

# L'USO INTEGRATO DI LCA E GIS PER FAVORIRE IL RIUSO E LA VALORIZZAZIONE DEGLI SCARTI/RIFIUTI PRE-CONSUMO PROVENIENTI DAL SETTORE INDUSTRIALE

Marco Migliore<sup>1,\*</sup>, Andrea Campioli<sup>1</sup>, Monica Lavagna<sup>1</sup>,  
Ilaria Oberti<sup>1</sup>, Giancarlo Paganin<sup>2</sup>, Cinzia Talamo<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura, Ingegneria delle Costruzioni e Ambiente Costruito – ABC, Milano.

<sup>2</sup> Politecnico di Milano, Dipartimento di Architettura e Studi Urbani – DASTU, Milano.

**Sommario** – Il riuso e la valorizzazione degli scarti/rifiuti pre-consumo provenienti dall'estrazione/coltivazione della materia prima e da attività di tipo industriale sono alla base delle strategie che mirano a favorire scenari di economia circolare funzionali all'ottenimento di obiettivi come: attivazione di sinergie industriali (scarti/rifiuti come materia prima seconda), riduzione del consumo di risorse vergini, tutela del territorio (riduzione dell'accrescimento delle discariche e minor impatto sul territorio) e miglioramento del profilo ambientale del prodotto. Questi obiettivi possono essere raggiunti perseguendo diverse strategie, tutte necessitanti sia di un'adeguata base informativa sia della condivisione di conoscenze e procedure valutative di scenari alternativi. Da questi presupposti è stata sviluppata la ricerca presentata nel testo che si basa sulla convinzione che, attraverso una conoscenza approfondita degli scarti/rifiuti, delle possibili strategie di riuso/riciclo e degli impatti connessi a tali processi, si possano attivare meccanismi virtuosi finalizzati al miglioramento ambientale. La ricerca, basandosi sul valore dell'informazione e della conoscenza sia degli scarti sia degli impatti ambientali ad essi collegati (relativi al loro smaltimento sul territorio e in alternativa ai processi di riuso/riciclo), ha portato alla strutturazione di una banca dati per la sistematizzazione delle informazioni relative agli scarti/rifiuti pre-consumo e di un prototipo di mappature GIS per la contestualizzazione sul territorio degli impatti ambientali valutati tramite LCA. La banca dati è stata costruita con lo scopo di rendere trasparenti processi e flussi di produzione, in modo da poterli interpretare e governare con l'obiettivo di individuare scenari industriali sostenibili basati sulla valorizzazione della materia prima seconda. Le mappature GIS hanno invece lo scopo di contestualizzare sul territorio gli impatti per studiarli e identificare margini di miglioramento attraverso il confronto di attività affini. Nel paper si farà spesso riferimento al caso studio maggiormente approfondito che è quello relativo alla filiera della pietra naturale, individuato per la sua stretta relazione con il contesto (si tratta di attività che impattano in modo significativo soprattutto sul territorio dove sono localizzati i siti estrattivi e pertanto gli impatti risultano più percepibili) e la sua ingente produzione di scarti/rifiuti pre-consumo.

**Parole chiave:** economia circolare, valorizzazione scarti/rifiuti pre-consumo, territorio, LCA, GIS.

## THE INTEGRATED USE OF LCA AND GIS IN ORDER TO FACILITATE REUSE AND ENHANCEMENT OF PRE-CONSUMER SCRAP/WASTE COMING FROM INDUSTRIAL SECTOR

**Abstract** – The re-use and the valorisation of pre-consumer waste coming from the extraction/cultivation of the raw material and from industrial activities, represent strategies to promote circular economy scenarios aimed at achieving objectives such as: activation of industrial synergies (waste/scrap as secondary raw materials), reduction of the use of virgin resources, land protection (decrease in the growth of landfills and lower impact on the territory), and improvement of the product environmental profile. These goals can be achieved by pursuing different strategies, all requiring an adequate information base, knowledge sharing and procedures for the evaluation of alternative scenarios. On these premises, the research is based on the belief that through a deep knowledge of scraps/waste, of the possible reuse/recycling strategies and their related impacts, it is possible to establish virtuous mechanisms for the environmental improvement. The research, based on the value of information and knowledge about scraps/waste and their environmental impacts (related to their disposal in the territory or to reuse/recycling processes), led to the structuring of a database for the systematization of information concerning waste/pre-consumer scraps and a prototype of GIS maps for the contextualization on the territory of the environmental impacts assessed by means of the LCA. The database was built with the aim to make transparent the production processes and material flows, so that they can be interpreted and managed with the goal of identifying sustainable industrial scenarios based on the valorisation of secondary raw material. The GIS maps, on the other hand, aim to contextualize on the territory the impacts in order to study them and to identify room for improvement by comparing similar activities. In the paper we will often refer to more thorough case study which is related to the natural stone production, identified for its close relationship with the territory and its massive production of scraps and pre-consumer waste.

**Keywords:** circular economy, pre-consumer scraps/waste valorization, territory, LCA, GIS.

\* Per contatti: via Ponzio 31, 20133 Milano. Tel. 02.23995172, fax 02.987654321, marco.migliore@polimi.it.

Ricevuto il 24-3-2017. Modifiche sostanziali richieste il 4-5-2017. Correzioni richieste il 14-7-2017. Accettazione il 21-7-2017.

