

Il Progetto MEISAR: gli aggregati riciclati: buone pratiche per la demolizione e la ricostruzione del nuovo Stadio del Cagliari Calcio

Lorena Francesconi¹

Ginevra Balletto¹

Luisa Pani¹

Giovanni Mei¹

Flavio Stochino¹

Abstract: La gestione sostenibile dei problemi ambientali legati alle macerie da demolizione è una questione prioritaria per l'industria delle costruzioni del nuovo millennio. La loro eterogeneità, specie in assenza di una preventiva demolizione selettiva, rende

¹Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Architettura, Università di Cagliari.

Il lavoro è il frutto delle riflessioni congiunte degli autori. Nello specifico e ai soli fini concorsuali sono da considerare le seguenti attribuzioni: Ginevra Balletto, Luisa Pani, Giovanni Mei, Lorena Francesconi e Flavio Stochino Cap. 1, Ginevra Balletto e Luisa Pani, Cap. 2, in particolare Luisa Pani, Lorena Francesconi e Flavio Stochino hanno curato le prove sui materiali i cui esiti sono riportati in tabella 1. Abstract e Conclusioni a cura degli autori.

Le riflessioni sviluppate nel presente lavoro derivano dal progetto MEISAR finanziato da Sardegna Ricerche 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) e nell'ambito del protocollo di intesa siglato tra Università degli Studi di Cagliari e Consorzio Sportium relativo agli studi a supporto della realizzazione del nuovo stadio per il Cagliari Calcio S.p.A. (12 settembre 2018).

complicato il loro riutilizzo quale aggregato riciclato per la produzione di calcestruzzo pur nel rispetto degli obiettivi delle politiche comunitarie che mirano, entro il 2020 al raggiungimento della soglia del 70% di riutilizzo. Il progetto MEISAR ha come obiettivo quello di contribuire alla conoscenza della durabilità del calcestruzzo preparato con aggregati riciclati e la relativa verifica della sostenibilità economica ed ambientale, attraverso una ricerca sperimentale realizzata in collaborazione con le imprese operanti nel settore edile. Gli aggregati riciclati derivanti dalla demolizione di strutture in calcestruzzo rappresentano una valida alternativa all'impiego di aggregati naturali nella produzione di calcestruzzo strutturale. Il loro utilizzo permette di operare nell'ottica di uno sviluppo equo e sostenibile attento al risparmio delle risorse e alla riduzione e al riutilizzo dei rifiuti. Il progetto MEISAR intende, inoltre, affiancare le attività del progetto del consorzio Sportium, selezionato per il nuovo Stadio del Cagliari Calcio, studiando la possibilità di impiegare le macerie derivanti dalla demolizione dello Stadio Sant'Elia per la costruzione delle opere in calcestruzzo di questa importante nuova opera.

Keywords: Gestione rifiuti, Riciclaggio, Nuovi materiali, Economia circolare, Sostenibilità

Il Progetto MEISAR “Materiali per l'Edilizia e le Infrastrutture Sostenibili: gli Aggregati Riciclati”

Il settore delle costruzioni attraverso l'uso intenso delle risorse naturali genera forti impatti sul territorio e un progressivo impoverimento della materia prima. Al fine di tendere verso una società europea del riciclaggio con un alto livello di efficienza delle risorse, la Commissione Europea ha, pertanto, ritenuto prioritario monitorare il flusso dei rifiuti provenienti dalle attività di costruzione e demolizione (CDW), fissando all'articolo 11 della Direttiva 2008/98/CE relativa ai rifiuti, uno specifico obiettivo di preparazione per il riutilizzo, il riciclaggio e altri tipi di recupero di materiale, incluse operazioni di colmatazione che utilizzano i rifiuti in sostituzione di altri materiali a fini di bonifica in aree escavate o per interventi paesaggistici. Tale obiettivo, posto pari al 70%, ad esclusione del materiale allo stato naturale definito al codice 170504 dell'elenco europeo dei rifiuti, dovrà essere raggiunto entro il 2020. Tra gli usi possibili per i CDW si segnala quello che prevede il trattamento granulometrico degli elementi derivanti dalla demolizione di opere in calcestruzzo per la produzione di Aggregati Riciclati (AR) da utilizzare per il confezionamento

