

Salvaguardare e riqualificare il suolo. Dalle strategie insediative alla gestione dei processi di dismissione del costruito

RICERCA E
SPERIMENTAZIONE/
RESEARCH AND
EXPERIMENTATION

Michele Paleari, Andrea Campioli,
Dipartimento ABC, Politecnico di Milano, Italia

michele.paleari@polimi.it
andrea.campioli@polimi.it

Abstract. Il suolo rientra tra le risorse non rinnovabili e la sua tutela interessa le diverse scale dell'architettura. Essa deve essere perseguita attraverso molteplici azioni: blocco dell'espansione urbana, riqualificazione e rinaturalizzazione delle aree sottoutilizzate, riduzione del prelievo di materie prime, gestione oculata del fine vita di edifici e materiali. In questo contesto, si riportano i risultati della valutazione ambientale della demolizione di 51 edifici residenziali in prossimità dell'aeroporto di Malpensa. Lo studio induce due riflessioni: alla scala urbana, la possibilità di riconfigurare un'area dove gli edifici hanno terminato il loro ciclo di vita; alla scala dei materiali, la possibilità di ridurre gli impatti ambientali sul suolo grazie a un'opportuna gestione dei rifiuti.

Parole chiave: Consumo di suolo, *Urban sprawl*, Gestione dei rifiuti da C&D, Riciclo dei materiali da costruzione, Trattamento degli inerti da demolizione

Il termine "suolo" identifica lo strato superiore della crosta terrestre costituito da componenti minerali, materia organica, acqua, aria e organismi viventi¹. Esso rappresenta l'interfaccia tra terra, aria e acqua, ospita gran parte della biosfera, fornisce cibo e materie prime, funge da piattaforma per le attività antropiche, svolge un ruolo fondamentale come habitat. In considerazione dell'ampiezza del periodo di tempo necessario alla formazione di nuovo suolo e alla sua rigenerazione, esso rientra tra le risorse non rinnovabili da tutelare. Sebbene il concetto di sostenibilità ambientale sia ormai diffuso e sebbene il tema della riduzione dei consumi delle risorse non rinnovabili sia centrale nelle politiche di molti paesi, lo sfruttamento del suolo non conosce sostanzialmente limiti e le attività volte alla sua tutela che sono state messe in atto non sembrano sufficientemente incisive. L'accezione di suolo riportata amplia i confini generalmente assegnati al termine nel settore delle costruzioni², imponendo azioni trasversali rispetto alle differenti scale che caratterizzano i processi di trasformazione dell'ambiente costruito, da quella

territoriale, relativa alle dinamiche insediative, a quella edilizia, relativa alle scelte tecniche e materiche. In questa prospettiva la salvaguardia del suolo si declina in una molteplicità di azioni: il contenimento dell'erosione dei suoli attraverso il blocco dell'espansione urbana, la riqualificazione e/o la rinaturalizzazione delle superfici urbane sottoutilizzate o utilizzate in modo incongruo, la riduzione del prelievo di materie prime vergini attraverso il riciclo di quelle già utilizzate. Sull'analisi della terza strategia di intervento si concentra il caso studio proposto che affronta il tema del trattamento dei rifiuti da costruzione e demolizione.

Il contenimento dell'erosione dei suoli

Da alcuni decenni, a livello mondiale, il dibattito intorno al tema della riduzione dell'erosione di nuovi suoli è al centro dell'attenzione, in considerazione della drastica accelerazione che ha caratterizzato il fenomeno nel corso dell'ultimo secolo. Nonostante da alcuni anni anche in Italia si lavori nella direzione di un minore e migliore sfruttamento delle risorse non rinnovabili, il problema della gestione dei suoli riveste una posizione marginale, anche a causa della frammentazione degli organi di governo del territorio e della prevalenza di interessi economici nel breve periodo che hanno spesso costituito terreno fertile per lo sviluppo di fenomeni speculativi. La situazione attuale è illustrata dal Rapporto ISPRA sul tema (2015), secondo il quale la quantità di suolo italiano consumato nel 2014 ammontava al 7%, con una superficie di 21.000 km²; negli anni '50, tale valore era di solo 2,7%, equivalente a 8.100 km². È opportuno notare che le superfici direttamente o indi-

The soil preservation and renewal. From the planning strategies to the management of the disposal process in the built environment

Abstract. The soil belongs to the non-renewable resources and its preservation affects the different scales of architecture. The preservation has to be pursued through various actions: blocking the urban enlargement, redeveloping and re-naturalizing the underused areas, reducing the raw materials extraction, cautious managing of the end of life stage of buildings and materials. Within this context, we briefly describe the outcomes of the environmental assessment of the 51 residential buildings demolition, near the Malpensa airport. The study inspires two considerations: at the urban scale, the ability to give a new identity to an area where the buildings life cycle comes to an end; at the materials scale, the possibility to reduce the environmental impacts on soil thanks to a favourable waste management.

Keywords: Soil depletion, Urban sprawl, C&D waste management, Construction

materials recycling, Treatment of inert materials from demolition

The term "soil" identifies the top layer of the earth crust composed by mineral particles, organic matter, water, air and living organisms¹. It is the interface among earth, air and water, hosts most of the biosphere, provides food and raw materials, serves as a platform for human activities, plays an essential role as habitat. The soil certainly belongs to the non-renewable resources to be protected, taking into account the extension of the period necessary to its formation and its regeneration. Despite the concept of environmental sustainability is now widespread and although the issue of the reduction of the non-renewable resources consumption is central in the policies of many countries, the land use knows no substantially limits and the activities addressed to its protection

that have been implemented seem to be not enough effective.

