

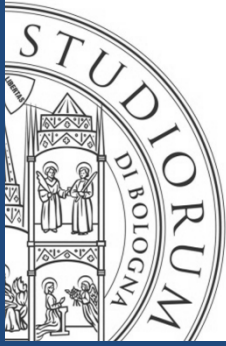
DICAM
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, CHIMICA, AMBIENTALE E DEI MATERIALI
Scuola di Ingegneria e Architettura

Alma Mater Studiorum
Università degli Studi di Bologna

Convenzione di ricerca
REGIONE EMILIA ROMAGNA

LA GESTIONE DELLE MACERIE POST-SISMA E IL LORO RICICLAGGIO

Alessandra Bònoli e Alfonso Andretta



Oggetto della Ricerca fase 1

(a) individuazione di tipologie distinte di edifici

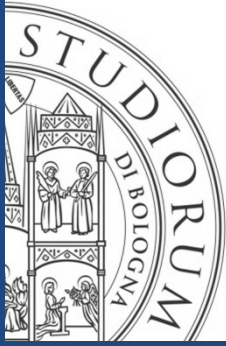
mappatura

analisi quanti-qualitativa delle macerie e delle frazioni da demolire

creazione di un data base

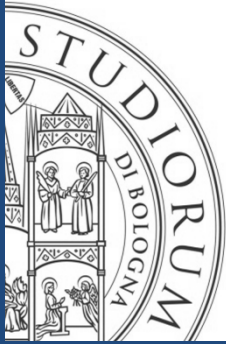
(b) redazione di linee guida utili per le demolizioni selettive

(c) definizione delle modalità di raccolta degli inerti di demolizione



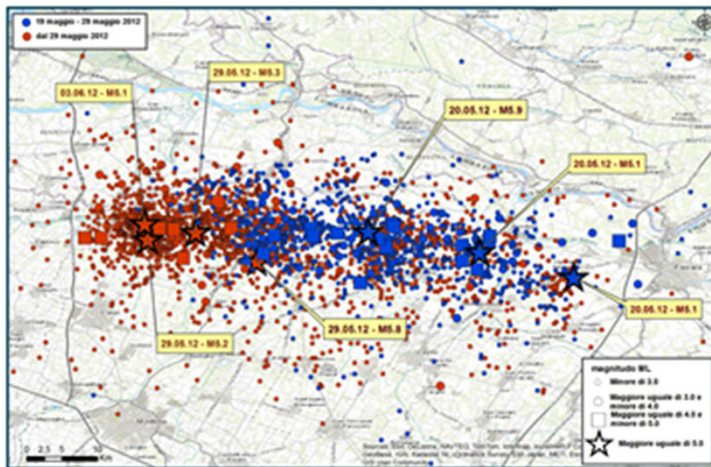
Oggetto della Ricerca fase 2

- (a) Sperimentazione con trattamento in impianto per definire le quantità e tipologie di materiali da riciclare**
- (b) analisi di laboratorio e caratterizzazione dei materiali**
- (c) Stima dei quantitativi**
- (d) definizione delle modalità di trattamento**
- (e) valutazione di ambiti di utilizzo degli inerti riciclati**
- (f) valutazione dei costi di trattamento e di smaltimento e fine uso dei rifiuti inerti.**



SEQUENZA Pianura Padana Emiliana

INGV terremoti



Gli eventi sismici hanno interessato un'area di grandi dimensioni e densamente popolata.

Il 'cratere', la zona intorno agli epicentri ingloba 33 comuni:

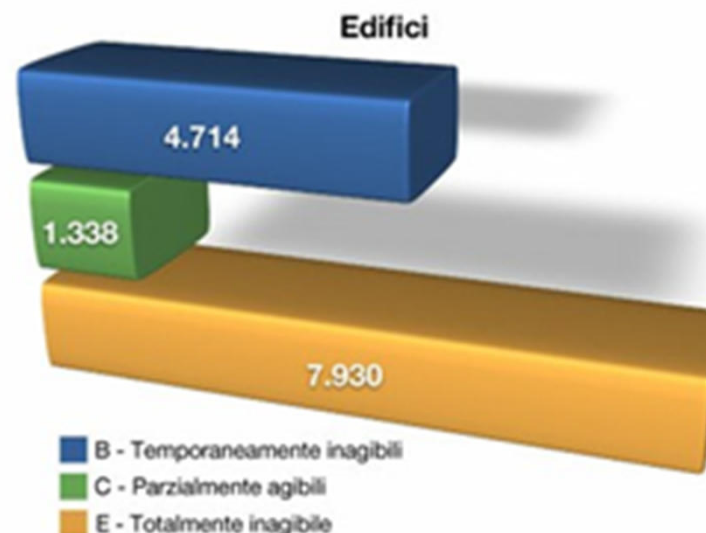
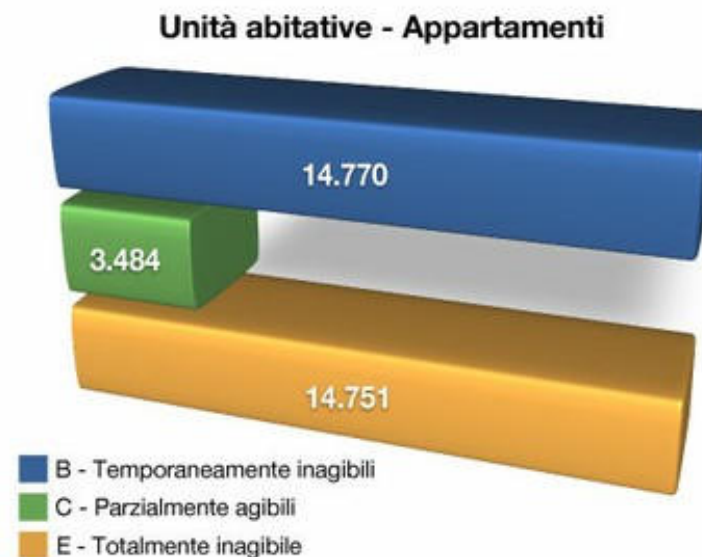
- 7 in provincia di Reggio Emilia,
- 14 in provincia di Modena,
- 5 in quella di Bologna,
- 7 in provincia di Ferrara.

Vi risiedono 550 mila persone, 66mila unità locali e 270 mila addetti tra agricoltura, industria e servizi.