## 1. INTRODUZIONE

La continua crescita dell'economia mondiale e la crescente richiesta di beni ha portato negli anni ad interrogarsi sulla capacità dell'ambiente di tollerare l'impatto generato. Alla fine degli anni '80 l'ONU pubblicava il Rapporto "Our common future" (ONU – WCED, 1987), noto anche come Rapporto Brundtland, in cui per la prima volta venne introdotto il concetto di sviluppo sostenibile e si pose l'attenzione sulle implicazioni tra i bisogni del presente e le possibilità delle generazioni future. La criticità di questo problema è percepibile anche attraverso lo studio dei dati dell'indagine annuale del Global Footprint Network sull'Earth Overshot Day (Global Footprint Network, 2016). Il dato allarmante che ne emerge è che ogni anno l'umanità esaurisce le risorse disponibili in sempre meno tempo: si è stimato che dagli anni '70 del secolo scorso ad oggi si sia verificato un aumento dei consumi superiore al 150%, condizione che ha imposto dei radicali ripensamenti circa la gestione del capitale naturale. Questa consapevolezza è divenuta nel tempo sempre più centrale nelle politiche internazionali sullo sviluppo sostenibile e in ambito Europeo sono state compiute diverse azioni (Programmi Ambientali, Programmi LIFE, etc.) e prodotte diverse comunicazioni (E/COM 2015, COM 614/2015; E/COM 2014, COM 398/2014; E/COM 2011, COM 571/2011; E/COM 2011, COM 21/2011) per orientare e guidare la transizione verso forme di economia circolare. In merito ai Programmi Life è interessante osservare come siano cresciuti i contributi finanziari messi a disposizione per sperimentare nuove strategie per il contenimento del consumo delle risorse e come molte aziende si stiano impegnando nel promuovere rinnovamenti strutturali nelle filiere produttive che prevedono il recupero e la valorizzazione dello scarto prodotto e/o dello scarto/rifiuto pre-consumo derivante da altre filiere produttive (LIFE 2014, ENV/IT/000801; LIFE 2013, ENV/IT/001225).

Tutti questi spunti convergono nella direzione di promuovere una crescita economica conciliandola con la tutela dell'ambiente, soprattutto nei paesi più industrializzati, dove la dematerializzazione dell'economia è diventata una prassi sempre più perseguita con politiche aziendali green e vicine all'ambiente che stanno generando un cambiamento positivo della condizione attuale. Secondo il rapporto del World Bank Group del 2014 l'ambiente può essere considerato un mercato emergente, motore di traino verso nuove forme di cre-

scita e sviluppo e pertanto meritevole di investimenti economici strutturali (World Bank Group, 2014). La salvaguardia dell'ambiente deve infatti essere vista come un incentivo all'affermazione in nuovi settori e alla riqualificazione di quelli tradizionali, e le forme per attuare questi scenari di sviluppo comprendono anche la gestione delle risorse e la valorizzazione e il recupero degli scarti/rifiuti. Questo argomento è diventato il focus della ricerca che viene presentata approfondendo in particolare la connessione tra scarti/rifiuti e territorio di produzione, con l'obiettivo di individuare forme di gestione innovative che possano indurre ad un semplice e immediato recupero dei materiali di scarto, attraverso il contributo integrato del Life Cycle Assessment e l'uso delle mappature GIS. L'Analisi del Ciclo di Vita è uno strumento in grado di valutare gli attuali impatti di estrazione-produzione-dismissione e i potenziali miglioramenti ottenibili attraverso scenari di riciclo/riuso, a supporto delle scelte strategiche dei decisori (investitori, istituzioni locali). La contestualizzazione tramite GIS delle potenziali risorse (scarti/rifiuti) e degli impatti rappresenta uno degli obiettivi principali che il lavoro di ricerca ha inteso approfondire e avvalorare per favorire il riuso e la valorizzazione della materia prima seconda rintracciabile tra gli scarti/rifiuti pre-consumo derivanti da diversi settori industriali. Si ricorda che il paper costituisce un estratto di un lavoro di ricerca più ampio, pertanto verranno descritti solo alcuni dei risultati raggiunti.

## 2. MATERIALI E METODI

### 2.1. Premessa sulla metodologia

Il metodo adottato per la strutturazione del lavoro di ricerca assume come centrali i principi dell'economia circolare e dell'eco-innovazione (CIP, 2012), e pertanto vede negli scarti pre-consumo una fonte potenziale di materia prima seconda (Al Zubaidi et al., 2013; Her Yung et al., 2013; Madurwar et al., 2013; Pacheco-Torgal e Jalali, 2010; Turgut, 2008) sfruttabile sia nella filiera di origine sia nell'ambito di filiere produttive totalmente differenti. Appare quindi evidente che per gli scarti/rifiuti pre-consumo esistano un'offerta e una potenziale domanda che possono essere efficacemente messe in comunicazione per attivare sinergie industriali, anche aprendosi a nuove filiere produttive. In alcuni settori tale meccanismo di relazione tra domanda e offerta è stato già avviato e ha

innescato un'innovazione che non riguarda solo il prodotto, ma anche il processo e il servizio di gestione degli scarti. L'approccio adottato è basato su una logica di sistema che si sviluppa attribuendo valore a tutte le variabili del processo produttivo, sia alle azioni che ai materiali, individuando punti deboli e aspetti che possono essere oggetto di miglioramento. In questa linea di pensiero, il processo produttivo di un qualunque oggetto non è stato più considerato come un semplice susseguirsi di azioni (Bistagnino L., 2011) ma viene visto nella sua totalità e in relazione agli altri sistemi interconnessi, con lo scopo di rendere risorsa lo scarto/rifiuto e di creare nuove sinergie industriali (Sala S. e Castellani V., 2011). Lo scarto/rifiuto valorizzato come materia prima seconda viene quindi immesso nella filiera di origine o in altre filiere, a seguito di uno studio di fattibilità che tiene conto di alcuni fattori fondamentali quali, ad esempio, raggio di efficacia del trasferimento della risorsa o ricadute derivanti dal suo riuso/riciclo.