The mentioned meaning of "soil" expands the boundaries generally appointed to this term in the construction industry³ and requires actions across the different scales that characterize the transformation process of the built environment, from the territorial scale, which relates to the urban planning dynamics, to the scale of the building, that concerns the technical choices and the materials. In this perspective, the soil preservation descends from multiple actions: reducing the soil erosion through the urban enlargement block, redeveloping and/or re-naturalizing the underused and the incongruously used urban surfaces, reducing the raw materials extraction through the recycling of the used ones. The proposed case study focuses on the third intervention strategy analysis and concerns

rettamente alterate costituiscono oltre la metà del paese, con un trend in crescita che negli ultimi anni si è ridotto più per motivi legati alla crisi economica che per l'esito di efficaci politiche di tutela. Dal 2013, in 15 regioni le superfici occupate sono superiori al 5% dell'intero territorio regionale e Lombardia e Veneto sono le regioni dove i suoli urbanizzati hanno la maggiore estensione (almeno 9,6% e 8,6% rispettivamente). Milano è seconda solo a Napoli con il 26,4% contro il 29,5%, mentre a livello provinciale Monza e Brianza si colloca al primo posto (35% circa), seguita da Napoli e Milano (25-30%). Per arginare il fenomeno dell'erosione dei suoli, la Regione Lombardia ha emanato la L.R. 28 novembre 2014 n. 31 con l'intenzione di agire sulle politiche di gestione del territorio ma gli effetti saranno apprezzabili solo tra alcuni anni.

La riqualificazione e/o la rinaturalizzazione delle superfici urbane

evitando utilizzi impropri e inefficienti. Questo obiettivo contrasta con i modelli di sviluppo applicati in tutto il mondo a partire dal secondo dopoguerra, generando un effetto denominato *urban sprawl*. In vero, a questo concetto non corrisponde una sola e univoca definizione ma all'interno della comunità scientifica esistono molteplici punti di vista, tutti accomunati da una connotazione negativa (Salvati, 2014). Ad oggi non esiste una metodologia unanime per la sua valutazione ed è consolidata l'opinione che ogni regione sia caratterizzata da uno specifico livello soglia per la definizione del fenomeno. In linea generale, però, si parla certamente di uno sviluppo urbano caratterizzato

Tutela della risorsa suolo significa quindi incentivare lo sviluppo urbano secondo modelli che ne razionalizzino l'impiego,

da monotonia, bassa densità dell'edificato e da un inefficiente impiego del suolo, inteso come risorsa unica e non rinnovabile. Le motivazioni alla base di uno sviluppo urbano di questo genere sono certamente dipendenti dalle epoche storiche e dal contesto geografico e socio-economico di riferimento, il quale determina anche la definizione quantitativa del concetto di bassa densità e i possibili modelli di valutazione, classificazione e intervento. Al di là delle tipicità regionali e degli aspetti di valutazione, rimane saldo il concetto di utilizzo inefficiente della risorsa suolo e la generale ridotta qualità urbana di queste aree.

A differenza di altri contesti, sul territorio italiano, il fenomeno dell'*urban sprawl* si presenta soltanto a partire dal secondo dopo guerra, per intensificarsi negli ultimi decenni, con la realizzazione diffusa di insediamenti a bassa densità e con basso livello qualitativo. Ma non per questo risulta meno urgente affrontare due questioni di fondamentale importanza: da un lato l'attuazione di politiche finalizzate al contenimento dell'erosione di suolo non urbanizzato, come descritto in precedenza, dall'altro l'incentivazione dei processi di riqualificazione delle aree urbanizzate abbandonate che attualmente versano in condizioni di degrado. In merito al tema del recupero dell'esistente, è possibile prendere in considerazione anche interventi di rimozione degli edifici a favore di una completa riconfigurazione delle aree con l'obiettivo di intensificarne l'uso e/o di rinaturalizzare alcune porzioni di territorio.

Il tema della riqualificazione delle superfici urbane sottoutilizzate o utilizzate in modo incongruo è oggetto di studio da parecchi decenni, ovvero dal momento in cui è iniziato il processo di deindustrializzazione con la dismissione di numerose aree in posizioni centrali o semi-periferiche delle città. In tem-

the treatment of the construction and demolition waste.

The reduction of the soil erosion

For several decades all around the world, the debate on the reduction of the new soil erosion is in the spotlight, due to the dramatic acceleration that characterized this phenomenon over the last century. Despite in Italy it has been worked from several years in the direction of a smaller and better exploitation of non-renewable resources, the problem of the soil management plays a marginal role because of the fragmentation of the governing bodies and of the prevalence of economic interests in the short term, that have often constituted fertile ground for the development of speculative activities. The current situation is illustrated by the ISPRA report on this subject (2015), according to which the amount of Italian soil consumed in

2014 amounted to 7%, with an area of 21,000 km² in the 50s, this value was only 2.7%, equivalent to 8,100 km². It should be noted that the directly or indirectly altered surfaces represent more than half of the country, with a growing trend that has decreased in the recent years more for reasons related to the economic crisis than as the outcome of effective protection policies. Since 2013, in 15 regions the occupied areas exceed 5% of the whole territory and Lombardia and Veneto are the regions where the urbanized soils have the greater extension (at least 9.6% and 8.6% respectively). Milan is second with 26.4% after Naples with 29.5%, while at the provincial level Monza and Brianza is in the first place (about 35%), followed by Naples and Milan (25-30%). To contain the problem of the soil erosion, the Regione Lombardia has issued the L.R. 28 November 2014 n. 31 with the pur-

pose to act on the policies of the territory management, but the effects will be noticeable only in a few years.

