

Corso di Sostenibilità dei sistemi edilizi
A.A. 2023-24

Guido R. Dell'Osso

I rifiuti da costruzione e demolizione

I rifiuti da costruzione e demolizione

Il tema è di grande interesse

Sin da primi anni 2000 si è osservata la produzione di un notevole quantitativo di Rifiuti da C&D e il loro progressivo incremento.

Già nel rapporto 2005 dell'Osservatorio Nazionale dei Rifiuti si rilevava per il 2002 il dato di 37 milioni di tonnellate, cresciuto negli anni successivi fino ad arrivare nel 2016 a 54,4 milioni di tonnellate.

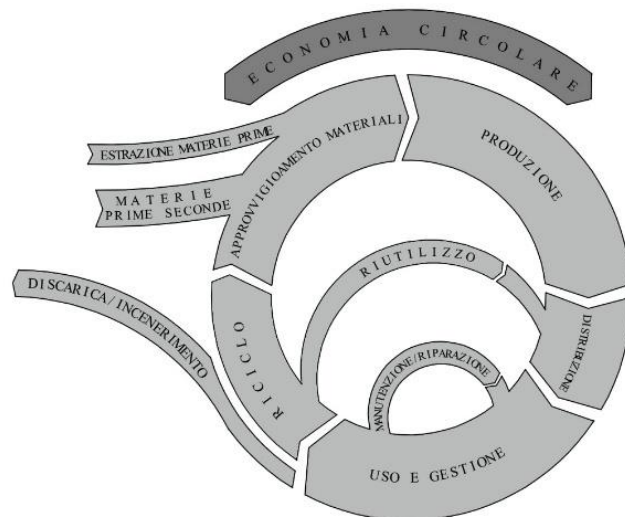
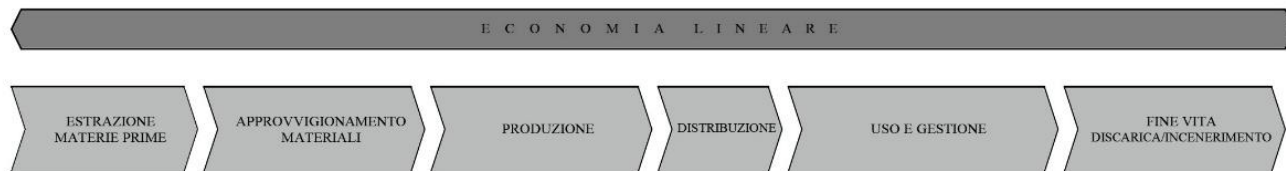
- Le caratteristiche che contraddistinguono questo tipo di rifiuto da quelli di altro genere risiedono:
 - nella loro **bassa pericolosità** ;
 - negli **elevati volumi** prodotti

Questo implica necessariamente una particolare attenzione riguardo al loro smaltimento ed un auspicabile indirizzamento del settore delle costruzioni verso il loro riutilizzo o riciclaggio nella produzione delle cosiddette **materie prime seconde (MPS)**,

per la partecipazione del nostro settore alle logiche dell'economia circolare

Dall'economia lineare all'economia circolare

I Processi Edilizi Circolari



La gerarchia dei rifiuti

In sede di Comunità Europea, con la Direttiva 2008/98/CE si è definita una gerarchia dei rifiuti.

La Direttiva *“stabilisce in generale un ordine di priorità di ciò che costituisce la migliore opzione ambientale nella normativa e politica dei rifiuti”*.

Gli Stati membri dovrebbero sostenere l'uso di materiali e componenti riciclati e dovrebbero scoraggiare, laddove possibile, lo smaltimento in discarica o l'incenerimento.

La gerarchia è così strutturata

- prevenzione;
- preparazione per il riutilizzo;
- riciclo;
- recupero di altro tipo, per esempio il recupero di energia;
- smaltimento.

La prevenzione nella progettazione

Il primo approccio al problema della produzione dei rifiuti è la “prevenzione”, posta anche in cima alla gerarchia proposta dalla Direttiva comunitaria sui rifiuti.

Rafforzare le misure di prevenzione significa introdurre un approccio che tenga conto dell'intero ciclo di vita dei prodotti e dei materiali, in chiave circolare, **e non soltanto nella fase in cui essi diventano rifiuti.**

L'attenzione, dunque, è spostata sulla riduzione degli impatti ambientali connessi alla fase produttiva dei materiali stessi e non solo alla loro gestione al termine del ciclo di vita.

È evidente come ciò comporti vere e proprie strategie messe in atto in fase di **produzione** di materiali o **progettazione di componenti e sistemi edilizi**, con specifico riferimento a concetti “virtuosi” quali, ad esempio,

durabilità, affidabilità, manutenibilità, flessibilità,

che garantiscano scenari di fine vita favorevoli in termini ambientali e che producano, cioè, dei benefici in termini di consumo di risorse e produzione di rilasci di qualsiasi natura.

La prevenzione nella progettazione: le prescrizioni dei CAM

2.5 Specifiche tecniche per i prodotti da costruzione

.....i criteri prevedono, ad esempio:

2.5.2 Calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati

- I calcestruzzi confezionati in cantiere e preconfezionati hanno un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti, di almeno il 5% sul peso del prodotto, inteso come somma delle tre frazioni.

2.5.5 Laterizi

- I laterizi usati per muratura e solai hanno un contenuto di materie riciclate, ovvero recuperate, ovvero di sottoprodotti (sul secco) di almeno il 15% sul peso del prodotto.

2.5.6 prodotti legnosi

- Tutti i prodotti in legno utilizzati nel progetto devono provenire d foreste gestite in maniera sostenibile come indicato al punto «a» della verifica se costituiti da materie prime vergini, come nel caso degli elementi strutturali o rispettare le percentuali di riciclato come indicato nel punto «b» della verifica se costituiti prevalentemente da materie prime seconde, come nel caso degli isolanti.

La prevenzione nella progettazione e nella produzione: le prescrizioni dei CAM

2.6.2 Demolizione selettiva, recupero e riciclo

Fermo restando il rispetto di tutte le norme vigenti, la demolizione degli edifici viene eseguita in modo da massimizzare il recupero delle diverse frazioni di materiale. Nei casi di ristrutturazione, manutenzione e demolizione, il progetto prevede, a tal fine, che, almeno il 70% in peso dei rifiuti non pericolosi generati in cantiere, ed escludendo gli scavi, venga avviato a operazioni di preparazione per il riutilizzo, riciclaggio o altre operazioni di recupero, secondo la gerarchia di gestione dei rifiuti di cui all'art. 179 del decreto legislativo 3 aprile 2006 n. 152.

Il progetto stima la quota parte di rifiuti che potrà essere avviato a preparazione per il riutilizzo, riciclaggio o altre operazioni di recupero.

A tal fine può essere fatto riferimento ai seguenti documenti:

“Orientamenti per le verifiche dei rifiuti prima dei lavori di demolizione e di ristrutturazione degli edifici” della Commissione Europea, 2018;

raccomandazioni del Sistema nazionale della Protezione dell'Ambiente (SNPA) “Criteri ed indirizzi tecnici condivisi per il recupero dei rifiuti inerti” del 2016;

UNI/PdR 75 “Decostruzione selettiva – Metodologia per la decostruzione selettiva e il recupero dei rifiuti in un’ottica di economia circolare”.