Dagli esiti di verifica dell'agibilità emerge che, per quanto attiene gli oltre 25 mila edifici ad uso abitativo:

- il 36% degli edifici a uso abitativo è immediatamente agibile,
- il 18% temporaneamente o parzialmente inagibile,
- il 36% inagibile,
- il 5% inagibile per rischio esterno, ossia a causa di elementi esterni pericolanti il cui crollo potrebbe interessare l'edificio.

Le abitazioni controllate sono 67mila e dichiarate inagibili oltre 30mila, 16.500 con danni B e C e 14-15 mila con danni E. Inoltre ci sono ancora 2.500 abitazioni inagibili per rischio esterno, ossia a causa di elementi esterni pericolanti il cui crollo potrebbe interessare l'edificio (classe F)**.



Nel territorio rurale sono previste speciali disposizioni che consentono di ridurre la dispersione insediativa, ammettendo l'accorpamento degli edifici rurali sparsi facenti parte di un'unica azienda agricola e la delocalizzazione nel territorio urbanizzato dei fabbricati non più funzionali all'attività agricola.





I RIFIUTI DA COSTRUZIONE E DEMOLIZIONE: CONCETTI INTRODUTTIVI

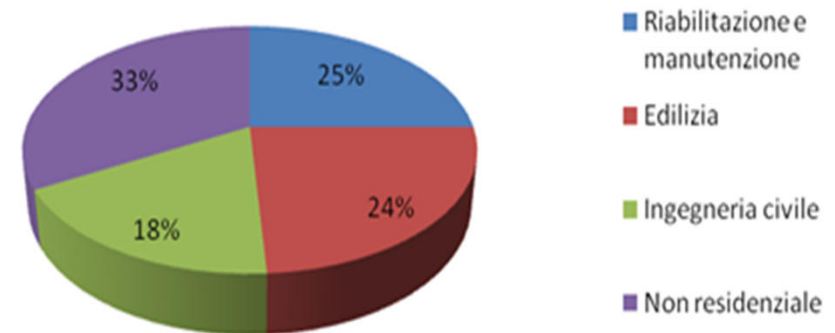
I rifiuti da C&D rappresentano in Europa il 10-30% dei rifiuti conferiti in discarica e derivano dalle seguenti attività:

1. scavo e demolizione: 40-50%;
2. ampliamento e rinnovo di edifici esistenti: 30-50%;
3. costruzione di nuovi edifici: 20-30%.

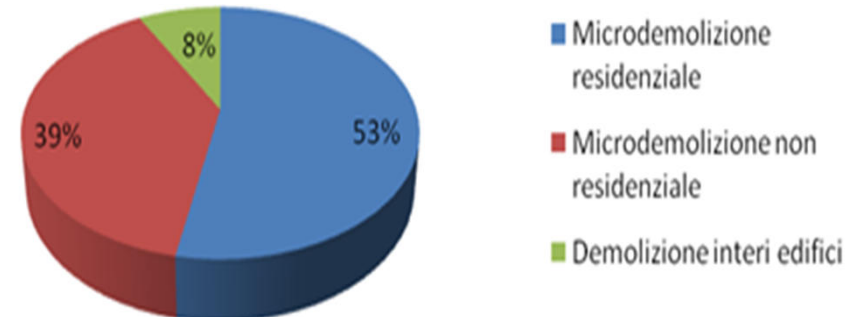
Si può effettuare una ulteriore suddivisione della produzione europea di questi rifiuti, a seconda del settore delle costruzioni da cui provengono:

- 33% non residenziale;
- 25% riabilitazione e manutenzione;
- 24% edilizia abitativa;
- 18% ingegneria civile

Origine CDW in Europa



Produzione CDW in Italia





La composizione merceologica dei CDW

I rifiuti inerti possono essere classificati in:

- Calcestruzzo (calcestruzzi armati e non, scarti dell'industria dei manufatti in cemento, scarti della prefabbricazione civile)
- Macerie (inerti di risulta dalle demolizioni come laterizi o piastrelle, scarti dell'industria delle ceramiche e dei laterizi, frammenti di pavimentazioni stradali, sfridi di materiali lapidei provenienti da scavi).

I rifiuti inerti prodotti in **un cantiere di costruzione** sono essenzialmente costituiti da sfridi di lavorazione, cioè ritagli di pietra, mattoni e mattonelle. Questi rifiuti, di solito, sono classificati come rifiuti speciali non pericolosi e sono gli stessi che saranno successivamente inviati ad un impianto di riciclaggio.



La composizione merceologica dei CDW

I rifiuti inerti prodotti in un **cantiere di demolizione** sono costituiti da calcestruzzo, laterizi o materiali misti prodotti dalla demolizione delle strutture. In caso di demolizione moderatamente selettiva la quantificazione media è quantificata pari a :

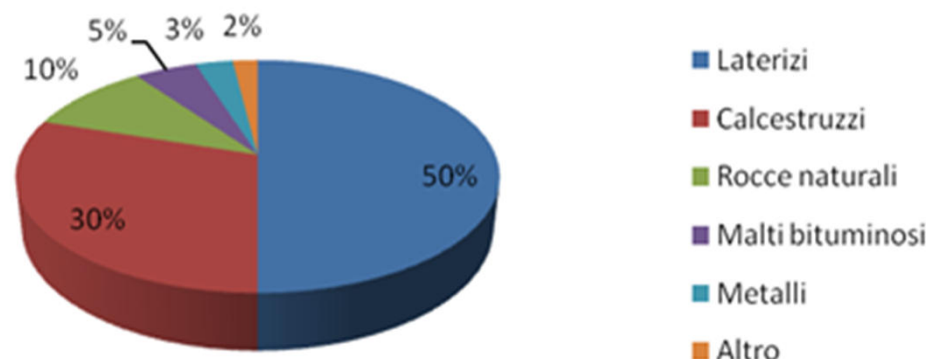
- 64% di calcestruzzo, 20% di laterizi e intonaco e 16% di inerti misti, per i cumuli di inerti;
- 86% di conglomerato cementizio, 10% di laterizi e 4% di intonaco, per il cumulo di calcestruzzo;
- 75% di laterizi e 25% di intonaco, per il cumulo dei laterizi e dell'intonaco;
- 54% di laterizi, 18% di intonaco, 15% di maioliche e 13% di malta, per il cumulo degli inerti misti