## 2.2. Descrizione della metodologia

L'approccio adottato è di natura trasversale e coinvolge competenze e settori diversi favorendo: l'aumento delle possibilità di recupero, la condivisione delle informazioni, la contestualizzazione degli impatti sul territorio e l'attivazione di possibili scenari di innovazione industriale (sia per i processi produttivi che per la realizzazione di nuovi prodotti). Le fasi di lavoro sono state quattro:

- a) (fase 1) definizione di una banca dati dei flussi materici (materia prima e scarti/rifiuti) con lo scopo di rendere noti quantitativi, tipologie e caratteristiche (chimiche, fisiche, morfologiche, etc.) degli scarti/rifiuti generati su uno specifico territorio (Fig. 1);
- b) (fase 2) valutazione degli impatti relativi alla estrazione-produzione-smaltimento di scarti/rifiuti e valutazione degli scenari di riduzione degli impatti associata ai processi di riuso/riciclo, condotta con il metodo di valutazione dell'Analisi del Ciclo di Vita. In particolar modo la procedura utilizzata per l'applicazione del metodo LCA ha previsto di individuare come unità funzionale la tonnellata di prodotto commerciabile. Nel caso di scenario di riuso/riciclo degli scarti/rifiuti, l'allocation degli impatti è stata fatta suddividendoli in base al peso e in base al costo tra prodotto principale in uscita (nel caso più approfondito relativo alla filiera della pietra naturale è risultato essere il blocco di pietra commerciabile) e co-prodotti (scarti/rifiuti riciclati/riusati). Le categorie di impatto selezionate riguardano l'esaurimento delle risorse naturali vergini, il consumo di energia non rinnovabile, il consumo di acqua, il cambiamento climatico, la distruzione dello strato di ozono, l'acidificazione, l'eutrofizzazione, la formazione di ossidanti fotochimici (in conformità alla EN 15804 sui prodotti edilizi) e il consumo di suolo (particolarmente rilevante nei processi di estrazione e stoccaggio dei rifiuti).

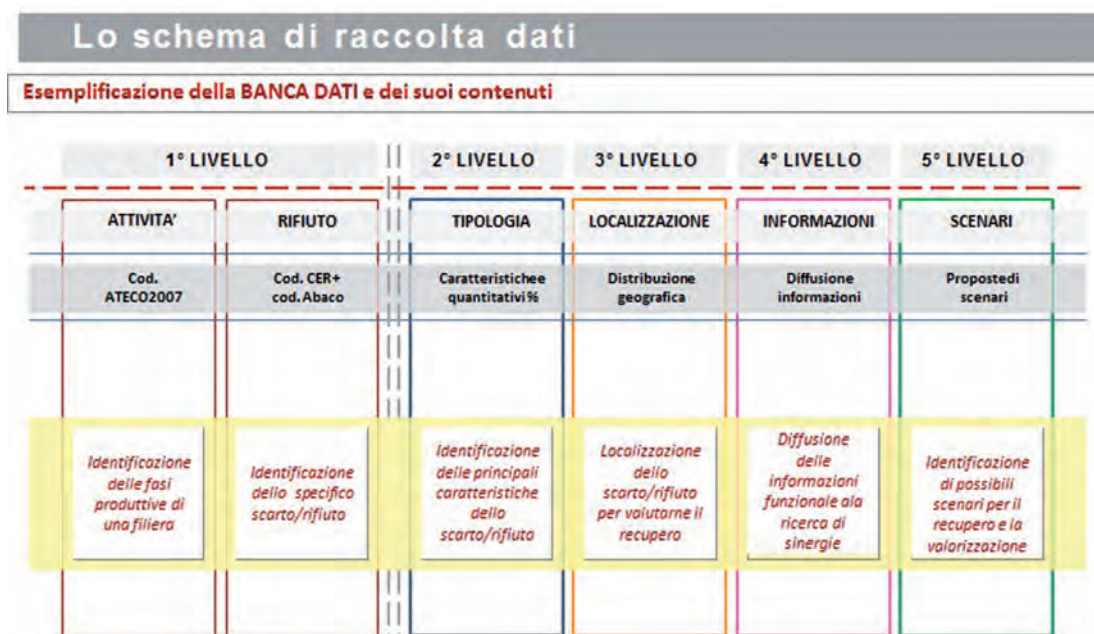


Figura 1 – Schema logico del sistema di raccolta dati nella banca dati delle informazioni sugli scarti/rifiuti



Figura 2 – Estratto della banca dati (2° livello – caratterizzazione dello scarto). Descrizione della filiera di riferimento (suddivisione nelle principali fasi produttive secondo Ateco 2007/NACE rev 2) e definizione dei principali flussi materici di scarto/rifiuti derivabili (classificazione secondo Catalogo CER e attributi specifici)

- c) (fase 3) contestualizzazione degli impatti valutati con il metodo LCA sul territorio attraverso la realizzazione di mappature tematiche, prodotte attraverso software GIS.
- d) (fase 4) individuazione di possibili scenari di miglioramento ambientale, basati sul riuso e sulla valorizzazione dello scarto/rifiuto come materia prima seconda. In questa fase si operano dei confronti LCA tra possibili filiere funzionali per stimare il rapporto tra l'impatto indotto dall'attivazione di nuove filiere e/o incremento di produzioni esistenti e l'impatto evitato dai processi di riuso/riciclo.