Tale stima include le seguenti:

- a. valutazione delle caratteristiche dell’edificio;
- b. individuazione e valutazione dei rischi connessi a eventuali rifiuti pericolosi e alle emissioni che possono sorgere durante la demolizione;
- c. stima delle quantità di rifiuti che saranno prodotti con ripartizione tra le diverse frazioni di materiale;
- d. stima della percentuale di rifiuti da avviare a preparazione per il riutilizzo e a riciclo, rispetto al totale dei rifiuti prodotti, sulla base dei sistemi di selezione proposti per il processo di demolizione

Il ri-utilizzo

Il riutilizzo di materiali, prodotti e componenti è a tutti gli effetti

lo scenario di fine vita più sostenibile.

Esso, infatti, **consente non solo la riduzione dei rifiuti ma anche un minor impiego di nuove risorse diminuendo, dunque, gli impatti derivanti dalla estrazione di risorse e dalla produzione.** Tale scenario, peraltro, costituisce una premialità all'interno dei sistemi di valutazione della sostenibilità, tra i quali anche il Protocollo ITACA, a dimostrare proprio l'importanza che riveste in termini ambientali.

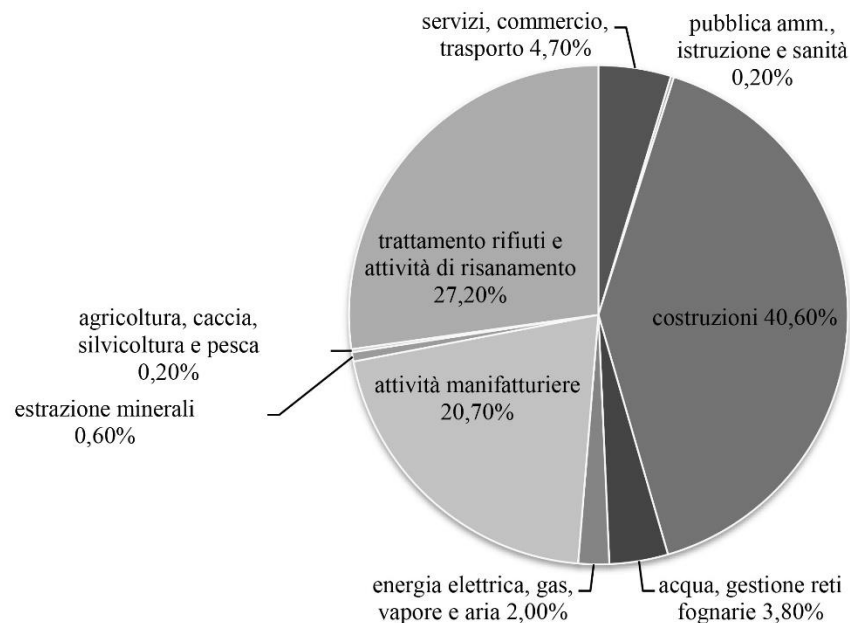
Più specificatamente, il riutilizzo di prodotti già esistenti consentirebbe di ridurre l'energia incorporata di un sistema, cioè eviterebbe la costruzione o fabbricazione di nuovi sistemi detentori di ulteriore energia incorporata che si aggiungerebbe a quella del prodotto sostituito.

Va segnalato, tuttavia, che l'opportunità di riqualificare una struttura esistente mediante il riutilizzo di componenti e sistemi edilizi è subordinata alla **capacità di un organismo edilizio e delle sue parti di essere riutilizzabile.** Lo stesso discorso è chiaramente valido anche per le operazioni di riciclo e recupero e, per questi motivi, è prioritario, come detto, adottare misure di prevenzione sin dalle fasi iniziali della progettazione (e produzione).

I rifiuti da costruzione e demolizione

I dati

Nel 2016, la produzione italiana dei rifiuti speciali (RS), si attesta intorno ai 135 milioni di tonnellate, con la ripartizione percentuale riportata in figura (fonte ISPRA).

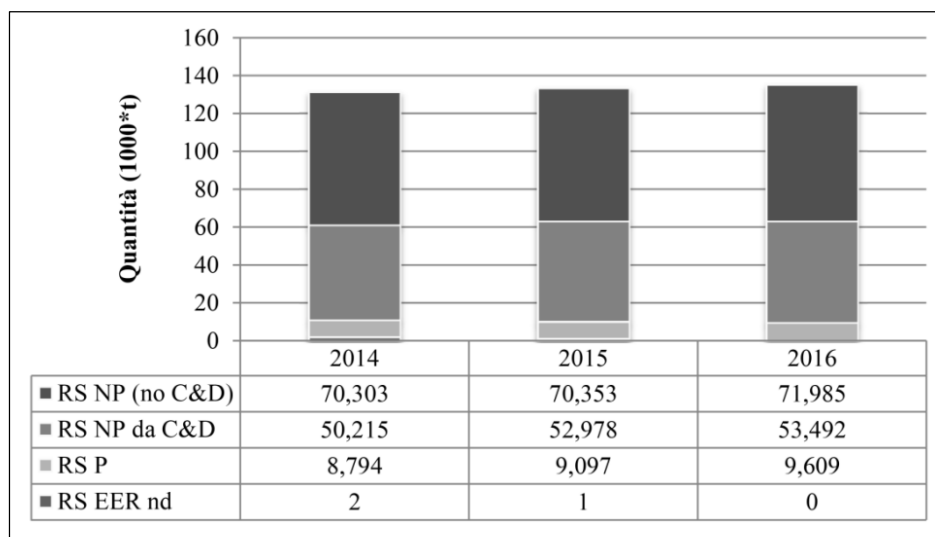


I rifiuti da costruzione e demolizione

I dati

Una quota significativa è attribuibile ai rifiuti generati dalle attività di C&D (rifiuti speciali non pericolosi RS NP). Tuttavia, quest'ultimi, nel biennio 2015-2016 hanno registrato un incremento contenuto (circa 1%) contro quello del biennio precedente che si attestava intorno al 5,5%.

Produzione nazionale di rifiuti speciali, anni 2014 – 2016 (Fonte ISPRA)



Le finalità di una gestione eco-efficiente

- **conoscere** in modo organico e completo il reale flusso dei rifiuti da costruzione e demolizione;
- **ridurre la quantità e la pericolosità dei rifiuti da costruzione e demolizione**, attraverso l'adozione di specifiche misure preventive da adottare in sede di progettazione e di demolizione degli edifici;
- **ridurre la quantità di rifiuti smaltiti in discarica**, assicurando che ciò avvenga con modalità efficaci e col minimo impatto sull'ambiente;
- **promuovere il corretto recupero dei rifiuti** da costruzione ed **aumentare la quantità dei rifiuti recuperati** nel rispetto dell'ambiente, in particolare di quelli passibili di essere riutilizzati come inerti da costruzione;
- **migliorare la qualità dei materiali riciclati** in modo da renderli sempre più concorrenziali rispetto alle materie prime vergini corrispondenti e promuovere condizioni di mercato favorevoli alla loro diffusione.

I vantaggi

Una gestione eco-efficiente dei rifiuti da C&D diviene leva di uno sviluppo di qualità, sostenibile e durevole i cui vantaggi sono:

- sostituzione di materie prime vergini, con risparmio di cave e di territorio;
- rifiuti che divengono risorse (MPS), e conseguente risparmio nello smaltimento;
- limitazione degli abbandoni e di smaltimenti illeciti mediante la creazione di un ciclo di recupero dei rifiuti ben funzionante, efficace ed economico;
- riduzione del costo ambientale diretto.