di calcestruzzi, anche ad uso strutturale. L'impiego degli AR risale alla fine della seconda guerra mondiale, quando vi era una enorme quantità di edifici e strade demolite ed un forte bisogno sia di eliminare il materiale di rifiuto, sia di ricostruire. In tempi successivi, l'uso degli AR si è ridotto drasticamente: solo negli anni settanta gli Stati Uniti iniziarono a reintrodurre l'uso di AR per impieghi non strutturali, come materiale di riempimento e per le fondazioni. La questione è ancora oggi aperta ed è oggetto di approfonditi studi e ricerche applicate che vedono un fortissimo interesse da parte dell'intera società in tutti i Paesi del mondo.

È noto che le proprietà dell'aggregato riciclato siano decisamente influenzate dalla presenza della malta residua aderente, che ne determina prestazioni chimiche-fisiche-meccaniche inferiori rispetto all'aggregato naturale. La sostituzione nel calcestruzzo di aggregati naturali con AR produce una riduzione della resistenza alla compressione, della resistenza a trazione per flessione e del modulo elastico, probabilmente a causa della zona di transizione interfacciale indebolita dai residui di malta. Mentre la resistenza a trazione per splitting risulta equivalente o talvolta superiore. Le prove su elementi strutturali in calcestruzzo riciclato, in scala reale, dimostrano invece che la presenza di AR non influenza la loro capacità resistiva, come contrariamente risulta dalle prove sopra citate su provini standard di piccola dimensione (ad esempio cubi standard di lato 150 mm). Sebbene oggi non esistano impedimenti tecnico scientifici per il loro utilizzo, in realtà in Italia (e quindi anche in Sardegna), l'utilizzo di materiali provenienti dal recupero come AR è soggetto a forti ostacoli. Uno dei problemi principali riguarda i cantieri dei lavori pubblici e privati, dove spesso i capitolati sono una barriera insormontabile. Infatti, in molti capitolati è previsto l'obbligo di utilizzo di alcune categorie di materiali, nelle quali raramente si annoverano quelli provenienti dal riciclo. In questo quadro si colloca il progetto MEISAR: esso ha l'obiettivo di contribuire alla conoscenza della durabilità del calcestruzzo con inerti riciclati e la relativa verifica della sostenibilità economica ed ambientale del loro utilizzo. Il progetto si inserisce nell'azione del cluster Top-Down finanziato dalla Regione Autonoma della Sardegna attraverso: POR Sardegna FESR 2014/2020 - ASSE PRIORITARIO I "RICERCA SCIENTIFICA,

SVILUPPO TECNOLOGICO E INNOVAZIONE” Azione 1.1.4. Il censimento degli impianti di riciclaggio presenti in Sardegna, effettuata nell’ambito del Progetto MEISAR, ha finora mostrato come la maggior parte dei CDW riciclati siano destinati alla produzione di sottofondo stradale mentre allo stato attuale non viene separato alla fonte il materiale proveniente dalla demolizione di elementi in calcestruzzo e di altri elementi non in calcestruzzo. Tuttavia, l’eterogeneità del materiale presente negli impianti di riciclaggio in Sardegna non è sempre favorevole alla produzione di AR, frutto del trattamento di CDW derivanti dalla demolizione di opere in calcestruzzo. Questo primo risultato, riferito allo stadio del Cagliari, supporta il più ampio obiettivo del progetto MEISAR, sempre attraverso la sperimentazione e la certificazione degli AR, ovvero quello di sensibilizzare i produttori, gli enti pubblici e le imprese del settore delle costruzioni circa la loro validità tecnica, e che il loro utilizzo può produrre un valore aggiunto economico-ambientale con il relativo contenimento dell’impronta ecologica, soprattutto in occasione di progetti della portata dello stadio.