La composizione merceologica dei CDW

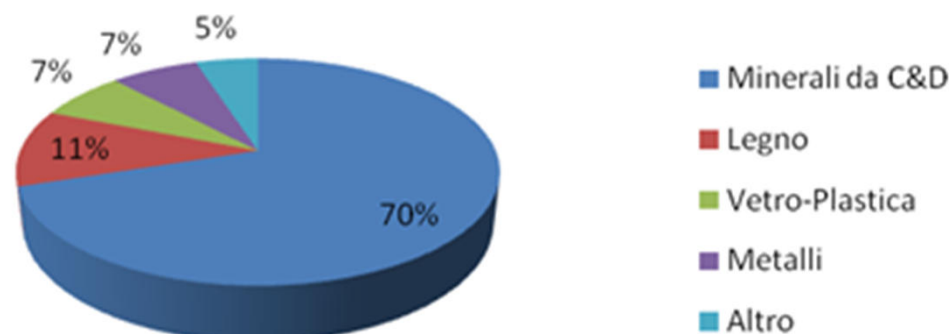
dal punto di vista
merceologico i rifiuti da C&D
sono costituiti da:

- rifiuti inerti;
- legno;
- metalli ferrosi e non ferrosi;
- plastica;
- rifiuti a base di gesso;
- vetro;
- miscele bituminose;
- rifiuti verdi da sfalci;
- materiali isolanti;
- manufatti e materiali
contenenti amianto.

Composizione in Italia



Composizione in Europa





La composizione merceologica dei CDW

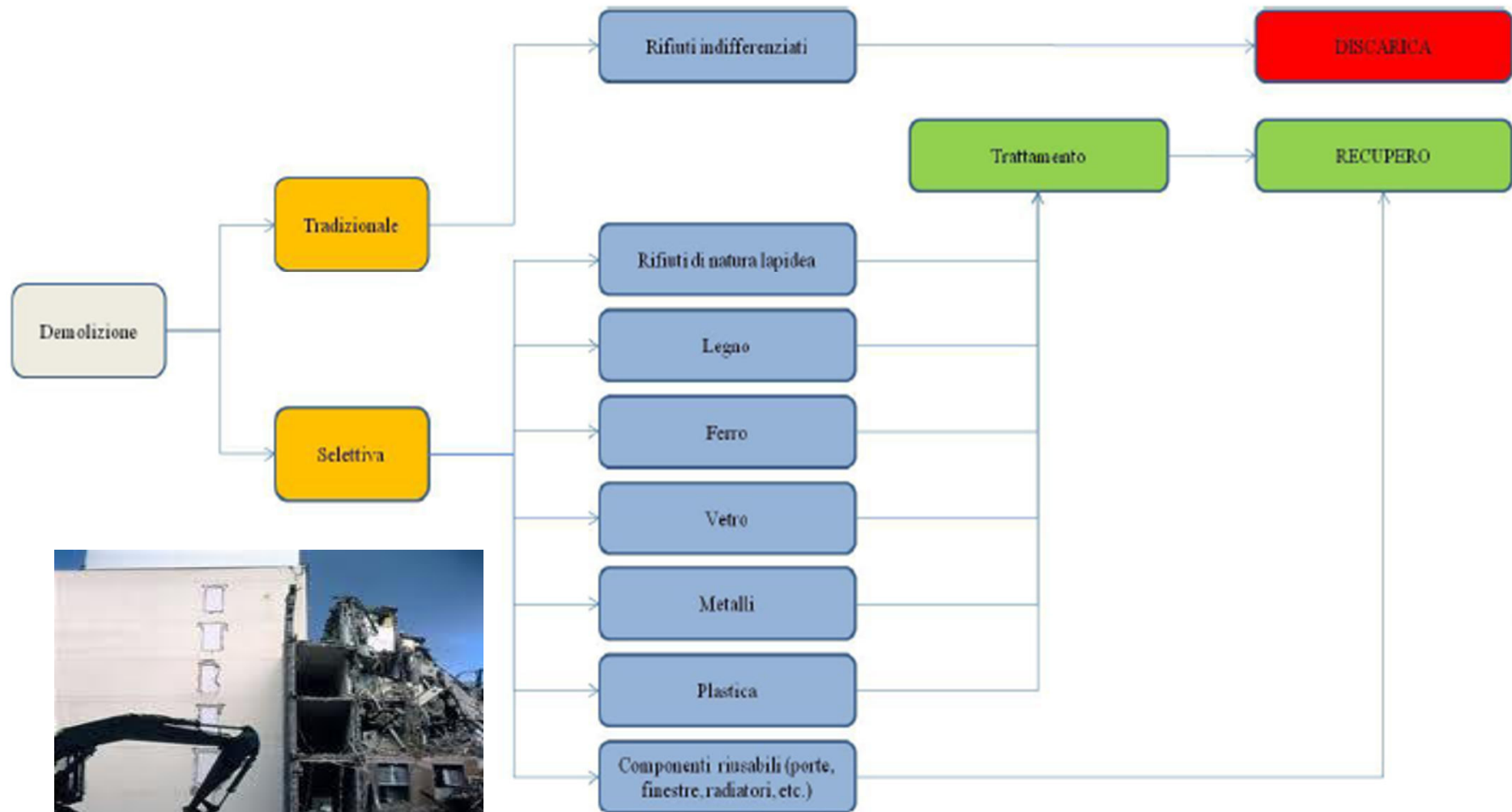
3 categorie principali:

la frazione riutilizzabile, costituita da elementi dotati di prestazioni residue sufficienti per poter essere reimpiegati dopo aver subito un processo di nobilitazione. Sono componenti riusabili ad esempio le porte, le finestre, le ringhiere;