The redevelopment and/or the re-naturalization of the urban surfaces

Therefore, to preserve the soil resource means to encourage the urban development according to models that can rationalize its use, avoiding improper and inefficient uses. This aim is in contrast with the development models that have been applied all around the world since the Second World War, causing the effect known as urban sprawl. In truth, this concept does not correspond to a single and unambiguous definition but there are many points of view within the scientific community, all of them with a negative connotation (Salvati, 2014). To date, there is no unanimous methodology for its evaluation and, according to a popular opinion, each region

is characterized by a specific threshold to define the phenomenon. However, we can certainly identify it with an urban development characterized by monotony, low density buildings and an inefficient use of the soil, understood as a unique and not-renewable resource. The reasons for this kind of urban development are certainly dependent on the historical period and the geographic and socio-economic scenarios; the latter also determines the quantitative definition of the low density concept and the possible evaluation, classification and action models. Beyond the regional specification and the evaluation model, the concept of the inefficient use of the soil is valid together with the overall low urban quality of these areas. Unlike other contexts, in Italy, the urban sprawl phenomenon occurs only after the Second World War and becomes more intense in recent decades, with the

pi recenti il fenomeno si è esteso anche alle porzioni esterne ai centri urbani a seguito della crisi economica. Le aree dismesse localizzate all'interno del perimetro urbano e quelle esterne possiedono una natura differente, rendendo necessarie strategie progettuali non sovrapponibili: per le prime è solitamente più semplice individuare una nuova funzione grazie alla redditività garantita dalla posizione e all'infrastrutturazione che consente una buona accessibilità, consentendo di attivare processi di riconversione e riqualificazione a nuovi usi urbani. Al contrario, le seconde sono solitamente meno appetibili dal punto di vista economico, spesso posizionate in aree dove le reti di trasporto pubblico sono carenti o in posizioni marginali. Ne consegue che per le aree esterne è più difficile individuare una funzione da insediare e queste potrebbero essere soggette ad un efficace programma di de-urbanizzazione con la riconversione a suolo agricolo o a verde naturale. Il processo di rinaturalizzazione è certamente molto lento e spesso esito di una colonizzazione autonoma da parte della vegetazione spontanea, tuttavia è possibile prevedere azioni specifiche in tal senso. Nel contesto delle grandi città post-industriali statunitensi della Rust Belt (quali Detroit, Buffalo, Pittsburg o Youngstown), alla colonizzazione naturale della vegetazione dei lotti abbandonati sono seguite, nell'ultimo decennio, molte azioni sistematiche ad opera delle amministrazioni municipali. Esse hanno provveduto alla demolizione di migliaia di edifici degradati e non recuperabili, liberando i lotti e incoraggiando l'insediamento di vegetazione spontanea (Coppola, 2012; Eisinger, 2015). In alcuni casi virtuosi, le comunità di quartiere, generalmente formate da soggetti anziani ed economicamente disagiati, hanno provveduto a trasformare alcune superfici in orti per garantire un minimo di sussistenza nelle aree

dove la crisi economica ha depauperato il tessuto urbano delle attività commerciali. La strategia dello svuotamento del tessuto urbano è particolarmente utile nei casi in cui gli immobili sono privi di valore commerciale a causa delle condizioni di degrado e dalla disponibilità di aree nettamente superiore alla domanda. La rinaturalizzazione assume poi un ruolo particolarmente importante quando si misura l'efficacia delle azioni di riqualificazione attraverso il metodo *Life Cycle Assessment*. In questo caso, infatti, l'indicatore ambientale del consumo di suolo (LU ovvero *Land Use*) viene espresso in termini di perdita di contenuto di carbonio organico nel suolo ($\text{Kg } C_{\text{deficit}}$): ciò significa che l'attenzione per gli impatti ambientali non si limita a considerare la quantità di superficie sottratta all'ambiente naturale ma prende in esame il degrado dovuto all'azione antropica in termini di perdita di biodiversità, individuando così diversi livelli di qualità anche nell'ambito ristretto dei suoli "liberi". In tal senso è evidente come gli interventi di rinaturalizzazione presentino vantaggi indiscutibili rispetto ad altre azioni di riqualificazione.

La riduzione del prelievo di materie prime vergini

Gli interventi sul costruito possono prevedere sia la riqualificazione degli edifici esistenti, preservandone dove possibile le strutture, sia la loro demolizione per fare spazio a nuovi usi delle aree. La prima strada è fortemente incentivata dai sistemi di valutazione e certificazione della sostenibilità degli edifici e delle recenti politiche di Green Public Procurement. L'obiettivo dichiarato è quello di ridurre quanto più possibile le demolizioni, mantenendo tutti gli elementi che possiedono ancora una funzionalità residua, così da ridurre la produzione di rifiuti e il fabbisogno di materie prime per la nuo-

widespread construction of settlements with low density and poor quality. Nevertheless, facing two key issues is essential: the first one is the implementation of policies aimed at containing the erosion of the not urbanized soil, as previously described; the second one is to incentivize the redevelopment process of the urbanized and abandoned areas that currently are in degraded conditions. With regard to the recovery of the existing, it is possible to take into account even the buildings removal in favour of a complete redesign of the areas with the aim of intensify the use and/or re-naturalising some parts of the territory. The subject of redeveloping the under-used and the incongruously used urban surfaces has been studied for several decades, since the de-industrialization process started and several areas located in the central or semi-peripheral parts of the cities were abandoned. In recent

years, the phenomenon spread to the outer portions of the urban centres as a result of the economic crisis. The brown-fields located within the city boundaries and the external ones have different characteristics and require different design strategies: it is usually easier to find a new function for the first type due to the profitability guaranteed by the position and to the presence of the accessibility infrastructures; these conditions allow to activate the requalification and the reconversion to new urban uses. On the contrary, the second type is usually less attractive from the economic point of view, are often located in areas where the public transport networks are inadequate or in marginal positions. For these reasons, it is more difficult to identify a new function for the outdoor areas that could be undergo to an effective de-urbanization program with the transformation into agricultural land or

natural environment. The re-naturalization process is certainly very slow and is often the result of a self-colonization by the natural vegetation; however, some specific actions can be considered. In the context of the great post-industrial cities of the American Rust Belt (such as Detroit, Buffalo, Pittsburg or Youngstown), many systematic actions by the municipal authorities followed the colonization by the natural vegetation. They proceeded to demolish thousands of very damaged buildings, clearing the lots and encouraging the establishment of natural vegetation (Coppola, 2012; Eisinger, 2015). In some virtuous cases, the neighbourhood community, generally composed by elderly and economically disadvantaged people, have taken actions to transform some surfaces in vegetable gardens to ensure a minimum standard of living where the economic crisis impoverished the network of the

