

Dal rifiuto al componente l'uso dei rifiuti solidi urbani come materia prima per la realizzazione di prodotti per l'edilizia¹

di Massimo Rossetti*, Ida Pecorelli** e Dolores Carvajal Caro***

Il tema della riduzione, riutilizzo e riciclo dei rifiuti solidi urbani rappresenta uno degli ambiti di ricerca più importanti e cruciali nell'ambito del contenimento dell'impatto delle attività antropiche sull'ambiente, in particolare nell'ottica dell'Economia Circolare. Il paper intende illustrare la situazione attuale in tema di rifiuti, evidenziando la loro grande potenzialità come materia prima per la produzione di prodotti e componenti per l'edilizia, e riportando alcuni esempi e casi studio di applicazioni.

From waste to component the use of urban solid waste as material to produce building products

The issue of the reduction, reuse and recycle of urban solid waste is one of the most important and crucial research areas in the context of limiting the impact of human activities on the environment, especially within the *Circular Economy* context. The paper wants to show the current situation in terms of waste, highlighting their great potential as raw material for the production of products and components for construction, and presents some examples and case studies of applications.

Keywords: urban solid waste; *Circular Economy*; building components; plastic materials; recycling

1. I rifiuti solidi urbani: uno scenario²

Considerare i rifiuti come potenziale materia prima e non solo come uno scarto, in sintesi, è ciò che viene chiesto alle amministrazioni pubbliche, ai produttori di beni di consumo, al mondo della ricerca e, in ultima analisi, a ogni cittadino. La richiesta di utilizzare i rifiuti, e in particolare i rifiuti solidi urbani (RSU), come materiali da reimmettere nelle filiere produttive arriva

¹ Inviato il 18 giu. 2017; nella forma corretta il 15 sett. 2017; accettato il 1 ott. 2017.

* Massimo Rossetti, DACC – Università Iuav di Venezia, massimo.rossetti@iuav.it.

** Ida Pecorelli, Architetto, idapecorelli@gmail.com.

*** Dolores Carvajal Caro, Università di Siviglia, carvajalc88@gmail.com.

² Seppur frutto di un lavoro comune il § 1 è di Massimo Rossetti, il § 2 è di Dolores Carvajal Caro ed il § 3 è di Ida Pecorelli, mentre il § 4 è opera dei tre autori.

dalla Comunità Europea, che ha lanciato nel dicembre 2015 il pacchetto di misure per la *Circular Economy*, definita come un'economia dove: «il valore dei prodotti e dei materiali si mantiene il più a lungo possibile; i rifiuti e l'uso delle risorse sono minimizzati e le risorse mantenute nell'economia quando un prodotto ha raggiunto la fine del suo ciclo vitale, al fine di riutilizzarlo più volte e creare ulteriore valore». Un modello che «può creare posti di lavoro sicuri in Europa, promuovere innovazioni che conferiscano un vantaggio competitivo e un livello di protezione per le persone e l'ambiente di cui l'Europa sia fiera, offrendo nel contempo ai consumatori prodotti più durevoli e innovativi in grado di generare risparmi e migliorare la qualità della vita».

Il principio della *Circular Economy* nasce da una necessità: gestire la vastissima produzione di rifiuti derivati dalle attività antropiche nelle città. Da qui, l'indicazione di convertire i materiali di scarto in materia prima per la produzione di ulteriori prodotti, compresi quelli per l'edilizia.

A livello globale, i numeri sono preoccupanti. Secondo quanto riportato dal rapporto *What a Waste. A Global Review of Solid Waste Management* (Hoorweg and Bhada-Tata, 2012), infatti, la quantità di RSU, stimata attorno a 1,3 miliardi di tonnellate annue al 2012, salirà nel 2025 a circa 2,2 miliardi, soprattutto a causa dei fenomeni di inurbamento nei paesi in via di sviluppo (Hoorweg, Bhada-Tata, 2012, p. IX). In parziale controtendenza appare invece l'Europa: secondo il Rapporto ISPRA (2016), la produzione di rifiuti urbani al 2014 è stata, infatti, pari a circa 240,8 milioni di tonnellate, in leggera diminuzione rispetto agli anni precedenti (ivi, p. 3). È la Germania a guidare la classifica dei produttori, con oltre 50 milioni di tonnellate, seguita da Francia (quasi 34), Regno Unito (oltre 31) e Italia (quasi 30) (ivi, p. 4).

