONE DEL SITO**

A.1.4. ADIACENZA AD INFRASTRUTTURE

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire l'edificazione in prossimità delle reti infrastrutturali per evitare impatti ambientali determinati dalla realizzazione di nuovi allacciamenti.	Distanza media dal lotto di intervento delle reti infrastrutturali di base esistenti (acquedotto, rete elettrica, gas, fognatura).

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	7
nel sistema completo	1

UNITÀ DI MISURA

metri

SCALA DI PRESTAZIONE

		m	PUNTI
NEGATIVO		>100m	-1
SUFFICIENTE		100m	0
BUONO		55m	3
OTTIMO		25m	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare la lunghezza (in metri) del collegamento da costruire o da adeguare fra il lotto di intervento e la rete elettrica esistente;
2. Calcolare la lunghezza (in metri) del collegamento da costruire o da adeguare fra il lotto di intervento e la rete dell'acquedotto esistente;
3. Calcolare la lunghezza (in metri) del collegamento da costruire o da adeguare fra il lotto di intervento e la rete fognaria esistente;
4. Calcolare la media aritmetica delle lunghezze calcolate ai punti precedenti;
5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

A. QUALITÀ DEL SITO | **A.2 PROGETTAZIONE DELL'AREA**

A.2.1. AREE ESTERNE DI USO COMUNE ATTREZZATE

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire l'utilizzo degli spazi esterni di uso comune di pertinenza dell'edificio.	Livello di servizio delle aree esterne comuni di pertinenza dell'edificio.

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	7
nel sistema completo	1

UNITÀ DI MISURA

metri

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	Non sono previsti spazi attrezzati	-1
SUFFICIENTE	Sono previsti spazi per favorire almeno una attività	0
BUONO	Sono previsti spazi per favorire almeno due attività	3
OTTIMO	Sono previsti spazi per favorire tutte le attività	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Verificare se nelle aree esterne di pertinenza dell'edificio sono previsti adeguati spazi attrezzati atti a favorire:
i. sosta/aggregazione;
ii. attività ludico/ ricreative;
iii. attività sportive.
2. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche del sito di intervento e attribuire il punteggio.
N.B.(1) Gli spazi attrezzati, se presenti, devono essere adeguatamente dimensionati rispetto al numero degli occupanti dell'edificio.

B. CONSUMO DI RISORSE

B.1 ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE

B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Ridurre il fabbisogno di energia primaria per il riscaldamento.	Rapporto percentuale tra l'energia primaria annua per il riscaldamento (EP_i) e l'energia primaria limite ($EP_{i,L}$).

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	10
nel sistema completo	6

UNITÀ DI MISURA

metri

SCALA DI PRESTAZIONE

		m	PUNTI
NEGATIVO		>100,0	-1
SUFFICIENTE		100,0	0
BUONO		55,0	3
OTTIMO		25,0	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare, per ciascun vettore energetico i-esimo per la climatizzazione invernale dell'edificio, l'energia fornita $Q_{del,i}$ secondo la procedura descritta nella serie UNI TS 11300;
2. Calcolare, per ciascun vettore energetico i-esimo per climatizzazione invernale dell'edificio, l'energia esportata $Q_{exp,i}$ secondo la procedura descritta nella norma UNI TS 11300-4;
3. Calcolare l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale EP_i (B) secondo la seguente formula: $\mathbf{B= [\Sigma(Q_{del,i} * f_{p,del,i}) - \Sigma(Q_{exp,i} * f_{p,exp,i})] / Su}$
dove:
$Q_{del,i}$ = energia fornita per la climatizzazione invernale dal vettore energetico i, secondo la serie UNI TS 11300, [kWh]
$f_{p,del,i}$ = fattore di conversione del vettore energetico i (energia fornita) [-];
$Q_{exp,i}$ = energia esportata per la climatizzazione invernale dal vettore energetico i, secondo la norma UNI TS 11300-4, [kWh]
$f_{p,exp,i}$ = fattore di conversione del vettore energetico i (energia esportata) [-];
Su = superficie utile di pavimento riscaldata, [m^2].
4. Calcolare il valore limite dell'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale ($EP_{i,L}$) di cui al d.lgs n. 192/2005 e ss.mm.ii (A). Per tale calcolo occorre ricordare che l'abitato di Sedilo appartiene alla zona climatica C e ha 1357 GG.

5. Calcolare il rapporto percentuale tra l'indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale dell'edificio da valutare (EP_i) e il valore limite ($EP_{i,L}$): **B/A*100**;
6. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.
N.B.(1) In assenza di impianti di termici per la climatizzazione invernale il calcolo dell'indice EP_i deve essere effettuato secondo le modalità di cui all'Allegato 1 (Allegato A, paragrafo 2 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici) del DM 26/6/2009.

B. CONSUMO DI RISORSE

B.1 ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE

B.1.2. ENERGIA PRIMARIA PER LA PRODUZIONE DI ACS

ESIGENZA

Ridurre i consumi di energia primaria per la produzione di ACS.

INDICATORE DI PRESTAZIONE

Indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria (E_{pacs})

CATEGORIE D'INTERVENTO

OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO

nella categoria	10
nel sistema completo	6

UNITÀ DI MISURA

kWh/m^2

SCALA DI PRESTAZIONE

		_	PUNTI
NEGATIVO		>18.0	-1
SUFFICIENTE		18.0	0
BUONO		12.6	3
OTTIMO		9.0	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare, per ciascun vettore energetico i-esimo per la produzione di ACS dell'edificio, l'energia fornita $Q_{del,i}$ secondo la procedura descritta nella serie UNI TS 11300;
2. Calcolare, per ciascun vettore energetico i-esimo per climatizzazione invernale dell'edificio, l'energia esportata $Q_{exp,i}$ secondo la procedura descritta nella norma UNI TS 11300-4;
3. Calcolare l'indice di prestazione energetica per la produzione di ACS EP_{acs} secondo la seguente formula:

$$\mathbf{EP_{acs} = [\Sigma(Q_{del,i} * f_{p,del,i}) - \Sigma(Q_{exp,i} * f_{p,exp,i})] / Su}$$

dove:
$Q_{del,i}$ = energia fornita per la produzione di ACS dal vettore energetico i, secondo la serie UNI TS 11300, [kWh]
$f_{p,del,i}$ = fattore di conversione del vettore energetico i (energia fornita) [-];
$Q_{exp,i}$ = energia esportata la produzione di ACS dal vettore energetico i, secondo la norma UNI TS 11300-4, [kWh]
$f_{p,exp,i}$ = fattore di conversione del vettore energetico i (energia esportata) [-];
Su = superficie utile di pavimento riscaldata, [m^2].
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.
N.B.(1) In assenza di impianti di termici per la produzione di ACS il calcolo dell'indice EP_{acs} deve essere effettuato secondo le modalità di cui all'Allegato 1 (Allegato A, paragrafo 2 - Linee guida nazionali per la certificazione energetica degli edifici) del DM 26/6/2009.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.2 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI**

B.2.1. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI TERMICI

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire la produzione di energia da fonti rinnovabili.	Quota di energia da fonte rinnovabile (QR)

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	5
nel sistema completo	3

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		<20.0	-1
SUFFICIENTE		20.0	0
BUONO		50.0	3
OTTIMO		70.0	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione si proceda come segue:
1. Suddividere tutte le quote energetiche a servizio dell'impianto di climatizzazione invernale e produzione ACS in quote energetiche "on-site" e "off-site":
- quote "on-site": quote di energia captata o prelevata in loco
- quote "off-site": quote di energia proveniente da vettori energetici finali
2. Calcolare l'energia primaria totale prodotta da fonti energetiche rinnovabili $Q_{P,ren,tot}$ secondo la seguente formula:

$$\mathbf{Q_{P,ren,tot} = Q_{P,os,ren} + Q_{P,ren,tot,del}}$$

dove:
$Q_{P,os,ren}$: energia primaria totale rinnovabile prodotta da fonti energetiche on-site [kWh]
$Q_{P,ren,tot,del}$: energia primaria totale rinnovabile prodotta da fonti energetiche off-site [kWh]
3. Calcolare l'energia primaria totale $Q_{P,tot}$ secondo la seguente formula:

$$\mathbf{Q_{P,tot} = Q_{P,os,tot} + Q_{P,tot,del}}$$

dove:
$Q_{P,os,tot}$: energia primaria totale da fonti on-site [kWh]
$Q_{P,tot,del}$: energia primaria totale da fonti off-site [kWh]
4. Calcolare la quota percentuale di energia da fonte rinnovabile QR secondo la seguente formula:

$$\mathbf{QR = 100 * (Q_{P,ren,tot} / Q_{P,tot})}$$

5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.2 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI**

B.2.2. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Incoraggiare l'uso di energia elettrica prodotta da fonti rinnovabili.	Rapporto percentuale tra l'energia elettrica prodotta da impianti a FER dell'edificio di progetto e l'energia elettrica prodotta da impianti a FER di un edificio standard con la medesima destinazione d'uso

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	5
nel sistema completo	3

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		<20.0	-1
SUFFICIENTE		20.0	0
BUONO		50.0	3
OTTIMO		70.0	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione si proceda come segue:
1. Calcolare l'energia elettrica prodotta dall'edificio mediante impianti a fonti energetiche rinnovabili in relazione alle scelte progettuali e costruttive del sistema stesso (B) secondo la seguente formula:
$B = \Sigma(Q_{el,rin,i}) / S$
dove:
$Q_{el,rin,i}$ = energia elettrica prodotta dall'impianto a fonti energetiche rinnovabili i-esimo (es. fotovoltaico, cogenerazione, eolico,...) calcolata secondo la norma UNI TS 11300-4 [kWh];
S = superficie in pianta dell'edificio al livello del terreno (impronta) [m²].
2. Calcolare l'energia elettrica prodotta da un edificio standard con la medesima destinazione d'uso mediante impianti a fonti energetiche rinnovabili in relazione alla provincia di riferimento (A). Per le quattro provincie principali sarde tale valore relativo alla destinazione d'uso residenziale è pari a 17 kWh/m².
3. Calcolare il rapporto percentuale tra l'energia elettrica prodotta da impianti a fonti energetiche rinnovabili dell'edificio di progetto (B) e l'energia elettrica prodotta da impianti a fonti energetiche rinnovabili dell'edificio standard con la medesima destinazione d'uso (A): B/A x 100;

4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.
N.B.: I valori di energia elettrica prodotta da impianti a fonte energetica rinnovabile dell'edificio standard con la medesima destinazione d'uso per le provincie sarde è pari a 17 kWh/m².

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI**

B.3.1. RIUTILIZZO DELLE STRUTTURE ESISTENTI

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire il riutilizzo della maggior parte dei fabbricati esistenti, disincentivare le demolizioni e gli sventramenti di fabbricati in presenza di strutture recuperabili.	Percentuale delle superfici di involucro e dei solai della costruzione esistente che viene riutilizzata in progetto

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	12
nel sistema completo	7

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		_	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		60	3
OTTIMO		100	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare la superficie complessiva dell'involucro opaco (chiusura verticale, orizzontale e inclinata) e dei solai interpiano dell'edificio esistente (A);
2. Calcolare la superficie complessiva dell'involucro opaco (chiusura verticale, orizzontale e inclinata) e dei solai interpiano dell'edificio esistente riutilizzata in progetto senza il ricorso ad interventi di demolizione (B);
3. Calcolare il rapporto tra la superficie dell'involucro opaco (chiusura verticale, orizzontale e inclinata) e dei solai interpiano riutilizzata in progetto e quella complessiva dell'edificio esistente: **B/A*100**
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI**

B.3.2. MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire l'impiego di materiali riciclati e/o di recupero per diminuire il consumo di nuove risorse.	Percentuale in volume dei materiali riciclati e/o di recupero utilizzati nell'intervento

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	5
nel sistema completo	3

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		_	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		30	3
OTTIMO		50	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

N.B. Il metodo di verifica descritto deve essere applicato considerando gli elementi di involucro opaco e trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e dei solai interpiano dell'edificio in esame. Sono quindi da escludersi elementi della struttura portante, degli elementi di contenimento e dei materiali di riporto utilizzati per i riempimenti (vespai, etc.). Ai fini del calcolo dell'indicatore di prestazione si fa riferimento alle sezioni considerate all'interno della relazione tecnica di cui all'articolo 4, comma 25 del D.P.R. 59/09. Inoltre l'analisi va condotta sull'intero edificio nel caso di nuova costruzione e sugli elementi interessati dall'intervento nel caso di progetto di ristrutturazione.

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare il volume complessivo dei materiali e dei componenti che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e i solai interpiano dell'edificio in esame (A);
2. Calcolare il volume complessivo dei materiali che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e i solai interpiano dell'edificio in esame che appartengono alla categoria "materiali riciclati e/o di recupero"(B);

3. Calcolare la percentuale dei materiali e componenti riciclati e/o di recupero rispetto alla totalità dei materiali/componenti impiegati nell'intervento: **B/A*100**
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI**

B.3.3. MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Ridurre il consumo di materie prime non rinnovabili.	Percentuale in volume dei materiali provenienti da fonti rinnovabili utilizzati nell'intervento

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	7
nel sistema completo	4

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		_	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		30	3
OTTIMO		50	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

N.B. Il metodo di verifica descritto deve essere applicato considerando gli elementi di involucro opaco e trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e dei solai interpiano dell'edificio in esame. Sono quindi da escludersi elementi della struttura portante, degli elementi di contenimento e dei materiali di riporto utilizzati per i riempimenti (vespai, etc.). Ai fini del calcolo dell'indicatore di prestazione si fa riferimento alle sezioni considerate all'interno della relazione tecnica di cui all'articolo 4, comma 25 del D.P.R. 59/09. Inoltre l'analisi va condotta sull'intero edificio nel caso di nuova costruzione e sugli elementi interessati dall'intervento nel caso di progetto di ristrutturazione.
Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare il volume complessivo dei materiali e dei componenti che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e i solai interpiano dell'edificio in esame (A);
2. Calcolare il volume complessivo dei materiali che costituiscono l'involucro opaco, l'involucro trasparente (chiusure verticali ed orizzontali/inclinate) e i solai interpiano dell'edificio in esame che appartengono alla categoria "materiali provenienti da fonte rinnovabile"(B);
nota: Per "materiale da fonte rinnovabile" si intende un materiale in grado di rigenerarsi nel tempo (ovvero di origine vegetale o animale).