local stores. The strategy of the urban fabric emptying is particularly useful in the cases where the properties lost their commercial value because of the poor conditions and the availability of the areas clearly outstrips the demand. Finally, the re-naturalisation assumes a particularly important role when we measure the effectiveness of the redevelopment actions through the Life Cycle Assessment method. In this case, the environmental indicator of the soil consumption (LU - Land Use) is expressed in terms of the loss of the soil organic carbon content ($\text{Kg } C_{\text{deficit}}$): this means that the attention to the environmental impacts does not consider just the amount of the surface subtracted to the natural environment but examines the deterioration due to the anthropic actions in terms of biodiversity loss, thus identifying different levels of quality even among the "free" soils. Therefore,

va costruzione. La seconda strada, quella della demolizione totale, consente la riconfigurazione di aree edificate secondo nuovi disegni urbani o la formazione di spazi aperti; essa si rende necessaria nel momento in cui le caratteristiche dell'esistente sono totalmente incompatibili con le nuove funzioni da insediare e i livelli prestazionali non sono più aggiornabili. Trattare il tema della salvaguardia dei suoli dal punto di vista della riduzione del prelievo di materie prime vergini impone il passaggio dal livello territoriale ed edilizio a quello della gestione dei materiali da costruzione nelle diverse fasi del ciclo di vita di un manufatto. In particolare, una gestione efficiente delle fasi di fine vita può consentire una notevole riduzione degli impatti ambientali, anche in termini di consumo di suolo. I motivi sono due: in primo luogo, l'inserimento dei rifiuti nel circuito del riciclo evita il conferimento in discarica, ovvero esclude la necessità di reperire nuovo suolo da destinare all'accumulo dei rifiuti, rendendolo contemporaneamente improduttivo. In secondo luogo, l'impiego dei materiali di risulta come materia prima riduce il ricorso alle materie prime vergini e limita l'attività estrattiva.

Un caso emblematico di liberazione delle aree edificate

ni, si riportano i risultati di una ricerca condotta sul caso studio di Case Nuove, frazione del comune di Somma Lombardo (VA) adiacente all'aeroporto di Malpensa³. La demolizione di una porzione di edificato residenziale diffuso, costituito da 51 edifici appartenenti al 1° lotto di intervento, ha evidenziato due temi di riflessione. Alla scala urbana, la possibilità di riconfigurare un'area

In merito al tema della rinaturalizzazione delle superfici urbane e a quello della riduzione del prelievo di materie prime vergini,

the re-naturalisation activities present indisputable advantages compared to the other redeveloping actions.

The reduction of the raw materials extraction

The actions on the built environment may consider both the refurbishment of the existing buildings, preserving the structures where possible, and their demolition to allow new uses of the areas. The first option is strongly encouraged by the systems to assess and certificate the building sustainability and by the recent Green Public Procurement policies. The stated goal is to limit as much as possible the demolitions, keeping all the elements that still have a residual function, so as to reduce the waste production and the raw materials requirements for the new buildings. On the contrary, the total demolition option allows to reconfigure the urban areas accord-

ing to new schemes or the open spaces formation; it is the only way when the building characteristics are totally incompatible with the new functions to be set up and the performance levels are no longer updatable. To debate the soil protection issue from the point of view of the reduction in the virgin raw materials extraction involves the transition from the urban and building level to the building materials management in the different phases of the product life cycle. In particular, the efficient management of the end life stages can lead to a significant reduction of the environmental impacts in terms of land use. There are two reasons: first, the inclusion of the waste in the recycling market prevents the landfill; this excludes the need to find new soil for the waste disposal, making it simultaneously unproductive. Second, the use of the waste materials as raw material reduces the consumption of virgin

dove gli edifici esistenti non possono più assolvere alla funzione originaria (la destinazione residenziale non è più ammessa) e contemporaneamente non sono convertibili a nuove funzioni a causa delle caratteristiche tipologiche e costruttive (edifici unifamiliari vs possibile destinazione logistica). La demolizione degli edifici degradati ha aperto alla possibilità di liberare le aree che verranno destinate a verde come fascia di rispetto tra l'infrastruttura e gli edifici residenziali ancora in uso. Alla scala dei materiali da costruzione, la valutazione ambientale con metodo LCA ha dimostrato la riduzione degli impatti ambientali in termini di consumo di suolo a seguito del trattamento in cantiere e del reimpiego in sito dei materiali inerti, contestualmente con la riduzione dei danni ambientali a seguito del non conferimento in discarica dei materiali riciclabili. Al contempo, la presenza di una ingente quantità di inerte (97% del totale) porta a riflettere sull'esigenza di spingere verso l'impiego delle macerie di demolizione per la produzione di aggregati adatti al confezionamento del calcestruzzo, così da ridurre la necessità di prelievo di materiale vergine.

L'insediamento di Case Nuove nasce nel 1590 come colonia agricola e fino all'inizio del secolo scorso annoverava solo due cascine. Il primo limitato sviluppo avvenne nel 1910 con l'istituzione della Scuola di Volo dei fratelli Caproni ma la realizzazione della quasi totalità degli edifici ha seguito progressivamente lo sviluppo dell'aeroporto di Malpensa. Il primo incremento delle unità residenziali risale agli anni '50 e '60 e il secondo agli anni '80 mentre la notevole espansione dell'infrastruttura, avvenuta con il progetto Malpensa 2000, ha portato gli edifici residenziali a ricadere entro le curve isofoniche dei 65 dB, area in cui non è consentito l'insediamento di residenze. In conseguenza di ciò,

raw materials, limiting the mining.