La gestione dei rifiuti è anche un obbligo normativo per gli stati membri della UE, in base alla Direttiva Europea 2008/98/CE, che all'art. 1 «stabilisce misure volte a proteggere l'ambiente e la salute umana prevenendo o riducendo gli impatti negativi della produzione e della gestione dei rifiuti, riducendo gli impatti complessivi dell'uso delle risorse e migliorandone l'efficacia». La gestione differenziata degli RSU si inserisce quindi a pieno titolo quale vera e propria risorsa di materie prime. La Direttiva 2008/98/CE indica, a tale proposito, come gli Stati membri debbano adottare misure per conseguire i seguenti obiettivi:

- a) entro il 2020, la preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio di rifiuti quali, come minimo, carta, metalli, plastica e vetro provenienti dai nuclei domestici, e possibilmente di altra origine, nella misura in cui tali flussi di rifiuti sono simili a quelli domestici, sarà aumentata complessivamente almeno al 50 % in termini di peso; b) entro il 2020 la 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, di rifiuti da costruzione e demolizione non pericolosi [...] sarà aumentata almeno al 70 % in termini di peso.

Nel trattamento dei rifiuti urbani la situazione in Europa è fortemente differenziata da paese a paese. Infatti, la percentuale complessiva di rifiuti urbani avviata a riciclaggio nei 28 Stati membri è di circa il 28%, il 16% circa è destinato a compostaggio e digestione anaerobica, il 27% incenerito e il 28% smaltito in discarica, che varia sensibilmente a seconda dello Stato preso in esame. Per quanto riguarda l'Italia, nel 2015 la percentuale di raccolta differenziata si attestava al 47,5% della produzione nazionale, con un aumento di 2,3 punti rispetto al 2014 (ivi, p. 37).

Tab. 1 – Residui urbani per paesi (kg pro capite), anni 1995-2015³

	1995	2000	2005	2010	2015	Var. (%) 1995-2015
<i>Belgio</i>	455	471	482	456	419	-7,9
<i>Bulgaria</i>	694	612	588	554	419	-39,6
<i>Rep. Ceca</i>	302	335	289	318	316	4,6
<i>Danimarca</i>	521	664	736	-	789	51,4
<i>Germania</i>	623	642	565	602	625	0,3
<i>Estonia</i>	371	453	433	305	359	-3,2
<i>Irlanda</i>	512	599	731	624	-	-
<i>Grecia</i>	-	412	442	532	-	-
<i>Spagna</i>	505	653	588	510	434	-14,1
<i>Francia</i>	475	514	530	533	502	5,7
<i>Croazia</i>	-	262	336	379	393	-
<i>Italia</i>	464	509	546	547	486	7,0
<i>Cipro</i>	595	628	688	689	638	7,2
<i>Lettonia</i>	264	271	320	324	433	64,0
<i>Lituania</i>	426	365	387	404	448	5,2
<i>Lussemburgo</i>	587	654	672	679	625	6,5
<i>Ungheria</i>	460	446	461	403	377	-18,0
<i>Malta</i>	387	533	623	601	624	61,2
<i>Olanda</i>	539	598	599	571	523	-3,0
<i>Austria</i>	437	580	575	562	560	28,1
<i>Polonia</i>	285	320	319	316	286	0,4
<i>Portogallo</i>	352	457	452	516	-	-
<i>Romania</i>	342	355	383	313	-	-
<i>Slovenia</i>	596	513	494	490	449	-24,7
<i>Slovacchia</i>	295	254	273	319	329	11,5
<i>Finlandia</i>	413	502	478	470	500	21,1
<i>Svezia</i>	386	428	477	439	447	15,8
<i>Regno Unito</i>	498	577	581	509	485	-2,6

³ Eurostat (anni vari). *Municipal waste statistics*. Cfr. http://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php/Municipal_waste_statistics.

Tale valore varia però molto a seconda dell'area geografica: al Nord, infatti, la percentuale arriva al 58,6%, ben al di sopra della media nazionale, per scendere al 43,8% nelle regioni del Centro e al 33,6% al Sud. Lo scenario è quindi chiaro: la produzione di rifiuti è una delle più complesse sfide ambientali. L'aumento della produzione di rifiuti a scala globale è continuo (tab. 1) e una sua corretta gestione è essenziale per evitare impatti negativi sugli ecosistemi, sulla biodiversità e sulla salute.

