

Maria Teresa Giammetti, Marina Rigillo,
Dipartimento di Architettura, Università di Napoli Federico II, Italia

mariateresa.giammetti@unina.it
marina.rigillo@unina.it

Abstract. L'articolo presenta i primi esiti dell'Accordo di ricerca tra il DiARC dell'Università Federico II e CDP Immobiliare sul riuso e riciclo del rifiuto da costruzione negli interventi di rigenerazione urbana. Obiettivo della ricerca è la messa a punto di un protocollo tecnico per la valutazione *ex ante* dell'intervento di demolizione, con un focus sui metodi di indagine preliminare dei campioni materici da sottoporre ad analisi chimico fisiche. L'articolo affronta, in particolare, la fase di ricerca inerente il metodo di conoscenza per il processo di demolizione, realizzata attraverso una schedatura BIM-based del sistema edilizio e finalizzata ad indagare quantità, consistenza materica, stato di conservazione degli elementi da demolire. In forma di discussione si presentano anche alcune considerazioni relative alla pre-caratterizzazione del rifiuto, alla produzione di un inventario di eventuali sostanze contaminanti presenti ed alla programmazione dei flussi materici verso le filiere di riuso, riciclo o discarica.

Parole chiave: Rifiuto da Costruzione e demolizione; *Urban Mining*; *Life Cycle Approach*; Demolizione Selettiva; Piano di caratterizzazione.

Background della ricerca La necessità di promuovere iniziative di economia circolare per ridurre il consumo di risorse rinnovabili è stata da tempo acquisita nella politica Europea come una delle questioni chiave della sfida ambientale (EU Action Plan for Circular Economy COM 614 final, 2015; EU New Action Plan for Circular Economy COM 98 final, 2020; 2020 Annual Sustainable Growth Strategy, SWD 100, 2020). In particolare, nella relazione della Commissione Europea per l'attuazione del piano per l'economia circolare, quest'ultima viene descritta come «l'asse portante della strategia industriale dell'Unione, con l'introduzione della circolarità in nuove aree e settori, facendo in modo che la valutazione del ciclo di vita dei prodotti diventi la norma e allargando quanto più possibile il quadro sulla progettazione ecocompatibile» (COM 190, 2019). Analogamente, gli investimenti complessivamente allocati dalla EU sulle politiche di incentivo all'economia circolare nel periodo 2016-2020 hanno raggiunto la cifra di 10

Management of the C&D waste in the urban regeneration project

Abstract. This paper presents the first results of the research agreement signed by the Federico II University and CDP Immobiliare concerning reusing and recycling construction waste in the urban regeneration project. The research is aimed to develop a technical protocol for the ex-ante evaluation of the demolition operations, with a special focus on the criteria for picking the material samples to undergo chemical-physical analysis. The article is focused on the demolition process, implementing a BIM-based filing of the building system and aimed at a preliminary understanding of the material quantity, the material consistency and the state of conservation of the elements to be demolished. A tentative pre-characterisation, and an inventory of any contaminants present in the materials are also provided. In the form of discussion, further implications related the building characterisation and the planning of

ML di euro, intercettando tanto le aree della ricerca (con i fondi Horizon 2020 ed il programma LIFE), tanto quelle delle politiche di sviluppo economico ed industriale (*Cohesion Policy 2016-2020*, Fondo europeo per gli investimenti strategici e Innovfin; COM 190, 2019).

Tuttavia, e nonostante l'impegno profuso, le prassi operative stentano a riconvertire i processi del tipo "take-make-dispose" in pratiche diffuse di nuovi modelli circolari. Come si legge, infatti, nel rapporto sull'efficacia delle politiche circolari in Europa «i fattori e le preoccupazioni segnalati dai paesi che guidano il loro lavoro sulle politiche di efficienza delle risorse materiali rientrano grosso modo in tre gruppi: interessi economici, preoccupazioni ambientali e requisiti normativi» (EEA, 2016). Soprattutto per i rifiuti da Costruzione e Demolizione (CDW), questi tre fattori condizionano l'avvio di nuovi processi di produzione finalizzati per ridurre il prelievo di risorse naturali (segnatamente quelle connesse alla risorsa suolo) e funzionali ad estendere la vita utile di materiali e componenti del sistema edificio. L'introduzione di processi circolari in edilizia trova, infatti, i suoi principali ostacoli sia nella cultura tecnica di esperti e imprenditori, sia nelle pratiche consolidate del settore, sia negli apparati normativi che regolano il riciclo e il riuso degli inerti derivanti da demolizione.

In Italia, specialmente, il riuso, recupero e riciclo di prodotti derivanti dalla dismissione completa o parziale degli edifici non riesce a sviluppare filiere produttive coerenti con la tipologia dei rifiuti da CDW, né evidentemente riesce a costruire un mercato di riferimento per questi stessi come Materia Prima Seconda (MPS) da destinare alla produzione di nuovi componenti o materiali da re-immettere nel settore delle costruzioni.

material flows with the reuse and recycle supply chains are provided as well.

Keywords: C&D Waste; Urban Mining; Life Cycle Approach; Selective Demolition; Sampling Plan.

Research background

Circular economy has long been recognised in the European policy as one of the key issues of the environmental challenge (EU Action Plan for Circular Economy COM 614 final, 2015; EU New Action Plan for Circular Economy COM 98 final, 2020; 2020 Annual Sustainable Growth Strategy, SWD 100, 2020). In particular, the EU Commission report for the implementation of the circular economy plan describes the latter as "a backbone of the EU industrial strategy, enabling circularity

in new areas and sectors, life-cycle assessments of products should become a norm and the eco-design framework should be broadened as much as possible" (COM 190, 2019). Furthermore, the 2016-2020 EU funds for the circular economy reached 10 million euros, financing both research (with the Horizon 2020 funds and the LIFE programme), and industrial development (Cohesion Policy 2016-2020, European Fund for Strategic Investments and Innovfin; COM 190, 2019). However, despite these efforts, the operating practices find some difficulties in converting the typical "take-make-dispose" modes into effective and widespread practices for circular models. As the 2016 EEA report on the effectiveness of the EU circular policies stated, "the factors and concerns reported by countries on the resource efficiency policies fall broadly into

Tale difficoltà può essere ricondotta ad alcune caratteristiche specifiche del sistema normativo italiano, nonché alla mancanza di protocolli attuativi che siano in grado di interpretare lo stesso e di fornire una linea di azione univoca agli operatori del settore. A tale riguardo, si osserva una debolezza nella regia politica per l'ambito delle costruzioni e un certo ritardo nell'introduzione di processi innovativi e circolari, che non riesce ad impadronirsi pienamente delle opportunità offerte dalla diffusione delle tecnologie digitali, soprattutto riguardo la gestione delle informazioni attraverso software adeguati alla razionalizzazione nella produzione dei flussi di rifiuti da C&D ed alla loro tracciabilità¹. Emerge, in definitiva, la necessità di orientare la domanda di ricerca verso l'implementazione di strumenti operativi avanzati, in grado di coniugare il rispetto dei vincoli normativi, con le necessità dell'impresa e con l'utilizzo degli avanzamenti cognitivi che la cultura digitale mette a disposizione, in una logica progettuale che afferisce al campo del *problem setting*, oltre che del *problem solving* (Russo Ermolli, 2020).