### 2.3. Applicazione della metodologia al caso studio della pietra naturale

Per meglio chiarire gli aspetti relativi all'applicazione della metodologia proposta, si è scelto di esplicitarlo attraverso l'applicazione al caso studio della pietra naturale, maggiormente approfondito in forza dell'elevato quantitativo di scarti/rifiuti pre-consumo prodotti e ricadenti sul territorio di estrazione/coltivazione e nello specifico sul bacino marmifero di Apricena (FG).

La definizione della banca dati (Migliore et al., 2014; 2015a; 2016a) rappresenta il punto di partenza della ricerca poiché senza una adeguata conoscenza delle filiere e dei materiali coinvolti non

è possibile proporre scenari di miglioramento realistici e perseguibili (Fig. 2, Fig. 3 e Fig. 4). Le informazioni raccolte hanno infatti lo scopo di porre le basi per mettere in comunicazione offerta e potenziale domanda di rifiuti pre-consumo, potenzialmente riusabili/riciclabili, per attivare meccanismi virtuosi di economia circolare.

In merito alla banca dati (che resta l'elemento fondamentale per l'attivazione di scenari strategici di miglioramento) è opportuno chiarire due aspetti fondamentali, il primo è quello relativo alla gestione della banca e il secondo è quello relativo al suo aggiornamento. Questi due aspetti sono di fondamentale importanza per il funzionamento del sistema proposto, pertanto si è riconosciuto nelle autorità di distretto, le unità competenti sia per la gestione che per l'aggiornamento dei dati. Attribuen-do loro questo incarico viene superato il problema della divulgazione dei dati sensibili e viene semplificata la procedura di collocazione dello scarto/rifiuto come materia prima seconda in altre filiere/distretti. La relazione tra i diversi distretti potrà rappresentare infatti lo step iniziale per creare un network organizzato a scala più estesa, capace di coinvolgere diverse filiere produttive, amplificandone le potenzialità.

L'individuazione dei set informativi capaci di descrivere gli scarti/rifiuti provenienti da processi produttivi riguardanti vari settori merceologici, in re-



Figura 3 – Estratto della banca dati (3° livello – contestualizzazione dello scarto). Contestualizzazione geografica della disponibilità di scarto/rifiuto rispetto alla specifica filiera di riferimento e alla specifica tipologia di scarto/rifiuto



Figura 4 – Estratto della banca dati (4° livello – esperienze condotte). Raccolta delle informazioni relative a progetti condotti e/o in corso circa la possibilità di recupero dello specifico scarto/rifiuto selezionato

lazione alle loro diverse caratteristiche (chimiche, fisiche, morfologiche-dimensionali, energia incorporata, impatto ambientale in termini di CO<sub>2</sub> equivalente, etc.), rappresenta un passaggio cruciale per poter dare funzionalità al sistema proposto. Come è stato già detto l'assenza di informazioni rende difficile ogni forma di scambio materico e

non favorisce il relazionarsi dei diversi soggetti potenzialmente coinvolgibili; agevolare queste relazioni può certamente contribuire a semplificare i trasferimenti di materia e l'attivazione di forme di collaborazione sinergiche. Sebbene già da questa fase della ricerca sia possibile prefigurare scenari di recupero e valorizzazione, tuttavia per ve-

rificarne la validità e l'efficacia si è ricorsi al contributo (Lavagna, M. 2008) del Life Cycle Assessment (aspetto ambientale) e del Life Cycle Costing, lo strumento per valutare l'aspetto economico (non approfondito in questo paper) per comprendere il bilancio costi/benefici derivante dalle operazioni di recupero e/o riciclo della materia di scarto, approccio descritto nella fase 3 del lavoro. Per quanto riguarda l'applicazione del metodo LCA si faccia riferimento a quanto descritto nel paragrafo 2.2 al punto b relativo alla fase 2, si ricorda che lo scopo del paper non è fornire gli esiti della valutazione LCA ma il potenziale che emerge dall'integrazione delle diverse metodologie utilizzate.

Nella terza fase della ricerca si è proposta una contestualizzazione sul territorio (Blengini e Garbarino, 2010) degli impatti generati dalle attività industriali con il duplice scopo di sensibilizzare le amministrazioni locali e/o gli enti gestori dello sviluppo industriale (distretti, associazioni, consorzi, etc.) ad intervenire in modo propositivo per il miglioramento ambientale e, in secondo luogo, consentire di operare confronti tra gli impatti generati da aziende simili, permettendo di individuare disfunzioni o non ottimizzazioni dei processi produttivi. L'approccio adottato è stato quello di riferire all'area dei siti di produzione i relativi impatti derivanti sia dalle lavorazioni che dalla produzione dei rifiuti, con lo scopo di poter operare confronti strategici. Si è riscontrato ad esempio che, riferendo queste mappature alle cave di pietra naturale (Migliore et al., 2015b; 2016b), è possibile segnalare la presenza di cave in cui una ottimizzazione delle lavorazioni può