2. L'uso di materie plastiche riciclate come materia prima per la produzione di componenti per l'edilizia

Il settore delle materie plastiche è tra i settori più promettenti per la produzione di materiali edili contenenti RSU. L'Europa, con il 18,5%, si colloca al secondo posto dei produttori di materiali plastici, dopo la Cina, che produce il 27,8% del totale mondiale. A livello europeo, è la Germania a guidare la classifica dei fabbisogni con il 26,4% del totale, seguita dall'Italia con il 14,3%. Per quanto riguarda invece i settori di consumo, l'edilizia è il secondo settore come uso di materie plastiche in Europa, con il 19,7%, dopo quello degli imballaggi, con il 39,9%. L'industria automobilistica copre l'8,9%, le apparecchiature elettriche ed elettroniche il 5,8% e l'agricoltura il 3,3%. Il rimanente 22,4% riguarda i beni di consumo, l'arredamento e i prodotti per la salute, lo sport e la sicurezza⁴ (tab. 2)⁵.

Tab. 2 – Uso delle materie plastiche in Europa per settori

	% del totale
Imballaggi	39,30
Edilizia	19,70
Industria automobilistica	8,90
Elettronica	5,80
Agricoltura	3,30
Altri	22,40

Nel campo dei polimeri generalmente si fa riferimento non ai biopolimeri organici naturali come la cellulosa o le proteine, o a polimeri inorganici naturali come il vetro e il cemento, bensì a polimeri organici sintetici che si

⁴ Dati relativi all'Europa dei 28 più Norvegia e Svizzera (2016). Cfr. PlasticsEurope – Epro (2016).

⁵ Alla luce dell'importanza dell'edilizia nel consumo di materie plastiche e dell'incidenza delle materie plastiche nei RSU, è attualmente in corso una ricerca sull'uso delle materie plastiche riciclate in edilizia nell'ambito di un Dottorato di Ricerca congiunto tra Università di Siviglia e Università Iuav di Venezia.

trovano praticamente in qualsiasi applicazione: dall'abbigliamento di nylon e poliestere, ai componenti in poliuretano e ruote in gomma sintetica delle automobili, ai cuori artificiali e altri organi realizzati con polimeri siliconici. In edilizia, i polimeri sintetici sono presenti sia negli interni che negli esterni: isolamenti, infissi, cablaggi, tubazioni, impermeabilizzanti, rivestimenti di pareti e pavimenti, ecc.

A confronto con altri, le materie plastiche sono un materiale recente, anche se un numero significativo di quelle usate attualmente in edilizia erano già state sviluppate alla fine degli anni '40. Si tratta di materiali ad alte prestazioni e con proprietà molto diverse, che si adattano a diverse forme e applicazioni.

Si possono infatti considerare due grandi famiglie di materiali plastici, a seconda del loro comportamento in presenza di calore: i termoplastici - il policarbonato (PC), il polietilene (PE), il polietilene tereftalato (PET), il polimetilmetacrilato (PMMA), il polipropilene (PP), il polistirene (PS), il cloruro di polivinile (PVC), il nylon o poliammide (PA), l'acrinolitine-butadiene-stirene (ABS), ecc. - e i termoindurenti - tra i quali il poliuretano (PUR), la resina epossidica, il polifenolo, il silicone e il poliestere. I primi, se riscaldati, presentano forti decrementi di viscosità e, una volta cessata l'azione del calore e raffreddati al di sotto del punto di rammollimento, tornano allo stato rigido conservando la nuova forma acquisita. Il numero di cicli però è limitato, dato che con ogni operazione di riscaldamento e formatura si verifica una degradazione delle caratteristiche del materiale. Per i secondi invece, non è possibile un secondo processo di lavorazione a causa di un fenomeno di degradazione chimica provocato dal calore, la carbonizzazione. Nel mercato europeo, le plastiche più richieste sono il polipropilene e il polietilene a bassa densità (tab. 3)⁶.

Tab. 3 – Richiesta di plastici nel mercato Europeo per tipo di plastica

	% del totale
Polipropilene	19,10
Polietilene a bassa densità	17,30
Polietilene ad alta densità	12,10
PVC	10,30
PUR	7,50
PET	7,10
PS	6,90
Altri	19,7

⁶ PlasticsEurope Epro (2016). Dati relativi all'Europa dei 28 più Norvegia e Svizzera (2016).