Il Progetto MEISAR e il nuovo Stadio di Cagliari

Il progetto MEISAR inquadra alcune sue attività nell’ambito degli studi propedeutici alla realizzazione del nuovo stadio per il Cagliari Calcio S.p.A., progetto vinto dal Consorzio Sportium con il quale è stata firmata una convenzione quadro con l’ateneo cagliaritano² (Figura 1).

² Concept vincitore: consorzio Sportium - esperta di urbanistica e sostenibilità ambientale
Ginevra Balletto DICAAR - Università di Cagliari - www.sportium.biz



Fig. 1 – Progetto Nuovo Stadio Cagliari – Consorzio Sportium

Il supporto che il Progetto MEISAR intende offrire ha lo scopo finale di fare in modo che i prodotti della demolizione dello Stadio Sant'Elia siano la principale sorgente di AR per la produzione di calcestruzzo strutturale di alta qualità da destinare alla costruzione delle opere di calcestruzzo del nuovo smart stadium. Il progetto MEISAR intende proporre buone pratiche da adottare in caso di demolizione con ricostruzione di opere pubbliche, nell'ambito della tanta auspicata economia circolare riferita alla rigenerazione urbana a basso impatto ambientale.

A maggio del 2018, nell'ambito del Progetto MEISAR, è stata avviata la verifica pre-demolizione dello Stadio Sant'Elia di Cagliari che finora ha previsto due importanti attività:

1. Sopralluoghi di mappatura dei potenziali CDW;
2. Campagna sperimentale sulle strutture esistenti in calcestruzzo armato presenti nello stadio, finalizzata alla caratterizzazione fisico meccanica del calcestruzzo da demolire, alla demolizione e restituzione di AR grossi con diametro compreso 4 - 16 mm e alla caratterizzazione degli aggregati riciclati grossi.

In accordo con il Comune di Cagliari, si è provveduto ad effettuare il campionamento mediante carotaggio sui plinti di fondazione dello stadio e sulle travi di sostegno del secondo anello (figura 2).

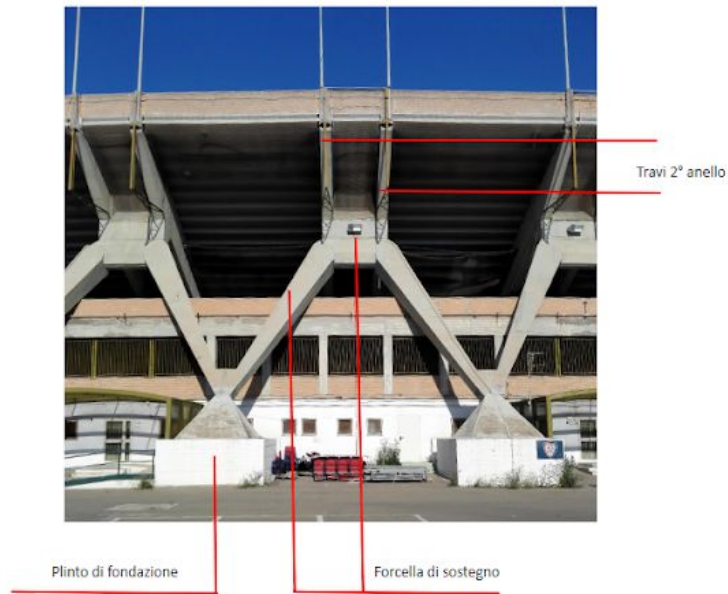


Fig. 2 – Vista Stadio S.Elia – Cagliari. Individuazione elementi da caratterizzare.

Altri elementi in calcestruzzo presenti nello stadio sono stati per ora esclusi dalla caratterizzazione per difficoltà oggettive nel prelievo di saggi e per motivi di sicurezza nel caso di parziale demolizione.

Il campionamento distinto dei due elementi strutturali è stato condotto per accertare le qualità del calcestruzzo e le eventuali differenze. Le carote estratte sono state lavorate presso il Laboratorio Prove Materiali del DICAAR per ottenere i provini da sottoporre a test di laboratorio, secondo la normativa vigente³.