Riferimento legislativo

Con il decreto legislativo 5 febbraio 1997 n. 22 (“Decreto Ronchi”), sostituito con i provvedimenti attuativi del D.L.vo 3 aprile 2006, n. 152 (“Norme in materia ambientale”) che ne hanno sostanzialmente confermato i contenuti, la normativa italiana per la gestione dei rifiuti è stata completamente riformata, adeguandola alle direttive europee e fissando gli obiettivi fondamentali di:

- “assicurare un’elevata protezione dell’ambiente e controlli efficaci”,
- favorire la “prevenzione della produzione dei rifiuti”,
- ridurre la quota dei rifiuti avviati allo smaltimento, privilegiando il “reimpiego”, il “riciclo” ed il “recupero”.

La normativa considera la gestione dei rifiuti un aspetto fondamentale delle politiche di tutela dell’ambiente e stabilisce che tutti i **soggetti coinvolti nel ciclo dei rifiuti (cittadini, imprese, associazioni e pubbliche amministrazioni)** devono fare responsabilmente la loro parte, **cooperando fra loro** per ottenere i migliori risultati, in nome del diritto e **dell’interesse comune a vivere in un ambiente sano e protetto.**

Il Regolamento regionale per la gestione dei materiali edili (12 giugno 2006, n. 6)

Il regolamento regionale per la gestione dei materiali edili, fa riferimento, all'articolo 3, alla gestione degli inerti da costruzione e demolizione, ivi comprese le operazioni di costruzione e demolizione di strade.

Vengono indicate le misure, per i soggetti produttori di materiale derivante da lavori di costruzione e demolizione, volte a favorire la riduzione di rifiuti da smaltire in discarica, attraverso operazioni di reimpiego, previa verifica della compatibilità tecnica.

Le misure previste sono:

- favorire in ogni caso, ove possibile, **la demolizione selettiva degli edifici** e la conseguente suddivisione dei rifiuti in categorie merceologiche omogenee;
- favorire, **direttamente nel luogo di produzione**, una prima cernita dei materiali da demolizione in gruppi di materiali omogenei puliti;
- prevedere, ove possibile, precise modalità di **riutilizzo in cantiere** dei materiali in fase di demolizione, per il loro reimpiego nelle attività di costruzione (mattoni, coppi, ecc.);
- **conferire i rifiuti inerti** presso i diversi impianti di gestione presenti sul territorio regionale e regolarmente autorizzati ai sensi della vigente normativa ovvero ricorrendo ad impianti mobili autorizzati.

Il Regolamento regionale per la gestione dei materiali edili (12 giugno 2006, n. 6)

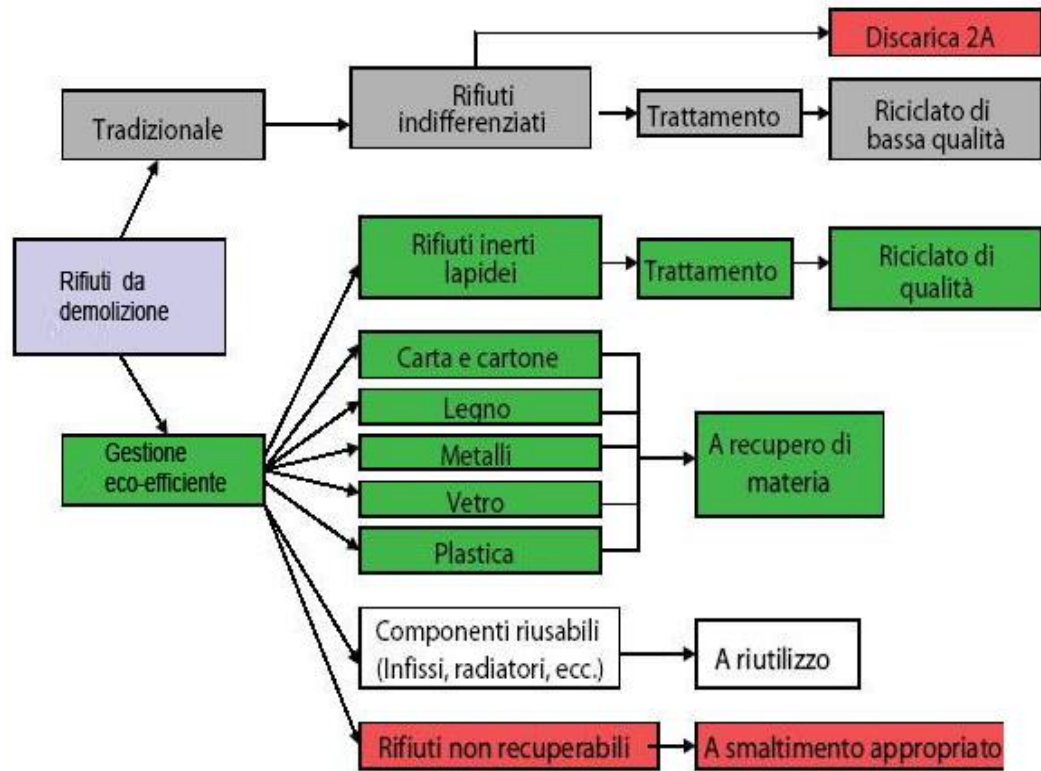
Il conferimento in discarica, quindi, deve avvenire solamente quando non risulti possibile una delle operazioni di riutilizzo e recupero sopra menzionate.

- Inoltre il regolamento, nell'articolo 5, fornisce indicazioni riguardanti le aree di stoccaggio e recupero materiali non utilizzati direttamente all'interno del cantiere, e che quindi vengano avviati a successive attività di recupero.
- Infine, l'articolo 6, fa riferimento all'iter di autorizzazione progettuale, ed in particolare stabilisce che: i progetti riferiti alla costruzione, al rifacimento, alla ristrutturazione ed alla manutenzione straordinaria di opere, per la cui realizzazione è previsto il rilascio di permesso di costruire o la presentazione della dichiarazione di inizio attività, **devono allegare alla domanda un elaborato che indichi il bilancio di produzione** (espresso in mc) di materiale da scavo e/o da demolizione e/o di rifiuti; al termine dei lavori dovranno essere comunicate agli enti competenti le effettive produzioni di rifiuti e la loro destinazione (riutilizzo, recupero, smaltimento, trasporto), comprovata formalmente tramite apposita modulistica.

I rifiuti da C&D

- La **frazione riutilizzabile**, costituita da quegli elementi che possono essere riportati alla loro forma precedente e riconvertiti direttamente alla loro funzione originale: finestre, inferriate di balconi, travi ecc.
- La **frazione riciclabile**, costituita dagli scarti riciclabili o dai rifiuti che, sottoposti a termodistruzione, forniscono energia. Il riciclaggio del materiale concerne soprattutto la frazione litoide, il legno non trattato e i metalli, mentre l'utilizzo dal punto di vista termico riguarda i componenti organici, come pavimenti in P.V.C. o legno trattato. A differenza della frazione riutilizzabile, questa frazione non ha conservato né la forma né la funzione originarie.
- La **frazione inutilizzabile**, costituita dai componenti indesiderati presenti nel materiale da riciclare o dalle frazioni che contengono inquinanti, da conferire in discarica o trattare separatamente.