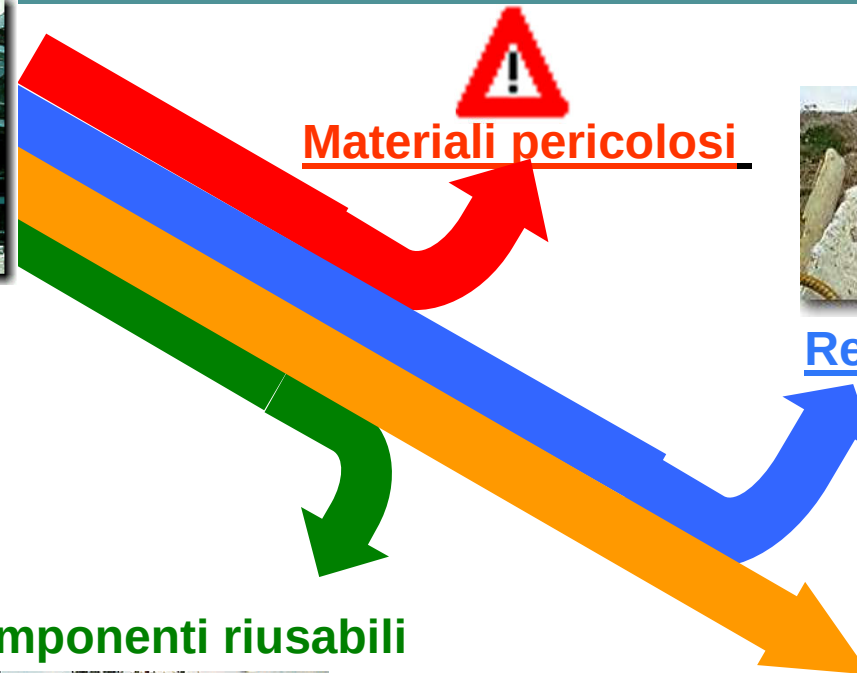
la frazione riciclabile, costituita da elementi in pessimo stato di conservazione che devono essere smontati al fine di recuperare i singoli materiali da avviare al riciclaggio (es. legno, vetro e ferro) o al recupero energetico attraverso termodistruzione. A differenza dei materiali riutilizzabili, questi non conservano né la forma né solitamente la funzione;

la frazione inutilizzabile, costituita dai componenti indesiderati presenti nel materiale da riciclare o dalle frazioni che contengono inquinanti: questi devono essere trattati separatamente oppure conferiti in discarica.

demolizione



Demolizione selettiva



Materiali pericolosi



Residui riciclabili

Componenti riusabili



Rifiuti indifferenziati





Procedura di demolizione: definizione dei contenuti del progetto di demolizione

- **dimensioni e caratteristiche strutturali** o legate alla tipologia costruttiva dell'edificio da demolire che ne possano influenzare la demolizione o che richiedano l'applicazione di tecniche particolari;
- **ubicazione dell'opera da demolire** : vincoli sul territorio e presenza di impianti di trattamento/riciclaggio con relative indicazioni su distanze/percorsi e modalità di conferimento;
- individuazione della **presenza di materiali pericolosi** da sottoporre a trattamenti speciali e indicazione sulle cautele e le modalità di trattamento
- individuazione delle **tecniche di demolizione e/o smontaggio** dei principali elementi tecnici dell'edificio e delle tipologie di frazioni omogenee o rifiuti da esse derivanti;
- **elenco delle tipologie dei materiali da selezionare** e delle destinazioni a cui vanno avviati, suddivise in classi relative a componenti riusabili, materiali riciclabili e frazione residua da avviare allo smaltimento;
- **modalità di deposito in cantiere** delle diverse classi di materiali residui rifiuti e dei materiali e dei componenti riutilizzabili.



le principali differenze tra una normale procedura di demolizione e le demolizioni effettuate dopo un sisma suggerimenti per la messa a punto di best-practise

1. differenti condizioni di sicurezza:

- gli edifici danneggiati dal sisma e per i quali si ritiene necessario intervenire con demolizioni, sono, in genere in precarie condizioni statiche e, spesso, a rischio di crollo;
- l'esecuzione degli interventi di demolizioni può essere fatta in periodi immediatamente successivi all'evento sismico e, pertanto, in situazioni caratterizzate da "sciame sismico" che, ovviamente, può comportare ulteriori pericoli di crolli inattesi;

2. tempi stretti per le fasi di progettazione, pianificazione ed esecuzione degli interventi:

- necessità di intervenire in tempi stretti al fine di procedere prima possibile alle successive fasi di ricostruzione;
- necessità di eliminare prima possibile situazioni di pericolo incombente connesse con la presenza di edifici pericolanti;



le principali differenze tra una normale procedura di demolizione e le demolizioni effettuate dopo un sisma

3. **portata degli interventi da prevedere e relative ricadute economiche ed ambientali.** Tale situazione può essere connessa:

alla necessità di intervenire su **vasta scala** pianificando centinaia di interventi da effettuarsi in **tempi brevi**, in territori ben definiti e, spesso, in zone ad alta densità abitativa;

alla necessità di gestire, in tempi brevi, **enormi quantitativi di materiali** costituiti dalle macerie prodotte dalle demolizioni stesse;

alla necessità di monitorare gli interventi effettivamente realizzati anche per definire eventuali rimborsi



suggerimenti per la messa a punto di best-practices

- la necessità di avere **procedure di autorizzazione** delle demolizioni, ma che non ritardino oltre modo l'esecuzione dei lavori stessi;
- la necessità di avere **procedure di gestione** del cantiere di demolizioni che siano chiare e condivise;
- la necessità di considerare tra le **attività prodromiche** all'attivazione del cantiere, una fase di valutazione delle caratteristiche delle macerie che saranno prodotte:
 1. eventuale presenza di materiali pericolosi;
 2. presenza di mobili e suppellettili che non è stato possibile rimuovere;
 3. principali caratteristiche delle macerie che saranno prodotte e/o alla possibile destinazione delle stesse (impianti di trattamento semplificati o impianti di trattamento specializzati)



suggerimenti per la messa a punto di best-practices

In merito alle procedure di autorizzazione alla demolizione utilizzate in Emilia :

1. queste, sulla base dei dati acquisiti, appaiono efficaci in quanto hanno portato in tempi brevi alla chiusura della prima fase (demolizione di edifici pericolanti);
2. un giudizio di merito dovrebbe essere fornito solo sulla base di un confronto con gli enti ed i cittadini interessati;
3. appare utile definire con maggiore precisione tutti i passaggi delle procedure autorizzative che dovranno essere diverse per:
demolizioni da effettuarsi in maniera urgente per il pericolo imminente di crolli o per l'immediata ripresa di attività produttive;
demolizioni da effettuarsi in una seconda fase (meno legata a situazioni di incolumità dei cittadini o dei lavoratori);
demolizioni da effettuarsi in presenza di amianto e/o di altre sostanze pericolose.
4. Esperienza dei Vigili del Fuoco