La tabella 1 mostra i risultati della caratterizzazione meccanica

<i>Trave</i>	
<i>Parametro</i>	
Resistenza media a compressione	21.0 MPa
Modulo elastico secante medio	18042 MPa

³ UNI EN 12504-1, UNI EN 12390-1, UNI EN 12390-2 e UNI EN 12390-3

Resistenza media a trazione indiretta	1.49 MPa
Plinto	
<i>Parametro</i>	
Resistenza media a compressione	27,9 MPa
Modulo elastico secante medio	25335 MPa
Resistenza media a trazione indiretta	2,05 MPa

Tab. 1 – Risultati prove meccaniche

I risultati delle prove finora effettuate hanno confermato caratteristiche diverse dei calcestruzzi posti in opera nei blocchi di fondazione e nelle travi. Con l'ausilio di apposita impresa che ha aderito al Cluster del progetto MEISAR si è provveduto alla demolizione degli elementi sui quali sono stati effettuati i carotaggi al fine di produrre AR che verranno utilizzati per il confezionamento di calcestruzzo. La demolizione in sicurezza per un totale di circa 4 m³ (fondazioni e travi) è stata effettuata senza arrecare danno alle altre strutture. Gli AR così prodotti, separati in base all'elemento da cui sono stati prelevati (trave/plinto) sono sottoposti a tutte le prove previste nella norma UNI EN 12620: 2008 per apporre la marcatura CE livello 2+. Successivamente verranno definite le miscele ottimali di calcestruzzo riciclato, considerando la lavorabilità allo stato fresco, le prestazioni meccaniche allo stato indurito e la durabilità.

La caratterizzazione teorico-sperimentale fisico-meccanica dei calcestruzzi con aggregati riciclati ha lo scopo di valutare la loro competitività con i calcestruzzi ordinari in termini economici e di performance strutturale al fine di permettere il loro utilizzo nei capitolati d'appalto dei lavori di costruzione del nuovo stadio. I sopralluoghi effettuati hanno permesso di stimare una quantità complessiva di elementi in calcestruzzo pari a circa 10.000,00 metri cubi teorici (2.000,00 m³ plinti, 2.800,00 m³ travi di sostegno secondo anello, 2.100,00 m³ travi gradinate e 3.000,00 m³ forcelle di sostegno travi). Il piano di gestione dei rifiuti, che dovrà essere predisposto per la demolizione dello stadio Sant'Elia, dovrà contenere le informazioni su come verranno eseguite le varie fasi della demolizione: quali materiali saranno raccolti in modo selettivo alla fonte, dove e come saranno trasportati, quale sarà il riciclaggio, il riutilizzo o il

trattamento finale. Tale piano riguarda anche il modo di affrontare le questioni della sicurezza, nonché il modo di limitare gli impatti ambientali, tra cui la lisciviazione e la polvere.

Conclusioni

L'utilizzo di aggregati riciclati (AR) nel confezionamento del calcestruzzo costituisce un importante aspetto della sostenibilità dell'industria delle costruzioni. Il loro utilizzo potrebbe ridurre la quantità di prelievi naturali e di materiali da destinare in discarica, permettendo un risparmio di risorse e di spazi. Il progetto MEISAR focalizza la sua attenzione sui calcestruzzi confezionati con AR, con l'obiettivo di valutare le prestazioni sia dal punto di vista tecnico che economico e ambientale. La collaborazione con il consorzio Sportium, firmatario del nuovo progetto per lo stadio del Cagliari Calcio, rappresenta un'ottima opportunità per la sperimentazione di buone pratiche sostenibili, sia per gli enti pubblici che per gli operatori del settore in riferimento all'utilizzo delle materie prime seconde derivanti da demolizioni.

