

## L'economia circolare nel settore delle costruzioni. Strumenti geospaziali a supporto delle decisioni.

Mara Ladu <sup>(a)</sup>, Alessandra Milesi <sup>(a)</sup>, Giovanni Mei <sup>(a)</sup>, Giuseppe Borruso <sup>(b)</sup>,  
Ginevra Balletto <sup>(a)</sup>

<sup>(a)</sup> Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura-DICAAR I Università degli Studi di Cagliari, Via Marengo, 2, 09123 – Cagliari, Tel. 0706755559  
*balletto@unica.it; alessandra.milesi@gmail.com; maraladu@unica.it, ing.gmei@gmail.com*

<sup>(b)</sup> Dipartimento di Scienze Economiche, Aziendali, Matematiche e Statistiche "Bruno De Finetti", Università degli Studi di Trieste, Via Tigor, 22 (stanza 312), 34124 –Trieste, Tel. 040 558 7008, *giuseppe.borruso@deams.units.it*

**Abstract:** I principi dell'economia circolare possono essere ben applicati nel caso dell'industria delle costruzioni che associa un alto consumo di materie prime naturali ai CDW (Construction and Demolition Waste) che spesso, a causa della loro eterogeneità, soprattutto in assenza di una preventiva demolizione selettiva e di opportune azioni di gestione, non vengono riutilizzati nonostante gli obiettivi delle politiche comunitarie mirino, entro il 2020 al raggiungimento della soglia del 70% del loro impiego.

In questo contesto è stato sviluppato presso l'Università degli Studi di Cagliari il Progetto MEISAR - "Materiali per l'Edilizia e le Infrastrutture Sostenibili: gli Aggregati Riciclati", con l'obiettivo di contribuire alla conoscenza nella preparazione e nell'utilizzo del calcestruzzo confezionato con AR derivanti dal trattamento dei CDW e la relativa verifica della sostenibilità economica ed ambientale, attraverso una ricerca sperimentale realizzata in collaborazione con le imprese operanti nel settore edilizio.

Lo strumento sul quale sono state elaborate le considerazioni territoriali è costituito da quella che è stata denominata MEISAR\_Map, nella quale il lavoro di raccolta, armonizzazione e organizzazione dei dati scaturiti dalle attività del progetto MEISAR ha trovato una sintesi geospaziale. La sua condivisione avviene mediante la piattaforma MyMaps che consente la massima diffusione dei processi collegati al riutilizzo degli AR in edilizia.

### 1. Introduzione

L'Economia Circolare, secondo la definizione data dalla Ellen MacArthur Foundation<sup>1</sup>, è un'economia progettata per auto-rigenerarsi, in cui i materiali di origine biologica sono destinati ad essere reintegrati nella biosfera, mentre i restanti devono essere progettati per essere rivalorizzati senza entrare nella biosfera. Si tratta di un ripensamento complessivo e radicale rispetto al modello produttivo classico, basato sull'iper sfruttamento delle risorse naturali e orientato all'unico obiettivo della massimizzazione dei profitti tramite la riduzione dei costi di produzione. Adottare un approccio circolare significa

---

<sup>1</sup>[www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy](http://www.ellenmacarthurfoundation.org/circular-economy/what-is-the-circular-economy)