Gestione dei rifiuti da C&D

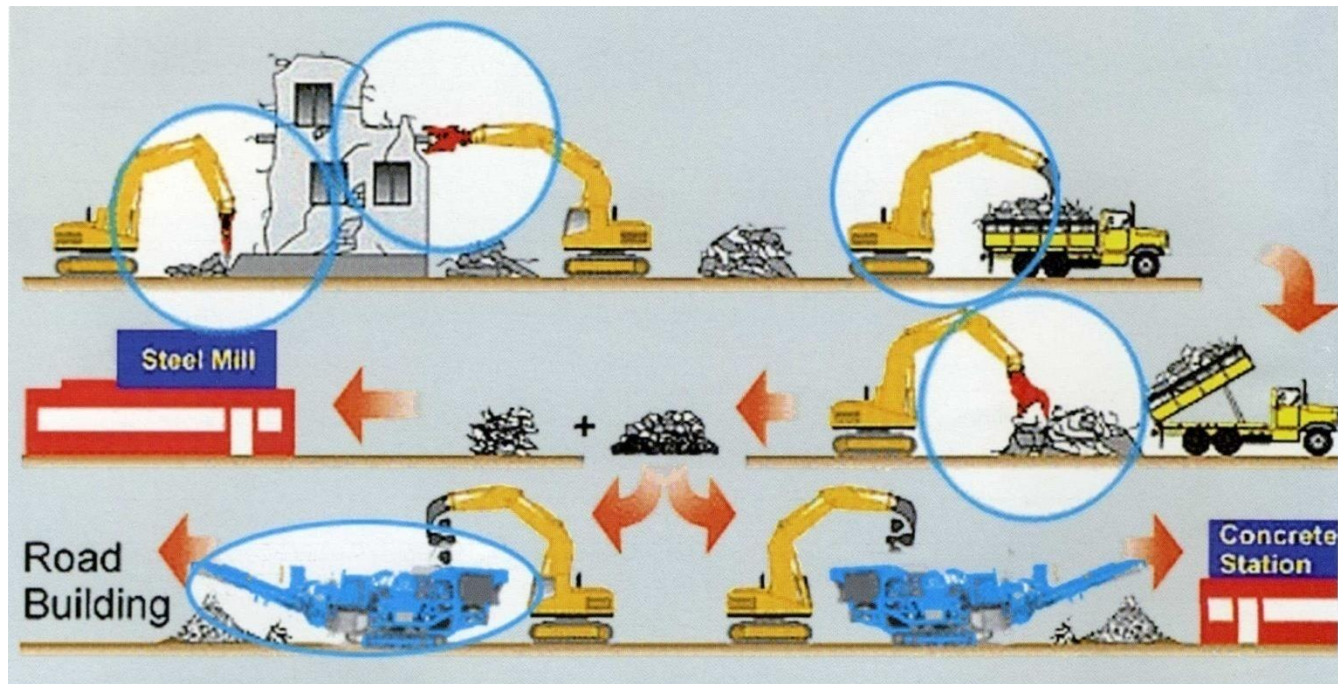


Elenco dei rifiuti delle attività di C&D di edifici e infrastrutture, passibili di essere recuperati come materiali da costruzione in sostituzione degli inerti naturali (Direttiva del Consiglio 1999/31/CE del 26 aprile del 1999).

N	Codice CER	Sottocategoria	Denominazione
Rifiuti da costruzione e demolizione			
1	170101		cemento
2	170102	cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche	mattoni
3	170103		mattonelle e ceramica
4	170107		miscugli o scorie di cemento, mattoni, mattonelle e ceramiche, diverse da quelle di cui alla voce 170106
5	170201		legno
6	170202	legno, vetro e plastica	vetro
7	170203		plastica
8	170302	miscele bituminose,	miscele bituminose diverse da quelle di cui alla voce 170301
9	170401		rame, bronzo, ottone
10	170402		alluminio
11	170403		piombo
12	170404	metalli (incluse le loro leghe)	zinco
13	170405		ferro e acciaio
14	170406		stagno
15	170407		metalli misti
16	170411		cavi, diversi da quelli di cui alla voce 170410
17	170504	Terre, rocce e fanghi di dragaggio	terra e rocce, diverse da quelle di cui alla voce 170503
18	170506		fanghi di dragaggio, diversi da quelli di cui alla voce 170505
19	170508		pietrisco per massicciate ferroviarie, diverso da quello di cui alla voce 170507
20	170604	materiali isolanti	altri materiali isolanti diversi da quelli di cui alle voci 170601 e 170603
21	170802		materiali da costruzione a base di gesso diversi da quelli di cui alla voce 170801
22	170904	altri rifiuti dell'attività di costruz. e demoliz.	rifiuti misti dell'attività di costruzione e demolizione, diversi da quelli di cui alle voci 170901, 170902 e 170903

Fasi e modalità di gestione dei rifiuti

- Demolizione selettiva
- Deposito temporaneo dei rifiuti da C&D;
- Centri di raccolta di rifiuti di costruzione e demolizione e loro conferimento;
- Riutilizzo dei materiali e componenti edilizi derivanti dalla demolizione.



Fasi e modalità di gestione dei rifiuti: La demolizione selettiva

Riferimento essenziale **UNI/PdR 75:2020**

Procedure da adottare in fase di demolizione:

- **separazione preventiva** dei rifiuti pericolosi eventualmente presenti e loro conferimento differenziato al più appropriato recupero e/o smaltimento;
- **successivo smontaggio** di elementi e componenti edilizi dotati di residuo valore d'uso e quindi passibili di reimpiego diretto;
- **differenziazione dei rifiuti inerti lapidei dagli altri rifiuti**, per il loro avvio al recupero finalizzato alla produzione di inerte riciclato di qualità certificabile;
- quando opportuno, **differenziazione ulteriore** della frazione inerte in 2 classi: materiali a matrice laterizia e materiali a matrice cementizia;
- **differenziazione della restante quantità di rifiuto in frazioni omogenee** (legno, materie plastiche, materiali metallici, vetro, carta e cartone) da avviare separatamente a recupero anche tramite specifici impianti di selezione;
- **invio dei rifiuti non altrimenti recuperabili al loro più appropriato smaltimento.**



Fasi e modalità di gestione dei rifiuti demolizione selettiva

Perciò, come una buona costruzione, anche una buona demolizione ha bisogno di essere progettata:

cioè non eseguita alla meglio procedendo in modo casuale, ma organizzata in fasi di lavoro attraverso precise indicazioni sulle tecnologie, sulla sequenza, e sulle modalità dello smontaggio;

e programmando tempi, attrezzature e procedure specifiche, adatte all'edificio da demolire e alle condizioni del cantiere.

Fasi per la demolizione virtuosa

UNI/Pdr 75:2020

- Il processo si suddivide nelle seguenti fasi:
 - fase 1: progettuale;
 - fase 2: operativa;
 - fase 3: aggiornamento database/elenco consuntivo dei materiali utilizzati nel costruito.

Le fasi 1 e 2 costituiscono il flusso della decostruzione selettiva,

mentre la fase 3

identifica quanto utile a supportare in termini informativi il ciclo di vita della costruzione (circularità) conservando l'indicazione dei materiali e dei prodotti effettivamente utilizzati nella costruzione/ristrutturazione.

Il prodotto della fase 3 è quello che consente di semplificare la fase progettuale nell'eventualità di una successiva decostruzione, favorendo il tasso di riciclo e riuso.