Alla luce dello scenario delineato, l'articolo presenta i primi esiti della ricerca interdisciplinare condotta nell'ambito dell'Accordo di collaborazione scientifica tra il Dipartimento di Architettura dell'Università Federico II (DiARC) e Cassa Depositi e Prestiti Immobiliare (CDP) dal titolo "Studio su processi sostenibili per la razionalizzazione degli impatti ambientali delle demolizioni selettive nel complesso della ex Manifattura Tabacchi di Napoli, volto alla valorizzazione del rifiuto da demolizione negli interventi di rigenerazione urbana". L'obiettivo specifico della ricerca è quello di progettare e testare sul campo un protocollo tecnico funzionale a creare un flusso informativo stabile tra il progetto di rigenerazione urbana e l'intero processo di demolizione, as-

three groups: economic interests, environmental concerns and regulatory requirements" (EEA, 2016). These three factors especially affect the Construction and Demolition Waste (C&DW), because they slow-down the production processes aimed at reducing the withdrawal of natural resources (notably those related to the soil taken) and able to extend the material's life-cycle. The main obstacles in introducing circularity in the construction sector have been recognised in both the technical culture of experts and companies and the traditional practices of the building sector, both in the regulatory systems on recycling and the reuse of the aggregates resulting from demolition. In Italy, the reuse or recycling of products coming from demolition fails to intercept supply chains consistent with this type of waste. Equally, there are no robust policies to support the

construction sector in producing secondary raw materials to be used in new components or materials. These criticalities can be traced back to some specific characteristics of the Italian regulatory system, as well as to the lack of operational protocols able to provide a clear and univocal line of action for the practitioners of the construction sector. In this regard, key factors are the weakness in the national policies direction, as well as a certain cultural delay in the introducing innovation in the construction sector. The latter especially doesn't seem able to fully seize the opportunities offered by the diffusion of digital technologies for managing the C&D waste flows and their traceability¹. The need emerges to address the research demand towards the implementation of advanced operational tools, able to combine the compliance with regulatory constraints

sumendo il concetto di eco-innovazione come cardine culturale della sperimentazione².

Il *background* culturale della ricerca riferisce al concetto di *Urban Mining* (Cossu, 2012; Ghosh, 2020), che definisce il contesto operativo «[...] per la gestione sistematica delle risorse antropogeniche (prodotti ed edifici) e rifiuti, in vista di obiettivi di protezione ambientale di lungo periodo, di tutela delle risorse rinnovabili e di vantaggio economico» (Cossu *et al.*, 2012). Tale definizione riferisce, inoltre, alle più recenti strategie europee sull'uso efficiente delle risorse in edilizia, accogliendo le indicazioni del pacchetto di misure EU sull'economia circolare, con particolare attenzione per lo sviluppo di sistemi di comunicazione e certificazione finalizzati a facilitare la simbiosi industriale (COM 98 final, 2020). Queste ultime, in particolare, individuano negli apparati del progetto ambientale lo strumento per operare in chiave sistemica alla riduzione del rifiuto, puntando sia alla riduzione dei volumi del materiale scartato (180 kg/ pro capita/ per year, EU Parliament, 2015), sia alle caratteristiche prestazionali della materia prima seconda (MPS) potenzialmente idonea ad essere re-immessa nel ciclo costruttivo³.

La verifica *ex ante* nel protocollo per la demolizione selettiva

La ricerca si inquadra nell'ambito tematico del recupero, riuso e riciclo del rifiuto da costruzione, individuando nella demolizione selettiva uno dei passaggi chiave per ridurre la quantità di scarti da conferire in discarica. In particolare, la ricerca è orientata a definire il processo metodologico per la valutazione *ex ante* dei campioni materici da sottoporre ad analisi chimico-fisiche nella prospettiva di supportare la verifica di fattibilità tecni-

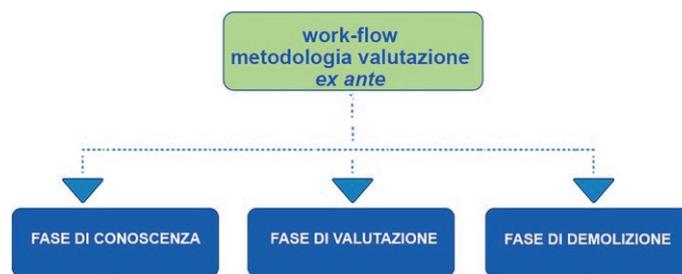
La ricerca si inquadra nell'ambito tematico del recupero, riuso e riciclo del rifiuto da costruzione, individuando nella demolizione selettiva uno dei passaggi chiave per ridurre la quantità di scarti da conferire in discarica. In particolare, la ricerca è orientata a definire il processo metodologico per la valutazione *ex ante* dei campioni materici da sottoporre ad analisi chimico-fisiche nella prospettiva di supportare la verifica di fattibilità tecni-

and the companies' requests. Furthermore, the cognitive advances provided by the digital culture makes the application of the design logic even more available to both the field of problem setting and the problem solving (Russo Ermolli, 2020).

According to the mentioned background, the article presents the first results of the interdisciplinary research within scientific collaboration agreement signed by Department of Architecture of the Federico II University (DiARC) and Cassa Depositi e Prestiti Immobiliare (CDP) titled "Study on the sustainable processes for rationalising the environmental impacts of selective demolitions in the former Manifattura Tabacchi area in Naples, with the aim of enhancing demolition waste in an urban regeneration project". The specific aim of the research is to design and test a technical protocol to create

a stable information flow between the urban regeneration project and the entire demolition process, assuming eco-innovation as the cultural cornerstone of the research².

The cultural framework of the research also hinges on the concept of urban mining (Cossu, 2012; Ghosh, 2020), which intercepts the operational context "[...] for the systematic management of the anthropogenic resources (products and buildings) and waste, in order to achieve long-term objectives such as environmental protection, the protection of renewable resources and economic advantages" (Cossu *et al.*, 2012). This definition is consistent with the most recent European strategies on the efficiency of resources in construction, as well as the EU policies for the circular economy, especially concerning the development of communication and certification systems



co ed economica delle azioni di demolizione selettiva, in una prospettiva di valorizzazione del rifiuto da demolizione negli interventi di rigenerazione urbana (Fig.1).