Le macerie da demolizioni dovute a catastrofi e terremoti: **caratteristiche qualitative**

Le macerie prodotte sono legate alle tipologie costruttive presenti nella zona colpita dall'evento tellurico e sono particolarmente variabili e diversificate in funzione:

- del livello di sviluppo socio-economico raggiunto nell'area dei materiali più facilmente approvvigionabili
- dalle particolari esigenze abitative

N	Categoria del rifiuto	% in peso sul totale
1	Calcestruzzo	30,00
1.1	Calcestruzzo non armato	10,00
1.2	Calcestruzzo armato	20,00
2	Laterizio (tegole, mattoni, forati)	50,00
3	Asfalti	5,00
4	Scavi	6,00 - 10,00
5	Carta o cartone	0,60 - 0,40
6	Metallo	3,00
7	Varie	1,00 - 1,40



Le macerie da demolizioni dovute a catastrofi e terremoti: **caratteristiche qualitative**

- 1. la presenza di impurità** nel materiale in ingresso agli impianti di recupero (gesso, asfalto, legno, gomma, plastica, etc.) ne limita le possibilità d'impiego dopo il trattamento o condiziona la scelta della tecnologia di riciclaggio da adottare
- 2. Presenza di sostanze pericolose**, quali asbesto, cromo, cadmio, zinco, piombo, mercurio e PCB, contenute in alcuni materiali da costruzione, es.:
 - inquinanti di natura fisica: radon e prodotti di decadimento;
 - composti organici volatili e semivolatili (formaldeide, solventi);
 - inquinanti biologici: funghi, muffe, batteri;
 - fibre minerali naturali e artificiali: amianto, lana di vetro, lana di roccia.
- 3. presenza di altri tipi di rifiuti**, es:
 - elettrodomestici;
 - autovetture che con i loro componenti rappresentano una quota parte non indifferente di materiale inquinante.



tipi di pericolosità nei rifiuti da C&D

Rifiuti	Esempi
Alcuni rifiuti da costruzione e demolizione sono pericolosi perché i materiali usati contengono un'alta proporzione di materiali considerati pericolosi.	Amianto, piombo, catrame, vernice e residui conservativi, adesivi, agenti leganti e certi tipi di plastica
Alcuni materiali diventano pericolosi come risultato della lunga permanenza nell'ambiente in cui si trovano.	Reazione superficiale tra i materiali da costruzione in origine non pericolosi e gli agenti chimici trasportati dall'inquinamento
Alcuni rifiuti da costruzione e demolizione diventano pericolosi sotto particolari condizioni.	Travi di legno trattate (con resine e/o con antiparassitari) se bruciate emettono gas tossici
Alcuni rifiuti da costruzione e demolizione diventano pericolosi se contaminati con materiali pericolosi sono lasciati e/o mescolati in essi.	Lattine di vernice a base di piombo rovesciate su una pila di macerie che rendono queste ultime un rifiuto pericoloso

Materiali e sostanze pericolose o potenzialmente pericolose che si possono rinvenire nei rifiuti da costruzione e demolizione

Prodotto/materiale	Componenti potenzialmente pericolosi	Proprietà
Amianto	Fibre	Tossico, cancerogeno
Tubazioni	Piombo	Tossico
Vernici	Piombo, cromo, vanadio, solventi	Infiammabile, tossico
Additivi del cemento	Solventi idrocarburi	Infiammabile
Impermeabilizzanti, incatramenti	Solventi, bitumi	Infiammabile, tossico
Adesivi	Solventi, bitumi	Infiammabile, tossico, irritante
Mastici/sigillanti	Solventi, isocianati	Infiammabile, tossico
Legno trattato	Fibre respirabili	Tossico, ecotossico, infiammabile
Fibre minerali	Fibre respirabili	Irritante pelle e polmoni
Resine/riempitivi	Isocianati, anidridi	Tossico, irritante
Pavimentazioni in conglomerati bituminosi	Catrame, asfalto, solventi	Infiammabile, tossico
Lastre in cartongesso	Possibile fonte di idrogeno solfureo	Infiammabile, tossico



Esperienza dell'Aquila: **caratteristiche qualitative**

Analisi merceologiche delle macerie: l'esperienza dell'Aquila					
N.	Frazione rilevata	Percentuali in Peso	Fattore di conversione	Volumi Prodotti m3	Percentuali in Volume
1	Metalli 170407	0,68%	0.42	2002	2,30%
2	Legno 170201	0,78%	0.34	2861	3,29%
3	Rifiuti da demolizione e selezione delle macerie 191212	0,26%	0.94	339	0,39%
4	Gomme 160103	0,01%	0.47	18	0,02%
5	Ingombranti 200307	0,03%	0.18	203	0,23%
6	RAEE 200123	0,00%	0.30	13	0,02%
7	RAEE 200135	0,00%	0.21	19	0,02%
8	RAEE 200136	0,01%	0.25	32	0,04%
9	Materiali isolanti 170603	0,00%	0.20	6	0,01%
10	Onduline bituminose 170604	0,04%	0.25	203	0,23%
11	Amianto 170605	0,02%	0.31	89	0,10%
12	Cartongesso 170802	0,01%	0.33	55	0,06%
13	INERTI 170107	98,15%	1,50	81.175	93,29%
Totali		100.00%		87.018	100%

Esperienza dell'Aquila: Procedure di gestione con selezione a terra

In Abruzzo la rimozione vede tempi più lunghi, è stata pianificata sulla base di un documento dal titolo *“Piano per la gestione delle macerie e rocce da scavo derivanti dagli interventi di prima emergenza e ricostruzione”*

Le filiere identificate si distinguono in:

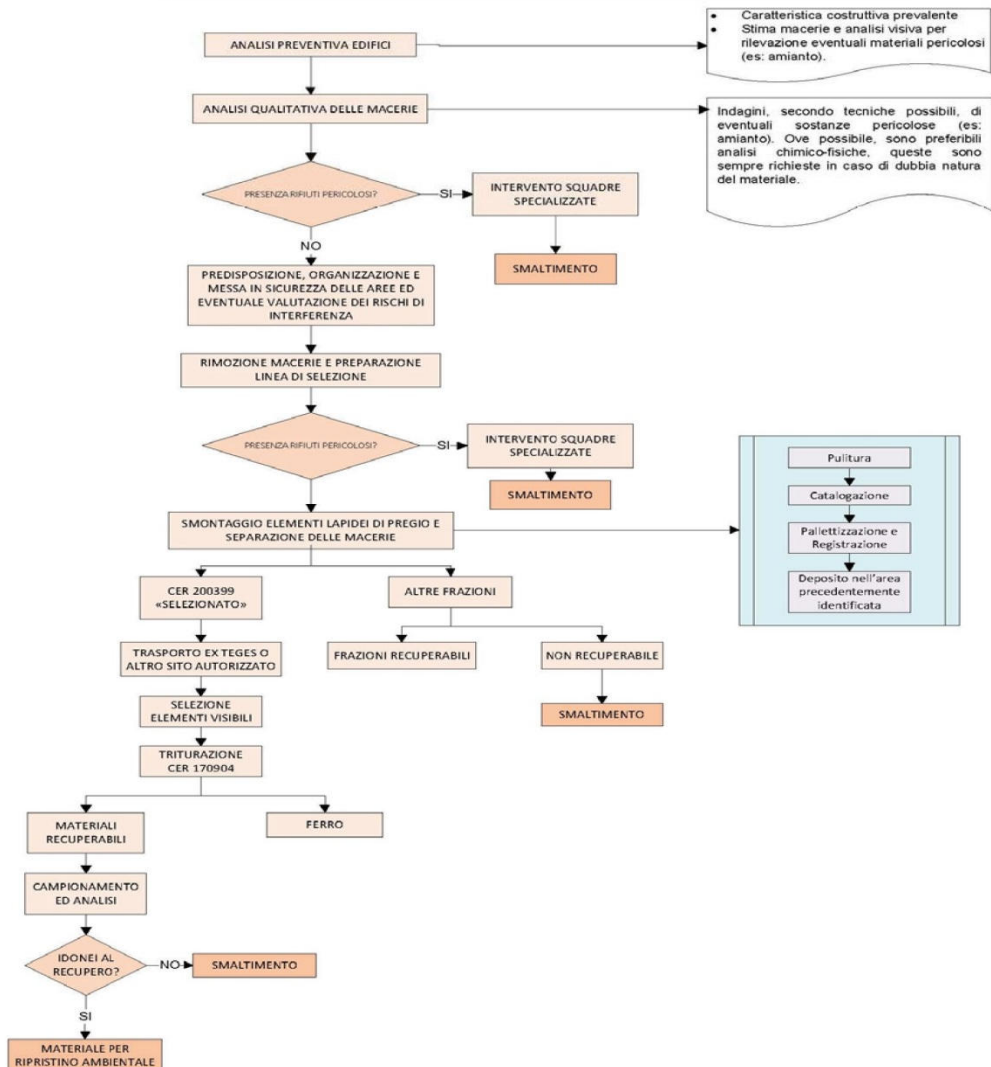
Filiera Pubblica

qualifica di rifiuti urbani CER 20.03.99, vista la massa eterogenea costituita non solo da rifiuti inerti, ma anche da arredi, apparecchiature elettriche e elettroniche, attrezzature e beni.

Filiera Privata

rifiuti speciali, gestiti nell'ambito del circuito ordinario di recupero/smaltimento codici CER 17

SCHEMA ESEMPLIFICATIVO DELLE PROCEDURE PER LA RIMOZIONE E TRATTAMENTO DELLE MACERIE





Esperienza dell'Aquila: Procedure di gestione con selezione a terra

Le macerie inizialmente venivano raccolte nei siti di origine e trasportate in modo indifferenziato nel sito di deposito temporaneo della cava ex Teges
operazioni di selezione e raggruppamento per frazioni omogenee di rifiuto

nuove modalità di rimozione e gestione delle macerie, prevedendo la realizzazione di piazzole di selezione-trasferenza all'interno della città, nelle quali conferire in modo differenziato i materiali prodotti dai crolli e dalle demolizioni

1. l'ASM è stata incaricata della selezione,
2. i Vigili del Fuoco e l'Esercito Italiano del caricamento e del trasporto,
3. l'ARTA, l'ASL, e la Soprintendenza ai Beni Culturali del controllo.

La selezione viene effettuata al fine di separare le macerie nelle seguenti tipologie:

- elementi architettonici e di interesse artistico e culturale secondo le indicazioni date dalla Soprintendenza ai Beni culturali;
- beni di valore;
- rifiuti non pericolosi;
- rifiuti pericolosi.

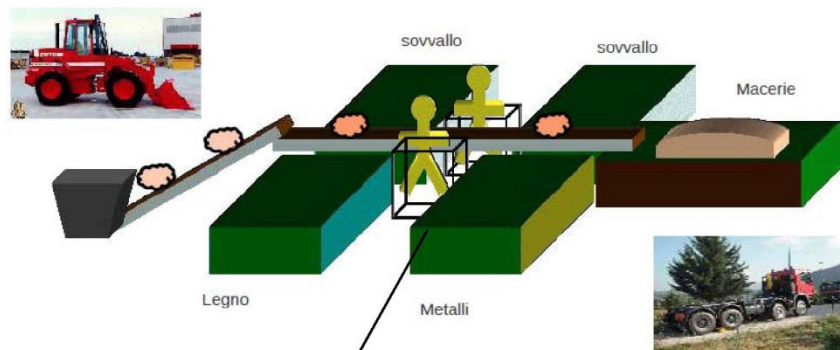
I rifiuti non pericolosi a loro volta devono essere suddivisi:

- metalli misti;
- legno;
- Gesso e cartongesso,
- ingombranti;
- RAEE;
- materiali isolanti;
- indifferenziato.