3. Calcolare la percentuale dei materiali e componenti da fonte rinnovabile rispetto alla totalità dei materiali/componenti impiegati nell'intervento:
B/A* 100
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI**

B.3.4. MATERIALI LOCALI PER FINITURE

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire l'approvvigionamento di materiali per finiture di produzione locale.	Rapporto tra il peso dei materiali di finitura prodotti localmente e il peso totale dei materiali di finitura utilizzati nell'edificio

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	7
nel sistema completo	4

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		_	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		60	3
OTTIMO		100	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

N.B. Il metodo di verifica descritto deve essere applicato: nel caso di progetto di nuova costruzione, all'intero edificio; nel caso di progetto di ristrutturazione, unicamente agli elementi interessati dall'intervento.
Ai fini del calcolo dell'indicatore i materiali di finitura che occorre considerare sono i rivestimenti delle facciate esterne, della copertura e dei locali comuni dell'edificio.
Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare il peso complessivo dei materiali di finitura utilizzati nei rivestimenti delle facciate esterne, della copertura e dei locali comuni dell'edificio in esame (A);
2. Calcolare il peso complessivo (B) dei materiali di finitura prodotti localmente (ovvero entro una distanza di 300 Km dal sito di intervento) utilizzati nei rivestimenti delle facciate esterne, della copertura e dei locali comuni dell'edificio in esame considerando il contributo del singolo materiale Bi come:
- Bi x 1 se il materiale di finitura in esame è prodotto entro una distanza di 100 Km dal sito di intervento;
- Bi x 0,5 se il materiale di finitura in esame è prodotto entro una distanza di 200 Km dal sito di intervento;
- Bi x 0,25 se il materiale di finitura in esame è prodotto entro una distanza di 300 Km dal sito di intervento;
(Nel caso di elementi compositi, considerare il luogo di assemblaggio.)

3. Calcolare la percentuale tra il peso dei materiali di finitura prodotti localmente rispetto al peso totale dei materiali/componenti di finitura impiegati nei rivestimenti delle facciate esterne, della copertura e dei locali comuni dell'edificio: **B/A*100**
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE

B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI

B.3.5. MATERIALI RICICLABILI O SMONTABILI

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Favorire una progettazione che consenta smantellamenti selettivi dei componenti in modo da poter essere riutilizzate o riciclate.	Numero di aree di applicazione di soluzioni/strategie utilizzate per agevolare lo smontaggio, il riuso o il riciclo dei componenti

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	7
nel sistema completo	4

UNITÀ DI MISURA

–

SCALA DI PRESTAZIONE

			PUNTI
NEGATIVO		<1	-1
SUFFICIENTE		1	0
BUONO		4	3
OTTIMO		6	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Descrivere le soluzioni e le strategie adottate al fine di facilitare lo smontaggio, il riuso o il riciclo dei componenti costituenti l'edificio e attribuire a ciascuna di esse una delle seguenti aree di applicazione:
• pareti perimetrali verticali;
• pareti interne verticali;
• solai;
• struttura di elevazione;
• coperture;
• rivestimenti delle facciate esterne;
• rivestimenti della copertura;
• pavimentazioni interne;
• balconi.
Nota 1: non vanno considerati come elementi facilmente smontabili né i serramenti né i componenti degli impianti tecnici.
2. Calcolare la percentuale della superficie complessiva di ogni area di applicazione realizzata mediante strategie che facilitano lo smontaggio, il riuso o il riciclo dei componenti;

3. Individuare il numero di aree di applicazione realizzate per almeno il 75% della loro superficie complessiva adottando le soluzioni o strategie descritte nel punto 1;
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.4 ACQUA POTABILE**

B.4.1. ACQUA POTABILE PER USI IRRIGUI

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Ridurre i consumi di acqua potabile per irrigazione attraverso l'impiego di strategie di recupero o di ottimizzazione d'uso dell'acqua.	Volume di acqua potabile risparmiata rispetto al fabbisogno base calcolato

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	3
nel sistema completo	2

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		_	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		60	3
OTTIMO		100	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare il fabbisogno di riferimento base (A) per irrigazione considerando un volume d'acqua a metro quadro di area irrigata pari a 0,4 m^3/m^2 annui.
2. Calcolare la quantità effettiva di acqua potabile annua risparmiata per l'irrigazione delle aree verdi di pertinenza (B), considerando:
i. il fabbisogno effettivo d'acqua delle specie vegetali piantumate;
ii. il contributo derivante dall'eventuale impiego di acqua non potabile;
3. Calcolare il rapporto tra il volume di acqua potabile risparmiato e quello necessario per soddisfare il fabbisogno di acqua per irrigazione: **B/A*100**
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.4 ACQUA POTABILE**

B.4.2. ACQUA POTABILE PER USI INDOOR

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Ridurre i consumi di acqua potabile per usi indoor attraverso l'impiego di strategie di recupero o di ottimizzazione d'uso dell'acqua.	Volume di acqua potabile risparmiata per usi indoor rispetto al fabbisogno base calcolato

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	3
nel sistema completo	2

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		_	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		30	3
OTTIMO		50	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare il volume di acqua potabile (A) necessario per soddisfare il fabbisogno idrico per usi indoor, destinazione d'uso residenziale, pari a 120 litri a persona al giorno;
2. Calcolare il volume di acqua potabile risparmiata (B), considerando:
i. il risparmio dovuto all'uso di strategie tecnologiche (sciacquoni a doppio tasto, aeratori,…)
ii. il contributo derivante dall'eventuale impiego di acqua non potabile;
3. Calcolare il rapporto tra il volume di acqua potabile risparmiato e quello necessario per soddisfare il fabbisogno idrico per usi indoor: **B/A*100**
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE

B.5 PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO

B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Ridurre il fabbisogno energetico ottimizzando le soluzioni costruttive e le scelte architettoniche in particolare relativamente all'involucro.	Rapporto percentuale tra l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro da valutare ($EP_{e,invol}$) e l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio limite ($EP_{e,invol,lim}$)

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	7
nel sistema completo	4

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		>100.0	-1
SUFFICIENTE		100.0	0
BUONO		60.0	3
OTTIMO		33.3	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio ($EP_{e,invol}$) secondo le indicazioni contenute nel DPR 59/09 e secondo la procedura descritta nella norma UNI TS 11300-1 (B);
2. Calcolare l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio limite ($EP_{e,invol,lim}$) da DPR 59/09 (A);
3. Calcolare il rapporto percentuale tra l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro ($EP_{e,invol}$) dell'edificio da valutare e l'indice di prestazione energetica per il raffrescamento estivo dell'involucro edilizio limite ($EP_{e,invol,lim}$): **B/A*100**;
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.5 PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO**

B.5.2. TRASMITTANZA TERMICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

ESIGENZA

Ridurre lo scambio termico per trasmissione durante il periodo invernale.

INDICATORE DI PRESTAZIONE

Rapporto percentuale tra la trasmittanza media di progetto degli elementi di involucro (U_m) e la trasmittanza media corrispondente ai valori limite di legge ($U_{m,lim}$)

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	7
nel sistema completo	4

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		>100.0	-1
SUFFICIENTE		100.0	0
BUONO		80.0	3
OTTIMO		66.7	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare la trasmittanza termica media degli elementi di involucro Um (strutture opache verticali, strutture opache orizzontali o inclinate,
pavimenti verso locali non riscaldati o verso l'esterno, chiusure trasparenti) secondo la procedura descritta di seguito (B):
- calcolare la trasmittanza termica di ogni elemento di involucro (UNI EN 6946 per le pareti opache, UNI EN ISO 10077-1 per i serramenti e UNI EN 13947 per le facciate continue);
- calcolare la trasmittanza termica lineare dei ponti termici (UNI EN ISO 14683);
- calcolare la trasmittanza termica media degli elementi di involucro con la seguente formula:

$$[\Sigma(A_i*U_i)+\Sigma(L_i*y_i)+\Sigma(A_{wi}*U_{wi})] / [\Sigma(A_i)+\Sigma(A_{wi})]$$

dove:
A_i = area dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
U_i = trasmittanza termica della parete dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (W/m^2K)
L_i = lunghezza del ponte termico i-esimo, dove esiste (m)
y_i = trasmittanza termica lineare del ponte termico i-esimo, dove esiste (W/mK)
A_{wi} = area dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo(m^2)
U_{wi} = trasmittanza termica media dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (chiusura

trasparente comprensiva degli infissi) (W/m^2K)
2. Calcolare la trasmittanza termica corrispondente ai valori limite di legge U_{lim} per ciascun componente di involucro;
3. Calcolare la trasmittanza termica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge ($U_{m,lim}$) con la seguente
formula (A):
$[\Sigma(A_i*U_{i,lim})+\Sigma(A_{wi}*U_{w,lim})]/[\Sigma(A_i)+\Sigma(A_{wi})]$
dove:
A_i = area dell'elemento d'involucro opaco i-esimo (m^2)
$U_{i,lim}$ = trasmittanza termica limite dell'elemento d'involucro opaco i-esimo secondo D.lgs 192/2005 e ss.mm.ii (W/m^2K)
A_{wi} = area dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (m^2)
$U_{wi,lim}$ = trasmittanza termica limite dell'elemento d'involucro trasparente i-esimo (chiusura trasparente comprensiva degli infissi)
secondo D.lgs 192/2005 e ss.mm.ii (W/m^2K)
4. Calcolare il rapporto percentuale tra la trasmittanza termica media degli elementi di involucro e la trasmittanza termica media
degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge: **B/A*100**;
5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.5 PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO**

B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE

ESIGENZA

Ridurre gli apporti solari nel periodo estivo.

INDICATORE DI PRESTAZIONE

Trasmittanza solare effettiva media del pacchetto finestra/schermo (g_f')

CATEGORIE D'INTERVENTO

OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO

nella categoria	7
nel sistema completo	4

UNITÀ DI MISURA

–

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		>100.0	-1
SUFFICIENTE		100.0	0
BUONO		80.0	3
OTTIMO		66.7	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare il peso da attribuire a ciascuna esposizione, compresa quella orizzontale, in funzione dei dati climatici riportati nella UNI 10349:
$peso_{,esp,i} = Irr_{,esp,i}/\Sigma Ir_{,resp,n}$
dove:
$Irr_{,esp,i}$ = irradiazione solare estiva incidente per l'esposizione considerata, [MJ/m2];
$\Sigma Irr_{,esp,n}$= sommatoria dei valori di irradiazione solare estiva incidente di tutte le esposizioni dell'edificio, [MJ/m2]; 2. Calcolare, per ciascuna esposizione verticale, i fattori di ombreggiamento medi delle finestre (F_{ov}, F_{fin}, F_{hor}) della stagione di raffrescamento per le esposizioni verticali come descritto nella serie UNI TS 11300;
3. Calcolare, per ciascun pacchetto finestra/schermo, il valore di trasmittanza solare totale (gt) secondo la procedura descritta al punto 5.1, 5.2 e 5.3 della norma UNI EN 13363-1 o secondo la procedura descritta nella norma UNI EN 13363-2;
4. Calcolare il fattore di utilizzo delle schermature mobili ($f_{sh,with}$) medi della stagione di raffrescamento da prospetto 15 della norma UNI TS 11300-1; 5. Calcolare, per ciascun pacchetto finestra/schermo, il valore di trasmittanza totale effettiva (g_f) mediante la formula seguente:

$$g_f = F_{ov} * F_{fin} * F_{hor} [(1-f_{sh,\,with}) * gg + f_{sh,\,with} * g_t]$$

dove:
$F_{ov,\,1,\,2,\,3,\ldots,\,n}$= fattore di ombreggiatura relativo ad aggetti orizzontali
$F_{fin,\,1,\,2,\,3,\ldots,\,n}$ = fattore di ombreggiatura relativo ad aggetti verticali
$F_{hor,\,1,\,2,\,3,\ldots,\,n}$ = fattore ombreggiatura relativo ad ostruzioni esterne

$f_{sh,\ with}$= fattore di utilizzo delle schermature mobili
gg= valore di trasmittanza solare del vetro
g_t= valore di trasmittanza solare totale del pacchetto finestra/schermo
6. Calcolare il valore gf medio per ciascuna esposizione mediante la seguente formula:
$$g_{f,\ esp}=\Sigma(g_{fi}*A_i) / \Sigma(A_{i,\ esp})$$
dove:
g_{fi} = trasmittanza solare effettiva del pacchetto finestra/schermo i-esimo
A_i = area della superficie trasparente i-esima
$A_{i,\ esp}$ =superficie trasparente totale dell'esposizione considerata
7. Calcolare la trasmittanza solare totale effettiva dell'edificio ($g_{f'}$) come media dei valori calcolati per i diversi orientamenti, pesata sulle esposizioni,
mediante la seguente formula:
$$g_{f'}= \Sigma(g_{f,\ esp}*peso_{,\ esp}*A_{t,\ esp}) / \Sigma(A_{t,\ esp}*peso_{,\ esp})$$
dove:
$g_{f,\ esp}$ = trasmittanza solare effettiva per ciascuna esposizione
$peso_{,\ esp}$ = peso attribuito a ciascuna esposizione
$A_{t,\ esp}$ = superficie trasparente totale di ciascuna esposizione
8. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.
N.B.(1) Per stagione di raffrescamento si intende quella costituita dai mesi di giugno, luglio, agosto e settembre.
N.B (2) Per un calcolo più dettagliato dei fattori di ombreggiamento e dei fattori di utilizzo delle schermature mobili si rimanda
alle procedure descritte nella norma UNI EN 13790.
N.B (3) Il calcolo dell'indicatore di prestazione va effettuato anche per pacchetti finestra/schermo orizzontali o inclinati. I fattori di
ombreggiamento in questi casi sono assunti pari a 1.