Obiettivo specifico è la progettazione di un protocollo tecnico finalizzato ad oggettivare i processi decisionali nell'articolazione dei seguenti, essenziali passaggi:

- fornire dati e stime sulla quantità e tipologia di rifiuti da destinare a smaltimento, riuso o riciclo;
- catalogare e pre-caratterizzare i rifiuti generati da demolizione;
- definire modi e tempi per la decostruzione e la demolizione;
- sviluppare una progettazione integrata del cantiere di demolizione e di costruzione, in grado di ottimizzare l'utilizzo del rifiuto all'interno dello stesso.

Il protocollo è tarato su interventi di rigenerazione urbana di medie-grandi dimensioni che agiscono su complessi in dismissione dove i volumi da demolire sono tali da generare costi importanti per l'impresa e per l'ambiente, e che giustificano l'attivazione di procedure alternative per il recupero e il riciclo in sito dei rifiuti da C&D. Inoltre, il progetto di rigenerazione urbana abbraccia un insieme di opere che vanno dal recupero edilizio, alla costruzione *ex-novo*, alla riconfigurazione degli spazi aperti, in ciò includendo opere di modellazione del suolo, di creazione di spazi a verde e di nuove infrastrutture per la viabilità, prefigurando un ampio set di interventi che permette di dirigere i flussi di rifiuti verso la produzione di un nuovo repertorio di elementi tecnici.

Essenziale corredo cognitivo del protocollo è il controllo degli apparati normativi, la capacità di dialogo con i diversi specialisti del progetto, la conoscenza delle filiere produttive verso cui indirizzare i componenti e la MPS derivante dalla demolizione.

aimed at facilitating industrial symbiosis (COM 98 final, 2020). The latter identify the environmental project as a key tool to operate in a systemic mode for the reduction of the C&D volumes (180 kg / per capita / per year, EU Parliament, 2015), and for enhancing the performances of the secondary raw material (MPS) potentially suitable for being re-introduced into the construction cycle³.

The ex-ante assessment within the selective demolition process

The research is framed in the thematic area of recovery, reuse and recycling of the construction waste, looking at the selective demolition as crucial to reduce the amount of C&D waste to be disposed of in landfills. Notably, the research aims to define the methodological steps for implementing the *ex-ante* evaluation of the construc-

tion material samples to be subject to chemical-physical analyses. This approach effectively supports the assessment of both the technical and economic feasibility of the selective demolition of buildings, and the opportunities to valorise C&D waste in urban regeneration interventions (Fig. 1).

A specific research goal is the design of a technical protocol aimed at objectifying the decision-making processes, especially considering the following points:

- providing data on the volumes and type of waste to be disposed reused or recycled;
- listing and pre-characterising the waste generated by demolition;
- defining the specific modes for deconstruction and demolition, including time schedule;
- developing the organisation of the

La valutazione *ex ante* è il primo nodo informativo del protocollo e il principale elemento di innovazione dello stesso. Il suo obiettivo è fornire un inventario ragionato dei sistemi costruttivi oggetto di demolizione, che qualifica l'analisi preventiva sulle caratteristiche fisico-chimiche di questi ultimi al fine di orientarne il flusso verso lo smaltimento, o piuttosto il riciclo/riuso. Tale processo di conoscenza è anche immediatamente finalizzato a produrre la documentazione tecnico-amministrativa necessaria ad autorizzare le opere di demolizione e quindi indire la gara d'appalto.

La metodologia è organizzata in tre fasi:

1. conoscenza di base: indagine documentale (schede costruttive e storia degli usi dell'edificio); schedatura BIM-based del sistema edilizio (inventario degli elementi costruttivi organizzati per tipologia, quantità, consistenza materica, stato di conservazione);
2. campionamento: finalizzato alla progettazione dei cumuli materici da sottoporre alle analisi chimiche per la caratterizzazione del rifiuto (DM. 5/2/98 e smi; art. 214 e 216 D.Lgs. 152/2006). Questa fase comprende: la determinazione delle tecniche di campionamento; l'analisi chimico-fisiche dei cumuli con distinzione delle frazioni di rifiuto in pericolose e non; l'identificazione dei codici CER; l'individuazione dei rifiuti derivanti dalla fase di *strip out*; l'individuazione delle frazioni riutilizzabili o riciclabili e dei possibili trattamenti di riciclo; la stima dei costi;
3. progetto di Demolizione: organizzazione del cantiere secondo le quantità di rifiuto da estrarre e da riciclare; cronoprogramma delle opere di demolizione; *layout* di cantiere.

demolition and construction site, with the aim of optimising the reuse of waste within it.

The protocol is set on the medium-large urban regeneration interventions, with particular reference to those featured by an amount of waste as huge as to generate large disposal costs and relevant environmental impacts, both justifying the search for alternative procedures for the on-site recycling of demolition waste. Furthermore, urban regeneration encompasses a number of different operations, ranging from building restoration to *ex-novo* construction, including soil modelling, green and open spaces, as well as new infrastructures for mobility. These operations justify the maintenance of demolition flows inside the yard and their re-direction towards the production of a new stock of construction elements.

The essential protocol requirement should be consistent with the national regulatory system, clear and objective to involve experts and companies to whom secondary raw materials are addressed.

The *ex-ante* evaluation is the first information node of the protocol and its main innovative point. The *ex-ante* assessment has the purpose of inventorying the construction systems subjected to demolition, and of exploring the information on their construction typology and characteristics. The latter addresses the preventive analysis on the physical-chemical characteristics of the building elements before demolition in order to pre-define the destination of the waste flows towards disposal, recycling or reuse. The deep understanding of the building in terms of construction typologies and

Così concepita, la valutazione *ex ante* consente di stimare la quantità e la qualità dei rifiuti ancor prima di procedere alla demolizione dell'edificio, realizzando una conoscenza specifica del manufatto. Inoltre, i risultati dei test chimici effettuati vanno ad alimentare un sistema di meta-dati utili ad informare – e ottimizzare – la filiera di riciclo/ riuso e lo stesso intervento di rigenerazione urbana. La metodologia proposta risulta originale anche rispetto agli indirizzi europei sull'introduzione della demolizione selettiva (EU, 2016), in quanto le informazioni derivanti dalla valutazione *ex ante* consentono di finalizzare in modo specifico le scelte progettuali all'organizzazione del cantiere di demolizione, individuando in modo preciso le tecniche e gli strumenti da utilizzare, ed anche i *layout* di cantiere più adeguati per gestire le operazioni di stoccaggio, movimentazione e riciclo dei materiali di rifiuto. Inoltre, l'introduzione della tecnologia BIM come strumento di supporto per la caratterizzazione dell'edificio consente di conoscere preventivamente:

- la tipologia di materiale, da classificare come rifiuto inerte (pericoloso/ non pericoloso), indicandone il codice CER e le tecniche finalizzate al riciclo;
- la quantità di materiale riferito alle singole tipologie;
- l'inventario dei componenti del sistema edilizio da destinare a riutilizzo o riuso;
- la composizione del rifiuto;
- la precisa ubicazione dei materiali potenzialmente pericolosi per massimizzare la sicurezza della demolizione;
- il potenziale di recupero/ riuso del materiale post-demolizione in funzione della caratterizzazione effettuata e delle indicazioni del progetto di riqualificazione urbana.

material quality also implements the technical-administrative documents requested to authorise the demolition works and to launch the tender.