rivedere tutte le fasi della produzione ed avere un pieno controllo sull'intera filiera del ciclo produttivo. Uno dei pilastri dell'economia circolare è il recupero dei materiali, attraverso la sostituzione delle materie prime vergini con materie prime seconde provenienti da filiere di recupero che ne conservino le qualità. I principi dell'economia circolare possono essere ben applicati nel caso dell'industria delle costruzioni che associa un alto consumo di materie prime naturali ad una elevata produzione di rifiuti (i cosiddetti CDW - Construction and Demolition Waste) che spesso, a causa della loro eterogeneità, soprattutto in assenza di una preventiva demolizione selettiva e di opportune azioni di gestione, non vengono riutilizzati nonostante gli obiettivi delle politiche comunitarie mirino, entro il 2020, al raggiungimento della soglia del 70% di riutilizzo di questi prodotti<sup>2</sup>. In questo contesto è stato sviluppato presso l'Università degli Studi di Cagliari il Progetto MEISAR - (*"Materiali per l'Edilizia e le Infrastrutture Sostenibili: gli Aggregati Riciclati"*) - <https://meisar.org/en/>, finanziato dalla Regione Sardegna attraverso l'ente Sardegna Ricerche con fondi POR Sardegna FESR 2014/2020 - asse prioritario I - ricerca scientifica, sviluppo tecnologico e innovazione, azione 1.1.4 - sostegno alle attività collaborative di R&S per lo sviluppo di nuove tecnologie sostenibili, di nuovi prodotti e servizi). Il progetto MEISAR ha come obiettivo principale quello di contribuire alla conoscenza nella preparazione e nell'utilizzo del calcestruzzo confezionato con AR derivanti dal trattamento dei CDW attraverso una ricerca sperimentale realizzata in collaborazione con le imprese operanti nel settore edilizio. Il progetto, infatti, coinvolge un cluster di aziende comprendenti sia impianti di riciclaggio dei rifiuti da costruzione e demolizione e sia i preconfezionatori di calcestruzzo e i prefabbricatori. In tutte le fasi del progetto le parti coinvolte hanno un ruolo fondamentale per il suo sviluppo nei diversi ambiti, con l'evidente vantaggio, non solo di poter applicare nell'immediato le conoscenze ed i risultati ottenuti, ma anche di comunicare fra di loro, evidenziare le criticità in corso d'opera e porre rimedio di concerto. Il progetto MEISAR mira, quindi, a dare un alto valore tecnico agli AR permettendo un loro utilizzo come materia prima di pregio per il confezionamento di calcestruzzi anche strutturali e configurarsi, proprio nell'ottica dell'economia circolare, come una vera alternativa agli aggregati classici derivanti dall'industria estrattiva dei materiali naturali (Pani et al. 2010, Pani et al. 2011, Balletto et al. 2013, Francesconi et al. 2016). Infatti, allo stato attuale dell'arte, gli AR hanno avuto un utilizzo secondario, riferito ai riempimenti e ai sottofondi stradali, mentre non sono utilizzati in alternativa ai prodotti naturali nel confezionamento del calcestruzzo. Altro obiettivo del progetto MEISAR è quello di valutare la sostenibilità economica e ambientale degli AR, con riferimento al caso di studio della Sardegna, che rappresenta un caso molto interessante circa la possibilità di creare un regime di economia circolare sul mercato delle costruzioni. Inanzitutto la Sardegna rappresenta un mercato chiuso, per gli AN e gli AR (Delvoie et al., 2019). La sua condizione di insularità, infatti, al momento non consente di avere apporti da altre regioni d'Italia, o, similmente, inviare AR o rifiuti da demolizione verso luoghi oltremare. Il processo di estrazione, lavorazione, conferimento degli scarti, lavorazione dei riciclati, re immissione in circolo, si concentra nel solo contesto regionale. Inoltre, vanno

<sup>2</sup>[www.legambiente.it/sites/default/files/docs/dossier\\_recycle\\_2015\\_-\\_def.pdf](http://www.legambiente.it/sites/default/files/docs/dossier_recycle_2015_-_def.pdf)

considerate le caratteristiche attuali del mercato delle costruzioni (De Angelis, 2018). Data la situazione economica locale e nazionale, il settore non si trova in un momento di particolare dinamicità, soprattutto per quanto riguarda la componente edilizia privata<sup>3</sup>. Attività legate alle costruzioni - e alle demolizioni - sono quindi ascrivibili, principalmente, a quanto realizzato o realizzabile da parte del pubblico (Enti Locali e Regione). I mercati potenziali, sia per gli AN che per gli AR, sono quindi collegabili a questa tipologia di decisori economici. La diffusione dell'uso degli AR passa attraverso lo sviluppo di strumenti che permettono la condivisione di dati e informazioni da parte di tutti gli operatori del settore delle costruzioni, in modo da attivare così un dialogo che favorisca lo sviluppo consapevole del mercato degli AR nell'ottica dell'economia circolare. In questo contributo viene mostrato come lo studio delle relazioni territoriali e la rappresentazione geospaziale dei dati costituisca la base per lo sviluppo di strategie condivise.