A seconda delle proprietà, i polimeri vengono utilizzati in settori anche molto diversificati. Ad esempio, nel *packaging* sono utilizzati prevalentemente il polietilene ad alta e bassa densità, il PP e il PET, mentre in edilizia trovano maggiore applicazione il PVC (per impermeabilizzazioni, tubi, isolamento di cavi e rivestimenti), il polietilene (usato per tubi e altri prodotti resistenti e per l'isolamento dei cavi) e il poliestirene (usato principalmente per isolamenti).

È chiaro quindi come l'edilizia rappresenti una grande opportunità per ottimizzare il potenziale di riciclaggio degli RSU, in particolare per i rifiuti plastici. Dei circa 14 milioni di tonnellate di rifiuti da raccolta differenziata generati in Italia nel 2015, infatti, l'8,4% erano rifiuti plastici (quasi 1,2 milioni di tonnellate), al quarto posto dopo la frazione organica (43,3%), la carta e cartone (22,5%) e il vetro (12,5%) (tab. 4) (cfr. ISPRA, 2016, p. 42).

Tra il 2012 e il 2015, i rifiuti urbani di plastica hanno subito un incremento di circa il 32% (da circa 890.000 tonnellate a 1.178.000). Il 91% di questi rifiuti provengono, in base ai dati disponibili, dagli imballaggi (ISPRA, 2016, p. 41). Nel 2015 la percentuale nazionale di preparazione per il riutilizzo e il riciclaggio si è attestata tra il 41,2 e il 46% in base alla metodologia di calcolo della percentuale di riciclaggio⁷. Della quantità di rifiuti avviati al riciclaggio in Italia, il 9,8% è costituito dalla plastica (tab. 5) (ivi, p. 77).

Tab. 4 – Raccolta differenziata per frazione merceologica, anno 2015

	Quantità (1000·t)	% sul totale
Frazione organica	6.071,5	43,30
Carta	3.149,9	22,50
Vetro	1.747,8	12,50
Plastica	1.175,0	8,40
Metallo	261,1	1,90
Legno	695,3	5,00
RAEE	222,9	1,50
Ingomb. Misti	484,3	3,45
Tessili	129,0	0,90
Selettiva	42,4	0,30
Altro	38,6	0,25

Fonte: (ISPRA, 2016, p. 40)

A livello europeo i principali costituenti delle plastiche negli RSU sono il polietilene ad alta e bassa densità, il PP, il PP e il PVC, anche se i dati possono variare in base alle regioni, alle stagioni e alla tipologia di raccolta dei rifiuti (Chanda and Roy, 2007). L'opportunità, come detto, è enorme: la

⁷ Rifiuti urbani in generale oppure soltanto rifiuti domestici e simili costituiti da carta, metalli, plastica, vetro e altri flussi simili.

maggioranza dei polimeri plastici a base petrolio è infatti relativamente facile da riciclare. Inoltre, il riciclaggio di questi materiali riduce il consumo di plastica vergine e l'impatto ambientale, in considerazione del fatto che i materiali plastici hanno un ciclo di vita di lunga durata (Jayaraman and Bhattacharya, 2004).

Tab. 5 – Rifiuti urbani avviati al riciclaggio per frazione merceologica, anno 2015

	% sul totale
Frazione organica	39,30
Carta e cartone	25,20
Vetro	15,00
Plastica	9,80
Legno	5,70
Metallo	2,20
RAEE	1,70
Tessili	1,00

Il riciclo delle materie plastiche può essere meccanico o chimico; le modalità di riciclo meccanico sono diverse per polimeri termoplastici e termoindurenti: mentre i primi possono essere rilavorati attraverso il calore ottenendo nuova materia prima, i termoindurenti sono sottoposti a macinatura o microionizzazione per essere impiegati come cariche nei polimeri vergini o come rinforzi per altri materiali. Il riciclo chimico, invece, scompone i polimeri per riottenere i monomeri di base o frazioni petrolifere. Inoltre, esiste anche la possibilità della riutilizzazione per la generazione di energia: le materie plastiche, essendo derivate dal petrolio, hanno, infatti, un elevato potere calorifico. Nel caso ad esempio di materiali plastici fortemente contaminati o difficili da separare, l'energia contenuta può essere recuperata per produrre elettricità o riscaldamento attraverso la combustione. In questo modo, materie plastiche che non possono essere recuperate per ricavare nuova materia prima, o quando il processo è troppo difficile o costoso, possono almeno essere utilizzate per produrre energia.