An emblematic case of emptying the build-up areas

With regard to the re-naturalization of the urban surfaces and the reduction of the virgin raw materials extraction, we report the results of the research conducted on the Case Nuove case study, an hamlet in the municipality of Somma Lombardo (VA) adjacent to the Malpensa airport³. The demolition of a portion of a widespread residential suburb, which consists of 51 buildings belonging to the 1st intervention lot, highlighted two considerations. At the urban scale, the opportunity to reconfigure an area where the existing buildings can no longer fulfil their original purpose (the residences are no longer permitted) and simultaneously they are not convertible to new functions because of the structural and constructive characteristics

(single-family buildings vs. logistics). The demolition of the damaged buildings opened the possibility to empty the areas that will be transformed in a green buffer zone between the infrastructure and the residential buildings still in use. At the building materials scale, the environmental assessment with LCA method highlighted the environmental impacts reduction in terms of soil consumption following the on-site treatment and the on-site reuse of the inert materials, together with the reduction of the environmental damage as a result of the not recyclable materials landfill. At the same time, the presence of a large amount of inert materials (97% of the total) leads to think about the need to push towards the use of demolition debris for the production of the aggregates suitable for the concrete production, so as to reduce the virgin material requirement.

a partire dal 2000 è stato attivato un piano per la riconfigurazione urbana del sito attraverso la delocalizzazione degli utenti, la demolizione degli edifici (primavera 2015) perché non più in grado di assolvere alla funzione residenziale e non convertibili ad altre destinazioni d'uso e la liberazione delle aree.

Prima dell'inizio delle attività di demolizione è stata condotta un'indagine sul campione, al fine di comprendere le caratteristiche tipologico-costruttive degli edifici, i materiali impiegati e le relative quantità. Gli edifici sono stati quindi classificati considerando il numero di piani fuori terra (1 o 2), la presenza del piano interrato e le caratteristiche del sistema costruttivo: struttura portante continua in muratura oppure puntiforme con telaio in calcestruzzo. È stato successivamente considerato il periodo di costruzione, individuando tre fasce storiche: dal 1700 ai primi decenni del 1900, anni '60 e anni '80. Sono state così individuate 6 tipologie, all'interno delle quali gli edifici sono stati poi raggruppati per epoca di costruzione e per ciascuno di essi sono stati computati i materiali costituenti. (Fig. 1), (Fig. 2).

Tutti i materiali di risulta sono stati separati durante la demolizione e successivamente sono stati avviati separatamente al trattamento finale. (Fig. 3). Ai fini della valutazione ambientale, sono stati descritti due scenari diversi: in quello reale gli inerti vengono frantumati in sito e utilizzati per colmare i vuoti lasciati dai piani interrati e livellare il terreno; i metalli vengono inviati al riciclo; legno, vetro, PVC, lana di roccia, EPS e bitume vengono smaltiti in discarica. Nello scenario di confronto, gli inerti vengono frantumati in cava e riportati in sito per il livellamento del terreno; metalli, vetro, PVC e lana di roccia sono avviati al riciclo; legno, bitume e EPS vengono termovalorizzati. (Fig. 4), (Fig. 5).

The hamlet of Case Nuove was founded in 1590 as an agricultural community and until the beginning of the last century counted only two farmsteads. The first limited development occurred in 1910 with the establishment of the Caproni brothers Flight School but the construction of almost all the buildings gradually followed the enlargement of the Malpensa airport. The first residential units increase dates back to the '50s and '60s and the second one to the '80s. Finally, the significant expansion of the infrastructure, which occurred with the Malpensa 2000 project, led many residential buildings to fall within the noise contours of 65 dB, area where the establishment of residences is not permitted. As a result, since the year 2000 an urban redevelopment plan has been activated; it envisaged the users relocation and the demolition of the buildings (Spring 2015) because they were no lon-

ger able to fulfil the residential purpose and they were not convertible to other use destinations. Finally, the areas will be released.

Before the demolition a survey was conducted on the sample in order to understand the typological and constructive characteristics of the buildings, the used materials and their quantities. Afterwards, the buildings were classified considering the number of floors above ground (1 or 2), the presence of the underground basement and the building system characteristics: continuous load bearing structure with masonry or punctual one with a concrete frame. Finally, we took into account the construction period, identifying three time frames: from 1700 to the early 1900s, '60s and '80s. We defined 6 categories to group the buildings by their characteristics and for each of them we counted the constituent materials. (Fig. 1), (Fig. 2).



- 01 | Planimetria generale di Case Nuove: tipologie e soglie storiche degli edifici inseriti nel piano di demolizione
General plan of Case Nuove: typologies and historic thresholds of the buildings included in the demolition plan
- 02 | Immagini di alcuni edifici valutati
Images of some evaluated buildings
- 03 | Immagini della fase di demolizione
Images of the demolition phase
- 04 | Immagini di confronto: edificato, fase di demolizione, termine dei lavori
Comparison pictures: buildings, demolition phase, completion of work
- 05 | Immagini di confronto: edificato, completamento delle demolizioni, termine dei lavori
Buildings completion of the demolition, completion of work

EDIFICI	INERTE		METALLI		LEGNO		ALTRI RICICLABILI		ALTRI NON RICICLABILI		TOTALE
	unità di misura	t	%	t	%	t	%	t	%	t	
700-900	5.717,46	98,26	44,61	0,77	52,29	0,90	3,44	0,06	1,16	0,02	5.819
60	9.911,16	69,70	137,31	1,34	180,20	1,76	7,75	0,08	12,63	0,12	10.249
80	11.962,20	97,31	145,94	1,19	118,85	0,97	30,31	0,25	36,14	0,29	12.293
TOTALE	27.590,82	97,28	327,86	1,16	351,34	1,24	41,50	0,15	49,93	0,18	28.361

06 | Composizione dei rifiuti provenienti dalla demolizione, suddivisi per soglie storiche
Composition of the demolition waste, according to historical thresholds

Il profilo ambientale è stato valutato con il metodo LCA secondo le norme ISO 14040:2006 e ISO 14044:2006. L'analisi comprende le attività di demolizione, selezione, trasporto e trattamento finale dei rifiuti; l'unità funzionale è costituita dal m² di superficie lorda di pavimento (1 m² SIp) per consentire il confronto dei profili ambientali di edifici con tipologia e dimensioni diverse. I dati ambientali sono stati acquisiti nella banca dati Ecoinvent 3 e i risultati descritti con gli indicatori dei metodi CED (consumi energetici da fonti rinnovabili e non), EPD 2013 (GWP, ODP, POCP, AP e EP) e ILCD (Land Use - LU).