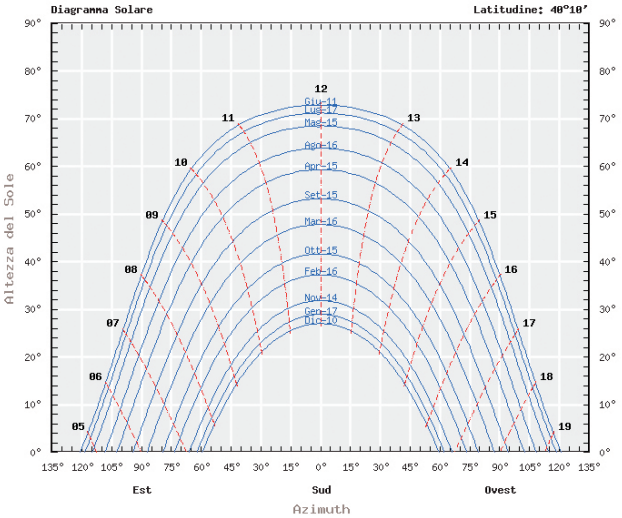


Diagramma solare cartesiano di Sedilo.

B. CONSUMO DI RISORSE | **B.5 PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO**

B.5.4. INERZIA TERMICA DELL'EDIFICIO

ESIGENZA

Mantenere buone condizioni di comfort termico negli ambienti interni nel periodo estivo, evitando il surriscaldamento dell'aria.

INDICATORE DI PRESTAZIONE

Rapporto percentuale tra la trasmittanza termica periodica media di progetto degli elementi dell'involucro (YIE_m) e la trasmittanza termica periodica media corrispondente ai valori limite di legge ($YIE_{m,lim}$)

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	7
nel sistema completo	4

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		>100.0	-1
SUFFICIENTE		100.0	0
BUONO		55.0	3
OTTIMO		25.0	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare la trasmittanza termica periodica per ciascun componente di involucro opaco verticale e orizzontale secondo il procedimento descritto
nella norma UNI EN ISO 13786;
2. Calcolare la trasmittanza termica periodica media di progetto degli elementi di involucro $YIE_{,m}$ (B) (strutture opache verticali, strutture opache orizzontali e inclinate) secondo la seguente formula:
$\Sigma(A,i*YIE,i) / \Sigma(A,i)$
dove:
$A_{,i}$ = area dell'elemento d'involucro i-esimo (m^2)
$YIE_{,i}$ = trasmittanza termica periodica dell'elemento d'involucro i-esimo (W/m^2K)
3. Calcolare la trasmittanza termica periodica corrispondente ai valori limite di legge per ciascun componente di involucro opaco verticale e orizzontale da D.P.R 59/09;
4. Calcolare la trasmittanza termica periodica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge $YIE_{,m,lim}$ (A) secondo la seguente formula:
$\Sigma(A_{,i}*YIE_{i,lim}) / \Sigma(A_{,i})$

dove:
$A_{,i}$ = area dell'elemento d'involucro i-esimo (m^2)
$YIE_{i,lim}$ = trasmittanza termica periodica corrispondente ai valori limite di legge dell'elemento d'involucro i-esimo (W/m^2K)
N.B.(1) Relativamente a tutte le pareti verticali opache non considerare quelle comprese nel quadrante NO - N - NE.
Sono da escludere dal calcolo anche le componenti orizzontali inferiori perché non irraggiate.
5. Calcolare il rapporto percentuale tra la trasmittanza termica periodica media degli elementi di involucro e la trasmittanza termica periodica media degli elementi di involucro corrispondente ai valori limite di legge: **B/A*100**;
6. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

C. CARICHI AMBIENTALI

C.1 EMISSIONI DI CO_2 EQUIVALENTE

C.1.1. EMISSIONI PREVISTE IN FASE OPERATIVA

ESIGENZA

Ridurre la quantità di emissioni di CO_2 equivalente da energia primaria non rinnovabile impiegata per l'esercizio annuale dell'edificio.

INDICATORE DI PRESTAZIONE

Rapporto percentuale tra la quantità di emissioni di CO_2 equivalente annua prodotta per l'esercizio dell'edificio in progetto e la quantità di emissioni di CO_2 equivalente annua prodotta per l'esercizio di un edificio standard con la medesima destinazione d'uso

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	40
nel sistema completo	4

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		>100.0	-1
SUFFICIENTE		100.0	0
BUONO		55.0	3
OTTIMO		25.0	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare la quantità di emissioni di CO_2 equivalente annua prodotta per l'esercizio dell'edificio (B) [$KgCO_2$], mediante la seguente formula:

$$\mathbf{B = \Sigma(Q_{del,i} * k_{,em,i}) - \Sigma(Q_{exp,el} * k_{,em,el})}$$

dove:
$Q_{del,i}$ = energia fornita per la climatizzazione invernale e produzione ACS dal vettore energetico i, secondo la serie UNI TS 11300 (criteri B.1.1 e B.1.2) [kWh];
$k_{,em,i}$: fattore di emissione di CO_2 del vettore energetico i-esimo utilizzato per la climatizzazione invernale e produzione ACS [$kgCO_2/kWh$];
$Q_{exp,el}$: energia elettrica esportata dalla rete per per la climatizzazione invernale e produzione ACS secondo la norma UNI TS 11300-4 (criteri B.1.1 e B.1.2) [kWh];
$k_{,em,el}$: fattore di emissione di CO_2 dell'energia elettrica [$kgCO_2/kWh$].
I fattori di emissione di CO_2 dipendono dal combustibile utilizzato:
Gas naturale 0,1998 $kgCO_2/kWh$
GPL 0,2254 $kgCO_2/kWh$
Gasolio 0,2642 $kgCO_2/kWh$

Olio combustibile 0,2704 $kgCO_2/kWh$
Biomasse 0,0 $kgCO_2/kWh$
Energia elettrica 0,4332 $kgCO_2/kWh$
Energia da teleriscaldamento: valore dichiarato dal fornitore
2. Calcolare la quantità di emissioni di CO_2 equivalente annua prodotta per l'esercizio di un edificio standard con la medesima destinazione d'uso
(A) [$KgCO_2$], mediante la seguente formula:
$A= [(EP_{i,L} + EP_{acs,lim}) * Su * k_{,em,ng}]$
dove:
$EP_{i,L}$: indice di prestazione energetica per la climatizzazione invernale limite (criterio B.1.2) [kWh/m^2];
$EP_{acs,lim}$: indice di prestazione energetica per la produzione dell'acqua calda sanitaria limite (=18) [kWh/m^2];
Su: superficie utile di pavimento riscaldata [m^2]
$k_{,em,ng}$: fattore di emissione di CO_2 del gas naturale [$kgCO_2/kWh$]
3. Calcolare il rapporto percentuale tra la quantità di emissioni di CO_2 equivalente annua prodotta dall'edificio da valutare (B) e la quantità di
emissioni di CO_2 equivalente annua prodotta per l'esercizio di un edificio standard con la medesima destinazione d'uso (A): **B/A*100**;
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

C. CARICHI AMBIENTALI | **C.2 ACQUE REFLUE**

C.2.1. ACQUE GRIGIE INVIATE IN FOGNATURA

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Minimizzare la quantità di effluenti scaricati in fognatura.	Rapporto fra il volume dei rifiuti liquidi non prodotti e la quantità di riferimento calcolata in base al fabbisogno idrico per usi indoor

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	20
nel sistema completo	2

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		_	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		60	3
OTTIMO		100	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare il volume standard di acque grigie potenzialmente immesse in fognatura (A) calcolate come refluo corrispondente al fabbisogno idrico per usi indoor (esclusi i WC), destinazione d'uso residenziale, pari a 90 litri a persona al giorno.
2. Calcolare il volume di acque reflue non immesso in fognatura rispetto al volume standard calcolato (B), considerando:
i. il risparmio di produzione di acque grigie dovuto all'uso di strategie tecnologiche (aeratori, …);
ii. il risparmio derivante dall'eventuale reimpiego delle acque grigie per usi non potabili (irrigazione, usi indoor non potabili);
3. Calcolare il rapporto tra il volume di acque reflue non immesse in fognatura e quello corrispondente al fabbisogno idrico per usi indoor (esclusi i WC): **B/A*100**
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

C. CARICHI AMBIENTALI | **C.2 ACQUE REFLUE**

C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Minimizzare l'interruzione e l'inquinamento dei flussi naturali d'acqua.	Quantità di superfici esterne permeabili e rispetto al totale delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	30
nel sistema completo	3

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		0	-1
SUFFICIENTE		10	0
BUONO		60	3
OTTIMO		100	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza dell'edificio, ovvero l'area del lotto al netto dell'impronta dell'edificio (A),
2. Calcolare l'estensione di ciascuna tipologia di sistemazione esterna (Bi);
3. Sommare tutte le aree (Bi) ciascuna moltiplicata per il proprio coefficiente di permeabilità, ottenendo l'estensione complessiva della superficie esterna permeabile (B). Ai fini del calcolo dell'indicatore di prestazione, fare riferimento ai seguenti coefficienti α:
i. Prato in piena terra, o raccolta e trattamento delle acque di prima e seconda pioggia conferite in pozzo perdente o destinate a subirrigazione (Livello Alto): α = 1,00
ii. Ghiaia, sabbia, calcestre, o altro materiale sciolto (Livello Medio/Alto): α = 0,9
iii. Elementi grigliati in polietilene o altro materiale plastico con riempimento di terreno vegetale (Livello Medio): α = 0,8
iv. Elementi grigliati/alveolari in cls posato a secco, con riempimento di terreno vegetale o ghiaia (Livello Medio/Basso):α = 0,6
v. Elementi autobloccanti di cls, porfido, pietra o altro materiale, posati a secco su fondo in sabbia e sottofondo in ghiaia (Livello Basso): α = 0,3
vi. Pavimentazioni continue, discontinue a giunti sigillati, posati su soletta o battuto di cls. (Livello Nullo): α = 0
4. Calcolare la seguente percentuale: **(B/A)*100**
5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

C. CARICHI AMBIENTALI

C.3 IMPATTO SULL'AMBIENTE CIRCOSTANTE

C.3.1. EFFETTO ISOLA DI CALORE

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Garantire che gli spazi esterni abbiano condizioni di comfort termico accettabile durante il periodo estivo.	Rapporto tra l'area delle superfici ombreggiate alle ore 12 del 21 giugno e/o sistemate a verde rispetto all'area complessiva del lotto di intervento (superfici esterne di pertinenza + copertura verde)

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	10
nel sistema completo	1

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		_	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		60	3
OTTIMO		100	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare l'area complessiva del lotto (A);
2. Calcolare l'area complessiva delle superfici esterne di pertinenza e della copertura dell'edificio in grado di diminuire l'effetto "isola di calore", ovvero quelle ombreggiate alle ore 12 del 21 giugno e/o sistemate a verde. La copertura verde dovrà essere realizzata secondo le indicazioni della vigente normativa: UNI 11235/2007, avendo cura di selezionare specie vegetali autoctone e aventi basso fabbisogno idrico (B);
3. Calcolare il rapporto percentuale tra l'area delle superifici in grado di diminuire l'effetto "isola di calore" e l'area totale del lotto: **B/A x 100**;
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

N.B. Per "superficie esterna di pertinenza" si intende l'area del lotto al netto dell'impronta dell'edificio.

D. QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

D.1 VENTILAZIONE

D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA

ESIGENZA

Garantire una ventilazione che consenta di mantenere un elevato grado di salubrità dell'aria, minimizzando al contempo i consumi energetici per la climatizzazione.

INDICATORE DI PRESTAZIONE

Strategie progettuali per garantire i ricambi d'aria necessari nei locali.

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	20
nel sistema completo	2

UNITÀ DI MISURA

–

SCALA DI PRESTAZIONE

	Ventilazione naturale	Ventilazione meccanica	PUNTI
NEGATIVO			-1
	I ricambi d'aria sono garantiti, nella maggior parte degli ambienti principali, dall'apertura di un solo serramento.	I ricambi d'aria sono garantiti, nella maggior parte degli ambienti principali, da una ventilazione meccanica costante che garantisce una portata d'aria di categoria III secondo la norma UNI 15251	0
SUFFICIENTE	I ricambi d'aria sono garantiti nella maggior parte degli ambienti principali, dall'apertura di un solo serramento e una griglia di aerazione attivabile manualmente.		1
	I ricambi d'aria sono garantiti, nella maggior parte della degli ambienti principali, dall'apertura di due o più serramenti.		2
BUONO	I ricambi d'aria sono garantiti, nella maggior parte degli ambienti principali, dall'apertura di due o più serramenti e da griglie di aerazione attivabili manualmente.	I ricambi d'aria sono garantiti, nella maggior parte degli ambienti principali, da una ventilazione meccanica costante che garantisce una portata d'aria di categoria II secondo la norma UNI 15251.	3

	I ricambi d'aria sono garantiti, nella maggior parte degli ambienti principali, dall'apertura di due o più serramenti e da griglie di aerazione con attivazione automatica.			4
OTTIMO	I ricambi d'aria sono garantiti, nella maggior parte degli ambienti principali, dall'apertura di due o più serramenti e da griglie di aerazione con attivazione automatica e da una ventilazione meccanica controllata che integra automaticamente la ventilazione naturale qualora essa non sia sufficiente (Ventilazione Ibrida).		I ricambi d'aria sono garantiti, nella maggior parte degli ambienti principali, da una ventilazione meccanica costante che garantisce una portata d'aria di categoria I secondo la norma UNI 15251.	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Descrivere la presenza di strategie per garantire i ricambi di aria nei locali;
2. Assegnare a ciascun ambiente principale il punteggio relativo allo scenario che ne rappresenta meglio il sistema di ventilazione;
3. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edificio e attribuire il punteggio. (Moda dei punteggi ottenuti).

D. QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR | **D.2 BENESSERE TERMOIGROMETRICO**

D.2.1. TEMPERATURA DELL'ARIA NEL PERIODO ESTIVO

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Mantenere un livello soddisfacente di comfort termico durante il periodo estivo.	Scarto medio tra la temperatura operativa e la temperatura ideale degli ambienti nel periodo estivo (ΔTm).

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	30
nel sistema completo	3

UNITÀ DI MISURA

°C

SCALA DI PRESTAZIONE

		°C	PUNTI
NEGATIVO		>4,0	-1
SUFFICIENTE		4,0	0
BUONO		2,8	3
OTTIMO		2,0	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare, per ciascun ambiente dell'edificio destinato alla permanenza delle persone (ovvero tutti i locali esclusi quelli di servizio e i disimpegni), con riferimento al giorno più caldo della stagione estiva, le temperature operative orarie ($T_{op,i,t}$) secondo la procedura descritta nella norma UNI 10375;
2. Calcolare la temperatura operativa media dell'ambiente i-esimo ($T_{op,i}$);
3. Calcolare in valore assoluto lo scarto tra la temperatura operativa media dell'ambiente i-esimo e la temperatura ideale secondo la seguente formula:

$$| T_{,i} | = |T_{op,i} - [(0.33*T_{est,m})+18.8]|$$

dove:

$T_{est,m}=\Sigma T_{est,t}/24$

dove:

$T_{est,t}$= temperatura esterna all'ora t-esima calcolata secondo la norma UNI 10349 per la località di riferimento

4. Calcolare il valore T medio dell'edificio (T_m), secondo la seguente formula:

$$T_m = \Sigma(T_{,i} * A_{,i}) / A_{,i}$$

dove:

$T_{,i}$ = valore T dell'ambiente i-esimo;

$A_{,i}$ = superficie utile dell'ambiente i-esimo;

5. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.
N.B.(1) Il calcolo dell'indicatore di prestazione è da eseguirsi in condizioni di non funzionamento dell'impianto di raffrescamento ove presente.

D. QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR | **D.3 BENESSERE VISIVO**

D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Assicurare adeguati livelli d'illuminazione naturale in tutti gli spazi primari occupati.	Fattore medio di luce diurna medio degli ambienti dell'edificio (Dm).

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	30
nel sistema completo	3

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		<2,0	-1
SUFFICIENTE		2,0	0
BUONO		2,6	3
OTTIMO		3,0	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare, per ogni finestra, il fattore di luce diurna (D) in assenza di schermatura mobile e considerando gli ombreggiamenti fissi, per ciascun tipo di vetro e di locale, secondo la procedura descritta nell'allegato C della norma UNI EN 15193;
2. Calcolare il fattore medio di luce diurna medio degli ambienti dell'edificio seguendo la media dei fattori calcolati per ciascun locale pesata sulla superficie dei locali stessi:
$Dm=\Sigma(D,i*A,i) / \Sigma(A,i)$
dove:
D,i= fattore di luce diurna dell'ambiente i-esimo
A,i= superficie utile dell'ambiente i-esimo
3. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

D. QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

D.4 BENESSERE ACUSTICO

D.4.1. QUALITÀ ACUSTICA DELL'EDIFICIO

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Protezione dai rumori esterni ed interni all'edificio.	Classe acustica globale dell'edificio.

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	10
nel sistema completo	1

UNITÀ DI MISURA

–

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	classe acustica globale IV	-1
SUFFICIENTE	classe acustica globale III	0
BUONO	classe acustica globale II	3
OTTIMO	classe acustica globale I	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare, per ciascuna unità immobiliare i requisiti acustici (pertinenti all'unità immobiliare considerata) del prospetto 1 punto 6.1. della norma UNI 11367, applicando il modello di calcolo definito nelle seguenti norme:
- UNI/TR 11175
- UNI EN 12354-3 (indice di valutazione dell'isolamento di facciata $D_{2m,nT,w}$)
- UNI EN 12354-1 (indice di valutazione del potere fonoisolante apparente $R_{w'}$)
- UNI EN 12354-2 (indice di valutazione del livello di pressione sonora di calpestio normalizzato $L'_{n,w}$)
- UNI EN 12354-5 (livello di rumore immesso da impianti tecnologici L_{Aeq}, L_{ASmax})
2. Calcolare, per ciascun requisito acustico, la classe dell'unità immobiliare secondo il prospetto 1 punto 6.1 della norma UNI 11367;
3. Calcolare la classe acustica globale dell'unità immobiliare CUI, secondo la procedura descritta al punto 6. 4 della norma UNI 11367 ovvero:
- Calcolare, per ciascun requisito acustico, il valore del coefficiente di peso relativo Z_r secondo il prospetto 3 del punto 6.4 della norma 11367;
- Calcolare la classe acustica globale dell'unità immobiliare secondo la seguente formula:
$Z_{UI}= S_{Zr/P}$
dove:
Z_r= valore del coefficiente di peso relativo all'r-esimo requisito, con r=1,...,P
P= numero di requisiti r considerati per l'unità immobiliare
La classe acustica globale dell'unità immobiliare CUI è pari al valore ZUI.

4. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edifici
punteggio (moda dei punteggi ottenuti).

NB. Il calcolo dei requisiti acustici relativi agli impianti (LAeq, LASmax) rima
fino a quando la metodologia di calcolo degli stessi,
descritta nella norma UNI EN 12354-5 non viene consolidata.

D. QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR

D.5 INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO

D.5.1. CAMPI MAGNETICI A FREQUENZA INDUSTRIALE (50Hertz)

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Minimizzare il livello dei campi elettrici e magnetici a frequenza industriale (50 Hz) negli ambienti interni al fine di ridurre il più possibile l'esposizione degli individui.	Presenza e caratteristiche delle strategie adottate per la riduzione dell'esposizione ai campi magnetici a frequenza industriale all'interno dell'edificio.

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	10
nel sistema completo	1

UNITÀ DI MISURA

–

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	Presenza di locali adiacenti a significative sorgenti di campo magnetico.	-1
SUFFICIENTE	Presenza di locali schermati adiacenti a significative sorgenti di campo magnetico.	0
BUONO	Nessun locale adiacente a significative sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale.	3
OTTIMO	Nessun locale adiacente a significative sorgenti di campo magnetico a frequenza industriale. La configurazione dell'impianto elettrico nei locali minimizza le emissioni di campo magnetico a frequenza industriale.	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Verificare l'adiacenza di locali appartenenti ad unità abitative con sorgenti significative di campo magnetico a frequenza industriale quali: cabine di trasformazione, quadri elettrici a livello di organismo abitativo, linee interrate a media e alta tensione. Nel caso di adiacenza tra locali abitati e sorgenti significative di campo magnetico, verificare l'adozione di opportune schermature;
2. Verificare la configurazione dell'impianto elettrico a livello dell'unità abitativa. La configurazione a stella è considerata quella che consente le minimizzazione dell'emissione di campo magnetico a frequenza industriale;
3. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edificio e attribuire il punteggio.

E. QUALITÀ DEL SERVIZIO

E.1 SICUREZZA IN FASE OPERATIVA

E.1.1. INTEGRAZIONE SISTEMI

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Ottimizzazione servizio sistemi domotici attraverso la loro integrazione.	Presenza e livello dei sistemi di sicurezza, anti intrusione e controllo comfort indoor.

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	20
nel sistema completo	1

UNITÀ DI MISURA

–

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	Anti intrusione: sistema meccanico di controllo accessi pedonali/carrai.	-1
SUFFICIENTE	Anti intrusione: sistema digitale/elettronico di controllo accessi pedonali/carrai.	0
BUONO	Anti intrusione: sistema digitale/elettronico di controllo accessi pedonali/carrai. Safety: sistema di rilevazione fumi e gas.	3
OTTIMO	Anti intrusione: sistema digitale/elettronico di controllo accessi pedonali/carrai. Safety: sistema di rilevazione fumi e gas. Sistemi automatici per il controllo delle condizioni di comfort termico e visivo.	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Verificare la tipologia dei sistemi anti intrusione;
2. Verificare la presenza e la tipologia dei sistemi di safety;
3. Verificare la presenza e la tipologia dei sistemi automatici per il controllo delle condizioni di confort termico e visivo;
4. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edificio e attribuire il punteggio.

E. QUALITÀ DEL SERVIZIO | **E.2 FUNZIONALITÀ ED EFFICIENZA**

E.2.1. QUALITÀ DEL SISTEMA DI CABLATURA

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Permettere la trasmissione dati all'interno dell'edificio per diverse finalità.	Presenza di una rete di cablaggio strutturato nelle parti comuni o negli alloggi.

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	20
nel sistema completo	1

UNITÀ DI MISURA

–

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	–	-1
SUFFICIENTE	Nessuna presenza di cablaggio strutturato.	0
BUONO	Presenza di un adeguato cablaggio strutturato nelle parti comuni.	3
OTTIMO	Presenza di un adeguato cablaggio strutturato nelle parti comuni e negli alloggi.	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Verificare la presenza di un adeguato cablaggio strutturato nelle parti comuni (adeguato per l'installazione di impianti di videosorveglianza, accesso internet centralizzato, impianti di sicurezza);
2. Verificare presenza di un adeguato cablaggio strutturato negli alloggi (due prese per locale abitato - soggiorno, ingresso, camere da letto);
3. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edificio e attribuire il punteggio.

E. QUALITÀ DEL SERVIZIO

E.3 MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI IN FASE OPERATIVA

E.3.1. MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

ESIGENZA

Assicurare che attraverso il progetto di particolari e dettagli costruttivi sia ridotto al minimo il rischio di formazione e accumulo di condensa interstiziale dell'involucro affinché la durabilità e l'integrità degli elementi costruttivi non venga compromessa.

INDICATORE DI PRESTAZIONE

Percentuale di superficie di involucro caratterizzata dall'assenza totale di condensa interstiziale.

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	40
nel sistema completo	2

UNITÀ DI MISURA

%

SCALA DI PRESTAZIONE

		%	PUNTI
NEGATIVO		_	-1
SUFFICIENTE		0	0
BUONO		60	3
OTTIMO		100	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Calcolare la superficie di involucro riscaldato caratterizzata dall'assenza totale di condensa interstiziale secondo la norma UNI 13788 (B);
2. Calcolare la superficie totale di involucro dell'edificio (A);
3. Calcolare il rapporto percentuale tra la superficie di involucro caratterizzata dall'assenza totale di condensa interstiziale e la superficie totale di involucro dell'edificio: **B/A x 100**;
4. Confrontare il valore calcolato con i benchmark della scala di prestazione e attribuire il punteggio.

E. QUALITÀ DEL SERVIZIO

E.3 MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI IN FASE OPERATIVA

E.3.2. DISPONIBILITÀ DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA DEGLI EDIFICI

ESIGENZA	INDICATORE DI PRESTAZIONE
Ottimizzare l'operatività dell'edificio e dei suoi sistemi tecnici.	Presenza e caratteristiche della documentazione tecnica degli edifici.

CATEGORIE D'INTERVENTO	
OPERE DI MANUTENZIONE	●
RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA	●
RESTAURO SCIENTIFICO	●
RESTAURO E RISAN. CONSERVATIVO	●
NUOVA COSTRUZIONE	●

PESO DEL CRITERIO	
nella categoria	20
nel sistema completo	1

UNITÀ DI MISURA

–

SCALA DI PRESTAZIONE

		PUNTI
NEGATIVO	Documenti tecnici archiviati: nessuno o alcuni fra i seguenti documenti: relazione generale, relazioni specialistiche, elaborati grafici, piani di manutenzione.	-1
SUFFICIENTE	Documenti tecnici archiviati: relazione generale, relazioni specialistiche, elaborati grafici, piani di manutenzione.	0
BUONO	Documenti tecnici archiviati: relazione generale, relazioni specialistiche, elaborati grafici edificio "come costruito", piani di manutenzione.	3
OTTIMO	Documenti tecnici archiviati: relazione generale, relazioni specialistiche, elaborati grafici edificio "come costruito", piani di manutenzione, documentazione fase realizzativa dell'edificio.	5

METODO E STRUMENTO DI VERIFICA

Per il calcolo dell'indicatore di prestazione e relativo punteggio, si proceda come segue:
1. Verificare l'archiviazione dei seguenti documenti: relazione generale, relazioni specialistiche, elaborati grafici, piani di manutenzione;
2. Verificare l'archiviazione degli elaborati grafici dell'edificio "come costruito";
3. Verificare l'archiviazione della documentazione della fase realizzativa dell'edificio;
4. Individuare lo scenario che meglio descrive le caratteristiche dell'edificio e attribuire il punteggio.

A seconda dell'intervento da eseguire, manutenzione ordinaria o straordinaria, ristrutturazione edilizia, restauro scientifico, restauro e risanamento conservativo, nuova costruzione, ai fini del calcolo del punteggio relativo alla sua valutazione ambientale, dovrà essere preso in considerazione il corrispondente sistema di pesatura tra i tre riportati sopra.
Il procedimento da seguire per il calcolo di tale punteggio è il seguente:

- voto del requisito x peso (%)= voto pesato del requisito;
- sommatoria voti pesati dei requisiti appartenenti alla stessa area di valutazione= voto dell'aria di valutazione;
- voto dell'area di valutazione x peso dell'area di valutazione= voto pesato dell'area;
- sommatoria voti pesati delle aree= valutazione dell'edificio

Ogni categoria d'intervento dovrà essere valutata seguendo la stessa procedura in modo da redigere classifiche di valutazione omogenee e non discriminanti a seconda dell'intervento da eseguire.
Il punteggio finale può essere utilizzato quale ulteriore requisito valutabile per premiare gli interventi più performanti dal punto di vista ambientale nell'ambito di finanziamenti comunali o regionali destinati al recupero dei centri storici.