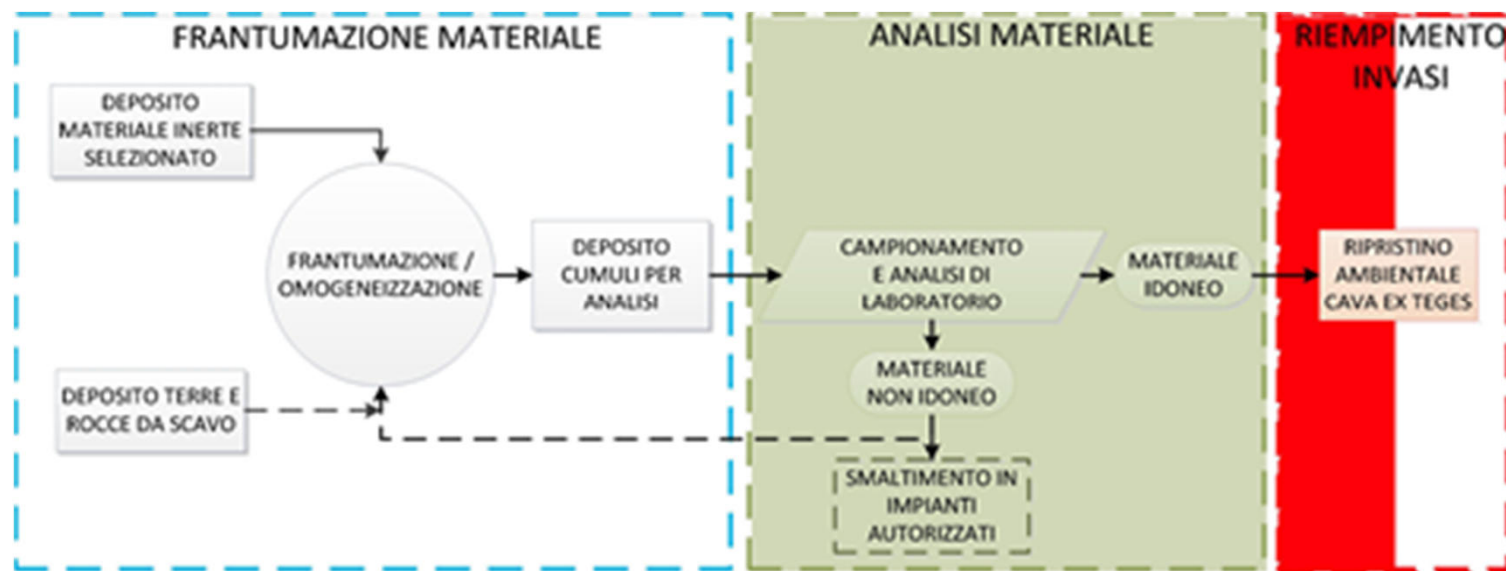


Le operazioni di selezione devono essere effettuati in modo tale da garantire:

- il recupero dei beni di interesse architettonico e di interesse storico-culturale;
- il recupero degli oggetti di valore;
- la differenziazione dei rifiuti al fine di favorire il recupero delle frazioni recuperabili e la messa in sicurezza dei rifiuti pericolosi.



84 % è rappresentato da inerti;
26% ferro, legno, plastica, guaine,
materiali isolanti
conferito in impianti di recupero
quasi nulla va in discarica, perchè
il classico sovrallito rappresenta lo
0,1 per cento del totale.



I cantieri gestiti e le macerie rimosse in Emilia

Gestore	Comune	Cantieri individuati	Cantieri aperti	Cantieri chiusi	% cantieri chiusi/aperti
AIMAG SpA	CAMPOSANTO	24	21	21	100,00%
	CARPI	19	19	19	100,00%
	CAVEZZO	134	106	105	99,06%
	CONCORDIA SULLA SECCHIA	107	73	73	100,00%
	MEDOLLA	124	98	97	98,98%
	MIRANDOLA	207	160	156	97,50%
	NOVI DI MODENA	115	103	103	100,00%
	SAN FELICE SUL PANARO	127	112	110	98,21%
	SAN POSSIDONIO	130	115	114	99,13%
	SAN PROSPERO	9	9	9	100,00%
	SOLIERA	2	2	2	100,00%
	Totale Gestore	998	818	809	98,90%
CMV Servizi Srl	BONDENO	49	49	49	100,00%
	CENTO	41	41	41	100,00%
	MIRABELLO	29	29	29	100,00%
	POGGIO RENATICO	7	7	7	100,00%
	SANT'AGOSTINO	27	27	27	100,00%
	VIGARANO MAINARDA	55	55	55	100,00%
	Totale Gestore	208	208	208	100,00%
GEOVEST Srl	CREVALCORE	7	7	7	100,00%
	FINALE EMILIA	116	61	59	96,72%
	RAVARINO	1	1	1	100,00%
	Totale Gestore	124	69	67	97,10%
HERA Spa	BASTIGLIA	1	0	0	0,00%
	BOMPORTO	1	1	1	100,00%
	Totale Gestore	2	1	1	100,00%
IREN EMILIA S.p.A.	ROLO	2	2	2	100,00%
	Totale Gestore	2	2	2	100,00%
SABAR SERVIZI SRL	LUZZARA	2	2	2	100,00%
	REGGIOLO	1	1	1	100,00%
	Totale Gestore	3	3	3	100,00%
TOTALE REGIONE		1.337	1.101	1.090	99,00%

Dettaglio macerie per gestore e impianto di prima destinazione del rifiuto

Gestore	Impianto	CER 20.03.99 (t)
AIMAG SpA	Impianto Medolla	127.529,57
	Impianto Fossoli	2.173,65
	Impianto Mirandola	60.679,79
	Impianto Modena via Caruso (gestione HERA)	40.524,35
	Impianto Feronia Finale Emilia	28.138,50
	TOTALE AIMAG	259.045,86
CMV Servizi Srl	Impianto Sant'Agostino	89.189,53
GEOVEST Srl	Impianto Modena via Caruso (gestione HERA)	2.515,92
	Impianto Feronia Finale Emilia	24.174,09
	TOTALE GEOVEST	26.690,01
HERA Spa	Impianto via Caruso Modena	685,31
IREN EMILIA Spa	Impianto Novellara	1.312,26
SABAR SERVIZI SRL	Impianto Novellara	1.359,00



Reimpiego del materiale inerte derivante dalla lavorazione delle macerie: l'esperienza dell'Emilia

Le macerie sono state conferite presso una discariche per rifiuti urbani gestite dalle sei *multiutility* pubbliche

delle tre discariche di Aimag, a Fossoli di Carpi, Mirandola e Medolla;
Sant'Agostino (FE) di Cmv;
Finale Emilia (MO) gestito da Feronia, dove conferisce Geovest;
Modena via Caruso, di Hera;
Novellara