Il computo accurato delle componenti ha evidenziato una distribuzione quantitativa fortemente sbilanciata verso i materiali inerti che ammontano al 97% del totale, relegando gli altri materiali in posizioni marginali. Il risultato dipende dalle caratteristiche dei sistemi costruttivi che vedono in tutti i casi l'uso di laterizio e calcestruzzo per la realizzazione di strutture, chiusure opache e partizioni, mentre quantità ridotte di legno costituiscono le strutture di copertura e i serramenti. I rifiuti generati ammontano a 28.360 t, di cui 27.590 t sono ascrivibili agli inerti (97,3%), e ogni unità ha generato tra 250 t e 500 t di rifiuti. Si annota che anche negli studi di Blengini (2009) e di Wu (2012) le quantità di inerti risultanti sono simili: 95% nel primo caso e 97% nel secondo. (Fig. 6).

Gli esiti della valutazione ambientale rispecchiano i rapporti percentuali delle quantità di rifiuti per quanto attiene ai consumi di energia fossile e rinnovabile mentre la preponderanza degli inerti è meno evidente sugli altri indicatori. Nonostante lo studio

All the waste materials were distinguished during the demolition and later separately sent to final treatment. (Fig. 3). For the environmental assessment purposes, we set two different scenarios: in the real one, the aggregates are crushed on-site and used to fill the gaps left by the underground basements and to level the ground; the metals are recycled; wood, glass, PVC, rock wool insulation, EPS and bitumen are land-filled. In the comparative scenario, the aggregates are crushed at the quarry site and brought back to the site for ground levelling; metals, glass, PVC and rock wool insulation are recycled; wood, bitumen and EPS are incinerated with energy recovery. (Fig. 4), (Fig. 5).

The environmental profile was assessed by the LCA method, according to ISO 14040: 2006 and ISO 14044: 2006. The analysis includes the activities of demolition, sorting, transport and waste

final treatment. The functional unit is set up as the m² of gross floor area (1 m² GFA) to allow the comparison among the environmental profiles of buildings with different typologies and sizes. The environmental data were acquired in the Ecoinvent 3 database and the results were described with the indicators of the following methods: CED (energy consumptions from renewable and non-renewable sources), EPD 2013 (GWP, ODP, POCP, AP and EP) and ILCD (Land Use - LU).

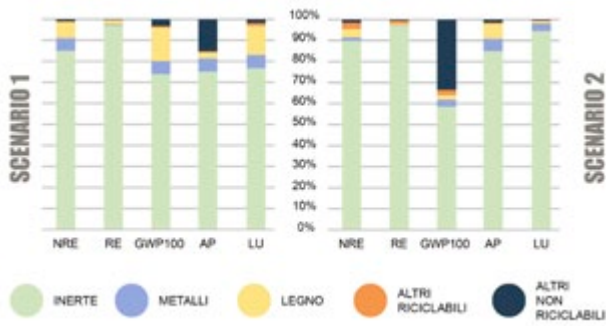
The accurate calculation of the components highlighted a quantitative distribution heavily unbalanced towards the inert materials: they amount to 97% of the total and relegate the other materials in a marginal position. The result depends on the characteristics of the construction systems because bricks and concrete are used in all cases to build structures, opaque closures and

partitions; roof structures and window frames are made by reduced amounts of wood. The generated waste amount to 28,360 t, of which 27,590 t attributable to the aggregates (97.3%); each unit generated between 250 t and 500 t of waste. We note that also in the studies of Blengini (2009) and Wu (2012) the resulting amount of aggregates are comparable: 95% in the former case, 97% in the latter. (Fig. 6).

The results of the environmental assessment reflect the percentages of the waste amount on the consumptions of fossil and renewable energy while the preponderance of the inert is less noticeable on the other parameters. Despite the study involved 8 environmental indicators, we present the 5 most significant results. (Fig. 7), (Fig. 8). In the case of fossil energy consumption, the impact due to the inert materials amounted to 84.9% and 89.8% in the

two scenarios (97.3% by weight), wood to 7.7% and 3.9% (1.2% by weight), metals to 6.1% and 1.6% (1.2% by weight). On this indicator, in the transition to the second scenario, the incidence of the aggregates grows and the share of metals and wood decrease. On the contrary, the values of the renewable energy consumption are closer to the amount by weight: the inert are 97.0%. In terms of greenhouse gases emission we note a greater incidence of wood (15.9%), that is landfilled in the first scenario, and of non-recyclable materials (33.5%), that are incinerated in the second scenario. The land use indicator (LU) is the most interesting for the purposes of this discussion and clearly illustrates the responsibility of the inert processing within or outer the building site in the change of the materials impact percentage. The concrete and bricks weight for only 76.6% in the real scenario and rise

Prendendo in considerazione l'indicatore sull'uso del suolo, il passaggio tra il primo scenario e il secondo segna un peggioramento pari al 76% (40,7 Kg C_{deficit}/m² a 71,3 Kg C_{deficit}/m²) a seguito della frantumazione degli inerti in cava e non in sito, no-



07 | Gli impatti ambientali delle fasi di demolizione e trattamento dei rifiuti secondo due scenari, suddivisi per materiali (LU: indicatore su uso del suolo)
The environmental impacts of the demolition and waste treatment phases of materials, according to two scenarios (LU: indicator of land use)

nonostante la riduzione degli impatti dovuta al riciclo o termovalorizzazione degli altri materiali che nel primo scenario venivano conferiti in discarica. È però opportuno segnalare che la frantumazione e il recupero degli inerti in sito costituiscono un caso virtuoso che solitamente si verifica solo nei cantieri di demolizione di grandi dimensioni dove occorrono notevoli quantità di inerte per rimodellare il suolo.