The *ex-ante* assessment is based on three steps:

1. basic knowledge: desk study on the building history (construction sheets and uses); BIM-based inventory (constructive elements sheets organised by type, volumes, material consistency, state of conservation);
2. sampling: step aims to design the material heaps to be subject to chemical analyses for waste characterisation (Ministerial Decree 5/2/98 and subsequent amendments; art. 214 and 216 Legislative Decree 152/2006). This step includes: selection of sampling techniques according to the characteristics of the different construction

elements; the chemical-physical analysis of the heaps responding to the different construction elements organised by typologies (columns, beams, floors, etc.); the distinction of the waste fractions into dangerous and non-dangerous; identification of the CER code for each construction typology; the identification of waste derived from the strip out phase; the selection of recyclable fractions; designing recycling treatments; cost estimation;

3. demolition plan: step aims to provide the organisation of the construction site according to the volumes of waste to be extracted and recycled; time schedule of the demolition works; the construction site layout.

Planned in this way, the *ex-ante* evaluation makes it possible to estimate the

Il caso studio della ex Manifattura Tabacchi, Napoli

Il progetto di rigenerazione urbana dell'area della ex Manifattura Tabacchi, nella zona orientale di Napoli, rappresenta un'importante opportunità di sperimentazione sul campo. L'intervento interessa un'area di circa 170.000 m² su cui insistono circa 265.000 m³ di edificato (stimati vuoto per pieno), corrispondenti a circa 38.000 m³ di elementi strutturali con un peso di quasi 74.000 tonnellate: un quantitativo, quest'ultimo, pari alla capienza annua di un impianto di conferimento di rifiuti da demolizione di dimensioni medio-grandi (Fig. 2). L'area è oggetto di un Piano Urbanistico Attuativo (PUA) di iniziativa privata (approvato nel 2011) che prevede la conservazione dei suoi edifici simbolo e delle aree verdi di maggior pregio con l'obiettivo di realizzare una nuova area urbana dotata di spazi per la sosta e lo svago, insieme a nuove destinazioni commerciali, residenze (anche universitarie), uffici, un mercato coperto e una scuola. È inoltre previsto l'adeguamento del sistema viario ed impiantistico, che risponde anche agli obiettivi del Progetto di Messa in Sicurezza Permanente (ex art. 242 D.Lgs. 152/2006) per la messa in sicurezza del sito⁴.

Lo studio ha quindi prodotto un sistema di conoscenza degli edifici oggetto di demolizione organizzato in una fase “*desk*”, attraverso un lavoro di ricerca documentale sull'ex complesso industriale (progetto degli edifici, storia degli usi), e una fase “*on-field*” condotta attraverso sopralluoghi e saggi tecnici. Quest'ultima, in particolare, ha permesso di verificare la base di rilievo degli edifici da demolire e le caratteristiche del sistema edilizio funzionali per la modellazione BIM, associando al rilievo la parametrizzazione di abachi di soluzioni tecnologiche

volumes and the quality of waste flows before starting the building demolition, providing specific knowledge of the building itself. Furthermore, the results of chemical tests feed a dedicated data system that is useful for informing – and activating – the waste recycling supply chain, and for improving the urban regeneration operations. The proposed methodology is also original with respect to the European guidelines on selective demolition (EU, 2016), as the information stemming from the *ex-ante* assessment makes it possible to finalise the planning choices of urban regeneration according to the demolition site organisation by precisely identifying techniques and tools to be used, and the most suitable site layouts to manage storage operations, as well as those of handling and recycling waste materials. In addition, the introduc-

tion of BIM technology as a cognitive support of building characterisation makes it possible to obtain some key information:

- the composition of demolition waste;
- the volumes of waste material related to the single construction types;
- the inert material types, to be classified as waste (dangerous / non-dangerous), including their EWC code and the recycling techniques;
- the inventory of the building's constructive elements to be reused or recycled;
- the objective location of potentially hazardous materials to maximise demolition safety;
- the potential for recovery / reuse of post-demolition material according to the characterisation carried out and the purpose of the urban redevelopment project.



derivanti dalla scomposizione del sistema costruttivo degli edifici (Fig.3)⁵.

La fase di conoscenza ha permesso di associare ai dati quantitativi tipicamente riferibili dalla modellazione BIM, altri dati, di tipo qualitativo, utili per la caratterizzazione dei cumuli oggetto dei test di cessione e per la gestione dei flussi di rifiuti da demolizione generati, in modo da distinguere e catalogare tutti gli elementi costruttivi degli edifici del complesso. Gli esiti dell'indagine sono confluiti in una schedatura prodotta in semi-automatico, e sviluppata per ciascun edificio dell'ex area industriale, che costituisce un archivio di metadati per il controllo del progetto di demolizione e per l'istruttoria del progetto esecutivo degli interventi di rigenerazione urbana dell'area (Fig. 4).

Sulla scorta delle informazioni acquisite, è stato redatto il Piano di Campionamento, il cui obiettivo è fornire una proiezione sufficientemente rappresentativa delle caratteristiche chimico-fisiche dei materiali costituenti ciascun edificio destinato a demolizione, così da ottenere una caratterizzazione preventiva dei rifiuti potenzialmente pericolosi. Il Piano fissa infatti il numero e le caratteristiche dei campioni materici da sottoporre a test di cessione, i punti di prelievo del materiale (con tecniche di *pull-out*), nonché gli analiti da prendere in considerazione per stimare la presenza di sostanze tossiche. Il Piano di Campionamento è stato quindi strutturato in base alla tipologia e localizzazione dei manufatti da abbattere, ma soprattutto in base alle caratteristiche delle componenti edilizie organizzate come gruppi di oggetti destinati a demolizione (D.lgs. 152/2006; D.M. Ambiente 27/09/2010 aggiornato/integrato dal D.M. Ambiente 24/06/2015; Decreto 05/04/2006 n. 186; D.M. Ambiente 5/02/1998).