Nel solo 2014 in Europa si sono prodotti 25,8 milioni di tonnellate di rifiuti plastici post-consumo, dei quali il 69,2% (17,6 milioni) è stato recuperato attraverso processi di riciclo e recupero di energia, mentre il 30,8% (8 milioni) è stato conferito in discarica. Per quanto riguarda i rifiuti di plastica provenienti dal settore edile, oltre la metà vengono riciclati o usati per il recupero energetico⁸, e gli stessi prodotti ottenuti da rifiuti plastici sono in aumento. Esistono già materiali e aggregati provenienti dal riciclo che offrono un'opportunità concreta per ridurre il consumo di materie prime e l'impatto

⁸ PlasticsEurope – Epro (2016). Dati relativi all'Europa dei 28 più Norvegia e Svizzera.

ambientale prodotto dai rifiuti: pannelli di rivestimento ricavati da plastica riciclata e dalla sansa esausta, non contenenti colle (che quindi non rilasciano formaldeide); materiali isolanti realizzati con fibre di poliestere ottenute per l'85% dal riciclo di bottiglie di plastica, aggregate termicamente senza additivi chimici; pavimenti realizzati col 100% di plastica riciclata e calcestruzzi realizzati al 100% con materiali da riciclo (tra i quali rifiuti geopolimerici) con elevati valori di isolamento termico.

3. Un centro di sperimentazione sull'uso dei rifiuti: il CEP-ATAE a Buenos Aires

Nel mondo del recupero e riutilizzo di materiali di scarto per la produzione di materiali per l'edilizia, una delle realtà più interessanti viene dall'Argentina: è il CEP *Centro Experimental de la Producción* della Facoltà di Architettura, Design e Urbanistica dell'Università di Buenos Aires. Si tratta di un laboratorio sperimentale attivo dal 1986 che ha iniziato la sua ricerca con il programma ATAE *Arquitectura y Tecnología Apropriadadas a la Emergencia*.

Diretto dall'architetto Carlos Levinton e composto da un gruppo di architetti, tecnici-professionisti e studenti, il CEP vuole rispondere alle problematiche ambientali che sorgono in condizioni di emergenza con soluzioni mirate per ogni specifica situazione. L'autocostruzione è vista come un'attività cruciale per affrontare l'urgenza abitativa, attraverso l'interazione e il coinvolgimento di tutti i soggetti attivi interessati al processo di recupero. La cooperazione è considerata dal CEP indispensabile per trasferire alla società nuove conoscenze, allo scopo di migliorare le condizioni di vita e rendere gli individui più consapevoli e preparati.

Nel tempo il CEP-ATAE si è arricchito di nuove esperienze, allargando il proprio campo d'indagine anche ai materiali di scarto. Il laboratorio, infatti, ha sede a Buenos Aires, la cui area metropolitana raggiunge i 14 milioni di abitanti, ciascuno dei quali produce circa 1 kg di rifiuti al giorno. Considerando il numero di abitanti presenti nella sola area metropolitana, è evidente l'enorme quantità di rifiuti giornalieri prodotti. Una tale produzione di rifiuti, una raccolta differenziata non efficiente e il sovrautilizzo delle risorse naturali hanno portato il CEP-ATAE a operare in tale ambito.

L'obiettivo è la ricerca di soluzioni semplici ed economiche finalizzate a diminuire l'inquinamento attraverso l'impiego di nuovi materiali derivati dal riciclaggio degli RSU e di quelli da cantiere (rifiuti da costruzione e demolizione – RCD) per continuare a rispondere a emergenze specifiche in situazioni di precarietà e vulnerabilità. Nel contesto del cambiamento climatico,

il CEP-ATAE si pone quindi come obiettivo la riduzione dell'uso delle risorse naturali limitate e di energia per diminuire le emissioni di CO₂, raggiungibile attraverso la diminuzione del volume di rifiuti prodotti nei centri urbani e il loro riciclo. Nell'ambito di tale attività, sono diversi gli esempi riguardanti l'utilizzo di materiali di scarto e rifiuti per la realizzazione di prodotti per l'edilizia:

- *Cascote (macerie provenienti dalla costruzione e demolizione degli edifici)*. L'accumulo degli RCD, oltre al progressivo esaurimento delle aree disponibili per l'ubicazione di discariche, rende il loro smaltimento sempre più difficoltoso e oneroso. Il riciclaggio può proporsi come possibile soluzione e come alternativa al consumo di risorse naturali non rinnovabili. Soprattutto nei paesi in via di sviluppo, considerando l'enorme futura richiesta di infrastrutture, gli RCD possono essere triturati e utilizzati in nuovi impasti per la produzione di calcestruzzi o materiali prefabbricati quali mattoni, blocchi da costruzione e impasti per sottofondi e pavimenti.
- *Contentori in PET*. Ogni parte dei contenitori in PET è riciclabile. I tappi si possono unire con un punzone elettrico per ottenere divisori e pannelli mobili, coprire spazi aperti, o rivestire strutture geodetiche leggere per esposizioni. Con uno strumento chiamato "*corta pet*" (taglia PET) è possibile trasformare i corpi dei contenitori in fili dotati di ottima resistenza a trazione, con i quali si possono realizzare tendaggi, disponendoli come trama di un telaio, o utilizzare per riparare sedili e schienali. I corpi dei contenitori possono essere tagliati, stirati e poi cuciti insieme con il filo di PET o saldati a caldo per realizzare teloni adatti a proteggere le coltivazioni.
- *Confezioni in Tetra Pack®*. Il *Tetra Pack®* è composto da uno strato di carta rivestito all'esterno da materiale plastico e all'interno da alluminio. Mediante un semplice ferro da stiro, nel processo di riciclo utilizzato al CEP, si possono unire tra loro le confezioni di *Tetra Pack®* e a queste aggiungere un foglio di nylon nero, dai normali sacchi della spazzatura, per ottenere membrane idrofughe.
- *EPS*. L'EPS proveniente da imballaggi vari, più noto come polistirolo o polistirene espanso, è un ottimo materiale da impiegare in impasti di cemento. Al CEP è stato predisposto un prototipo di "macinatore EPS" capace di tritare il materiale, poi impiegato in impasti sperimentati.
- *Carta, cartone e olio usato*. Riciclando carta, cartone e oli usati si ottengono bastoncini che, collocati in presse manuali, diventano *pellet*, ottenibili anche con bucce di frutta e scarti di verdura, residui di biomassa vegetale e altri elementi. Le bricchette così realizzate possono sostituire il carbone e altre fonti di energia non rinnovabili.

- *Materiale plastico*. Vecchi sacchetti di plastica in polietilene, tubi corrugati impiegati nella protezione dei cablaggi elettrici e molti altri materiali plastici, tanto domestici quanto provenienti dall'industria alimentare, vengono tagliati e tritati per realizzare lastre e altri oggetti simili, quali pannelli per controsoffitto, pannelli di rivestimento (amalgamati con cemento), oggetti di arredo e accessori personali (porta *tablet*, borse, portafogli, cappelli, astucci, quaderni), grazie a un processo di compattazione a caldo.
- *Pneumatici usurati*. I pneumatici si possono riciclare per usi diversi, tanto in edilizia quanto in nuovi oggetti d'arredamento, grazie alle sue caratteristiche tecniche, alla buona resistenza all'usura, alla flessibilità e possibilità di taglio, alla tenuta all'acqua e alla sua forma particolare. I pneumatici possono essere usati sia interi (riempiti di cemento e malta per realizzare fondazioni o basi di edifici, muri, infissi), che tagliati, utilizzando parte del battistrada per rinforzi strutturali o per realizzare oggetti d'arredamento e di design. Possono ad esempio essere utilizzati per costruire alloggi d'emergenza con pareti rivestite intonacate. Usando questa tecnica il CEP ha realizzato l'*Eco Centro Ecológico* (fig. 1) nella scuola di *Jardinería y Paisajismo* EMAJEA, località Lomas de Zamora, ubicata a circa 30 km a sud di Buenos Aires, la cui struttura è composta da una base di forma circolare costituita da pneumatici riciclati riempiti di cemento, calce e sabbia, una struttura geodetica che chiude la base di copertoni, e una membrana impermeabile sulla quale sono disposti altri pneumatici tagliati come supporto per la crescita di rampicanti, che avvolgono l'intera struttura.