contribuire ad una radicale riduzione degli impatti (situazione che potenzialmente è in grado di generare sia vantaggi ambientali che economici). Tale riflessione è nata dal fatto che il confronto operato tra cave affini (estrazione dello stesso litotipo, o di litotipo simile) ha evidenziato delle differenze sostanziali (percentuali divergenti sia dal punto di vista delle emissioni, che dal punto di vista dello scarto) giustificabili o con fattori naturali (bancate difettate, litotipi più fragili, morfologia della cava, etc.) o con fattori legati a scelte industriali (tipologia di sbancamento, tipologia di estrazione, sistema di movimentazione interno, etc.). Pertanto sulla base di queste premesse sono state operate delle valutazioni utilizzando i principali indicatori di impatto ambientale, già descritti e argomentati nel paragrafo 2.2 all'interno fase 2 della metodologia adottata. L'esito è stato quello di poter comprendere cosa accade nei diversi siti (Fig. 5), permettendo al valutatore e/o al decisore (industriale, politico o locale) di identificare dinamiche produttive non ottimizzate e/o di proporre sistemi innovativi per il contenimento degli impatti. Per esempio, se si fa riferimento allo sbancamento di cava, il passaggio dalla miccia detonante alla tagliatrice a catena comporta una notevole riduzione del materiale di scarto, oltre ad una sensibile riduzione dell'impatto ambientale (Martina, A., 2008). Secondo lo stesso approccio anche le aree di stoccaggio dei rifiuti (le cosiddette discariche litoidi) sono state valutate mettendo in evidenza due aspetti fondamentali: l'indice di accrescimento e l'impatto generato dalla sua gestione. Il primo aspetto mette in luce quanto materiale di scarto non valorizzato fi-



Figura 5 – Mappature sull'area dei giacimenti del livello di emissioni correlate agli impatti di distruzione dello strato stratosferico di ozono e di consumo di energie non rinnovabili. La visualizzazione LCA su GIS permette di vedere come l'impatto sia differente nelle diverse aree, situazione imputabile alle diverse tecnologie di estrazione usate e alla diversa tipologia di litotipo estratta

nisce in discarica e lo contestualizza, quest'ultimo fattore diviene fondamentale per poter trasformare le discariche in hub di raccolta temporanei e non di stoccaggio permanente. Il secondo aspetto mette invece in evidenza gli impatti derivati dallo smaltimento in discarica e la pressione ambientale esercitata sul territorio dalla continua alimentazione delle discariche.

L'ultima fase della ricerca è stata rivolta all'interpretazione dei dati raccolti e delle valutazioni fatte con lo scopo di agevolare, attraverso l'accesso alla conoscenza da parte di una molteplicità di soggetti, l'individuazione di possibili usi alternativi degli scarti/rifiuti e la definizione di processi trasformativi che possono essere attivati, a filiera breve e a bacino locale definito, per la realizzazione di prodotti industriali o di elementi e sistemi costruttivi per l'industria delle costruzioni. L'obiettivo è quello di delineare possibili scambi di materia prima seconda, basati sul recupero (Hidalgo et al., 2014) intersettoriale dello scarto di produzione e della sua valorizzazione (favorire l'up-cycling rispetto al down-cycling). In questi termini si possono porre le basi per la costruzione di filiere governate dai principi dell'ecologia industriale e in particolar modo è stata posta l'attenzione sull'analisi del fattore "impatto indotto/impatto evitato" relativo alla massima distanza entro cui possono essere spostati gli scarti/rifiuti (Rajput et al., 2012). È infatti evidente che è possibile creare scambi di risorse tra settori eterogenei, aspetto di fondamentale importanza per avvicinare gli ecosistemi industriali a quelli naturali (Lowe, 2011).

Gli scenari derivano sia dall'analisi di esperienze affini italiane ed estere già condotte, sia da una comparazione delle caratteristiche degli scarti (grezzi e/o trattati) con quelle di materie prime vergini, tipicamente utilizzate in alcune filiere produttive. In una prima fase della ricerca i settori esplorati sono stati quelli che si ritiene possano più facilmente fornire materia prima seconda all'edilizia; si rammenta che per favorire un riuso sistematico è opportuno che il materiale oggetto del recupero abbia caratteristiche note e produzione costante. È difficile pensare a forme di economia circolare e di trasferimento di materia prima seconda se la produzione di quest'ultima risulta essere intermittente e di diversa natura. A tal proposito, si è sottolineato più volte che lo studio si rivolge soprattutto allo scarto/rifiuto pre-consumo, poiché non ancora corrotto da lavorazioni che ne altererebbero le sue caratteristiche fisiche e meccaniche.

### 3. RISULTATI

Un primo esito della ricerca è stato quello di fornire un supporto per contribuire al miglioramento ambientale mettendo in evidenza scenari industriali possibili e praticabili, che potrebbero attivare economie circolari alla scala locale. In particolar modo emerge che un aspetto cruciale per garantire risultati concreti è dato dall'effettiva collaborazione di soggetti diversi, accomunati dalla volontà di procedere al rinnovamento delle produzioni e dalla riconosciuta importanza della necessaria condivisione di intenti. In questi termini è infatti opportuno rimarcare che forme organizzate di network industriali eco-smart rappresentano una prospettiva imprescindibile per il successo delle strategie proposte. In riferimento alle ipotetiche realtà industriali che possono essere coinvolte con interesse comune all'eco-innovazione, è emerso che i distretti industriali (Cavallo et al., 2012; Majocchi, 2010; Beccattini, 2007; Caroli e Fratocchi, 2002) sono attualmente delle entità organizzate dall'elevato potenziale e ascendente sul tema. Questi nascono per raccogliere esigenze, assecondare forme di sviluppo e garantire benefici comuni.

Riportando l'attenzione sulla ricerca è invece evidente come la mappatura sul territorio (Dong et al., 2008; Kozak et al., 2008, Liu et al., 2014) degli impatti (calcolati attraverso l'Analisi del Ciclo di Vita) e dei flussi materici rappresenti un'innovazione sostanziale, poiché il governo dei processi attuato ad ampia scala permette di avere un quadro completo delle relazioni instaurate e/o instaurabili che possono portare a miglioramenti percepibili sia alla scala locale che alla scala globale. Se si fa riferimento al caso della filiera produttiva della pietra naturale (il caso di studio particolarmente approfondito nella ricerca è quello del bacino marmifero di Apricena – FG, secondo a livello nazionale in termini estrattivi) emergono diversi aspetti interessanti circa l'utilizzo delle mappature GIS. La lettura delle infrastrutture (Fig. 6 e Fig. 7) rappresenta una prima lettura di fondamentale importanza da fare sul territorio, poiché permette di identificare strategie migliorative che interessano il trasporto o le modalità di spostamento dei materiali dalla cava alle rispettive destinazioni locali ed extra-regionali.