Case study application to the former industrial area of Manifattura Tabacchi, Napoli

The urban regeneration of the former industrial area Manifattura Tabacchi in Eastern Naples is an opportunity to test the *ex-ante* assessment method in the field. The project site is about 170,000 m², and there are about 265,000 m³ of built volumes (estimated empty for full). These volumes contain about 38,000 m³ of structural elements, weighing almost 74,000 tons, which correspond to the annual capacity of a medium-large C&D landfill (Fig. 2). The project is regulated by a private-initiative named Urban Implementation Plan (PUA) (approved in 2011) which hinges on the conservation of some symbolic buildings and the design of green areas, parking facilities and leisure, as well as retail (including a new covered market) offices, schools

and housing (including for students' accommodation). The adaptation of the roadway system and plant engineering is designed as well. Furthermore, the project has to meet the objectives of land remediation and site safety according to the Permanent Safety Project (Article 242 of Legislative Decree 152/2006)⁴.

Therefore, the study produced a deep understanding of the buildings to be demolished. The latter was organised in a desk study through the documentary research on the former industrial complex (building design, construction types, history of uses), and on the in-field study, done by inspections and technical essays. The latter, in particular, made possible to verify the survey of the buildings to be demolished, and the characteristics of the whole building system for implementing the BIM modelling. Therefore, the survey

Allo stato, l'applicazione sul caso studio ha consentito di sperimentare direttamente le fasi di conoscenza. Per quanto riguarda invece il Piano di Campionamento sono stati ipotizzati due scenari limite su cui testare la metodologia (Scenario di Riciclo Integrale, SRI; Scenario di Smaltimento Integrale, SSI). Il Piano di Campionamento si organizza a partire dalle opzioni di demolizione compatibili con il caso studio (selettiva e non-selettiva), e a queste proporziona i due diversi scenari di intervento. Nel primo caso (SRI), il Piano prevede la formazione di campioni di tipo omogeneo (con cumuli composti da un solo tipo di materiale, ad esempio calcestruzzo, laterizio, tufo, etc.), da sottoporre a test singolarmente, mentre per lo scenario 2 (SSI) si procede secondo le prassi vigenti, con campioni eterogenei (cumuli composti da un mix di materiali). I test di cessione relativi ai campioni disomogenei (SRI) restituiranno una conoscenza specifica delle caratteristiche del materiale e della sua eventuale pericolosità, associando a tale informazione la localizzazione delle diverse tipologie di rifiuto, già catalogate secondo i codici CER grazie alla schedatura BIM. Lo scenario 2 (SSI), consentirà di conoscere in modo indifferenziato la qualità dei materiali costituenti l'edificio e, in caso di valori accettabili del test di cessione, procedere con

results were associated with the parameterisation of the abacuses of the main technological solutions emanating from the analysis of the buildings' construction systems (Fig. 3)⁵.

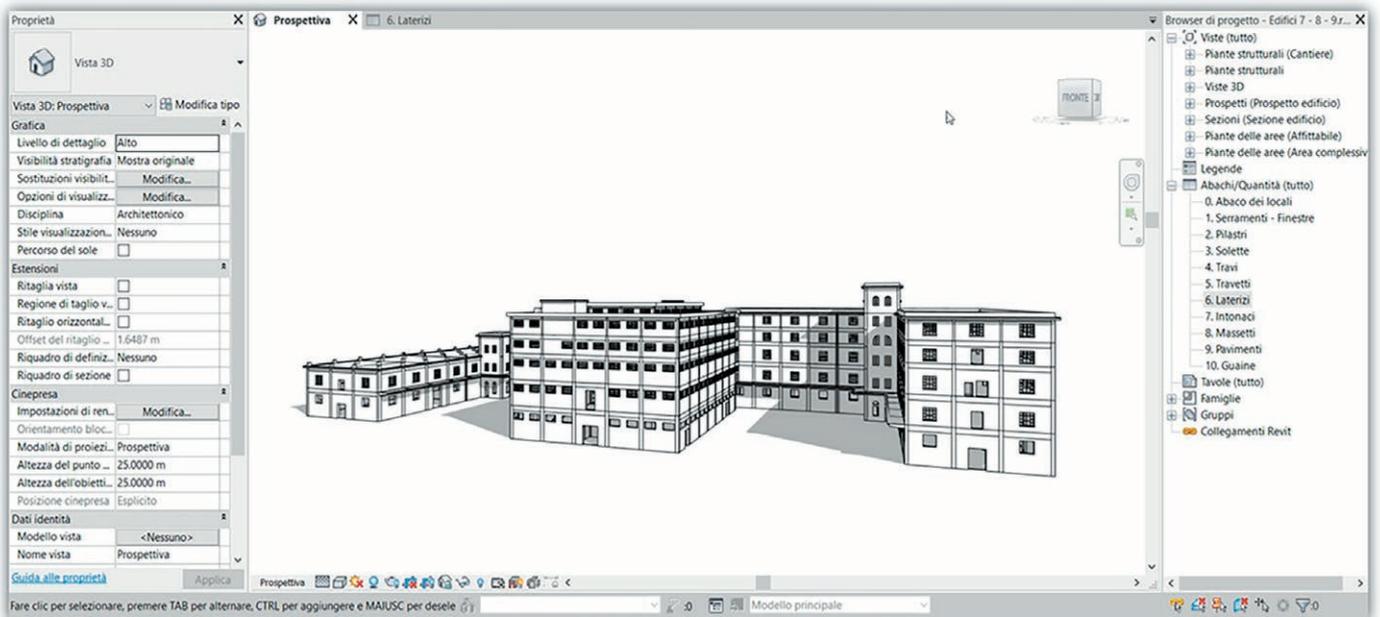
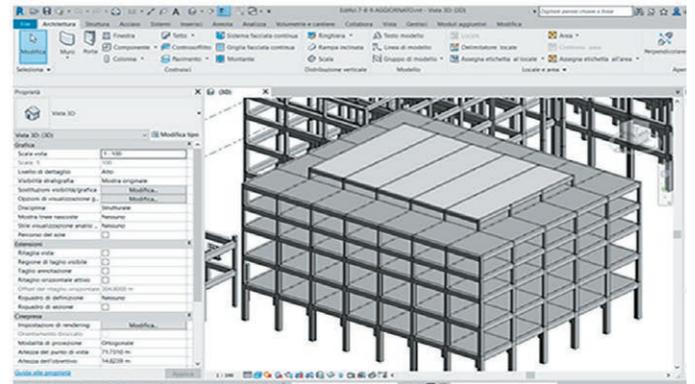
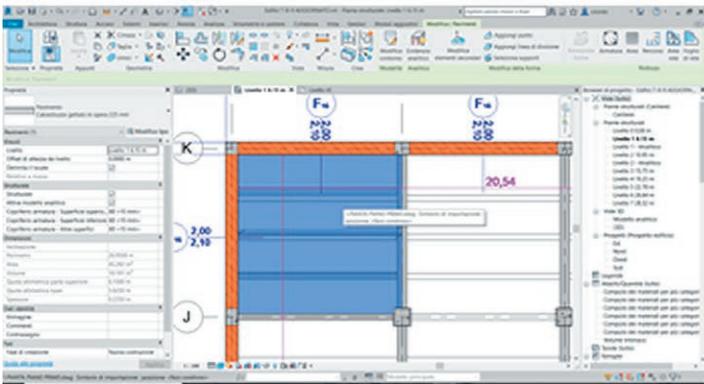
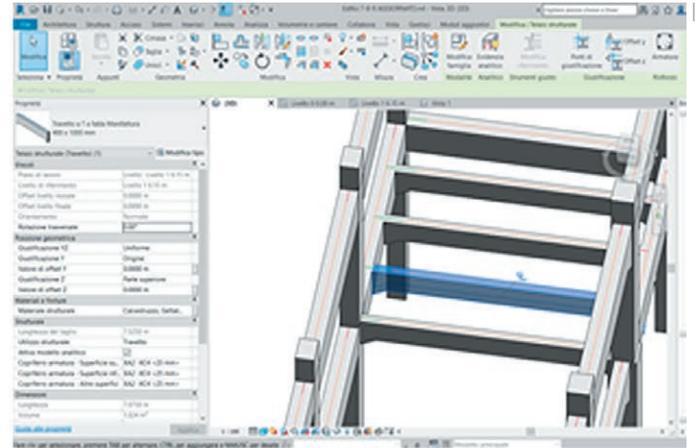
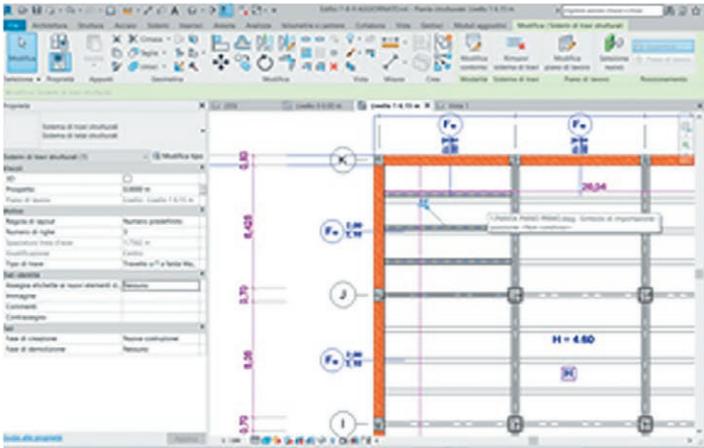
The knowledge achieved made it possible to associate other qualitative data with quantitative ones, typically referable by BIM modelling, in order to distinguish and catalogue all the constructive elements of the buildings. This information has been used to characterise the different heaps subject to the chemical tests and to manage the demolition waste flows generated. The results of both desk and in-field studies are merged into a semi-automatic catalogue designed and implemented for each building of the former industrial area. This catalogue provides a metadata archive for controlling the demolition project and for the preliminary investigation of