Fasi e soggetti coinvolti

	COMMITTENTE	PROGETTISTA E DIRETTORE DEI LAVORI	IMPRESA ESECUTRICE
FASE PRELIMINARE	<ul style="list-style-type: none"> - Individua gli obiettivi della demolizione - Incarica un progettista 		
PROGETTAZIONE		<ul style="list-style-type: none"> - Redige il progetto di demolizione e le corrispondenti voci di capitolato d'appalto: <ul style="list-style-type: none"> - tecnologie, durata, tempi e costi della demolizione - corretta rimozione e smaltimento, dei materiali e componenti pericolosi eventualmente presenti nell'edificio - frazioni omogenee ottenibili e le modalità di riciclo - elenco dei componenti riusabili e modalità di valorizzazione - elenco rifiuti riciclabili - elenco rifiuti destinati allo smaltimento - modalità di deposito dei rifiuti prodotti e dei materiali e componenti riutilizzabili. 	
AFFIDAMENTO DEI LAVORI	<ul style="list-style-type: none"> - Sceglie ed incarica l'impresa o le imprese esecutrici 		<ul style="list-style-type: none"> - Dichiara la propria disponibilità di attrezzature e maestranze - Concorda con il progettista e con il coordinatore della Sicurezza le modalità di esecuzione dell'intervento di demolizione, la durata, le attrezzature e le maestranze necessarie - Predisporre le condizioni idonee all'esecuzione delle lavorazioni prescritte (organizzazione del cantiere, aree di stoccaggio, attrezzature, selezione e incarichi ai trasportatori e ai recuperatori)
ESECUZIONE	<ul style="list-style-type: none"> - Nomina un Direttore dei lavori - Nomina un Coordinatore della Sicurezza in fase di esecuzione 	<ul style="list-style-type: none"> - Verifica l'esecuzione della demolizione con le modalità e le procedure prescritte da parte degli esecutori 	<ul style="list-style-type: none"> - Informa ed istruisce gli addetti sulla separazione delle frazioni omogenee individuate - Esegue la demolizione secondo quanto concordato con il progettista (progetto) ed il coordinatore della sicurezza (POS) - Esegue la demolizione - Provvede al deposito dei rifiuti prodotti e dei materiali e componenti riutilizzabili. - Provvede al conferimento delle frazioni separate ai recuperi e agli smaltimenti prescritti

Fasi e modalità di gestione dei rifiuti:

deposito temporaneo dei rifiuti da C&D

- Il sito destinato ad ospitare il deposito temporaneo collettivo deve essere autorizzato ai sensi della normativa vigente in materia di rifiuti;
- possono essere avviati a deposito temporaneo solo i rifiuti passibili di essere recuperati, stabiliti dalla Direttiva del Consiglio 1999/31/CE del 26 aprile del '99;
- possono usufruire del deposito temporaneo le aziende aderenti ad un Consorzio o ad una Associazione Temporanea il cui statuto preveda espressamente la gestione di un deposito temporaneo collettivo di rifiuti da C&D;
- i depositi temporanei collettivi dovranno essere autorizzati ai sensi di legge, e saranno localizzati in modo da assicurare un facile accesso ed una omogenea distribuzione sul territorio;
- le localizzazioni più idonee dovranno essere individuate per quanto possibile: all'interno di impianti di recupero e/o stoccaggio (R5 - R13) esistenti che abbiano la disponibilità di aree ed attrezzature necessarie;
- i depositi temporanei sorgeranno in posizioni che risultino prossime e facilmente accessibili rispetto alle attività produttive interessate all'iniziativa (centri di vendita di prodotti edili, nei siti di cave ...);
- saranno in ogni caso da evitare le localizzazioni in prossimità di aree densamente abitate e zone di difficile accessibilità.

Fasi e modalità di gestione dei rifiuti: impianti di riciclaggio di rifiuti da C&D

Negli impianti di riciclaggio si compiono i processi tecnologici che trasformano i rifiuti provenienti dalle attività di C&D in aggregati riciclati riusabili nel settore edilizio.

In tale impianto vengono selezionati tre flussi:

- **materiale lapideo** (terre, sabbie e pietrischi frantumati);
- **frazione leggera** (carta, plastica, legno, impurezze, ecc.);
- **frazione metallica.**

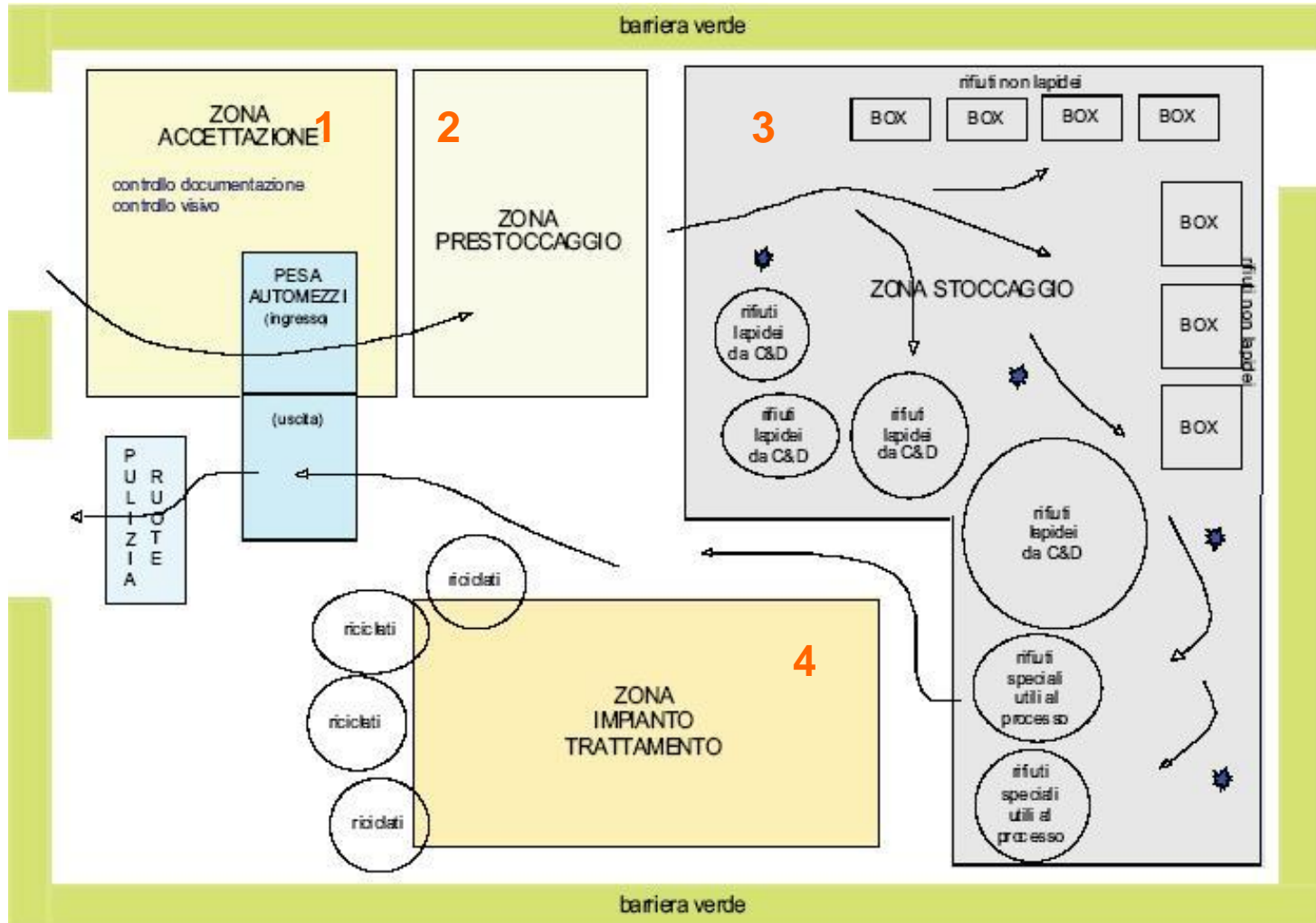


Gli **impianti mobili** sono concepiti per prestare singoli servizi di breve durata, diretti alla riduzione della pezzatura e alla nobilitazione dei rifiuti da C&D direttamente nel cantiere, consentendo un risparmio sui costi di acquisto, di trasporto e di discarica degli inerti.