Per meglio chiarire le potenzialità del sistema messo a punto, si fa riferimento al caso studio della pietra naturale, e riportando l'attenzione alla specifica area dei giacimenti (cave e discariche litoidi) pos-



Figura 6 – Identificazione sul territorio dei tracciati viari che si collocano nei dintorni dell'area dei giacimenti marmiferi del Comune di Apricena – FG (mappatura estratta dal SIT di Regione Puglia)



Figura 7 – Identificazione sul territorio dei tracciati ferroviari che si collocano nei dintorni dell'area dei giacimenti marmiferi del Comune di Apricena – FG (mappatura estratta dal SIT di Regione Puglia)



Figura 8 – Mappatura sul territorio delle aree di cava



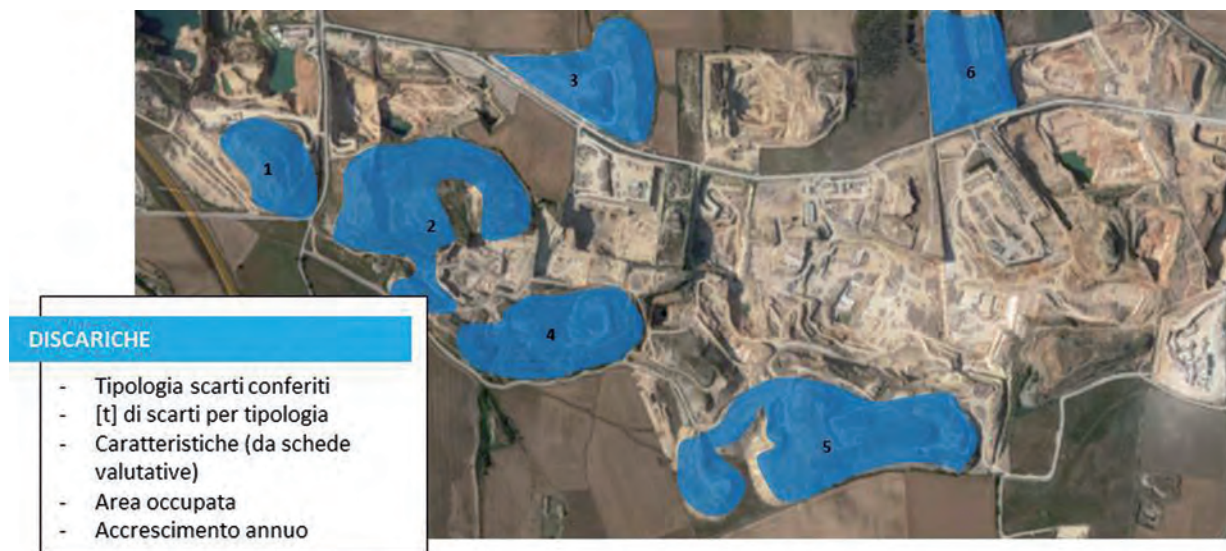


Figura 9 – Mappatura sul territorio delle aree destinate allo stoccaggio degli scarti/rifiuti (discariche litoidi)

sono essere fatte letture più specifiche. Mappando sul territorio le cave (Fig. 8), gli scenari desumibili forniscono informazioni su:

- a) litotipi estratti – dato funzionale a stimare le % di litotipi estratti per poter monitorare l'andamento delle produzioni e della presenza di materiale, anche per indagini previsionali sulla presenza di litotipi simili;
- b) quantitativo di materiale estratto – dato funzionale alle statistiche di mercato del distretto lapideo, e come dato di controllo (da parte delle autorità competenti: Regione, Provincia, Distretto, etc.) dello sfruttamento in corso sul territorio;
- c) % di prodotto generato in cava – dato funzionale a stimare l'efficienza produttiva della cava e per motivare ulteriori indagini approfondite sugli specifici processi estrattivi (dagli studi condotti potrebbe emergere che cave affini abbiano lo stesso impatto ambientale ma indici produttivi completamente differenti, tale circostanza deve indurre ad un ripensamento della filiera e all'individuazioni delle cause che portano all'uno e all'altro risultato).
- d) % di scarto generato in cava – dato funzionale a stimare l'efficienza produttiva della cava e per motivare ulteriori indagini approfondite sugli specifici processi estrattivi;
- e) produttività della cava – espressa attraverso il rapporto: tonnellate di prodotto/tonnellate di scarto;
- f) caratterizzazione dello scarto – dato funzionale a compiere indagini volte ad ottenere previsioni sui quantitativi e sulle specificità di scarto a fronte di strategie culturali differenti.