the operational design of the regeneration project (Fig. 4).

Thanks to the information acquired, the Sampling Plan was drawn up. The Plan aims to carry out a confident projection of the hazardous waste potentially embodied in the materials of each building intended for demolition according to their characteristics. The Plan establishes the number of samples, as well as the size and characteristics of the material to be subject to testing. The material sampling will be done by pull-out techniques, and the chemical test will focus on a set of analytes to estimate the presence of toxic substances. The Sampling Plan was, therefore, structured on the basis of both the building type and building location, and by grouping the elements of the building by both material and construction typologies (D.lgs. 152/2006; D.M. Ambiente

03 | Immagini estratte dall'interfaccia degli abachi prodotti durante la modellazione BIM, strutturati tenendo conto della scomposizione di ciascun edificio in sistemi tecnologici e tipologie di materiali

Images extracted from the information sheets produced by the BIM modelling. The information sheets are structured by breaking down each building into its technological systems and material types



tecniche di demolizione tradizionali. Diversamente, nello scenario 1 (SRI), l'esito delle analisi di cessione consentirà di definire con esattezza le tecniche di demolizione più adeguate ad indirizzare i rifiuti alle filiere del recupero, riuso, riciclo e smaltimento, conoscendo in anticipo l'entità dei volumi da smaltire e quindi i costi diretti connessi all'intervento di demolizione. (Fig. 4) (confronto scenari).

Discussione dei risultati in forma di conclusione

Sulla base di quanto fin qui descritto è possibile sviluppare considerazioni di metodo e di merito. Rispetto a queste ultime, si deve premettere che non sono ancora disponibili i risultati dei test di cessione, da cui dipende l'informazione sulla qualità materica del sistema edilizio e la relativa, potenziale tossicità delle sue componenti. Solo in base a tali risultanze si potrà concludere la fase di campionamento e specializzare la strategia di demolizione con un set di soluzioni tecnologiche compatibili con le percentuali di rifiuto pericoloso risultanti dall'analisi chimica. Inoltre, attraverso l'esito dei test di cessione sarà possibile valutare il range di applicabilità del processo di demolizione selettiva e di stimare con esattezza quantità e tipologie dei materiali che ne derivano.

In termini di metodo, invece, i primi risultati di ricerca sono i due scenari (SRI e SSI) per la verifica del protocollo. L'applicazione sperimentale punta infatti a definire i valori limite del range di possibilità operative entro cui andranno a collocarsi le diverse, e più dettagliate, alternative progettuali e tecniche derivanti dagli esiti del test di cessione, nonché approfondire le relazioni tra la scelta della strategia di demolizione e l'intervento nel suo insieme.

27/09/2010 integrated by D.M. Ambiente 24/06/2015; Decreto 05/04/2006 n. 186; D.M. Ambiente 5/02/1998).

At present, the case study's experimental application has made it possible to directly test the knowledge acquisition method. Conversely, as regards the Sampling Plan, two limit scenarios were set down (Integral Recycling Scenario, SRI; Integral Disposal Scenario, SSI). The Sampling Plan approach is based on the two demolition options consistent with the specific case study (selective and non-selective demolition), and it designs two different intervention scenarios according to these options. In the SRI case, the Plan provides for homogeneous samples to be tested individually (with heaps made by a single type of material, for example concrete, brick, tuff, etc.), while the SSI scenario is based on current practices, with heterogeneous

samples representing the whole building subjected to demolition (heaps composed of a mix of materials). The chemical tests relating to inhomogeneous samples (SRI) will return specific data on the characteristics of the material and its potential risk, associating this information with the location of the different types of waste in the building, already catalogued according to the CER codes thanks to the BIM filing. The SSI Scenario will provide undifferentiated knowledge of the quality of the building materials. In the case of compliance of test values with the regulatory thresholds, it will be possible to proceed with traditional demolition techniques. Otherwise, the SRI outcomes will make it possible to define the most appropriate demolition techniques precisely, with the aim of directing waste to the different lines of recovery, reuse, recycling and dis-

Obiettivo principale della simulazione sui due scenari è anche verificare l'interesse del protocollo quale processo di costruzione della conoscenza finalizzato alla riduzione dei rischi di intervento, in ciò includendo tanto quelli diretti, di tipo sanitario e ambientale, legati alla pericolosità dei rifiuti prodotti; tanto quelli indiretti legati ai tempi del processo autorizzativo e all'attivazione di filiere aggiuntive, anche facilitando la capacità di interazione tra i decisori istituzionali e gli operatori. L'applicazione di un processo codificato consente infatti di identificare preliminarmente i nodi critici del progetto di demolizione e della sua attuazione, dando trasparenza all'iter per la produzione dell'informazione e alla razionalità delle scelte che ne derivano.