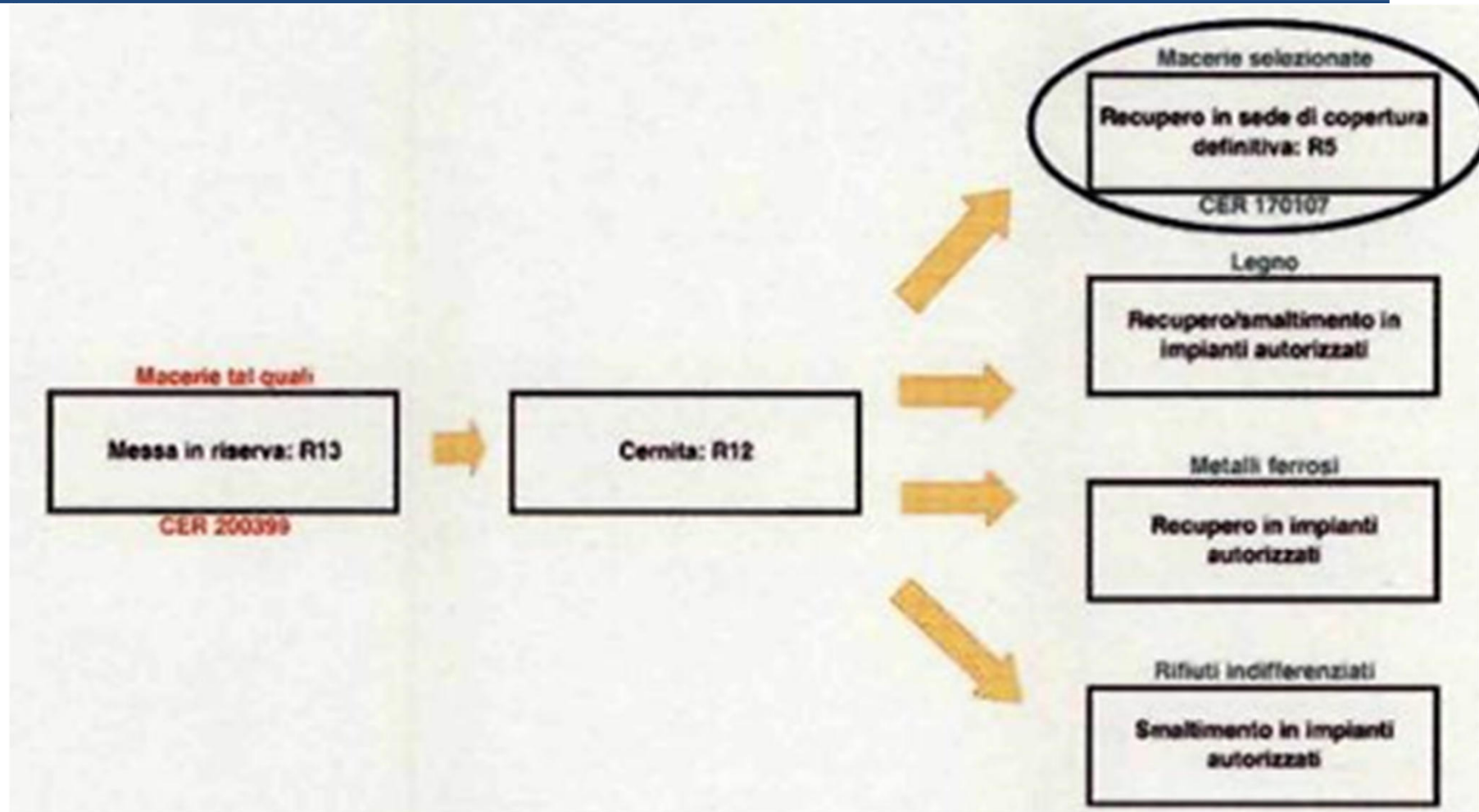
L'opportunità di utilizzare il materiale derivante dalle macerie attualmente stoccato all'interno degli impianti di prima destinazione quale materiale utile:

1. per la copertura finale dei siti,
2. per la copertura giornaliera,
3. per la realizzazione della viabilità interna delle discariche

I vantaggi sono quelli di :

1. minimizzare la movimentazione del materiale,
2. di ottimizzare i costi,
3. di conseguire un vantaggio ambientale evitando di utilizzare a tal fine materiale naturale di maggior pregio ambientale, comunque nel rispetto delle prescrizioni di legge e del principio di prossimità.

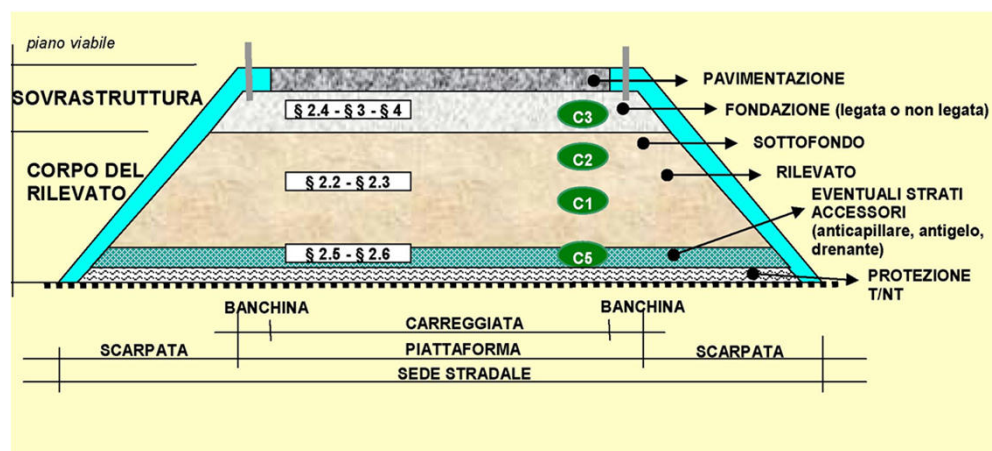
Cernita svolta in discarica





Fasi in corso e future della ricerca

- (a) Sperimentazione di trattamento per definire le quantità e tipologie di materiali da riciclare e analisi di laboratorio
- (b) definizione delle modalità di trattamento
- (c) valutazione di ambiti di utilizzo degli inerti riciclati
- (d) valutazione dei costi di trattamento e di smaltimento e fine uso dei rifiuti inerti.





ALMA MATER STUDIORUM
UNIVERSITÀ DI BOLOGNA

Alessandra Bònoli

DICAM - Dipartimento di Ingegneria Civile, Chimica, Ambientale e dei Materiali

alessandra.bonoli@unibo.it

www.dicam.unibo.it