Gli **impianti fissi** sono in grado di fornire un prodotto di migliore qualità e di granulometria garantita, a tal fine è necessario rimuovere dal materiale di scarto conferito all'impianto la frazione fine (terra, sabbia, malta) e la frazione leggera (legno, carta, plastica): esse vengono separate a mezzo di vibrovagli collocati rispettivamente a monte e valle del frantoio.

Fasi e modalità di gestione dei rifiuti:

layout e organizzazione funzionale del processo di recupero dei rifiuti da C&D



Fasi e modalità di gestione dei rifiuti: organizzazione funzionale del processo di recupero di rifiuti da C&D

1) FASE DI ACCETTAZIONE:

- Ingresso presidiato: da personale dell'Impresa ed è possibile ed ammesso l'accesso dei mezzi solo durante le ore di apertura dell'impianto;
- Controllo visivo del carico: il personale addetto, nella zona di pesatura e accettazione amministrativa, procede ad una ispezione visiva del carico finalizzata ad accertare l'assenza di materiali non ammessi al conferimento, in particolare rifiuti pericolosi, quali elementi contenenti amianto, contenitori di sostanze pericolose, anche vuoti o parzialmente vuoti, ecc.

In caso di esito negativo del primo controllo, il carico non è accettato e viene respinto: in questo caso il mezzo

manovra sul piazzale di ingresso e esce dall'impianto.

2) FASE DI PRESTOCCAGGIO:

- Un secondo controllo, più accurato, avviene nella fase di scarico dell'automezzo nell'area di prestoccaggio ad opera del palista. Vengono realizzate le successive fasi di pesatura e registrazione.

3) FASE DI STOCCAGGIO SEPARATO DEI RIFIUTI:

- i materiali in attesa di subire il processo trasformazione vengono suddivisi in zone separate.



Fasi e modalità di gestione dei rifiuti: organizzazione funzionale del processo di recupero dei rifiuti da C&D

4) FASE DI TRATTAMENTO:

La fase cruciale del ciclo è costituita dalla lavorazione dei rifiuti, che consiste:

- **frantumazione** meccanica attraverso l'utilizzo di appositi mulini,
- **separazione frazione ferrosa** mediante separatori magnetici;
- **separazione** balistica/aerodinamica/meccanica finalizzata all'eliminazione di **frazioni leggere**, quali carta, cartone, plastica e legno;
- **vagliatura** del prodotto nelle diverse fasce granulometriche, mediante vagli meccanici;
- **formazione di cumuli suddivisi nelle diverse granulometrie** e pronti per essere avviati agli impieghi previsti.

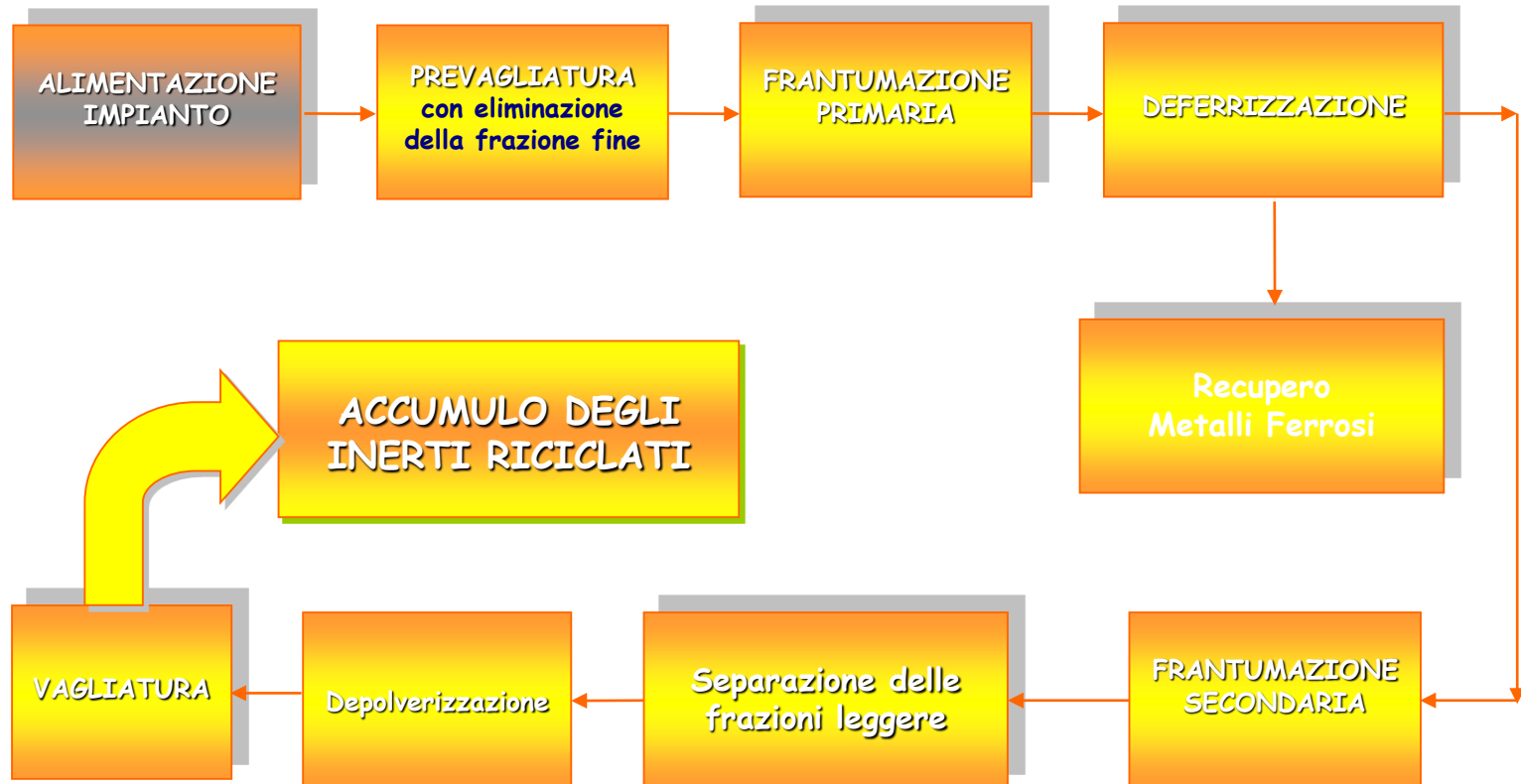


sopra: frantumazione effettuata con impianto mobile con mulino a martelli

sotto: vaglio mobile con quattro tipi di selezione



Fasi e modalità di gestione dei rifiuti: sequenza delle fasi di processo



N.B. Le operazioni che mancano negli impianti mobili sono rappresentate senza ombreggiatura.