È importante infine ribadire che il protocollo è progettato per gli interventi di rigenerazione urbana, poiché le dimensioni di tali interventi, insieme al valore sociale degli stessi, definiscono le condizioni più appropriate per valutare limiti e vantaggi della metodologia proposta, sia per la rilevanza dei costi di smaltimento dei flussi in uscita, sia di quello dei materiali in entrata, anche in termini di consumo di risorse e impiego di energia

In questo ambito, il processo di valutazione *ex ante* ha implicazioni dirette sulla programmazione di nuovi cicli di vita del rifiuto da demolizione in base alla normativa vigente ed alle caratteristiche prestazionali della MPS. In particolare, i risultati di tipo quanti-quantitativo derivanti dall'applicazione del protocollo forniscono informazioni finalizzate a validare ipotesi di sviluppo di nuovi prodotti edilizi e di design realizzati con i rifiuti da demolizione, sperimentando una dimensione integrata tra progettazione tecnologica, ingegneria dei materiali e progetto architettonico.

posal chains, knowing in advance the extent of the volumes to be disposed of and, therefore, the direct costs associated with the demolition (Fig. 5).

Result discussion in the form of a conclusion

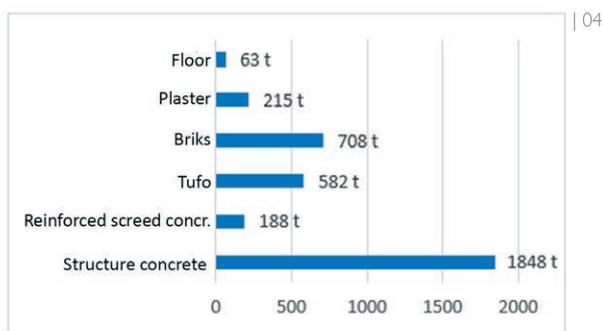
As described so far, it is possible to develop the considerations about the method and the merit. With respect to the latter, it must be premised that the results of the chemical tests are not available at present, so the information on the material quality of the building system and the related potential toxicity of its components are not available either. Starting from these results will it be possible to conclude the sampling phase and specialise the demolition strategy with a set of technological solutions compatible with the percentages of hazardous waste resulting from the chemical analysis. In addition, the

outcomes of the chemical tests make it possible to evaluate the range of applicability of the selective demolition process and to estimate the volumes and types of the demolition materials accurately.

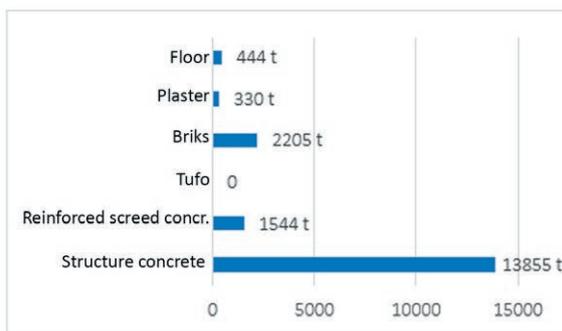
In terms of method, however, the first research results hinge on the investigation of the two scenarios (SRI and SSI) for the protocol testing. In fact, the experimental application aims to establish the limit values of the operational alternatives within which the result-based alternatives arising from the chemical test will be placed. Equally, the test results will make it possible to provide a more detailed demolition plan, by which melting the demolition techniques (selective and non-selective) with the other construction constraints.

The main purpose of the scenario simulation is also to verify the efficiency

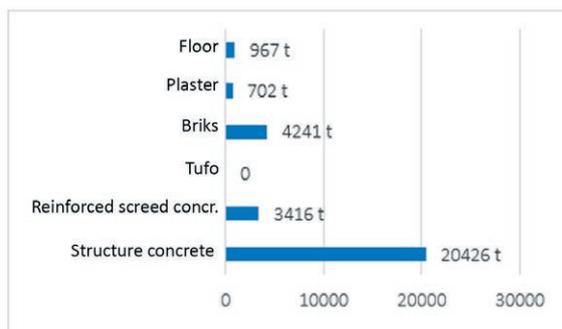
	E1-E2-E3-E4-E5-E6-E7-E8-E9- E10-E11-E12-E13-E14-E15-E16-E17	mq	mc	t
a	Structure concrete		740	1848
b	Reinforced screed concrete	1569	94	188
c	Tufo		342	582
d	Briks		885	708
e	Plaster	7167	103	215
f	Briks	1569	24	63
g	Floor	822	4	25
h	Waterproof sheath			75
	Tot		2061	3704



	Building n.3	mq	mc	t
a	Structure concrete		5542	13855
b	Reinforced screed concrete	12862	772	1544
c	Tufo		0	0
d	Briks		2756	2205
e	Plaster	11008	147	330
f	Briks	11107	167	444
g	Floor	1739	9	52
h	Waterproof sheath			561
	Tot		9070	18992



	Buildings n.7-8-9	mq	mc	t
a	Structure concrete		8171	20426
b	Reinforced screed concrete	32224	1708	3416
c	Tufo		0	0
d	Briks		5301	4241
e	Plaster	23391	284	702
f	Briks	24166	363	967
g	Floor	8064	144	242
h	Waterproof sheath			828
	Tot		15180	30822



of the protocol like a building process assessment. It aims to reduce the project risks, including those related to both human health and environmental impacts, due to the pollutants embodied in the waste flows. The protocol can also reduce indirect risks coming from the regulatory process. More benefits come from the prompt activation of additional productive chains and from the facilitating interaction between institutional decision makers and technical operators. The presence of a codified process leads to the quick identification of the critical issues of the demolition project and its implementation. It gives more transparency to the process for the production of information, and to the rationale of resulting choices. Finally, it is important to reiterate that the protocol is designed for urban regeneration interventions, because the

dimensions of these interventions, together with their social value, define the most appropriate conditions for evaluating the limits and advantages of the proposed methodology. Furthermore, the relevance of costs of landfilling the outgoing flows for both of those related to the incoming materials makes the ex-ante assessment a key tool for reducing resource consumption and energy use in the huge urban operations. In this context, the ex-ante evaluation has direct implications on the new life cycles of demolition waste, complying with the current legislation and the performance characteristics of the secondary raw materials. Notably, the quantum-quantitative results derived from the ex-ante assessment provide effective knowledge for developing new design products made with demolition waste, looking at a forthcoming

(and integrated) approach between technological design, materials engineering and architectural project.