## 2. LaMEISAR\_Map

Le questioni territoriali sono particolarmente importanti per lo studio della sostenibilità economica degli AR e devono essere affrontate unitamente alle questioni tecniche legate alle caratteristiche e alle qualità dei materiali. Inoltre, tali aspetti vengono amplificati in un contesto insulare come quello della Sardegna. Lo studio delle questioni territoriali legate al settore degli AR è stato preceduto da una fase di raccolta dei dati con lo scopo di fornire un quadro sulla produzione e gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione (CDW), con particolare attenzione a quei codici CER (Catalogo Europeo dei Rifiuti) effettivamente destinabili alla produzione di AR per il confezionamento di calcestruzzo. La raccolta dati non è stata focalizzata sui soli CDW, ma ha cercato di estendere l'attenzione su altri prodotti e settori, direttamente o indirettamente collegati, nella produzione di aggregati per il calcestruzzo. La 'materia prima' per la produzione di AR è costituita dagli inerti provenienti dalle attività di costruzione e demolizione, i CDW appunto, catalogabili, per la quasi totalità, come codice CER 17 del Catalogo Europeo dei Rifiuti. La Tabella 1 mostra le sottocategorie del codice CER 17.

| Codice | Descrizione   |
|--------|---|
| 17 01  | Cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche  |
| 17 02  | Legno, vetro e plastica   |
| 17 03  | Miscele bituminose, catrame di carbone e prodotti contenenti catrame                    |
| 17 04  | Metalli (incluse le loro leghe)   |
| 17 05  | Terra (compresa quella proveniente da siti contaminati), rocce e materiale di dragaggio |
| 17 06  | Materiali isolanti e materiali da costruzione contenenti amianto                        |
| 17 08  | Materiali da costruzione a base di gesso  |
| 17 09  | Altri rifiuti dell'attività di costruzione e demolizione                                |

Tabella 1. CER 17 - CDW (compreso il terreno proveniente da siti contaminati)

<sup>3</sup>IL MERCATO DELLE COSTRUZIONI IN SARDEGNA Rapporto annuale 2016 e stime previsionali 2017 - <http://www.cnasarda.it/media/Estratto%20Rapporto%20Costruzioni%20marzo%202017.pdf>

In generale un CDW è costituito dalle frazioni indicate in Tabella 2.

|                               |      |
|-------------------------------|------|
| Calcestruzzo (CLS) non armato | 10%  |
| Calcestruzzo (CLS) armato     | 20%  |
| Laterizio                     | 50%  |
| Asfalti                       | 5%   |
| Scavi                         | 6%   |
| Legno, carta, plastica        | 2,5% |
| Metallo                       | 0 3% |

Tabella 2. Composizione Media di un CDW - % in peso (Fonte ARPA Regione Veneto, 2018)

Sono state ricercate le banche dati disponibili presso gli Enti Pubblici competenti, queste hanno permesso di individuare e mappare tutte le imprese autorizzate ad operare nel settore dei rifiuti inerti. Infine, sono state ricercate, mediante siti internet specializzati o mediante banche dati degli Enti Pubblici, le cave di inerti naturali, le discariche di rifiuti inerti (ultimo step della gerarchia dei rifiuti) e gli impianti di betonaggio. L'organizzazione di tutte queste informazioni ha consentito di predisporre il modello descritto in seguito (Weber model), orientato alla valorizzazione dell'economia circolare nel campo dei CDW. La MEISAR\_Map rappresenta lo strumento attraverso il quale il lavoro di raccolta, armonizzazione e organizzazione dei dati scaturiti dalle attività del progetto MEISAR ha trovato una sintesi geospaziale del mercato degli AR in Sardegna. Le considerazioni su base regionale che scaturiscono dalle relazioni spaziali e territoriali che emergono dallo studio della MEISAR\_Map permettono di individuare problematiche e punti di forza della gestione dei CDW in Sardegna. La sua pubblicazione mediante la piattaforma MyMaps di Google, accessibile e condivisibile attraverso Google Drive, la rende utilizzabile come luogo di condivisione e di collaborazione nella redazione e nell'aggiornamento del lavoro (Balletto et al. 2019).