Fasi e modalità di gestione dei rifiuti: fasi di trattamento e macchinari utilizzati

N.	Tipo di apparecchiatura utilizzata e/o fase	Descrizione	STANDARD MINIMO
1	1° controllo qualità telecamere	All'ingresso vi può essere un primo controllo di qualità con telecamere.	PREFERIBILE
2	Pesa	L'impianto fisso deve essere dotato di pesa	SI
3	Stoccaggio temporaneo e movimentazione materiale pala meccanica	La pala serve per movimentare i rifiuti stoccati nell'impianto e per effettuare il carico della tramoggia. E' da evitare il carico diretto della tramoggia di alimentazione in quanto tale modalità di gestione non permette la verifica visiva delle caratteristiche del materiale addotto all'impianto.	SI
4	Utilizzo di macchine scavatrici dotate di martello demolitore	Nel caso in cui la pezzatura del materiale inerte sia troppo grande, le macchine in oggetto permettono di diminuirne il volume.	SI
5	Tramoggia ed alimentatore	Per l'alimentazione è necessario adottare sistemi di regolazione automatica di portata	PREFERIBILE
6	2° controllo qualità telecamera	Nel passaggio dalla tramoggia di carico al comparto di frantumazione, può essere effettuato un controllo qualitativo tramite telecamere	PREFERIBILE
7	Pre-vagliatura	Vibrovaglio	SI
8	Frantumazione primaria	Mulino a martelli o di altro tipo	SI
9	Deferrizzazione primaria	Deferrizzatore primario	SI
10	Deferrizzazione secondaria	Deferrizzatore secondario	PREFERIBILE
11	Vagliatura primaria	Vibrovaglio per la separazione delle principali classi granulometriche. (Indicativamente possono essere le seguenti: 0/20 mm, 20/30 mm, 30/70 mm, > 70 mm)	SI
12	Separazione parti leggere	Sistemi per la separazione di frazioni leggere (come scarti di plastica e carta)	SI
13	Frantumazione secondaria	Fase utilizzabile per la produzione di granulati fini.	PREFERIBILE
14	Vagliatura secondaria	Ulteriore fase di selezione applicabile ai materiali ottenuti nella frantumazione secondaria	PREFERIBILE
15	Container		SI
16	Box con setti verticali su platea in calcestruzzo	Per lo stoccaggio di altre tipologie di rifiuti (come legno, vetro, plastica) o di materie prime ottenute dal trattamento (come ferro)	SI

Fasi e modalità di gestione dei rifiuti: attrezzature complementari impianti

N	Soluzioni adottabili	Effetti di mitigazione	STANDARD MINIMO
1	L'abbattimento delle polveri sugli impianti deve essere effettuato nelle zone con maggiore produzione di polvere e con l'utilizzo di cappottature ed eventualmente di sistemi di nebulizzazione ad acqua o di sistemi equivalenti.	Riduzione delle emissioni di polveri	SI
2	Realizzazione, lungo tutto il perimetro dell'area, di un rilevato in terra battuta.	Riduzione: 1. dell'impatto visivo; 2. dell'impatto acustico; 3. della dispersione eolica delle polveri prodotte.	PREFERIBILE
3	Realizzazione, lungo tutto il perimetro dell'area, di una fascia verde (in zone pianeggianti)	Riduzione della dispersione eolica delle polveri prodotte	PREFERIBILE
4	Realizzazione di pavimentazione (ad esempio con inerte frantumato) dell'area destinata alle attività di stoccaggio dei rifiuti ed al traffico degli automezzi di recupero e scarico acque con decantatore /sedimentatore.	Controllo delle acque meteoriche e di lavamento negli strati di terreno sottostanti	SI
5	Utilizzo di inaffiatori o nebulizzatori di acqua sui cumuli al fine di permettere la loro umidificazione con impianto fisso e/o utilizzo periodico di autobotti	Riduzione della dispersione eolica delle polveri prodotte	SI
8	Locale per uffici dotato di servizi igienici	Miglioramento condizioni di sicurezza ed igiene del lavoro	PREFERIBILE
9	Prefabbricato per uffici dotato di servizi igienici	Miglioramento condizioni di sicurezza ed igiene del lavoro	SI
10	Box magazzino per alloggiamento contenitori per rifiuti particolari	Miglioramento condizioni di gestione dei rifiuti prodotti	SI

Fasi e modalità di gestione dei rifiuti: prodotti derivanti dai rifiuti inerti

Dal recupero dei materiali C&D è possibile ottenere due frazioni omogenee più una frazione mista, così classificate:

- 1. Macerie**, costituite da laterizi;
- 2. Calcestruzzi**, costituiti da scarti di conglomerati cementizi provenienti dalla demolizione di opere di c.a, da scarti dell'industria di prefabbricazione di manufatti in c.a. , da traversine ferroviarie ecc.;
- 3. Frazione mista**, costituita da mattoni, malta, cemento, pietre naturali, scarti ceramici, sfridi di lavorazioni edilizie, detriti inerti, residui di sovrastrutture stradali e di conglomerati cementizi anche armati e in generale da rifiuti misti.



Frazione mista

In base poi alla tipologia di rifiuto C&D trattato, alle caratteristiche e alle performances degli impianti, si possono ottenere diversi prodotti riciclati, aventi destinazioni d'uso differenti

N.	Tipo prodotto	Granulometria (mm)	Classificazione (normativa CNR-UNI 10006)	Origine	Usi: Costruzioni Ferroviarie	Costruzioni Stradali	Costruzioni Edili
1	Stabilizzato	0/20	gruppo A1	Calcestruzzo	X	X	X
2	Stabilizzato	0/40	gruppo A1	Calcestruzzo	X	X	X
3	Stabilizzato	0/80	gruppo A1	Calcestruzzo	X	X	X
4	Tout Venant	0/100	gruppo A1	Calcestruzzo, Macerie, Frazione mista	X	X X	X X
5	Pietrischetto	20/40	/	Calcestruzzo, Macerie, Frazione mista	X	X X	X X
6	Pietrischetto	40/70	/	Calcestruzzo, Macerie, Frazione mista	X	X X	X X
7	Sabbia	0/8	/	Calcestruzzo, Macerie, Frazione mista		X X	X X
8	Conglomerato cementizio	varia		Calcestruzzo	X	X	X

Identificazione delle caratteristiche e degli standard qualitativi dei materiali prodotti in conformità alla *Direttiva CNR - UNI 10006/2002*

- Al fine di consentirne il massimo grado di impiego e di ricondurli ad utilizzi specifici, i materiali riciclati da costruzione e demolizione (C&D) devono essere sottoposti a prove che ne garantiscano la **compatibilità ambientale** dell'uso e che ne valutino **prestazioni** e caratteristiche al fine di verificarne gli utilizzi più idonei.
- Per garantire un costante e ottimale standard di qualità occorre prevedere prove di caratterizzazione dei materiali almeno ogni 20.000 m³ di materiale prodotto.