MANUTENZIONI - RESTAURO E RISANAMENTO CONSERVATIVO

	ELENCO CRITERI	PESO categoria	PESO tool singolo	PESO tool completo
	A. QUALITÀ DEL SITO	100		**13**
	A.1 SELEZIONE DEL SITO		100	10
1	A.1.1. RIUTILIZZO DEL TERRITORIO	–	–	–
2	A.1.2. ACCESSIBILITÀ AL TRASPORTO PUBBLICO	23	30	3
3	A.1.3. MIX FUNZIONALE DELL'AREA	31	40	4
4	A.1.4. ADIACENZA AD INFRASTRUTTURE	23	30	3
	A.2 PROGETTAZIONE DELL'AREA		100	3
5	A.2.1. AREE ESTERNE DI USO COMUNE ATTREZZATE	23	100	3
	B. CONSUMO DI RISORSE	100		**56**
	B.1 ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE		–	–
6	B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO	–	–	–
7	B.1.2. ENERGIA PRIMARIA PER LA PRODUZIONE DI ACS	–	–	–
	B.2 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI		–	–
8	B.2.1. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI TERMICI	–	–	–
9	B.2.2. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI	–	–	–
	B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI		100	34
10	B.3.1. RIUTILIZZO DELLE STRUTTURE ESISTENTI	16	26	9
11	B.3.2. MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI	9	15	5
12	B.3.3. MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI	14	24	8
13	B.3.4. MATERIALI LOCALI PER FINITURE	11	18	6
14	B.3.5. MATERIALI RICICLABILI O SMONTABILI	11	18	6
	B.4 ACQUA POTABILE		100	4
15	B.4.1. ACQUA POTABILE PER USI IRRIGUI	–	–	–
16	B.4.2. ACQUA POTABILE PER USI INDOOR	7	100	4
	B.5 PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO		100	18
17	B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO	–	–	–
18	B.5.2. TRASMITTANZA TERMICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	11	33	6
19	B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE	11	33	6
20	B.5.4. INERZIA TERMICA DELL'EDIFICIO	11	33	6
	C. CARICHI AMBIENTALI	100		**12**
	C.1 EMISSIONI DI CO_2 EQUIVALENTE		–	–
21	C.1.1. EMISSIONI PREVISTE IN FASE OPERATIVA	–	–	–
	C.2 ACQUE REFLUE		100	9
22	C.2.1. ACQUE GRIGIE INVIATE IN FOGNATURA	33	44	4
23	C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO	42	56	5
	C.3 IMPATTO SULL'AMBIENTE CIRCOSTANTE		100	3
24	C.3.1. EFFETTO ISOLA DI CALORE	25	100	3
	D. QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR	100		**12**
	D.1 VENTILAZIONE		100	4
25	D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA	33	100	4
	D.2 BENESSERE TERMOIGROMETRICO		100	5
26	D.2.1. TEMPERATURA DELL'ARIA NEL PERIODO ESTIVO	42	100	5
	D.3 BENESSERE VISIVO		–	–
27	D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE	–	–	–
	D.4 BENESSERE ACUSTICO		–	–
28	D.4.1. QUALITÀ ACUSTICA DELL'EDIFICIO	–	–	–
	D.5 INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO		100	3
29	D.5.1. CAMPI MAGNETICI A FREQUENZA INDUSTRIALE (50HZ)	25	100	3
	E. QUALITÀ DEL SERVIZIO	100		**7**
	E.1 SICUREZZA IN FASE OPERATIVA		–	–
30	E.1.1. INTEGRAZIONE SISTEMI	–	–	–
	E.2 FUNZIONALITÀ ED EFFICIENZA		–	–
31	E.2.1 QUALITÀ DEL SISTEMA DI CABLATURA	–	–	–
	E.3 MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI IN FASE OPERATIVA		100	7
32	E.3.1. MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO	57	57	4
33	E.3.2. DISPONIBILITÀ DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA	43	43	3
				100

RISTRUTTURAZIONE EDILIZIA - NUOVA COSTRUZIONE

	ELENCO CRITERI	PESO		
		categoria	tool singolo	tool completo
	A. QUALITÀ DEL SITO	100		**15**
	A.1 SELEZIONE DEL SITO		100	14
1	A.1.1. RIUTILIZZO DEL TERRITORIO	67	71	10
2	A.1.2. ACCESSIBILITÀ AL TRASPORTO PUBBLICO	7	7	1
3	A.1.3. MIX FUNZIONALE DELL'AREA	13	14	2
4	A.1.4. ADIACENZA AD INFRASTRUTTURE	7	7	1
	A.2 PROGETTAZIONE DELL'AREA		100	1
5	A.2.1. AREE ESTERNE DI USO COMUNE ATTREZZATE	7	100	1
	B. CONSUMO DI RISORSE	100		**60**
	B.1 ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE		100	12
6	B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO	10	50	6
7	B.1.2. ENERGIA PRIMARIA PER LA PRODUZIONE DI ACS	10	50	6
	B.2 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI		100	6
8	B.2.1. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI TERMICI	5	50	3
9	B.2.2. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI	5	50	3
	B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI		100	22
10	B.3.1. RIUTILIZZO DELLE STRUTTURE ESISTENTI	12	32	7
11	B.3.2. MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI	5	14	3
12	B.3.3. MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI	7	18	4
13	B.3.4. MATERIALI LOCALI PER FINITURE	7	18	4
14	B.3.5. MATERIALI RICICLABILI O SMONTABILI	7	18	4
	B.4 ACQUA POTABILE		100	4
15	B.4.1. ACQUA POTABILE PER USI IRRIGUI	3	50	2
16	B.4.2. ACQUA POTABILE PER USI INDOOR	3	50	2
	B.5 PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO		100	16
17	B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO	7	25	4
18	B.5.2. TRASMITTANZA TERMICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	7	25	4
19	B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE	7	25	4
20	B.5.4. INERZIA TERMICA DELL'EDIFICIO	7	25	4
	C. CARICHI AMBIENTALI	100		**10**
	C.1 EMISSIONI DI CO_2 EQUIVALENTE		100	4
21	C.1.1. EMISSIONI PREVISTE IN FASE OPERATIVA	40	100	4
	C.2 ACQUE REFLUE		100	5
22	C.2.1. ACQUE GRIGIE INVIATE IN FOGNATURA	20	40	2
23	C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO	30	60	3
	C.3 IMPATTO SULL'AMBIENTE CIRCOSTANTE		100	1
24	C.3.1. EFFETTO ISOLA DI CALORE	10	100	1
	D. QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR	100		**10**
	D.1 VENTILAZIONE		100	2
25	D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA	20	100	2
	D.2 BENESSERE TERMOIGROMETRICO		100	3
26	D.2.1. TEMPERATURA DELL'ARIA NEL PERIODO ESTIVO	30	100	3
	D.3 BENESSERE VISIVO		100	3
27	D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE	30	100	3
	D.4 BENESSERE ACUSTICO		100	1
28	D.4.1. QUALITÀ ACUSTICA DELL'EDIFICIO	10	100	1
	D.5 INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO		100	1
29	D.5.1. CAMPI MAGNETICI A FREQUENZA INDUSTRIALE (50HZ)	10	100	1
	E. QUALITÀ DEL SERVIZIO	100		**5**
	E.1 SICUREZZA IN FASE OPERATIVA		100	1
30	E.1.1. INTEGRAZIONE SISTEMI	20	100	1
	E.2 FUNZIONALITÀ ED EFFICIENZA		100	1
31	E.2.1 QUALITÀ DEL SISTEMA DI CABLATURA	20	100	1
	E.3 MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI IN FASE OPERATIVA		100	3
32	E.3.1. MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO	40	67	2
33	E.3.2. DISPONIBILITÀ DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA	20	33	1
				100

RESTAURO SCIENTIFICO

	ELENCO CRITERI	PESO		
		categoria	tool singolo	tool completo
	A. QUALITÀ DEL SITO	–		–
	A.1 SELEZIONE DEL SITO		–	–
1	A.1.1. RIUTILIZZO DEL TERRITORIO	–	–	–
2	A.1.2. ACCESSIBILITÀ AL TRASPORTO PUBBLICO	–	–	–
3	A.1.3. MIX FUNZIONALE DELL'AREA	–	–	–
4	A.1.4. ADIACENZA AD INFRASTRUTTURE	–	–	–
	A.2 PROGETTAZIONE DELL'AREA		–	–
5	A.2.1. AREE ESTERNE DI USO COMUNE ATTREZZATE	–	–	–
	B. CONSUMO DI RISORSE	100		**62**
	B.1 ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE		–	–
6	B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO	–	–	–
7	B.1.2. ENERGIA PRIMARIA PER LA PRODUZIONE DI ACS	–	–	–
	B.2 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI		–	–
8	B.2.1. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI TERMICI	–	–	–
9	B.2.2. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI	–	–	–
	B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI		100	54
10	B.3.1. RIUTILIZZO DELLE STRUTTURE ESISTENTI	21	24	13
11	B.3.2. MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI	15	17	9
12	B.3.3. MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI	19	22	12
13	B.3.4. MATERIALI LOCALI PER FINITURE	16	19	10
14	B.3.5. MATERIALI RICICLABILI O SMONTABILI	16	19	10
	B.4 ACQUA POTABILE		100	8
15	B.4.1. ACQUA POTABILE PER USI IRRIGUI	–	–	–
16	B.4.2. ACQUA POTABILE PER USI INDOOR	13	100	8
	B.5 PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO		–	–
17	B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO	–	–	–
18	B.5.2. TRASMITTANZA TERMICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO	–	–	–
19	B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE	–	–	–
20	B.5.4. INERZIA TERMICA DELL'EDIFICIO	–	–	–
	C. CARICHI AMBIENTALI	100		**23**
	C.1 EMISSIONI DI CO_2 EQUIVALENTE		–	–
21	C.1.1. EMISSIONI PREVISTE IN FASE OPERATIVA	–	–	–
	C.2 ACQUE REFLUE		100	17
22	C.2.1. ACQUE GRIGIE INVIATE IN FOGNATURA	35	47	8
23	C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO	39	53	9
	C.3 IMPATTO SULL'AMBIENTE CIRCOSTANTE		100	6
24	C.3.1. EFFETTO ISOLA DI CALORE	26	100	6
		–		–
	D.1 VENTILAZIONE		–	–
25	D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA	–	–	–
	D.2 BENESSERE TERMOIGROMETRICO		–	–
26	D.2.1. TEMPERATURA DELL'ARIA NEL PERIODO ESTIVO	–	–	–
	D.3 BENESSERE VISIVO		–	–
27	D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE	–	–	–
	D.4 BENESSERE ACUSTICO		–	–
28	D.4.1. QUALITÀ ACUSTICA DELL'EDIFICIO	–	–	–
	D.5 INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO		–	–
29	D.5.1. CAMPI MAGNETICI A FREQUENZA INDUSTRIALE (50HZ)	–	–	–
	E. QUALITÀ DEL SERVIZIO	100		**15**
	E.1 SICUREZZA IN FASE OPERATIVA		–	–
30	E.1.1. INTEGRAZIONE SISTEMI	–	–	–
	E.2 FUNZIONALITÀ ED EFFICIENZA		–	–
31	E.2.1 QUALITÀ DEL SISTEMA DI CABLATURA	–	–	–
	E.3 MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI IN FASE OPERATIVA		100	15
32	E.3.1. MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO	53	53	8
33	E.3.2. DISPONIBILITÀ DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA	47	47	7
				100

A seguire si riporta lo schema del documento che sintetizza la valutazione dei requisiti di sostenibilità ambientale di un eventuale intervento da eseguirsi all'interno del centro matrice e che dovrebbe

COMUNE DI SEDILO (OR)

REQUISITI PER LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE
ALLEGATI ALLE NORME TECNICHE D'ATTUAZIONE
DEL PIANO PARTICOLAREGGIATO DEL CENTRO MATRICE

ALL. X

Modulo riepilogativo

Titolo abilitativo richiesto ◯ concessione edilizia

Oggetto dell'intervento:

_____

DATI GENERALI

Indirizzo

Località

Proprietà

Progettista

Dir. dei Lavori

DATI DI PROGETTO

Categoria d'intervento:

Destinazione d'uso urbanistica:

Superficie utile:_____ mq

REQUISITI

ELENCO CRITERI	VOTO requisito	VOTO PESATO requisito	VOTO area	VOTO PESATO area
A. QUALITÀ DEL SITO				
A.1 SELEZIONE DEL SITO				
A.1.1. RIUTILIZZO DEL TERRITORIO				
A.1.2. ACCESSIBILITÀ AL TRASPORTO PUBBLICO				
A.1.3. MIX FUNZIONALE DELL'AREA				
A.1.4. ADIACENZA AD INFRASTRUTTURE				
A.2 PROGETTAZIONE DELL'AREA				
A.2.1. AREE ESTERNE DI USO COMUNE ATTREZZATE				
B. CONSUMO DI RISORSE				
B.1 ENERGIA PRIMARIA NON RINNOVABILE				
B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO				
B.1.2. ENERGIA PRIMARIA PER LA PRODUZIONE DI ACS				
B.2 ENERGIA DA FONTI RINNOVABILI				
B.2.1. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI TERMICI				
B.2.2. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI				
B.3 MATERIALI ECO-COMPATIBILI				
B.3.1. RIUTILIZZO DELLE STRUTTURE ESISTENTI				
B.3.2. MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI				
B.3.3. MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI				
B.3.4. MATERIALI LOCALI PER FINITURE				
B.3.5. MATERIALI RICICLABILI O SMONTABILI				

costituire parte integrante della documentazione da allegare al progetto che va presentato all'Ufficio tecnico comunale ai fini del rilascio della concessione edilizia.