Mappando sul territorio le aree destinate allo stoccaggio di scarti/rifiuti (Fig. 9), gli scenari desumibili dalla valutazione possono fornire dati su:

- a) tipologia di scarti conferiti in discarica – il riconoscimento della tipologia di scarti conferiti in discarica è funzionale agli eventuali scenari strategici di recupero sistematico dello scarto;
  - b) tonnellate di scarti conferiti – il dato serve come base per poter costruire scenari di recupero dello scarto (sulla base dei quantitativi in arrivo è possibile costruire flussi in uscita verso nuove filiere, costanti e attendibili nel tempo);
  - c) tonnellate di scarti conferiti per tipologia – il dato è utile a favorire scenari strategici di recupero;
  - d) area occupata dalla discarica – il dato è utile per monitorare la presenza di cave e la loro estensione sul territorio;
  - e) accrescimento annuo stimato – il dato è funzionale a poter fare delle previsioni su quanto materiale di scarto effettivamente doveva essere destinato alla discarica;
  - f) accrescimento annuo effettivo – il dato è funzionale a poter fare delle statistiche su quanto materiale di scarto effettivamente è stato conferito in discarica e sulla capienza della discarica.
- Mettendo a confronto le informazioni derivanti dalla lettura sul territorio delle cave e delle discariche (Fig. 10), possono essere acquisite informazioni su:
- a) coefficiente di occupazione del suolo: il coefficiente è utile per poter monitorare il tasso di occupazione del suolo da parte delle diverse atti-



Figura 10 – Mappatura delle cave attive e delle discariche litoidi

- attività produttive che si stabiliscono sul territorio (non necessariamente solo cave e discariche, ma anche segherie e laboratori di lavorazione);
- b) monitoraggio delle aree interessate dall'attività di cava: attraverso una mappa aggiornata è possibile monitorare il territorio, e verificare che le cave autorizzate siano in produzione e che non vengano aperte cave in maniera illegale;
- c) rapporto % tra la presenza di cave e discariche: il dato è utile ai fini statistici anche per motivare politiche di recupero dello scarto e di miglioramento ambientale in generale.

#### 4. CONCLUSIONE

La ricerca condotta dal gruppo di ricerca del Dipartimento ABC del Politecnico di Milano sul tema del recupero degli scarti/rifiuti come materia prima seconda, ha messo in evidenza le potenzialità insite nel recupero e le molteplici applicazioni e prospettive che possono essere aperte sul tema attraverso processi di condivisione della conoscenza. Per rispondere alle nuove esigenze ambientali è necessario che i tradizionali sistemi economici e produttivi si orientino nella direzione dell'economia circolare, condizione promossa e supportata dalle numerose iniziative comunitarie sul tema; inoltre da questa linea di ricerca si possono aprire nuovi scenari in grado di incentivare forme di innovazione, sia radicali che incrementali, utili a riattivare i mercati e a favorire nuove forme di competitività finalizzate alla tutela dell'ambiente e al rilancio delle produzioni in una

logica sempre più orientata alla green economy. Appare tuttavia evidente che lo studio può essere ampliato comprendendo innumerevoli filiere e incrementando il numero di possibili riusi e trasferimenti di materia. La banca dati si presenta quindi come una facilitazione alla messa in relazione dell'offerta di materia prima seconda con la potenziale domanda.

Nello specifico la ricerca ha anche messo in evidenza come l'approccio integrato tra valutazioni LCA e sistemi GIS renda trasparenti, nelle sue parti più sensibili, alcuni processi produttivi, ponendo le basi per poterli confrontare e riconfigurare secondo logiche più sostenibili. Una visione d'insieme delle realtà produttive apre ad una diversa forma di coinvolgimento dei diversi soggetti che interagiscono nelle realtà produttive. Rendere loro evidenti le caratteristiche dei processi rappresenta un chiaro segno di passaggio verso una logica di sistema in cui tutti i passaggi e le connessioni presenti diventano importanti e possono dare luogo a significativi miglioramenti.

#### 5. RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Al Zubaidi R., Barakat S. e Altoubat S. (2013) Effects of adding brass byproduct on the basic properties of concrete, *Construction and Building Materials*, No. 38, pp. 236-241.
- Beccattini G. (2007) *Il calabrone Italia: ricerche e ragionamenti sulla peculiarità economica italiana*, Bologna. il Mulino.
- Bistagnino L. (2011) *Design Sistemico. Progettare la sostenibilità produttiva e ambientale*, Slow Food, Milan, Italy.