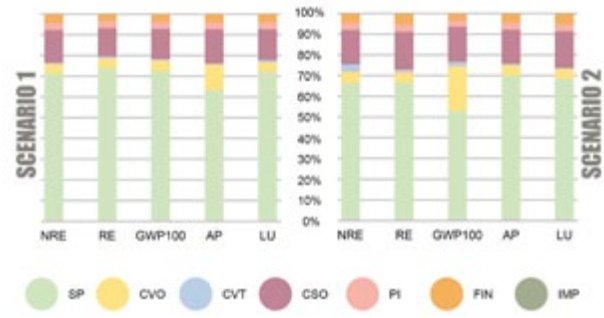
Le caratteristiche dei fabbricati demoliti a Case Nuove rispecchiano con buona approssimazione il patrimonio residenziale diffuso per caratteristiche costruttive e soglie storiche. Per questo motivo gli esiti della ricerca possono essere applicati al patrimonio italiano, costituendone un campione significativo per la tipologia degli edifici bassi (entro i 3 piani fuori terra) e dell'edificio diffuso (mono-bifamiliari, plurifamiliari fino a 6 unità). Dagli esiti della ricerca si evince che gli impatti ambientali conseguenti alla demolizione e smaltimento di questi edifici sono nel complesso molto limitati: meno dell'1% del consumo medio per riscaldamento di un edificio in Classe B per 100 anni, con-

up to 94.6% in the comparative one. The wood has an opposite trend: it drops from 13.7%, when landfilled, to only 1.2%, when it is incinerated, and demonstrates the negative impact of the disposal site.

If we consider the land use indicator, the transition from the first scenario to the second one marks a decline of 76% ($40.7 \text{ kg } C_{\text{deficit}}/\text{m}^2$ to $71.3 \text{ kg } C_{\text{deficit}}/\text{m}^2$) due to the inert crushing at the quarry instead on-site. This occurs despite the impacts reduction thanks to the recycling or incineration with energy recovery of the other materials that were landfilled in the first scenario. However, it should be noted that the on-site crushing and recovery of inert materials constitutes a virtuous case that is usually possible only in the wide demolition activities which require large amounts of inert to reshape the ground.

The characteristics of the buildings

demolished in Case Nuove are similar, with good approximation, to the common built environment, about the construction aspects and the historical periods. For this reason, the research outcomes can be applied to the Italian situation and represent a significant sample for what concerns the low-rise buildings (within 3 floors above ground) and the spread buildings (single-family, multi-family up to 6 units). The case study results indicate that the environmental impacts of the demolition and disposal of this buildings type are overall very limited: less than 1% of the average heating consumption of an Energy Class B building for 100 years; this outcome confirms the achievements of other authors that consider the building end-of-life of marginal impact (Sartori, 2007; Ortiz-Rodriguez, 2010; Tae, 2011; Sodagar, 2011; Wu, 2012).



08 | Gli impatti ambientali delle fasi di demolizione e trattamento dei rifiuti secondo due scenari, suddivisi per sottosistemi edilizi (SP: strutture portanti, CVO: chiusure verticali opache, CVT: chiusure verticali trasparenti, CSO: completamento solai orizzontali, PI: partizioni interne verticali, FIN: finiture, IMP: componenti impiantistici). (LU: indicatore su uso del suolo)
The environmental impacts of the demolition and waste treatment phases according to the buildings subsystems, on two scenarios (SP: bearing structures, CVO: opaque facade CVT: transparent facade CSO: completion of horizontal floor slabs PI: inner vertical partitions FIN: finishings IMP: systems elements)

fermando le affermazioni di altri autori che ritengono marginale l'impatto della fase di fine vita (Sartori, 2007; Ortiz-Rodriguez, 2010; Tae, 2011; Sodagar, 2011; Wu, 2012).

Conclusioni

Come emerge con evidenza anche dal caso studio, il tema della salvaguardia del suolo possiede una forte trasversalità rispetto alle diverse scale che caratterizzano i processi di nuovo insediamento e di trasformazione del costruito, interessando al contempo le strategie di gestione delle aree edificate e degli edifici, la produzione dei materiali da costruzione e il trattamento dei rifiuti. Anche se ancora le modalità di intervento nella trasformazione e riqualificazione delle aree urbane dismesse si definiscono prioritariamente in relazione alle residue potenzialità economiche e funzionali, la necessità di una specifica attenzione nei confronti di una risorsa ormai scarsa come il suolo pone con urgenza il tema di una diffusa de-urbanizzazione. Il riferimento alle logiche e alle metodologie del *Life Cycle Assessment* nel va-

Conclusions

From the case study we are able to underline that the issue of the soil preservation certainly crosses all the different scales that characterize the processes of the new construction and redevelopment of the building environment and affects the management strategies of areas and buildings, the building materials production and the waste treatment, at the same time. Even if the intervention methods in the transformation and redevelopment of the urban brownfields are still defined primarily in relation to the economic and functional residual potential, the need for a specific attention to an already scarce resource such as soil urgently imposes the issue of a widespread de-urbanization. The reference to the Life Cycle Assessment methods in the evaluation of the environmental effectiveness of these processes emphasizes two important as-

pects. First, the utility of promoting the re-naturalisation where the qualitative recovery of the soil beforehand built is to pursue. Secondly, the need to look very carefully at the problem of the management of the inert materials derived from the demolition which, in the Italian construction, represent the most significant weight of the waste to be disposed. On this topic, the research outcomes show that the on-site crushing allows a considerable reduction of the impacts but, at the same time, it must be noted how the spread of upcycling recycling practices for the production of concretes with recycled aggregates can offer clear environmental benefits with a substantial reduction of the impacts associated to the disposal and the use of quarries from which extracting virgin materials.

lutare l'efficacia ambientale di tali processi mette in rilievo due aspetti importanti. In primo luogo, l'utilità di privilegiare interventi di rinaturalizzazione laddove si voglia perseguire un recupero anche qualitativo dei suoli un tempo edificati. Secondariamente la necessità di guardare con grande attenzione al problema della gestione dei materiali inerti provenienti da interventi di demolizione che, nel caso dell'edilizia italiana, rappresentano in peso la quota più significativa dei rifiuti che devono essere smaltiti. Su questo fronte, se da un lato gli esiti della ricerca dimostrano come la frantumazione in sito consenta una notevole riduzione degli impatti, dall'altro si deve anche osservare come la diffusione di pratiche di riciclo *upcycling* per la produzione di calcestruzzi con inerti riciclati presenterebbe evidenti vantaggi ambientali con una consistente riduzione degli impatti connessi al loro smaltimento e allo sfruttamento delle cave da cui estrarne vergini.