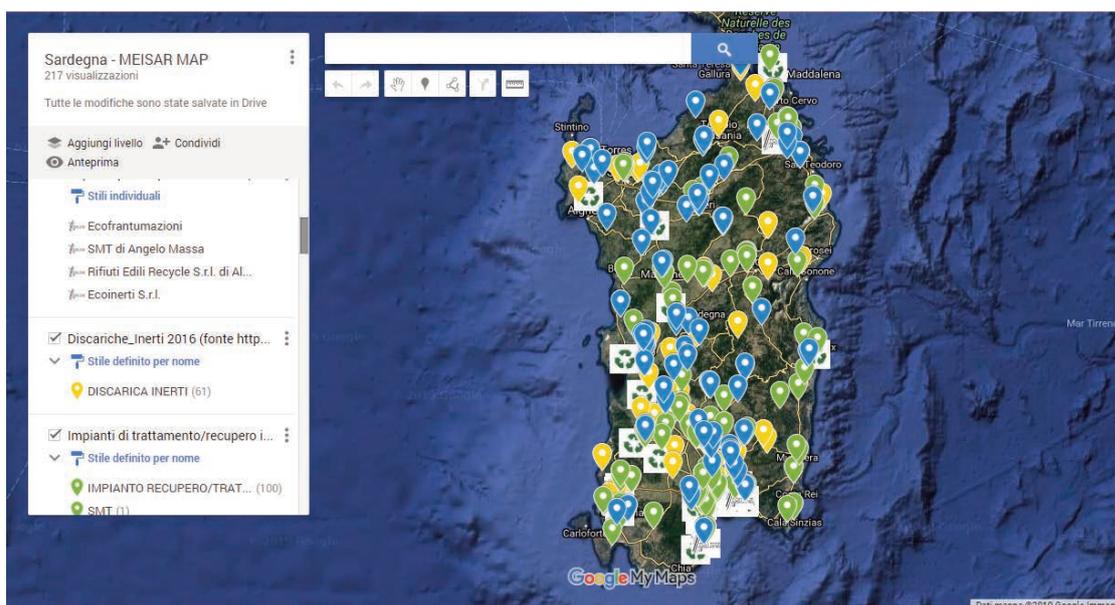


Figura 1 – Visualizzazione della MEISAR Map

Con riferimento ai dati di cui sopra, al momento nella piattaforma sono stati caricati: Impianti di betonaggio, Discariche di inerti, Aziende appartenenti al cluster MEISAR, Impianti riciclaggio, Impianti di di trattamento e recupero inerti, Concessioni di cava. A completamento dell'analisi e della visualizzazione di tutte le banche dati, si è provveduto a integrare e verificare i dati sulla base dell'osservazione diretta, incrociando parametri e fonti diverse (es. Per i dati relative alle cave e alle concessioni alle medesime, si è provveduto a integrare il Catasto Cave - alquanto datato - con le concessioni esistenti, verificandone la posizione grazie al confronto tra le ortofoto di provenienza regionale e le immagini satellitari rese disponibili da Google).

### 3. La teoria della localizzazione di Weber

Le questioni territoriali di tipo puramente geografico che emergono dalla MEISARMap sono state affiancate dall'utilizzo della Teoria di Weber (Weber, 1909). Partendo dalla sua teoria gli autori hanno adattato il modello in un'ottica circolare, applicandolo alla produzione del calcestruzzo. Nello specifico la produzione del calcestruzzo è caratterizzata da due tipologie di materie, ovvero quelle "prime" derivanti dall'estrazione da cava e quelle "seconde", provenienti da riciclaggio. Il modello diventa circolare, nel momento in cui gli scarti vengono reimmessi in circolo, diventando AR. L'occasione per l'applicazione del modello di Weber così modificato è stata la redazione del progetto di demolizione e ricostruzione dello Stadio S. Elia a Cagliari<sup>4</sup> (Borruso et al., 2018) (Balletto et al. 2018). Gli autori, al fine di semplificare la trattazione hanno poi elaborato un modello di Weber semplificato per scenari (da scenario 0 a scenario 4) applicato al caso dello stadio, che si riporta nella seguente figura 2 (Balletto et al., 2019).