Diversi sono gli esempi di prodotti realizzati grazie all'utilizzo di tali rifiuti. Ad esempio, mediante l'uso di rifiuti di EPS espanso proveniente dagli imballaggi e altri materiali simili da costruzione si possono fabbricare blocchi forati per chiudere solai e tetti detti comunemente *bovedillas* (pignatte), con buone proprietà isolanti termiche; altri blocchi portanti e isolanti per pareti, denominati *bloque hache*, realizzati con residui di varia natura sono in fase di sperimentazione. Tali elementi da costruzione sono realizzati mediante un impasto ottenuto con materiale di scarto in precedenza tagliato e tritato – EPS, plastica riciclata, carta, cartone, vetro, *viruta* (segatura, cippato), *cascode* – mescolato a una piccola percentuale di aggregati e leganti tradizionali. Per la loro fabbricazione si utilizzano macchine particolari come presse e *mesas vibratoras* (banchi vibranti). Gli stampi disegnati e realizzati con materiale riciclato dagli studenti della Facoltà danno al prodotto la forma desiderata (fig. 2). I campioni realizzati vengono inoltre testati in laboratori specifici (come l'INTI-Instituto Nacional de Tecnología Industrial) per controllare le qualità degli impasti prodotti.

Fig. 1 – Eco Centro Ecológico nella scuola di Jardinería y Paisajismo EMAJEA; la struttura è composta da una base di forma circolare costituita da pneumatici riciclati riempiti di cemento, calce e sabbia



Fig. 2 – Produzione di blocchi con materiale di scarto, aggregati e leganti



Ancora, il CEP sta sperimentando blocchi ottenuti con una percentuale di RSU e RCD per la realizzazione di pavimenti autobloccanti da posare a secco sulla superficie da ricoprire. Sono utilizzati soprattutto per il rivestimento di pavimentazioni esterne grazie all'ottima resistenza agli agenti atmosferici. Nella sperimentazione i blocchi vengono eseguiti su disegno di moduli articolati dove le parti collaborano tra loro grazie a incastri.

Per generare un modello che sia facilmente riproducibile si sono sviluppati due tipi di blocchi, denominati *cuadripiso* e *hexapiso*, pensati entrambi per resistere al passaggio sia di pedoni che di veicoli leggeri. Il *cuadripiso* è un blocco a forma di piramide tronca a base quadrata composto da tre strati, dei quali quello centrale è costituito da un impasto di materiali riciclati e non. Ne esistono al momento due versioni: *macizo* (compatto, massiccio) e *para cespèd* (forato, per far crescere l'erba negli spazi, grazie a quattro piccoli contenitori in vetro o latta inseriti nello stampo); una *mesa vibradora* è utilizzata per assestare l'impasto; dopo pochi minuti, a operazione compiuta, è possibile togliere lo stampo per permettere l'essiccazione.

L'*hexapiso* è costituito da due parti: il lato esterno, visibile, è di forma esagonale, mentre la base del blocco è poliedrica. Il processo di fabbricazione è simile a quello del *cuadripiso*. Il riempimento manuale viene eseguito in un solo passaggio con l'aiuto di uno stampo dapprima oliato, composto da due parti assemblate e da tutori removibili. L'impasto viene colato manualmente nello stampo e di volta in volta pressato con le mani, prima nella parte poliedrica e successivamente nella parte visibile, in modo da creare da subito un unico blocco da essiccare. Come il *cuadripiso*, anche l'*hexapiso* (fig. 3) è formato da tre strati, di cui quello centrale è realizzato con materiali riciclati e non. I prodotti ottenuti da impasti costituiti con materiali riciclati e solo una piccola percentuale di cemento rientrano a pieno titolo nella categoria di materiali sostenibili e presentano proprietà di economicità e leggerezza, di isolamento termico e resistenza al fuoco, e di resistenza agli agenti biologici rispetto a materiali convenzionali.