B.4 ACQUA POTABILE				
B.4.1. ACQUA POTABILE PER USI IRRIGUI				
B.4.2. ACQUA POTABILE PER USI INDOOR				
B.5 PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO				
B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO				
B.5.2. TRASMITTANZA TERMICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO				
B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE				
B.5.4. INERZIA TERMICA DELL'EDIFICIO				
C. CARICHI AMBIENTALI				
C.1 EMISSIONI DI CO_2 EQUIVALENTE				
C.1.1. EMISSIONI PREVISTE IN FASE OPERATIVA				
C.2 ACQUE REFLUE				
C.2.1. ACQUE GRIGIE INVIATE IN FOGNATURA				
C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO				
C.3 IMPATTO SULL'AMBIENTE CIRCOSTANTE				
C.3.1. EFFETTO ISOLA DI CALORE				
D. QUALITÀ AMBIENTALE INDOOR				
D.1 VENTILAZIONE				
D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA				
D.2 BENESSERE TERMOIGROMETRICO				
D.2.1. TEMPERATURA DELL'ARIA NEL PERIODO ESTIVO				
D.3 BENESSERE VISIVO				
D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE				
D.4 BENESSERE ACUSTICO				
D.4.1. QUALITÀ ACUSTICA DELL'EDIFICIO				
D.5 INQUINAMENTO ELETTROMAGNETICO				
D.5.1. CAMPI MAGNETICI A FREQUENZA INDUSTRIALE (50HZ)				
E. QUALITÀ DEL SERVIZIO				
E.1 SICUREZZA IN FASE OPERATIVA				
E.1.1. INTEGRAZIONE SISTEMI				
E.2 FUNZIONALITÀ ED EFFICIENZA				
E.2.1 QUALITÀ DEL SISTEMA DI CABLATURA				
E.3 MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI IN FASE OPERATIVA				
E.3.1. MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO				
E.3.2. DISPONIBILITÀ DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA				
			punteggio finale:	

PER ASSEVERAZIONE
DI QUANTO DICHIARATO
IN FASE DI PROGETTAZIONE

PER ASSEVERAZIONE DELLA SUSSISTENZA
DEI DISPOSITIVI E DELLA CONFORMITÀ
DELLE OPERE AL PROGETTO

Requisiti modificati rispetto alla fase progettuale:

_____

_____

IL PROGETTISTA _____

iscritto all'Albo _____ n° _____

In fede,

_____

IL DIRETTORE DEI LAVORI _____

iscritto all'Albo _____ n° _____

In fede, _____

Note

[1] Si riportano a seguire delle specifiche per ogni scheda tecnica relative a:
a) esplicitazione degli obiettivi che si intendono perseguire nell'ottica della sostenibilità ambientale e sintesi delle principali strategie per il loro conseguimento;
b) possibilità di estrapolare le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo ai singoli criteri dal Piano stesso o dal singolo progetto;
c) possibilità di ottenere il punteggio direttamente attraverso strumenti GIS.

A.1.1. RIUTILIZZO DEL TERRITORIO
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità legato al minor consumo del suolo: in questo modo infatti vengono premiati gli interventi che mirano al recupero di aree già antropizzate e già collegate alle reti pubbliche.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito possono essere estrapolate dagli elaborati grafici e dalle schede di analisi e progetto redatte per ogni unità edilizia di cui si compone il centro matrice.
c) È possibile mappare questo requisito all'interno della piattaforma GIS sviluppata. Il poligono di riferimento è quello delle singole unità edilizie (U.E.).

A.1.2. ACCESSIBILITÀ AL TRASPORTO PUBBLICO
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità legato alla diminuzione dell'uso di mezzi di trasporto privati e alla sensibilizzazione all'uso di mezzi pubblici: in questo modo infatti vengono premiati gli interventi che ricadono in aree prossime alle fermate bus.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito possono essere estrapolate dagli elaborati grafici del Piano.
c) È possibile mappare questo requisito all'interno della piattaforma GIS sviluppata. Il poligono di riferimento è quello delle singole unità edilizie (U.E.). Occorre calcolare la distanza su strada di ogni U.E. dalla fermata bus più vicina.

A.1.3. MIX FUNZIONALE DELL'AREA
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità legato alla diminuzione dell'uso di mezzi di trasporto privati e all'aumento delle possibilità di incontro tra residenti: in questo modo si premiano gli interventi che ricadono in aree prossime alle strutture di commercio, di servizio, sportive e culturali.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito possono essere estrapolate dagli elaborati grafici del Piano.
c) È possibile mappare questo requisito all'interno della piattaforma GIS sviluppata. Il poligono di riferimento è quello delle singole unità edilizie (U.E.). Occorre calcolare la distanza su strada di ogni U.E. alle seguenti strutture di servizio: negozio alimentari, edicola, tabacchino, bar, poste, asilo nido, scuole, farmacia, polo sportivo, biblioteca, uffici comunali, giardino pubblico. Poiché queste strutture sono piuttosto dislocate all'interno dell'abitato, si potrebbe fare la media aritmetica delle singole distanze calcolate. Ad ogni U.E. si assegna il dato corrispondente alla

distanza media calcolata e individuata tra le 4 del benchmark proposto.

A.1.4. ADIACENZA AD INFRASTRUTTURE

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità relativo alla non urbanizzazione di spazi non serviti per evitare ulteriori impatti ambientali dovuti alla realizzazione di nuovi allacciamenti.

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito possono essere estrapolate dagli elaborati grafici del Piano.

c) È possibile mappare questo requisito all'interno della piattaforma GIS sviluppata. Il poligono di riferimento è quello delle singole unità edilizie (U.E.).

Occorre calcolare la distanza su strada di ogni U.E. alle seguenti strutture di servizio: rete elettrica, rete idrica di prelievo, rete fognaria. Occorre poi fare la media aritmetica delle singole distanze calcolate. Ad ogni U.E. si assegna il dato corrispondente alla distanza media calcolata e individuata tra le 4 del benchmark proposto.

A.2.1. AREE ESTERNE DI USO COMUNE ATTREZZATE

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo delle comunità sostenibili relativo alla possibilità di raggiungere spazi per l'aggregazione senza l'utilizzo di mezzi di trasporto motorizzati e favorire allo stesso tempo occasioni di relazionarsi.

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito possono essere estrapolate dagli elaborati grafici del Piano.

c) È possibile mappare questo requisito all'interno della piattaforma GIS sviluppata. Il poligono di riferimento è quello delle singole unità edilizie (U.E.).

Occorre verificare la presenza nelle vicinanze di ogni u.e. delle seguenti strutture di servizio: parchi pubblici, parco giochi, polo sportivo, piazze urbane. A seconda della presenza di uno o più tra questi servizi, ad ogni u.e. si assegna il punteggio.

B.1.1. ENERGIA PRIMARIA PER IL RISCALDAMENTO

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di ridurre al minimo il fabbisogno energetico per il riscaldamento invernale. Le strategie da seguire per ridurre il fabbisogno energetico sono le seguenti:

- progettare sfruttando l'ambiente naturale (seguendo l'orientamento ottimale per sfruttare il guadagno solare e per proteggersi dai venti);
- progettare l'involucro edilizio in modo da controllare l'andamento delle temperature interne (riducendo le dispersioni termiche, riducendo i guadagni passivi non desiderati, sfruttando l'inerzia termica, utilizzando atri e serre come zone cuscinetto);
- favorire l'ingresso della luce naturale;
- incoraggiare modi di vivere a ridotto consumo di risorse;
- usando l'energia in modo efficiente;
- utilizzando fonti verdi di energia (in caso di utilizzo di pannelli solari fotovoltaici è preferibile l'uso di sistemi integrati nella copertura e comunque non in vista dalla pubblica via).

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.

c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.1.2. ENERGIA PRIMARIA PER LA PRODUZIONE DI ACS
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di ridurre al minimo il fabbisogno energetico per la produzione di acqua calda sanitaria. In particolare, per i collettori solari termici è previsto che:
a. i serbatoi di accumulo dovranno essere posizionati al di sotto del pannello solare, all'interno dei volumi tecnici delle coperture, non visibili dal piano stradale sottostante;
b. nel caso di coperture piane i pannelli captanti potranno essere installati con inclinazione ritenuta ottimale, purché non visibili dal piano stradale sottostante ed evitando l'ombreggiamento tra di essi se disposti su più file.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.2.1. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI TERMICI
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di sfruttare sempre di più l'energia proveniente da fonti energetiche "pulite".
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.2.2. ENERGIA PRODOTTA NEL SITO PER USI ELETTRICI
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di sfruttare sempre di più l'energia proveniente da fonti energetiche "pulite".
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.3.1. RIUTILIZZO DELLE STRUTTURE ESISTENTI
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di usare materiali esistenti intervenendo su edifici esistenti e riutilizzandone le componenti.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.3.2. MATERIALI RICICLATI/RECUPERATI
a)Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di usare materiali riciclati per ogni singolo intervento sull'esistente o per le nuove edificazioni.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.3.3. MATERIALI DA FONTI RINNOVABILI
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di scegliere in fase di progettazione e di realizzazione del manufatto o di intervento su di esso i materiali "rinnovabili". Si tratta di materiali caratterizzati da brevi cicli

di rigenerazione, materiali come il legno che provengono da foreste controllate (ad esempio con certificazione FSC), materiali che non provengano da risorse in via di esaurimento, materiali naturali di origine animale o vegetale.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.3.4. MATERIALI LOCALI PER FINITURE
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di scegliere in fase di progettazione e di realizzazione del manufatto o di intervento su di esso i materiali prodotti o e assemblati localmente. In questo modo oltre a favorire un sistema di produzione e vendita locale si limitano gli impatti ambientali dovuti al trasporto dei prodotti e delle materie prime.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.3.5. MATERIALI RICICLABILI O SMONTABILI
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di utilizzare materiali ed elementi che siano durevoli, flessibili e impiegabili per molto tempo. In questo modo si promuovono anche le soluzioni costruttive a secco che facilitano il montaggio e lo smontaggio dei propri componenti.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.4.1. ACQUA POTABILE PER USI IRRIGUI
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di risparmiare l'acqua soprattutto se potabile. Le strategie da seguire sono: il recupero delle acque meteoriche e il loro riutilizzo, il recupero e riutilizzo delle acque grigie (prevedendo sistemi di raccolta, depurazione e riuso delle acque provenienti dagli scarichi di lavabi, docce, vasche da bagno, lavatrici), la piantumazione di specie che richiedono poca acqua, l'uso di sistemi di irrigazione automatica dotati di sensori di umidità, il raggruppamento delle piante e la pratica della pacciamatura. Per il calcolo del fabbisogno effettivo delle specie piantumate occorre fare riferimento alla bibliografia specifica.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.4.2. ACQUA POTABILE PER USI INDOOR
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di risparmiare l'acqua soprattutto se potabile mediante sistemi che ne riducono i consumi (wc con doppio sciacquone, rubinetti dotati di aeratori e regolatori di flusso, etc.).
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.5.1. ENERGIA NETTA PER IL RAFFRESCAMENTO

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di ridurre il fabbisogno energetico per il raffrescamento estivo adottando sistemi che contribuiscano a ridurre gli apporti termici dovuti all'irraggiamento solare durante il regime estivo, considerando i seguenti aspetti: la protezione delle chiusure maggiormente esposte all'irraggiamento solare, potenziamento dell'involucro opaco affinché assuma un adeguato comportamento in termini di inerzia termica, sfasamento e attenuazione dell'onda termica, lo sfruttamento della ventilazione naturale degli ambienti mediante una corretta distribuzione degli spazi.

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.

c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.5.2. TRASMITTANZA TERMICA DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di ridurre il fabbisogno energetico durante il periodo invernale intervenendo sull'involucro opaco e sulle superfici trasparenti in modo tale da correggerne i ponti termici e controllarne la trasmittanza.

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.

c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.5.3. CONTROLLO DELLA RADIAZIONE SOLARE

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di evitare il surriscaldamento estivo degli edifici utilizzando l'ombreggiamento, senza contrastare l'apporto energetico dovuto al soleggiamento invernale. È importante a tal proposito costruire mediante il diagramma solare, l'assonometria solare o il goniometro solare in modo da poter prevedere in fase progettuale l'andamento dell'illuminazione naturale durante l'arco della giornata durante tutto l'anno. Per un controllo ottimale della radiazione solare i fattori da tener in considerazione sono: l'orientamento dell'organismo edilizio nel lotto in relazione agli edifici confinanti, la posizione, dimensione e caratteristiche degli aggetti esterni dell'organismo edilizio e degli elementi di finitura esterni anche mobili, la posizione, dimensione e caratteristiche di eventuali elementi di vegetazione nelle pertinenze.

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.

c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

B.5.4. INERZIA TERMICA DELL'EDIFICIO

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di ridurre il fabbisogno energetico in modo da attenuare i massimi di energia entrante e da aumentare il ritardo con cui le variazioni di temperatura si trasmettono all'interno. A tal proposito occorre verificare la prestazione termica dell'involucro opaco in regime dinamico data sia dalle proprietà termofisiche dei materiali impiegati, sia dalla disposizione degli strati nella direzione del flusso termico.