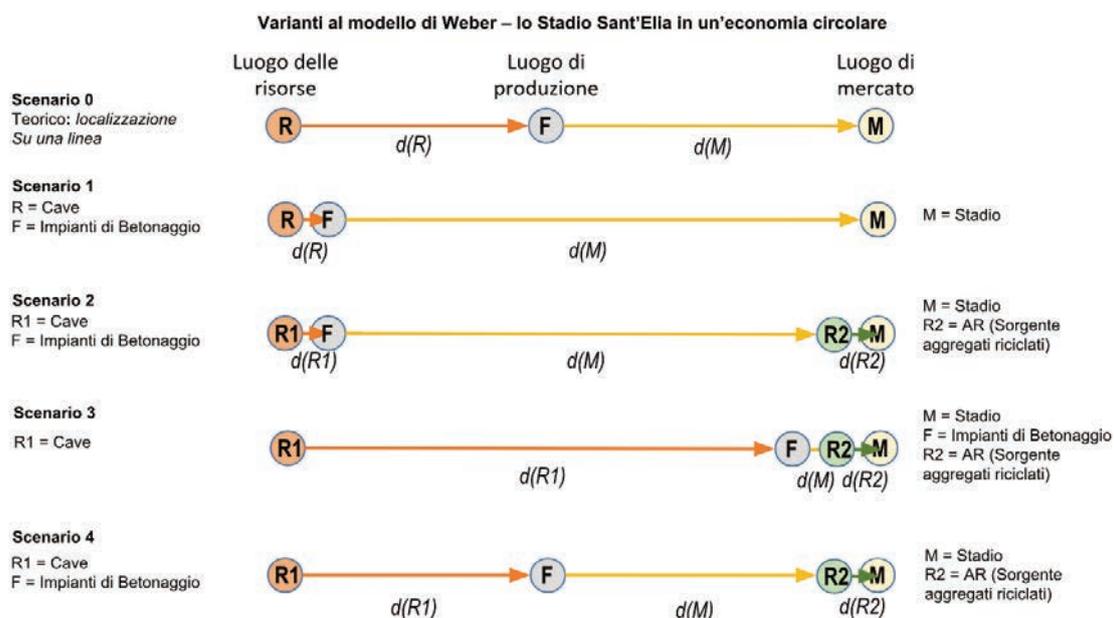


Figura 2 – Il modello di Weber semplificato applicato allo stadio di Cagliari

Lo **Scenario 1** è quello 'classico': la produzione è localizzata in prossimità della cava, in cui avviene l'estrazione degli AN (materie prime 'prime'); l'impianto di

<sup>4</sup><http://www.sportium.biz/>

produzione (betonaggio) è localizzato in prossimità delle risorse, non è previsto il riciclaggio dei rifiuti da demolizione.

A partire dallo **Scenario 2**, il luogo di mercato M è considerato anche come secondo luogo di origine delle risorse (R2), in aggiunta alle cave (R1). La localizzazione dell'impianto di betonaggio F rimane in prossimità delle materie prime, ma R2 diventa importante per l'estrazione di materie prime 'seconde' (AR). In questo caso, però, dato che queste hanno comunque bisogno di lavorazione, si ipotizza un trasporto delle materie prime 'seconde' dal luogo di estrazione a quello di lavorazione (F), ancora localizzato presso R1, e nuovamente al mercato M.

Nello **Scenario 3**, il luogo di produzione F viene localizzato in prossimità della struttura - luogo di mercato (M) e delle materie prime seconde (R2). Tale scenario è ottimale quando la quota di materie prime 'seconde' (AR) è preponderante, mentre è scarso il ricorso a quelle prime (AN). Si ipotizza in ogni caso un trasporto delle materie prime fino al luogo di lavorazione.

Gli **Scenari 2 e 3** sono estremi in quanto basati su ipotesi che prevedono, rispettivamente, che le materie prime 'prime' (AN) siano preponderanti, nel primo caso, e le materie prime 'seconde' (AR) lo siano nel secondo.

Lo **Scenario 4** (e scenari successivi, qui non presentati) identifica un caso à la Weber, in cui l'impianto di betonaggio potrebbe essere localizzato in un luogo F situato in una posizione intermedia, in cui viene ottimizzata la funzione di costo delle materie prime (siano esse 'prime' o 'seconde'), non necessariamente, quindi, con la localizzazione dell'impianto di betonaggio presso i luoghi delle risorse.

#### 4. Discussione e possibili evoluzioni della ricerca

Secondo gli autori la MEISARMap costituisce uno strumento informazione geospaziale al servizio degli operatori del settore delle costruzioni e, in particolare di tutti coloro che hanno un interesse in un processo costruttivo che voglia tenere conto dei paradigmi dell'economia circolare, favorendo il riutilizzo delle frazioni che derivano dalla demolizione. Le informazioni in essa contenute permettono di visualizzare, in un dato contesto territoriale, la disponibilità di produttori di materie prime 'prime' (AN) e di materie prime 'seconde' (AR) per il confezionamento del calcestruzzo e le loro relazioni spaziali, che si ripercuotono sui costi di produzione e trasporto delle stesse materie e dei prodotti finali (cls), come esemplificato dal modello di Weber.