Prove sui materiali riciclati destinati alle costruzioni edili

Tipo di controllo o procedura sul materiale riciclato	Descrizione	Requisiti minimi	Valori e prestazioni
Test di cessione	Allegato 3, D.M. 05/02/98		Assenza di amianto, sostanze pericolose e nocive e significativi contenuti di gesso.
Classificazione	UNI-CNR 10006		
Coefficiente Imbibizione	Norme CNR		
Durabilità (Galività, permeabilità, carbonatazione)			
Massa volumica apparente	norma CNR. 62/1978		
Massa volumica reale	norma CNR. 62/1978		
Umidità naturale o contenuto d'acqua	Norme ASTM D 2216-66 CNR Uni 10008		
Granulometria	norme DIN, CNR 23/71o ASTM	ogni 1.800 m ³ o almeno una volta/anno e/o come da norma CNR UNI 10006/2002	Dimensione <0,5 mm = maggiore 10% Dimensione <0,063 mm = minore 15%
Produzione di finissimo AASHO modificata	CNR B.U. 69/1978		≤ 5%
Indice di appiattimento	norma CNR. 95/1984		≤ 35 per le frazioni > 4 mm.
Indice di forma	UNI EN 933/4		≤ 35 per le frazioni > 4 mm.
Indice di portanza C.B.R. (California Bearing Ratio) o rigonfiamento	CNR UNI 10009 ASTM D 1883		> 30
Indice di Resistenza all'impatto (R.I.H.N.)			Numero di colpi per ridurre il 25% del materiale a dimensioni < 0,5 mm.
Point Load Test			Resistenza al punzonamento di campioni informi. Permette di determinare, per via indiretta: resistenza a compressione e resistenza a trazione
Lavorabilità			
Limiti di Atterberg e indici di plasticità	CNR UNI 10014		I.P. ≤ 6 per rilevati Non plastico per sottofondi e fondazioni
Prova Los Angeles o resistenza all'urto e all'abrasione	norme CNR (34/1973) o EN norme DIN	ogni 1.800 m ³ o almeno una volta/anno e/o come da norma CNR UNI 10006/2002	≤ 45
Granulometria	norme DIN, CNR 23/71o ASTM	ogni 1.800 m ³ o almeno una volta/anno e/o come da norma CNR UNI 10006/2002	Dimensione <0,063 mm = minore 20%
Grado di costipamento	CNR Bu 69/78		90-95% da dettaggiare
Lavorabilità			inferiori
Prova di compattazione Proctor modificata ASTM D 698-42 T	Norme ASTM D 698-42 T		
Modulo di elasticità			
Indice di forma dell'aggregato (indice di appiattimento)	esame visivo o norme DIN	ogni 1.800 m ³ o almeno una volta/anno e/o come da norma CNR UNI 10006/2002	≤ 35
Ritiro			
Potere legante			

R4 HOUSE (progettista - Luis de Garrido - 2007)

4 “erre”: significativo esempio di processo edilizio circolare

- La struttura portante è realizzata con containers portuali dismessi; tale impiego permette di realizzare spazi architettonici flessibili, riubicabili, ampliabili e di basso costo. In questo modo se si ha bisogno di uno spazio aggiuntivo semplicemente si deve aggiungere un nuovo container
- il progetto e la realizzazione si sono pensati con il fine di ridurre al massimo il consumo energetico sia nel loro processo di costruzione sia in quello di dismissione
- non si genera alcun tipo di residuo nella costruzione; tutti i materiali utilizzati nel cantiere vengono utilizzati, fino all'ultimo frammento
- tutti i componenti sono progettati di forma modulare affinché siano assemblati a secco. In questo modo, così come succede nel costruirle, nella "dismissione" delle case (mediante smontaggio) non si produrrà alcun residuo e tutti i componenti potranno essere reimpiegati



R4 HOUSE

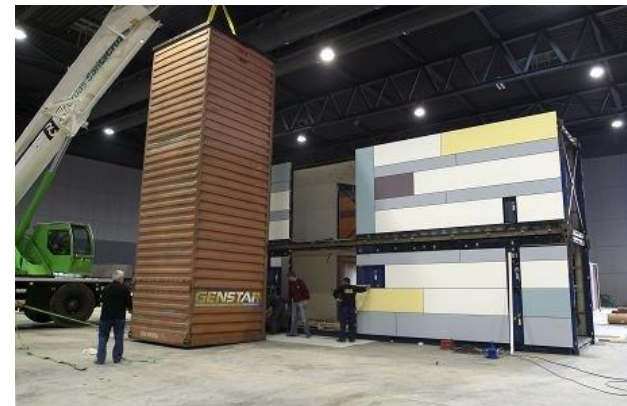
4 “erre”: ricicla, recupera, riutilizza, ragiona.

- **RICICLA:**

La casa è costruita in parte con materiali riciclati e riciclabili. Ovviamente questi materiali potranno essere nuovamente riciclati, tutte le volte che si vuole, una volta superato il ciclo vitale nelle case.

- **RECUPERA:**

Parte dei materiali utilizzati nelle case sono recuperati, ovvero, si sono utilizzati materiali che inizialmente sono stati buttati via dalla società: alcuni sono residui industriali e altri residui urbani. In questo modo la costruzione invece di avere un effetto negativo sull'ambiente, ha un effetto positivo perché lo rigenera.



R4 HOUSE

4 “erre”: ricicla, recupera, riutilizza, ragiona.

- **RIUTILIZZA:**

Alcuni materiali sono stati utilizzati precedentemente e, dunque, sono ri-utilizzati, il che diminuisce al massimo l'energia utilizzata nel processo di costruzione ed evita la produzione di residui.

Le case sono costruite in modo tale che tutti i materiali impiegati possano essere completamente riutilizzati. In questo modo i materiali si possono rinnovare e possono essere riutilizzati in altre costruzioni, senza produrre residui e con il minimo consumo energetico possibile.

- **RAGIONA:**

Senza dubbio è l'elemento più importante tra i quattro.

Il settore della costruzione edilizia è, tra i settori produttori di ricchezza della nostra società, quello nel quale è più difficile introdurre innovazione.

La sostenibilità, per potersi affermare, ha bisogno di ragionamento.



LEGNO, CARTA E CARTONE

Shigeru Ban

Le Paper Log Houses,
piccole case di dimensioni 3x3 metri
costruite su progetto di Shigeru Ban
per il post terremoto di Kobe (Giappone) del
1995.

La struttura del pavimento è costituita da tubi
in carta riciclata affiancati orizzontalmente e
appoggiati su casse di birra piene di sabbia,
che fungono da fondazione e da vespaio.

I muri sono realizzati anch'essi con tubi di
cartone, accostati e sigillati con uno speciale
nastro adesivo e tale soluzione permette di
ritagliare con facilità i vani porta e finestra.

Le estremità superiori dei tubi sono collegate
e rinforzate da un cordolo, lungo il quale sono
tesi i lati di un telo in PVC che funge da
soffitto.

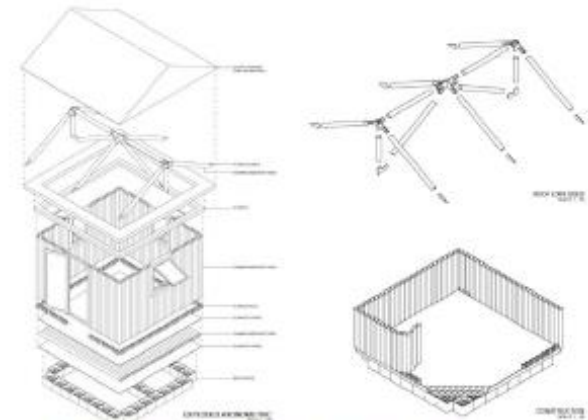


Figura 12 Processo costruttivo Paper Log Houses



Figura 13 Paper Log Houses

LEGNO, CARTA E CARTONE

Shigeru Ban

Del 2001 sono le case in India che differiscono da quelle giapponesi perchè si adattano ai materiali locali e alle condizioni climatiche del luogo.

Le pareti sono state costruite con tubi di carta e per le fondamenta sono state utilizzate macerie di edifici crollati

Per i tetti è stato utilizzando il bambù (presente nella zona) per modellare una struttura a volta, completata con stuoie di canna e teloni. La foratura dei timpani consente di ventilare gli ambienti.



Paper Log House, India