- Blengini G. e Garbarino E. (2010) Resources and waste management in Turin (Italy): the role of recycled aggregates in the sustainable supply mix, *Journal of Cleaner Production*, Vol. 18, No. 10-11, pp. 1021-1030.
- Caroli G. e Fratocchi L. (2002) Nuove tendenze nelle strategie di internazionalizzazione delle imprese, Franco Angeli Editore, Milano.
- Cavallo M., Degli Esposti P. e Konstantinou K. (2012) Green marketing per le aree industriali. Metodologie, strumenti e pratiche, Franco Angeli Editore, Milano.
- CIP (2012) "Entrepreneurship and Innovation Programme – EIP Performance Report".
- Dong J., Zhuang D., Xu X. e Ying L. (2008) Integrated Evaluation of Urban Development Suitability Based on Remote Sensing and GIS Techniques – A Case Study in Jingjinji Area, China. *Sensors* 2008, 8, 5975-5986.
- E/COM (2015) COM 2015/614 final, "L'anello mancante – Piano d'azione dell'Unione europea per l'economia circolare", 2-23.
- E/COM (2014) COM 2014/398 final, "Towards a circular economy: A zero waste programme for Europe", 2-16.
- E/COM (2011) COM 2011/571, "Tabella di marcia verso un'Europa efficiente nell'impiego delle risorse", 2-28.
- E/COM (2011) COM 2011/21, "A resource-efficient Europe – Flagship initiative under the Europe 2020 Strategy", 2-11.
- Global Footprint Network, (2016) Annual Report.
- Hidalgo D., Corona F., Gómez M. e Antolin G. (2014) Integrated and sustainable system for multi-waste valorization, *Environmental Engineering and Management Journal*, 13, 2467-2475.
- Her Yung W., Chin Yung L., Hsien Hua L. (2013) A study of the durability properties of waste tire rubber applied to self-compacting concrete, *Construction and Building Materials*, No. 41, pp. 665-672.
- Kozak K. Graham, C. e Wiens J. (2008) Integrating GIS-based environmental data into evolutionary biology, *Trends in Ecology and Evolutions*.
- Lavagna M. (2008) Life Cycle Assessment in edilizia. Progettare e costruire in una prospettiva di sostenibilità ambientale, Hoepli, Milano.
- LIFE (2014) "LIFE14 ENV/IT/000801 ECOTILES – ECO innovative methodologies for the valorization of construction and urban waste into high grade TILES", Layman's report.
- LIFE (2013) "LIFE13 ENV/IT/001225 – Life Is.eco – Isover for recycling and ecosustainability", Layman's report.
- Liu K. F.-R., Hung M.-J., Yeh P.-C. e Kuo J.Y. (2014) GIS-Based Regionalization of LCA, *Journal of Geoscience and Environment Protection*, 2, pp. 1-8.
- Lowe E. (2011) "Eco-industrial Park Handbook for Asian Developing Countries", report to Asian Development Bank, Environment Department, Indigo Development, Oakland.
- Madurwar M. V., Ralegaonkar R. V., Mandavgane S.A. (2013) Application of agro-waste for sustainable construction materials: A review, *Construction and Building Materials*, No. 38, pp. 872-878.
- Majocchi A. (2010) L'efficacia delle alleanze strategiche è riconfermata anche dal loro aumento sostanziale avutosi negli ultimi anni", *Impresa Progetto – Electronic Journal of Management*, No.1, pp. 114-123.
- Martina A. (2008) Criteri di ottimizzazione tecnico economica nell'estrazione di blocchi da telaio – Università degli studi di Bologna, Tesi di Laurea in Arte Mineraria, a. a. 2008/2009.
- Migliore M., Lavagna M. e Talamo C. (2016a) Circular economy in the building sector through the innovation and the development of new industrial strategies: the role of the information in the management of by-products and waste, contributo negli atti del convegno 41th IAHS World Congress on Housing Science.
- Migliore M., Lavagna M. e Talamo C. (2016b) Strategies for the environmental management of the marble districts, through the integrated contribution of Life Cycle Assessment and GIS, Conference Proceeding book, 1st International Sustainable Stone Conference, Carrara, Maggio 2016.
- Migliore M., Campioli A., Lavagna M., Oberti I., Paganin G. e Talamo C. (2015a) Intersectorial reuse of waste and scraps for the production of building products: strategies and valorization of waste, *Environmental Engineering and Management Journal*, July 2015, Vol. 14, No. 7, 1675-1681.
- Migliore M., Lavagna M. e Talamo C. (2015b) Management of production processes, for the improvement of the environmental situation at the local level. The case of place affected by the presence of marble quarries. Contributo scientifico in atti di convegno Abitare Insieme. Living Together. Abitare il future 3° edizione, Napoli, Ottobre 2015.
- Migliore M., Campioli A., Lavagna M., Oberti I., Paganin G. e Talamo C. (2014) Eco Innovazione. La valorizzazione di scarti e rifiuti industriali pre-consumo. Le potenzialità per l'edilizia in una ricerca del Politecnico di Milano, Modulo, n° 391 pg. 474-481, Ottobre 2014.
- ONU – WCED (1987) Our common future, 5-9.
- Pacheco-Torgal F. e Jalali S. (2010) Reusing ceramic wastes in concrete, *Construction and Building Materials*, No. 24, pp. 832-838.
- Rajput D., Bhagade S., Raut S., Ralegaonkar R. e Sachin A. (2012) Reuse of cotton and recycle paper mill waste as building material, *Construction and Building Materials*, 34, 470-475.
- Sala S. e Castellani, V. (2011) Atlante dell'ecoinnovazione. Metodi, strumenti ed esperienze per l'innovazione la competitività ambientale d'impresa e lo sviluppo sostenibile, Franco Angeli Editore, Milano.
- Turgut P. (2008) Properties of masonry blocks produced with waste limestone sawdust and glass powder, *Construction and Building Materials*, No. 22, pp. 1422-1427.
- World Bank Group, (2014) The World Bank Annual Report 2014, Washington, DC.



# INGEGNERIA DELL'AMBIENTE

per il 2017 è sostenuta da:

**STADLER**<sup>®</sup>  
STADLER ITALIA S.r.l.



 **VEOLIA**  
Veolia Water Technologies Italia S.p.A.

*SOLV***air** Solutions

 **INGEGNERIA  
DELL'AMBIENTE**



N. 3/2017

Ledizioni 



**CiAI** Consorzio  
Imballaggi  
Alluminio

  
**UNICALCE**  
*Innoviamo la tradizione*



**ecopneus**  
il futuro dei pneumatici fuori uso, oggi

  
**iren**

**VOMM**

 **RICREA** 20<sup>1997</sup>  
CONSORZIO NAZIONALE RICICLO  
E RECUPERO IMBALLAGGI ACCIAIO 2017

**ALLEGRI**  
ecologia  
trattamento acque

**KSB** 

**PASSAVANT**  
IMPIANTI   
progettazione e costruzione impianti trattamento acque, fanghi e rifiuti

 **comieco**  
Consorzio Nazionale Recupero e Riciclo  
degli Imballaggi a base Cellulosica

**conTec**

 **SEAM**  
engineering  
l'acqua e l'ambiente