La MEISARMap permette di individuare le 'aree Cluster', ovvero quelle aree in cui sono localizzati tutti gli elementi che sono necessari alla produzione di cls, gli impianti che producono le materie prime (le cave e gli impianti di riciclaggio) e gli impianti di produzione del cls stesso (impianti di betonaggio). Inoltre, consente di mettere in relazione geospaziale i cluster con il luogo in cui si realizza il processo edilizio, sia esso di sola costruzione che di demolizione-costruzione.

Esiste un vincolo spaziale tra l'impianto di betonaggio e il luogo di utilizzo del cls: al fine di garantire le caratteristiche tecniche e qualitative del cls la loro distanza reciproca non deve superare i 30 km.

L'esempio di individuazione dei cluster e la loro relazione con l'opera è stata applicata al caso dello stadio citato in precedenza (Figura 3).

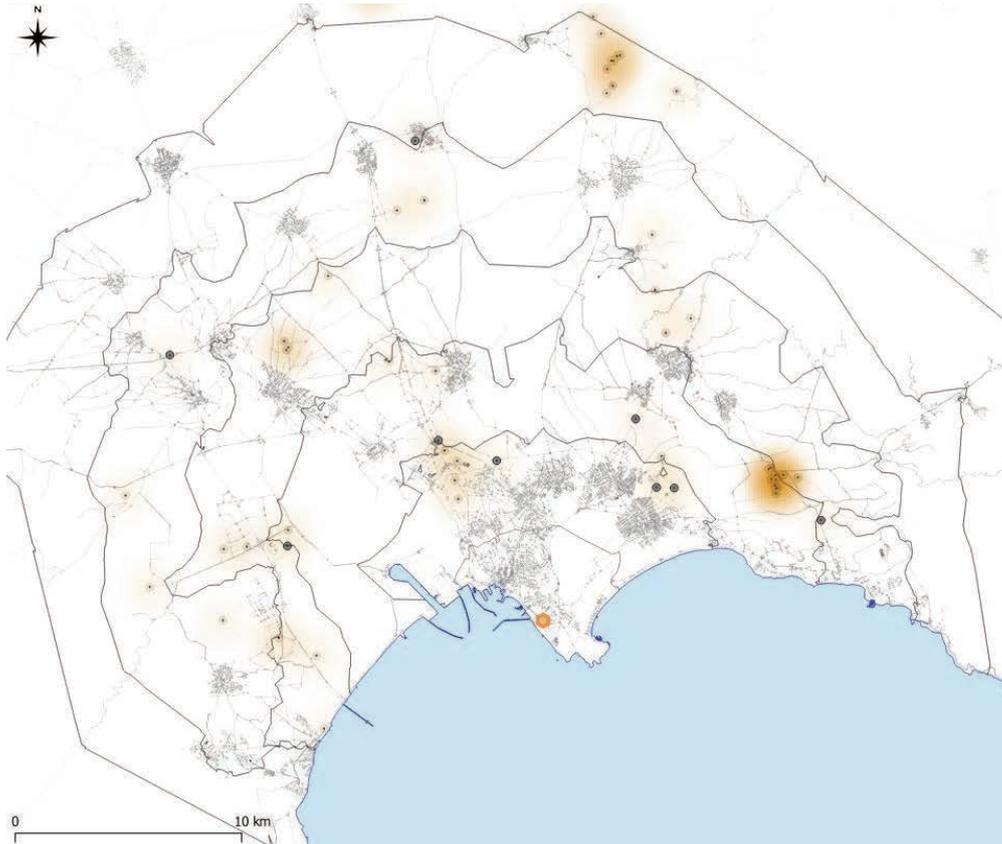


Figura 3 – Individuazione dei cluster in relazione allo stadio di Cagliari

Le aree visualizzate in figura con il colore arancione mostrano i cluster individuati nel raggio di 30 km dallo stadio di Cagliari, questi risultano localizzati nelle aree di Donori e Quartucciu.