Bigliografia

- FURCAS C., BALLETO G. (2012) Construction and demolition debris management for sustainable reconstruction after disasters: Italian case studies. *Journal of Environmental Science and Engineering*. B, 1(7B), 865-901
- GHAFOURIAN K., ISMAIL S. & MOHAMED Z. (2018) Construction and Demolition Waste: Its Origins and Causes. *Advanced Science Letters*, 24(6), <https://www.legambiente.it/contenuti/dossier/rapporto-recycle-2017>, 4132-4137
- JONES M. L. (2017). *Sustainable event management: A practical guide*. Routledge
- OYENUGA A. A., & BHAMIDIMARRI R. (2017) Upcycling Ideas For Sustainable Construction And Demolition Waste Management: Challenges, Opportunities And Boundaries. *International Journal of Innovative Research In Science Engineering and Technology*, 6(2), 4067-6079
- OYENUGA A. A. & BHAMIDIARRI R. (2015) Sustainable Approach to Managing Construction and Demolition Waste: An Opportunity or a New Challenge?. *International*

Journal of Innovative Research in Science, Engineering and Technology, 4(11), 10368-10378

DAHLBO H., BACHÉR J., LÄHTINEN K., JOUTTIJÄRVI T., SUOHEIMO P., MATTILA T. & SARAMÄKI, K. (2015) Construction and demolition waste management—a holistic evaluation of environmental performance. *Journal of cleaner production*, 107, 333-341

YILMAZ T., ERCIKDI B. & DEVECI H. (2018) Utilisation of construction and demolition waste as cemented paste backfill material for underground mine openings. *Journal of environmental management*, 222, 250-259

BALLETTO G., MILESI A., MEI G., & MELONI N. (2005) *La pianificazione sostenibile delle risorse*. FrancoAngeli, 1-195

WOLFE S. D. & MÜLLER M. (2018) Crisis Neopatrimonialism: Russia's New Political Economy and the 2018 World Cup. *Problems of Post-Communism*, 65(2), 101-114

BALLETTO G., NAITZA S., MEI G., & FURCAS, C. (2015) Compromise between mining activities and reuse of recycled aggregates for development of sustainable local planning.(Sardinia). In *Third International Conference on Advances in Civil, Structural and Mechanical Engineering-CSM 2015*. SEEK Digital Library, 136-142

PANI L., FRANCESCONI L., CONCU G. (8-10 June 2011, Prague) “Influence of replacement percentage of recycled aggregates on recycled aggregate concrete properties” *Fib Symposium Prague 2011*, ISBN 978-80-87158-29-6, 1249-1252

PANI L., FRANCESCONI L., CONCU G. (27-29 May 2013, Tokyo) “Relation between Static and Dynamic Modulus of Elasticity for Recycled Aggregate Concrete”, *First International Conference on Concrete Sustainability*, ISBN 978-4-86384-041-6, 676-681

PANI L., BALLETO G., NAITZA S., FRANCESCONI L., TRULLI N., MEI G., FURCAS C. (30 September – 4 October 2013, S. Margherita di Pula, Cagliari) “Evaluation of Mechanical, Physical and Chemical Properties of Recycled Aggregates for Structural Concrete”, *Proceedings Sardinia 2013, Fourteenth International Waste Management and Landfill Symposium*. Publisher by CISA, Coop. Libreria Editrice Università di Padova, ISBN 9788862650281, ISSN 2282-0027, 482 (1-11)

CONCU G., DE NICOLO B., PANI L., TRULLI N., VALDES M. (February, 2014) “Prediction of Concrete Compressive Strength by Means of Combined Non-Destructive Testing” *Advanced Material Research (Volume 894) Cap. 2*, Edit by Zhihua and Jie Xu, DOI 10.4028/www.scientific.net/AMR.894.77, 77-91

FRANCESCONI L., PANI L., STOCHINO F. (2016) “Punching shear strength of reinforced recycled concrete slabs” *Construction and Building Materials* 127 (2016), <http://dx.doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2016.09.094> 0950-0618/ 2016, 248–263

PANI L., FRANCESCONI L., STOCHINO F., MISTRETTA F. (27-28 Ottobre 2016, Roma) “Experimental study on cracking of reinforced recycled concrete slabs” *Proceeding Italian Concrete Days Giornate aicap 2016 Congresso CTE*, ISBN 978-88-99916-02-2, 105-112