Fig. 3 – Pavimenti autobloccanti “hexapiso” da posare a secco sulla superficie da ricoprire



4. L'uso dei rifiuti: un possibile futuro

Le diverse esperienze di ricerca presentate aprono un'interessante prospettiva: la realizzazione nel territorio della Regione Veneto di un laboratorio di ricerca per sviluppare prodotti di qualità e approfondire le conoscenze nell'ambito dei prodotti ottenuti con gli RSU. Il Veneto, infatti, risulta una delle regioni più virtuose in Italia per quanto riguarda la gestione dei rifiuti urbani. A fronte di una produzione totale al 2015 di 2.191.000 tonnellate, pari a una diminuzione del 2,2% rispetto all'anno precedente, il Veneto ha raggiunto il 66% di raccolta differenziata, percentuale già superiore all'obiettivo nazionale del 60% prefissato al 2020 (ARPAV, 2016, p. 5). In particolare, la provincia di Treviso, si colloca al primo posto in Italia, con percentuali superiori all'80%⁹. Appare chiaro, quindi, come il territorio veneto possa essere il candidato ideale per mettere in piedi attività di ricerca e sperimentazione legate al riuso degli scarti; anche alla luce di quanto riportato nel "Piano regionale di gestione dei rifiuti urbani" approvato nel 2015 dal Consiglio Regionale, che tra gli obiettivi riporta, al punto 8, «Promuovere sensibilizzazione, formazione, conoscenza e ricerca – Sono individuate da parte della P.A. (Regione, Provincia, Comuni, ecc.) sperimentazioni e collaborazioni nell'ottica di incentivare sistemi innovativi e virtuosi».

Affinché tale obiettivo si concretizzi, risulta però fondamentale:

- collaborare con società di finanziatori interessati alle tematiche affrontate nel centro di ricerca che sostengano economicamente il progetto e forniscano i servizi indispensabili (spazio fisico, materiali, attrezzature, ecc.), per una attività di investigazione scientifica e mirata;
- collaborare con le università (docenti, tecnici-professionisti e studenti), con centri di ricerca, enti e società e professionisti del settore per investire sull'istruzione e la formazione, condividendo i saperi con un'apertura al dialogo e alla condivisione costante delle esperienze;
- coinvolgere la stessa comunità di cittadini, attraverso un'opera di disseminazione e divulgazione delle attività di ricerca, per renderla più consapevole e responsabile.

Il laboratorio CEP-ATAE, che da molti anni svolge ricerca sul tema, può essere un importante punto di riferimento per l'istituzione di un laboratorio. A maggior ragione, come visto, in un territorio come il Veneto, considerata anche la presenza di diverse università e quindi di un potenziale bacino di conoscenze e studiosi che possono contribuire a porre delle basi operative e

⁹ A seconda delle fonti, al 2015 la raccolta differenziata in provincia di Treviso risulta pari all'82% (ARPAV, 2016, p. 5), o all'84,1% (ivi, p. 56).

avviare attività di ricerca. Una collaborazione congiunta tra università, amministrazioni pubbliche ed enti preposti alla raccolta dei rifiuti urbani in attività di ricerca applicata, inoltre, potrebbe essere un segnale e uno stimolo per il comparto produttivo del Veneto, in particolare di materiali per le costruzioni, per avviare in maniera strutturata e non solo episodica processi di controllo dell'impatto ambientale dei prodotti, ad esempio per quanto riguarda il loro ciclo di vita.

La riduzione dei rifiuti prodotti resta, in ogni caso, un obiettivo prioritario; poiché però è impossibile eliminarli completamente, è necessaria una diffusa sensibilizzazione verso il tema, anche da parte del settore industriale, che potrebbe ricavarne molti benefici in termini di competitività. Si tratta, in sintesi, di una direzione già ampiamente indicata, soprattutto a livello europeo, che è necessario ora intraprendere in maniera concreta e fortemente operativa.

Riferimenti bibliografici

- ARPAV (2016). *Rapporto Rifiuti Urbani 2016*. Padova: ARPAV – Direzione Generale.
- Chanda M. and Roy S.K. (2007). *Plastics Technology Handbook*. Boca Raton: CRC Press.
- Hornweg D. and Bhada-Tata P. (2012). *What a Waste. A Global Review of Solid Waste Management*. World Bank, Washington, DC, USA.
- Jayaraman K. and Bhattacharya D. (2004). Mechanical performance of wood fibre-waste plastic composite materials. *Resources, Conservation and Recycling*, 41(4): 307-319.
- DOI: 10.1016/j.resconrec.2003.12.001Get rights and content
- Commissione Europea. (2008). *Direttiva Quadro dei Rifiuti 2008/98/CE*. Bruxelles.
- ISPRA – Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (2016). *Rapporto rifiuti urbani*. Roma.
- PlasticsEurope – Epro (2016). *Plastics – the Facts 2016. An analysis of European plastics production, demand and waste data*. Bruxelles.