NOTE

¹ Questa accezione del termine "suolo" è contenuta nella sintesi definitoria approvata nella tavola rotonda tenutasi il 5 dicembre 2014 presso la sede dell'Istituto della Enciclopedia Italiana di Palazzo Mattei di Paganica a Roma, organizzata in occasione della celebrazione della Giornata mondiale del suolo, istituita dalla Food and Agriculture Organization (FAO). In questa prospettiva si collocano anche le attività informative e le azioni di tutela promosse e supportate dall'European Soil Bureau Network (ESBN) del Joint Research Centre (JRC) della Commissione Europea di Ispra.

² Nel settore delle costruzioni generalmente le considerazioni intorno al tema del consumo di suolo si fondano su una precisa distinzione tra suoli artificializzati e non, ottenuta individuando come suoli non artificializzati tutte quelle superfici che non sono state impermeabilizzate (land cover). In altri ambiti, come per esempio quello degli studi di ecologia o di geogra-

NOTES

¹ This meaning of the term "soil" is contained in the synthesis of the definition adopted in the workshop held on 5th December 2014 at the headquarters of the "Istituto della Enciclopedia Italiana" in Palazzo Mattei di Paganica in Rome. It was organized during the celebration of the Soil World Day, established by the Food and Agriculture Organization (FAO). Also the information activities and the protection actions promoted and supported by the European Soil Bureau Network (ESBN) of the Joint Research Centre (JRC) of the European Commission in Ispra work towards this aim.

² In the construction industry the remarks on the theme of land use are generally based on a clear distinction between the artificial land and the non artificial land, obtained identifying as "non artificial land" those areas that

have not been sealed (land cover). In other areas, such as the studies of ecology or geography, it is instead a central consideration of different modes of land use in relation to the influence of the various activities: agricultural, urban, circulation (land use). An analysis of the problem of the land loss is not limited to the quantitative aspects but given to the understanding of biophysical, environmental and land impacts produced by the sealing is not possible without a simultaneous intake of these two perspectives (Bonora, 2015).

³ This research was cont: two scenarios, according to materials (LU: indicator of land use)

fia, risulta invece centrale la considerazione delle diverse modalità di uso del suolo in relazione all'influenza delle diverse attività: agricole, urbane, di circolazione (land use). Una analisi del problema del consumo del suolo non limitata agli aspetti quantitativi ma rivolta alla comprensione degli impatti biofisici, ambientali e territoriali prodotti dall'impermeabilizzazione non può prescindere da una assunzione simultanea queste due prospettive (Bonora, 2015).

³ Lo studio è stato condotto con il supporto di Beatrice Daverio, Manuela Della Vedova, Jaclyn Santarelli.

REFERENCES

- Bonora, P. (2015), *Fermiamo il consumo di suolo. Il territorio tra speculazione, incuria e degrado*, Il Mulino, Bologna, IT.
- Coppola, A. (2012), *Apocalypse town. Cronache dalla fine della civiltà urbana, Laterza*, Roma-Bari, IT.
- Blengini, G.A. (2009), "Life cycle of buildings, demolition and recycling potential: a case study in Turin, Italy", in *Building and Environment*, Vol. 44, pp. 319-330.
- Eisinger, P. (2015), "Detroit Futures: can the city be reimagined?", in *City & Community*, Vol. 14 No. 2, pp. 106-117.
- ISO 14040:2006, *Environmental management - Life cycle assessment - Principles and framework*.
- ISO 14044:2006, *Environmental management - Life cycle assessment - Requirements and guidelines*.
- ISPRA (Istituto Superiore per la Ricerca e la Protezione Ambientale) (2015), *Rapporto: Il consumo di suolo in Italia*, Roma, IT.
- Ortiz-Rodriguez, O., Castells, F. and Sonnemann, G. (2010), "Life cycle assessment of two dwellings: one in Spain, a developed country, and one in Colombia, a country under development", in *Science of the Total Environment*, Vol. 408, pp. 2435-2443.
- Pileri, P. and Granata, E. (2012), *Amor Loci. Suolo, ambiente, cultura civile*, Libreria Cortina, Milano, IT.
- Salvati, L. and Morelli, V.G. (2014), "Unveiling Urban Sprawl in the Mediterranean Region: towards a latent urban transformation?", in *International Journal of Urban and Regional Research*, Vol. 38 No. 6, pp. 1935-1953.
- Sartori, I. and Hestnes, A.G. (2007), "Energy use in the life cycle of conventional and low-energy buildings: a review article", in *Energy and Buildings*, Vol. 39, pp. 249-257.
- Sodagar, B., Rai, D., Jones, B., Wihan, J. and Fieldson, R. (2011), "The carbon reduction potential of straw-bale housing", in *Building Research & Information*, Vol. 39, pp. 51-65.
- Tae, S., Shin, S., Woo, J. and Roh, S. (2011), "The development of apartment house life cycle CO₂ simple assessment system using standard apartment houses of South Korea", in *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Vol. 15, pp. 1454-1467.
- Wu, H.J., Yuan, Z.W., Zhang, L. and Bi, J. (2012), "Life cycle energy consumption and CO₂ emission of an office building in China", in *International Journal of LCA*, Vol. 17, pp. 105-118.