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.

c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

C.1.1. EMISSIONI PREVISTE IN FASE OPERATIVA
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di ridurre le emissioni di CO2 in atmosfera.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

C.2.1. ACQUE GRIGIE INVIATE IN FOGNATURA
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di ridurre gli scarichi delle acque quotidianamente utilizzate per usi domestici e contaminate con agenti inquinanti.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

C.2.2. PERMEABILITÀ DEL SUOLO
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di ridurre i carichi ambientali connessi all'espansione delle aree urbanizzate, negli edifici di nuova costruzione e nei casi di intervento sul patrimonio esistente. Vengono premiati gli interventi che, in merito alla sistemazione delle aree di pertinenza dei corpi abitativi, destinano più superficie al verde e alle aree drenanti.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

C.3.1. EFFETTO ISOLA DI CALORE
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di contenimento dell'effetto "isola di calore" e di migliorare ulteriormente le prestazioni dell'edificio attraverso la riduzione della sovraesposizione termica estiva della copertura e delle dispersioni nella stagione invernale.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

D.1.1. VENTILAZIONE E QUALITÀ DELL'ARIA
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di assicurare il benessere igrotermico all'interno di ogni ambiente dell'abitazione, utilizzando strategie di ventilazione naturale e meccanica.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

D.2.1. TEMPERATURA DELL'ARIA NEL PERIODO ESTIVO
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di garantire il comfort termico all'interno di ogni ambiente dell'abitazione senza l'utilizzo di sistemi di climatizzazione durante il periodo estivo.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

D.3.1. ILLUMINAZIONE NATURALE

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di garantire un adeguato livello di illuminamento in funzione delle attività previste, ai fini del benessere visivo e del mantenimento dell'equilibrio omeostatico dell'uomo.

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.

c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

D.4.1. QUALITÀ ACUSTICA DELL'EDIFICIO

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di assicurare un certo comfort interno determinato dal rispetto dei requisiti acustici passivi degli edifici. Alcune strategie per raggiungere tale obiettivo sono:

- utilizzare pareti doppie con spessore differenziato e all'interno materiale fonoassorbente per le pareti opache dell'involucro esterno e vetri stratificati o vetrocamera con lastre di spessore differente e telai a bassa permeabilità all'aria per i serramenti;
- ottimizzare la distribuzione degli ambienti interni tenendo lontano gli ambienti rumorosi (cucina e bagni) dalle aree che richiedono maggiore protezione sonora (camere da letto) e disponendo in modo adiacente gli ambienti con la stessa destinazione d'uso o compatibili; pertanto, ove possibile, le aree critiche verranno poste lungo le pareti di confine;
- adottare per le partizioni interne soluzioni ad elevato potere fonoisolante (divisori monolitici di massa elevata, divisori multistrato con alternanza di strati massivi e di strati fonoassorbenti, divisori leggeri ad elevato fonoisolamento) o assemblare i divisori (verticali e orizzontali) in modo tale da ridurre al minimo gli effetti di ponte acustico e di trasmissione sonora laterale;
- impiegare nelle partizioni orizzontali uno strato fonoisolante al di sotto della pavimentazione (superfici rigide calpestabili appoggiate su un materiale resiliente naturale posto sulla soletta) separati elasticamente lungo l'intero perimetro delle pareti laterali di confine;
- adottare connessioni flessibili e di strati resilienti per creare discontinuità strutturale ed impedire la propagazione del rumore lungo il suo percorso di trasmissione;
- collocare gli impianti di riscaldamento, di ventilazione e di condizionamento in modo opportuno rispetto alle unità abitative e isolarli adeguatamente;
- ridurre la rumorosità degli impianti idrosanitari con opportuno isolamento acustico;
- utilizzare elettrodomestici e impianti a bassa emissione.

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.

c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

D.5.1. CAMPI MAGNETICI A FREQUENZA INDUSTRIALE (50Hertz)

a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di garantire un adeguato livello di salubrità attraverso il controllo dell'esposizione degli individui a eventuali campi magnetici.

b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

E.1.1. INTEGRAZIONE SISTEMI
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di garantire un adeguato livello di comfort abitativo attraverso sistemi di controllo automatizzati.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

E.2.1. QUALITÀ DEL SISTEMA DI CABLATURA
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di garantire un adeguato livello di comfort abitativo, funzionalità ed efficienza dell'organismo abitativo attraverso la presenza in tutti gli ambienti di una rete di cablaggio.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

E.3.1. MANTENIMENTO DELLE PRESTAZIONI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di garantire un adeguato livello di comfort termoigrometrico interno.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

E.3.2. DISPONIBILITÀ DELLA DOCUMENTAZIONE TECNICA DEGLI EDIFICI
a) Tale requisito è riconducibile all'obiettivo della sostenibilità ambientale di garantire un buon livello di conoscenza e di monitoraggio dell'edificio in tutte le sue fasi: progettuale, realizzativa ed esecutiva.
b) Le informazioni necessarie per il calcolo del punteggio relativo a questo requisito fanno riferimento alle opere previste nell'intervento.
c) Il calcolo del requisito sarà a carico dell'utente.

DAL CLIMA ALLA TIPOLOGIA EDILIZIA
PAESAGGI INSEDIATIVI
PARTECIPAZIONE E COMUNICAZIONE NELLE NUOVE FORME DEL PIANO URBANISTICO
LA PIANIFICAZIONE URBANISTICA PARTECIPATIVA NELLA SOCIETÀ DELL'INFORMAZIONE
Intervenire sul patrimonio edilizio: cultura e tecnica
Sustainable Mediterranean Construction
Valorizzazione e recupero del patrimonio edilizio in Italia
PAESAGGIO URBANO
Life Cycle Assessment in edilizia
INTERVENIRE SUL COSTRUITO
Materials and the Environment
HABITER ECOLOGIQUE
ATTI
ANALISI DEL CICLO DI VITA LCA
STRATEGIE PER L'ARCHITETTURA SOSTENIBILE
ECOURBANISMO
ECOURBANISM
SOLAR
GREEN LIFE
TECNOLOGIE PER L'INVOLUCRO
shigeru ban
Tempi storici, tempi biologici
CITTÀ FUORI DAL CAOS
CHE COS'È LO SVILUPPO SOSTENIBILE?
Analisi del territorio e sviluppo sostenibile
Sostenibilità ambientale e regolamenti edilizi
Enzo Tiezzi | Lo sguardo sul Pianeta
Genius Loci
DESIGN PER LA SOSTENIBILITÀ AMBIENTALE
METODI DI VALUTAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DEI PROGETTI
MANUALE DI BIOEDILIZIA
VERSO LA VALUTAZIONE AMBIENTALE DEGLI EDIFICI
GREENINGMODERNISM
BIOCOMPATIBLE MATERIALS
MATERIALI BIOCOMPATIBILI
NATURE AND ARTIFICE
NATURA E ARTIFICIO
Costruire a secco.
Uffici. Pareti divisorie a secco. Ascensori high-rise
ARKETIPO
construcción con madera

BIBLIOGRAFIA GENERALE

“I vecchi subiscon le ingiurie degli anni
non sanno distinguere il vero dai sogni,
i vecchi non sanno, nel loro pensiero,
distinguer nei sogni il falso dal vero...
Il bimbo ristette, lo sguardo era triste,
e gli occhi guardavano cose mai viste
e poi disse al vecchio con voce sognante:
‘Mi piaccion le fiabe, raccontane altre!’”

(Francesco Guccini, *Il vecchio e il bambino*)

Bibliografia

AA.VV., 2009. *Habiter écologique. Quelles architectures pour une ville durable?*. Arles: Actes Sud

AA.VV., 2013. *Innovazione e sostenibilità nel settore edilizio. Costruire il futuro*. Disponibile su < http://www.fondoambiente.it/upload/oggetti/ConsumoSuolo_Dossier_finale-1.pdf> [Data di accesso: 05/02/2014]

AA.VV., 2012. *Turn Down the Heat: Why a 4°C Warmer World Must be Avoided. Washington: The World bank*. Disponibile su <http://climatechange.worldbank.org/sites/default/files/Turn_Down_the_heat_Why_a_4_degree_centrigrade_warmer_world_must_be_avoided.pdf> [Data di accesso: 03/01/2013]

AA.VV., 2012. *TERRA RUBATA. Viaggio nell'Italia che scompare. Le analisi e le proposte di FAI e WWF sul consumo del suolo*. Disponibile su < http://www.fondoambiente.it/upload/oggetti/ConsumoSuolo_Dossier_finale-1.pdf> [Data di accesso: 05/02/2014]

AA.VV., 2009. *I manuali del Recupero dei Centri storici della Sardegna*. Collana di 8 volumi. Roma: DEI Editore

ALCORN, A., 1998. *Embodied energy coefficient of building materials.* Victoria University of Wellington: ed. Centre for building performance research

ABIS, E. (a cura di), 2009. *Pianificazione sostenibile: paesaggio, ambiente, energia. Il caso di studio dell'Area metropolitana di Cagliari*. Roma: Gangemi Editore

ALESSIO, L., 2008. *Shigeru Ban*. Roma: Edilstampa

ANDREOZZI, M., 2011. *Verso una prospettiva ecocentrica. Ecologia profonda e pensiero a rete*. Milano: Edizioni Universitarie di Lettere Economia Diritto

ARKETIPO, Supplemento 9/2010. Sostenibilità costruita/4

ASHBY, MICHAEL F., 2011. *Materials and the Environment. Eco-Informed Material choice*. 2° ed. Waltham, USA: Butterworth-Heinemann of Elsevier

ASTRUA, F., CALDERA, C., POLVERINO, F., (a cura di), 2006. *Intervenire sul patrimonio edilizio: cultura e tecnica*. Torino: Celid

ATZENI, C., MANIAS, M., 2006. *Manuale del recupero dei centri storici della Marmilla, del Sarcidano, dell'Arci e del Grighine*. Roma: DEI Editore

ATZENI, C. (a cura di), 2012. *Tra urbano e rurale. Ricerche, progetti e linee guida per nuovi habitat di margine nei centri delle aree interne della Sardegna*. Roma: Gangemi Editore

BALDO, G.L., MARINO, M., ROSSI, S., 2008. *Analisi del ciclo di vita LCA. Gli strumenti*

per la progettazione sostenibile di materiali, prodotti e processi. Milano: Edizioni Ambiente

BALZARETTI, E., GARGIULO, B., 2009. *La comunicazione ambientale: sistemi, scenari e prospettive. Buone pratiche per una comunicazione efficace*. Milano: FrancoAngeli

BARDELLI, P.G., CALDERA, C., 2007. *Valorizzazione e recupero del patrimonio edilizio in Italia. Commenti e approfondimenti*. Torino: Celid

BELGIORNO, V., NADDEO, V., ZARRA, T., 2011. T*ecniche per la Valutazione di Impatto Ambientale*. Fisciano (SA): Aster Onlus Editore

BONANOMI, M., DE FLUMERI, C., LAVAGNA, M., 2012. *Edifici a consumo energetico zero. Orientamenti normativi, criteri progettuali ed esempi di zero energy e zero emission buildings*. Sant'Arcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore

BOTTA, M., CREPET, P., 2007. *Dove abitano le emozioni*. Torino: Einaudi Editore

CAMPIOLI, A., LAVAGNA, M., 2009. *Raccomandazioni per la progettazione di edifici energeticamente efficienti*. Roma:Edizioni Laterservice

CAMPIOLI, A., LAVAGNA, M., 2010. *Criteri di ecologicità e certificazione ambientale dei prodotti edilizi*. In *Il Progetto Sostenibile*, n. 27/2010. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni

CAMPOS VENUTI, G., 1980. *Dopo il terremoto. Una cutura per il territorio*. In "Urbanistica Informazioni" n. 54, 70 LIV

CAMPOS VENUTI, G., 1988. *La terza generazione dell'Urbanistica*. Milano: Franco Angeli

CAPRA, F., 2001. *La rete della vita*. Bologna: Rizzoli Editore

CARTA, M., 1999. *L'armatura culturale del territorio. Il patrimonio cuturale come matrice d'identità e strumento di sviluppo*. Milano: FrancoAngeli

CICCONI, I., 2008. *Politiche e cultura del risparmio energetico*, in: AA.VV, 2008. *L'Italia si trasforma. Più qualità meno energia per costruire sostenibile*. BolognaFiere: Bologna

COLAVITTI, A.M., 2009. *Paesaggio Urbano. Dalla ricostruzione dei contesti insediativi pluristratificati ai piani di recupero della contemporaneità*. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni

CRESME Ricerche S.p.A., Legambiente, 2013. *Rapporto ONRE 2013. I Regolamenti Edilizi comunali e lo scenario dell'innovazione energetica in Italia*. Disponibile su < http://www.fonti-rinnovabili.it/index.php?c=dossier> [Data di accesso: 05/02/2014]

CRISCI, G., 2012. *Sostenibilità ambientale e regolamenti edilizi. Percorsi evolutivi tra natura e tecnica*. Sant'Arcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore

CROCE, S., 2002. *Progetto tecnologico e approccio climaticamente consapevole*. In "Progetto Qualità Edilizia", 2002. Roma: Edizioni Edilizia Popolare

CROCE, S., 2004. *Architettura e tempo*. Milano: CLUP

CROCE, S., 2007. *Case a basso consumo energetico*. Milano: Il Sole 24 Ore

CROCE, S., 2009. *L'isola climatica urbana e il progetto della città*. In "Bollettino Geofisico" (2009), a cura dell'Associazione Geofisici Italiani

COLOMBO, M., 1995. *Convivere con i rischi ambientali. Il caso Acna - Valle Bormida*. Milano: FrancoAngeli

CUÉLLAR - FRANCA, R.M., AZAPAGIC, A., 2012. *Environmental impacts of the UK residential sector: Life cycle Assessment of houses*. In "Building and Environment", n. 54, p. 86-99

CUTAIA, L., MORABITO, R. (a cura di), 2012. *Sostenibilità dei sistemi produttivi. Strumenti e tecnologie verso la green economy*. Roma: Enea

DEMONTIS, A., 2003. *Valutazione e tecnica urbanistica*. Gangemi Editore

DEPLANO, G. (a cura di), 2009. Partecipazione e comunicazione nelle nuove forme del Piano Urbanistico. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni

DEPLANO, G. (a cura di), 2009. *La pianificazione urbanistica partecipativa nella società dell'informazione*. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni

DECRETO LEGISLATIVO 3 aprile 2006, n. 152, "Norme in materia ambientale"

DE VITA, A., 2009. *La creazione sociale. Relazioni e contesti per educare*. Roma: Carocci Editore

DEZZI BARDESCHI, M., 1991. *Restauro: punto e da capo. Frammenti per una (impossibile) teoria*. Milano: Franco Angeli

DIARDI, D., TRAPANESE, V., 2006. *Uomo ambiente e sviluppo*. 1° ed., Roma: Geva Edizioni

DELL'AQUILA, P., 1997. *Verso un'ecologia del consumo*.Milano: FrancoAngeli

DITTRICH, M., GILJUM, S., LUTTER, S., POLZIN, C., 2012. *Green economies around the world ? Implications of resource use for development and the environment*. Disponibile su <http://seri.at/wp-content/uploads/2012/06/green_economies_around_the_world.pdf> [Data di accesso: 5/02/2014]

ENEA, 2012. *Rapporto energia e ambiente 2009-2010. L'analisi*. Roma: ENEA

ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE, 2006. UNI EN ISO 14040:2006. *Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Principi e quadro di riferimento*

ENTE NAZIONALE ITALIANO DI UNIFICAZIONE, 2006. UNI EN ISO 14044:2006.