NOTES

¹ The use of dedicated software such as GIS, GDSE and BIM, and of digital platforms defines a close horizon for the efficient management of information and flows. In this regard, we want to recall, in particular, the pioneering experience of EU Life project “VAMP-Enhancement of materials and demolition products”, 1998-2000 (LIFE98 ENV / IT / 00033), coordinated by Ernesto Antonini (Antonini, 2001).

² The research assumes the concept of eco-innovation as defined in the Eco-Innovation Action Plan EU, 2011: “any innovation that makes progress towards the goal of sustainable development by reducing impacts on the environment, increasing resilience

to environmental pressures or using natural resources more efficiently and responsibly” (Decision N° 1639/2006 / EC establishing a Competitiveness and Innovation Framework Programme).

³ See the advances of the Horizon 2020 project BAMB - Buildings As Material Banks, available at <https://www.bamb2020.eu/>, as well as the report: Johnson J, (2016) The Concrete Initiative – Closing the loop: what type of concrete reuse is the most sustainable option? [Theconcreteinitiative.eu](https://www.theconcreteinitiative.eu/newsroom/publications/), available at: <https://www.theconcreteinitiative.eu/newsroom/publications/> (accessed 18 February 2021).

⁴ More information available at: <https://www.comune.napoli.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/14506>

⁵ A key part of this study step is the soil morphology survey through a Digital Terrain Model (DTM), which com-

NOTE

¹ L'utilizzo di software dedicati (GIS, GDSE, BIM) e di piattaforme digitali definiscono un orizzonte prossimo per una gestione efficiente dell'informazione e dei flussi. A riguardo si ricorda, in particolare, l'esperienza pionieristica del progetto negli anni 1998-2000, "VAMP-Valorizzazione di materiali e prodotti di demolizione" (LIFE98 ENV/IT/00033), coordinato da Ernesto Antonini (Antonini, 2001).

² La ricerca assume il concetto di eco-innovazione sviluppato nel quadro dell' Eco-Innovation Action Plan EU, 2011: «any innovation that makes progress towards the goal of sustainable development by reducing impacts on the environment, increasing resilience to environmental pressures or using natural resources more efficiently and responsibly» (Decision N° 1639/2006/EC establishing a Competitiveness and Innovation Framework Programme).

³ Vedi gli avanzamenti del progetto Horizon 2020 BAMB - Buildings As Material Banks, available at <https://www.bamb2020.eu/>, nonché il report: Johnson J, (2016) The Concrete Initiative - Closing The Loop: What Type of Concrete Re-Use Is the Most Sustainable Option? Theconcreteinitiative.eu, available at <https://www.theconcreteinitiative.eu/newsroom/publications/> (accessed 18 February 2021).

⁴ Maggiori informazioni available at: <https://www.comune.napoli.it/flex/cm/pages/ServeBLOB.php/L/IT/IDPagina/14506>

⁵ Parte integrante di questa fase di studio è inoltre la ricostruzione della morfologia del suolo attraverso la tecnica del Digital Terrain Model (DTM), che completa la base di conoscenza del progetto di demolizione nella sua interazione con l'intervento di bonifica e gli interventi di rigenerazione urbana.

pletes the whole knowledge approach to the demolition project by including its interactions with the soil remediation and the urban regeneration operations.

REFERENCE

Antonini E. (Ed.) (2001), *Residui da costruzione e demolizione: una risorsa ambientalmente sostenibile. Il progetto VAMP ed altre esperienze di valorizzazione dei residui*, Franco Angeli, Milano, Italia.

Cossu et al. (Eds.) (2012), *URBAN MINING: a global cycle approach to resource recovery from solid waste*, CISA Publisher, Padova, Italia.

Cossu, R., Salieri V. and Bisinella, V. (2012), *Urban Mining: a global cycle approach to resources recovery from solid waste*, CISA Publisher, Padova, Italia.

European Commission (2015), "Action Plan for Circular Economy COM 614 final", available at: https://eur-lex.europa.eu/resource.html?uri=cellar:8a8ef5e8-99a0-11e5-b3b7-01aa75ed71a1.0012.02/DOC_1&format=PDF

European Commission (2016), "EU Construction and Demolition Waste Management Protocol", available at: https://ec.europa.eu/growth/content/eu-construction-and-demolition-waste-protocol-0_en

European Commission (2020), "Annual Sustainable Growth Strategy", available at: <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:0575:FIN>

European Commission (2020), "New Action Plan for Circular Economy COM 98 final", available at: https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=COM:2020:98:FIN&WT.mc_id=Twitter

European Commission, *Circular Economy. Principles for Building Design*, available at <https://ec.europa.eu/docsroom/documents/39984>

European Parliament, "Fondo europeo per gli investimenti strategici", available at: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/1/2019/IT/COM-2019-190-F1-IT-MAIN-PART-1.PDF>

Ghosh, S.K. (2020), *Urban Mining and Sustainable Waste Management*, Springer, Berlin, Germany

Giannattasio, C., Papa, L.M. and D'Agostino, P. (2019), "BIM oriented algorithmic reconstruction of building components for existing heritage", *Int. Arch. Photogramm. Remote Sens. Spatial Inf. Sci.*, pp. 513-518.

Hertwich, E., Lifset, R., Pauliuk, S. and Heeren, N. (2020), "Resource Efficiency and Climate Change: Material Efficiency Strategies for a Low-Carbon Future", available at: <https://wedocs.unep.org/bitstream/handle/20.500.11822/31715/RECC.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

Johnson J. (2016), *Closing the loop: what type of concrete re-use is the most sustainable option?*, available at: <https://www.theconcreteinitiative.eu/newsroom/publications/165-closing-the-loop-what-type-of-concrete-re-use-is-the-most-sustainable-option>

Russo Ermolli, S. (2020), *The Digital Culture of Architecture. Note sul cambiamento cognitivo e tecnico tra continuità e rottura*, Maggioli editore, Sant'Arcangelo di Romagna

Tordo S. (2020), "Il BIM per gestire i rifiuti da costruzione e demolizione: il caso ex Manifattura Tabacchi di Napoli", available at: <https://www.bimportale.com/bim-gestirerifuti-costruzione-demolizione-caso-exmanifattura-tabacchi-napoli/>