Il passosuccessivo della ricerca consisterà nel verificare l'applicazione del modello di Weber al caso reale attraverso l'analisi dei costi di trasporto e di produzione delle materie prime (oltre agli oneri legati alla gestione del CDW) e l'ottimizzazione della MEISARMap con la sua evoluzione a vera e propria dashboard che possa fornire utili supporti a chi voglia operare in un dato contesto territoriale.

## Conclusioni

Le informazioni geospaziali, sino ad adesso elaborate, costituiscono un valido supporto ai decisori, pubblici e privati, nelle scelte orientate all'economia circolare nel campo delle costruzioni, fornendo tutte le informazioni affinché le azioni siano sostenibili a livello tecnico (qualità dei prodotti), economico (minimizzazione di costi di trasporto e produzione) e ambientale (favorire il riutilizzo degli scarti, riduzione delle distanze del trasporto su gomma, riduzione dei prelievi naturali).

Una volta individuata l'opera da realizzare la MEISARMap è in grado di fornire tutti gli elementi per la scelta dello scenario ottimale in termini di economia circolare e di sostenibilità ambientale. Gli operatori privati possono avere una visione completa del settore e possono cogliere l'occasione per utilizzare i

cluster come possibile elemento per creare nuove sinergie commerciali sostenibili.

### **Riferimenti Bibliografici**

- Delvoie S., Zhao Z., Michel F., & Courard L. (2019), "Market analysis of recycled sands and aggregates in NorthWest Europe: drivers and barriers", *Conference Series: Earth and Environmental Science*, 225, (1): 012055
- Balletto G., Borruso G., Mei G. (2019) "Location Theory and Circular Economy. Demolition, Constructions and Spatial Organization of Factories – An Applied Model to Sardinia region. The case study of new Cagliari stadium", in ICCSA 2019
- Balletto G., Pani L., Borruso G., Mei G. (2018) "Approcci di economia circolare applicati agli stadi: dalle antiche campagne di spoglio alla demolizione con recupero di frazioni. Il caso dello stadio di Cagliari", in *Edilizia Circolare. Costruire nel terzo millennio*, Artec, Edicom Edizioni ISBN 978-88-96386-74-3
- Balletto G., Pani L., Francesconi L., Stochino F., Mei G. (2018) "Il Progetto MEISAR - Materiali per l'Edilizia e le Infrastrutture Sostenibili: gli Aggregati Riciclati, Buone pratiche per la demolizione e la ricostruzione del nuovo Stadio del Cagliari Calcio", in *Ricerca in Vetrina 2018, Ricerca è Democrazia. Il ruolo dell'attività scientifica nella costruzione di un futuro equo e sostenibile*, ADI, Franco Angeli, 101-107
- De Angelis G. (2018), "Il Mercato del Lavoro in Italia: una lettura a partire dal caso dell'Edilizia", *Argomenti*: 65-82
- Francesconi L., Pani L., Stochino F. (2016), "Punching shear strength of reinforced recycled concrete slabs", *Construction and Building Materials*, 127: 248–263
- Pani L., Balletto G., Naitza S., Francesconi L., Trulli N., Mei G., Furchas C. (2013) "Evaluation of Mechanical, Physical and Chemical Properties of Recycled Aggregates for Structural Concrete", in *Proceedings Sardinia 2013, Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium. S. Margherita di Pula, Cagliari, Italy; 30 September – 4 October 2013*, ISBN 9788862650281, ISSN 2282-0027
- Pani L., Francesconi L., Concu G. (2013) "Relation between Static and Dynamic Moduli of Elasticity for Recycled Aggregate Concrete", in *First International Conference on Concrete Sustainability 27-29 May 2013 Tokyo*, ISBN 9784-86384-041-6 (-C3050), 676-681
- Pani L., Francesconi L., Concu G. (2011) "Influence of replacement percentage of recycled aggregates on recycled aggregate concrete properties", in *Fib Symposium Prague 2011, 8-10 June 2011*, ISBN 978-80-87158-29-6
- Pani L., Francesconi L. (2010) "Performance of Recycled Aggregates by Concrete and Property of Structural Recycled Concrete" in *1° Workshop "Le nuove frontiere del calcestruzzo strutturale" ACI Italy Chapter 22-23 Aprile 2010, Salerno*
- Pani L., Francesconi L., Valdes M. (2010) "Caratteristiche allo stato fresco ed indurito di calcestruzzi strutturali confezionati con aggregati riciclati" in *18° Congresso CTE, Brescia 11-12-13 novembre 2010*