Gestione ambientale - Valutazione del ciclo di vita - Requisiti e linee guida

EUROPEAN COMMISSION, JOINT RESEARCH CENTRE, INSTITUTE FOR ENVIRONMENT AND SUSTAINABILITY, 2010. *International Reference Life Cycle Data System (ILCD) Handbook - Specific guide for Life Cycle Inventory data sets.* Lussemburgo: Commissione Europea

FALASCA, C.C., 1985. *Dal clima alla tipologia edilizia. Note metodologiche per la progettazione*. Firenze: Alinea Editrice

FATHY, H., 1986. *Costruire con la gente. Storia di un villaggio d'Egitto: Gourna*. Milano: Editoriale Jaca Book

FERLAINO, F. (a cura di), 2010. *Strumenti per la valutazione ambientale della città e del territorio*. Milano: Franco Angeli Editore

FORLANI, M.L. (a cura di), 2010. *Cultura tecnologica e progetto sostenibile. Idee e proposte ecosostenibili per i territori del sisma aquilano*. Firenze: Alinea Editrice

FURIOSI, M.L., 2003. *Uomo e natura nel pensiero di Hans Jonas*. Milano: Vita e Pensiero

GRAVILA, M., (a cura di), 2012. *L'onda anomala dei media. Il rischio ambientale tra realtà e rappresentazione*. Milano: FrancoAngeli

GULLI, R., GRECO, A. (a cura di), 2012. *Intervenire sul costruito. Norme, tecniche e progetto per la riqualificazione del patrimonio esistente*. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni

GULLI, R., 2012. *Struttura e costruzione* (Nuova edizione). Firenze: Firenze University Press

GUSTAVSSON, L., JOELSSON, A., 2010. *Life Cycle primary energy analysis of residential buildings*. In "Energy and Building", n. 42, p. 2010-2020.

IMPERIO, M., 2004. *Progetti ambientali e cooperazione. Identità locale in armonia con lo sviluppo*. Milano: Franco Angeli Editore

IPCC, 2007. *Climate Change 2007: Synthesis Report. Contribution of Working Groups I, II and III to the Fourth Assessment Report of the Intergovernmental Panel on Climate Change*. Ginevra: IPCC. Disponibile su < http://www.ipcc.ch/publications_and_data/publications_ipcc_fourth_assessment_report_synthesis_report.htm> [Data di accesso:03/01/2013]

LAFRATTA, P., 2004. *Strumenti innovativi per lo sviluppo sostenibile*. Milano: Franco Angeli Editore

LANTERNANI, V., 2003, *Ecoantropologia. Dall'ingerenza ecologica alla svolta etico-culturale*. Bari:Edizioni Dedalo

LAVAGNA, M., 2008. *Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale*. Milano: Hoepli Editore

LAVAGNA, M., MONDINI, D., PALEARI, M., 2011. *Murature ad alte prestazioni. Valutazioni termiche, acustiche, ambientali ed economiche di soluzioni di involucro in laterizio*. Sant'Arcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore

LAWSON, B., 1996. *Building Materials. Energy and Environment towards Ecologically Sustainable Development*. Canberra: Royal Institute of Architect

LEGGE ORDINARIA DEL PARLAMENTO del 30 aprile 1976, n. 373, "Norme per il contenimento del consumo energetico per usi termici negli edifici"

LEGGE del 9 gennaio 1991, n. 10, "Norme per l'attuazione del Piano energetico nazionale in materia di uso razionale dell'energia, di risparmio energetico e di sviluppo delle fonti rinnovabili di energia"

MAGAROTTO, E., 2009. *Tecnologie innovative per la valorizzazione dei beni culturali. Il caso dei rivestimenti di facciata*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli -Editore

MASCARUCCI, R., 2000. *Nuova programmazione e progetti di territorio*. Sala Editore: Pescara

MASOTTI, C., 2012. *Comfort estivo e risparmio energetico in architettura*. Sant'Arcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore

MINISTERO DELL'AMBIENTE E DELLA TUTELA DEL TERRITORIO, 2002. *Strategia d'azione ambientale per lo sviluppo sostenibile in Italia*. Disponibile su <http://www.uibk.ac.at/diamont/downloads/documents/nssd_italien.pdf> [Data di accesso: 29/12/2013]

MORI, T., (a cura di), 2004. *Immateriale| Ultramateriale*. Milano: Postmedia Books

MORIN, E., 1995. *Le vie della complessità*, in *La sfida della complessità*, a cura di G. Bocchi e M. Ceruti. Milano: Feltrinelli Editore

NAESS, A., 1973. *The shallow and the deep, long-range ecology movement. A summary. Inquiry, 16: 1, 95 – 100*. Disponibile su <http://www.ecology.ethz.ch/education/Readings_stuff/Naess_1973.pdf> [Data di accesso: 31/10/2012]

NERI, P., (a cura di), 2008. V*erso la valutazione ambientale degli edifici. Life Cycle Assessment a supporto della progettazione eco-sostenibile*. Firenze: Alinea Editrice

OLEOTTO, E., BASSI, L., 2011. *Guida agli isolanti naturali. Prodotti, caratteristiche, tipologie d'impiego*. Milano: Hoepli editore

PEARSON, D.W., WELLS, M., 1990. La casa ecologica: progetti, materiali, usi, cautele. Milano : Touring club italiano

PESARO, G., 2012. *Analisi del territorio e sviluppo sostenibile. Principi e strumenti di*

analisi del territorio per la pianificazione strategica locale. Sant'Arcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore

PEVSNER, N., FLEMING, J., HONOUR, H., 1992. *Dizionario di Architettura*. Torino: Einaudi Editore

PHILIPS, C., 2003. *Sustainable place: a place of sustainable development*. Chichester: Wiley- Academy

PIZZANELLI, G., 2010. *La partecipazione dei privati alle decisioni pubbliche. Politiche ambientali e realizzazione delle grandi infrastrutture*. Milano: Giuffrè Editore

POGGIO, A., BERRINI, M., 2010. *Green Life. Guida alla vita nelle città di domani*. Milano: Edizioni Ambiente

POLLIFRONI, M., 2010. *Green Pubblic Accounting: Profili di rendicontazione ambientale per un'azienda pubblica responsabile e sostenibile*. Torino: Giappichelli Editore

POZZI, C., 2003. *Ibridazioni architettura/natura*. Roma: Meltemi Editore

PRIGOGINE, I., 1993. *Le leggi del caos*. Roma-Bari: Laterza

RAEL, R., 2009. *Earth Architecture*. New York: Prnceton Architectural Press

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, 2004. *Piano Paesaggistico Regionale*, L.R. 25 Novembre 2004, n°8

REGIONE AUTONOMA DELLA SARDEGNA, 2010. *Linee Guida per la Valutazione Ambientale Strategica dei Piani Urbanistici Comunali*. Allegato al D.G.R. del 14 Dicembre 2010, n° 44-51

ROGERS, R., GUMUCHDJIAN, P., 1997. *Città per un piccolo pianeta*. Bologna: Kappa Editore

RUANO, M., 2002. *Ecourbanismo. Entornos humanos sostenibles: 60 proyectos*. 2° ed. Barcellona: Editorial Gustavo Gili

RUSKIN, J., 1982. Le sette lampade dell'architettura. Milano: Editoriale Jaca Book

SASSI, P. 2008. *Strategie per l'architettura sostenibile. I fondamenti di un nuovo approccio al progetto*. Milano: Edizioni Ambiente

SCALBI, S., REALE, F., (a cura di), 2013. *Atti VII Convegno della Rete Italiana LCA. Life Cycle Assessment e ottimizzazione ambientale: esempi applicativi e sviluppi metodologici. Milano, 27-28 giugno 2013*. Roma: ENEA

SETAC, 1993. *Guidelines for Life Cycle Assessment: a code of practice*. Bruxelles: SETAC

SIRCA, E., 2010. *Un "renewal" per le lane sarde*, in *Sardegna Economica* - Bimestrale della Camera di Commercio di Cagliari, n. 5-6/2010

STEIN, C., 2010. *Greening Modernism. Preservation, Sustainability, and the Modern Movement*. New York: W.W. Norton&Company

TIEZZI, E., MARCHETTINI, N., 1999. *Che cos'è lo sviluppo sostenibile? Le basi scientifiche della sostenibilità e i guasti del pensiero unico*. Roma: Donzelli editore

TIEZZI, E., 2005. *Tempi storici, tempi biologici (con una nuova introduzione Venticinque anni dopo)*. Roma: Donzelli Editore

TIEZZI, E., PULSELLI, F. M., BASTIANONI, S., MARCHETTINI, N., 2011. *La soglia della sostenibilità, ovvero quello che il PIL non dice*. Roma: Donzelli Editore

TIEZZI, E., PULSELLI, R. M., 2008. *Città fuori dal caos. La sostenibilità dei sistemi urbani*. Roma: Donzelli editore

TOMO, M., UTICA, G., 2011. *Metodi di valutazione della sostenibilità dei progetti. Valutazione della sostenibilità monetaria (analisi finanziaria e analisi economica), analisi multi criteria, valutazione della sostenibilità ambientale*. Santarcangelo di Romagna (RN): Maggioli Editore

VENKATARAMAREDDY, B.V., JAGADISH, K.S., 2003. *Embodied energy of common and alternative building materials and technologies*. In *Energy and Buildings*, n. 35, pp. 129-137. Amsterdam:Elsevier

VEZZOLI, C., MANZINI, E., 2007. *Design per la sostenibilità ambientale*. Bologna: Zanichelli

VITTADINI, M.R., 2003. *VIA e VAS: non facciamo gli stessi errori*. In "Valutazione Ambientale", n.3, Gennaio-Giugno 2003. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni

VITTADINI, M.R., 2010. *Dalla pianificazione strategica alla VAS: verso una nuova razionalità di Piano*. In *Il Progetto Sostenibile*, n. 27/2010. Monfalcone (GO): EdicomEdizioni

WACKERNAGEL, M., REES, W., 1996. *L'impronta ecologica*. Milano: Edizioni Ambiente

WACKERNAGEL, M., REES, W., 2004. *L'impronta ecologica. Come ridurre l'impatto dell'uomo sulla terra*. Milano: Edizioni Ambiente

Sitografia

<http://www.anticorruzione.it/Portals/altocommissario/Documents/Altro/Giovani_e_ambiente.pdf>

<http://dau049.poliba.it/admin/doxer/doc/32_1200393427.pdf>. [Data di accesso:16/10/2012]

<http://www.anticorruzione.it/Portals/altocommissario/Documents/Altro/Giovani_e_ambiente.pdf>. [Data di accesso:23/10/2012]

<http://www.prb.org/pdf08/08WPDS_Eng.pdf>

<http://www.nationmaster.com/graph/peo_pop-people-population&date=1980>

<http://www.enea.it/it/produzione-scientifica/rapporto-energia-e-ambiente-1/rapporto-energia-e-ambiente-2009-2010/i-dati-2009-2010/statistiche-europee>

<http://www.un.org/en/>

<http://www.iea.org/>

<http://www.nationmaster.com/index.php>

<http://www.fondazionemicheletti.eu/italiano/home/>

<http://www.unep.org/>

<http://www.fondazionesvilupposostenibile.org/>

< http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/valutazione-di-impatto-ambientale-via>

< http://www.isprambiente.gov.it/it/temi/valutazione-ambientale-strategica-vas>

< http://www.fondoambiente.it/upload/oggetti/ConsumoSuolo_Dossier_finale-1.pdf>. [Data di accesso: 10/03/2013]

< http://www.legambiente.it/contenuti/dossier/rapporto-onre-2013-edilizia-sostenibile-crescita>. [Data di accesso: 09/02/2014]

< http://www.gbcitalia.org>

< http://www.breeam.org>

< http://www.itaca.org>

< http://www.greenbuilding.ca>

< http://www.gbcaus.org>

< http://www.ibec.or.jp/CASBEE>

< http://www.assohqe.org>

< http://www.usgbc.org/LEED>

<http://www.edilana.com/>

<http://www.tessilecrabolu.com/>

<http://danielevita.idra.it/la-casa-verde-co2-0-2/>

<http://www.karphos.de/>

<http://www.ton-gruppe.it/>

< http://strohhaus.net/strohhaus/home>

<http://www.itaca.org/documenti/news/Bozza_RER_ReqSostenibilit%C3%A0_Agg16-11-2010.pdf>

< http://www.isolana.net/>

<http://www.ingegneri-ca.net>

<http://www.ecoshow.it>

< http://www.regione.sardegna.it>