

**Giornata di studio *Rifiuti e Life Cycle Thinking* - 5a edizione  
9 Marzo 2021**



**POLITECNICO  
MILANO 1863**

## **Analisi LCC della catena di gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione**

Federica Carollo, Sara Pantini, Francesca Ceruti, Lucia Rigamonti



**POLITECNICO  
MILANO 1863**



# RIFIUTI C&D

Tasso medio di vendita degli aggregati riciclati in Lombardia riferito all'anno 2014: 70% (Borghi et al., 2018):

## OSTACOLI

la bassa qualità dei materiali riciclati a causa della presenza di impurità come terra, gesso ecc.

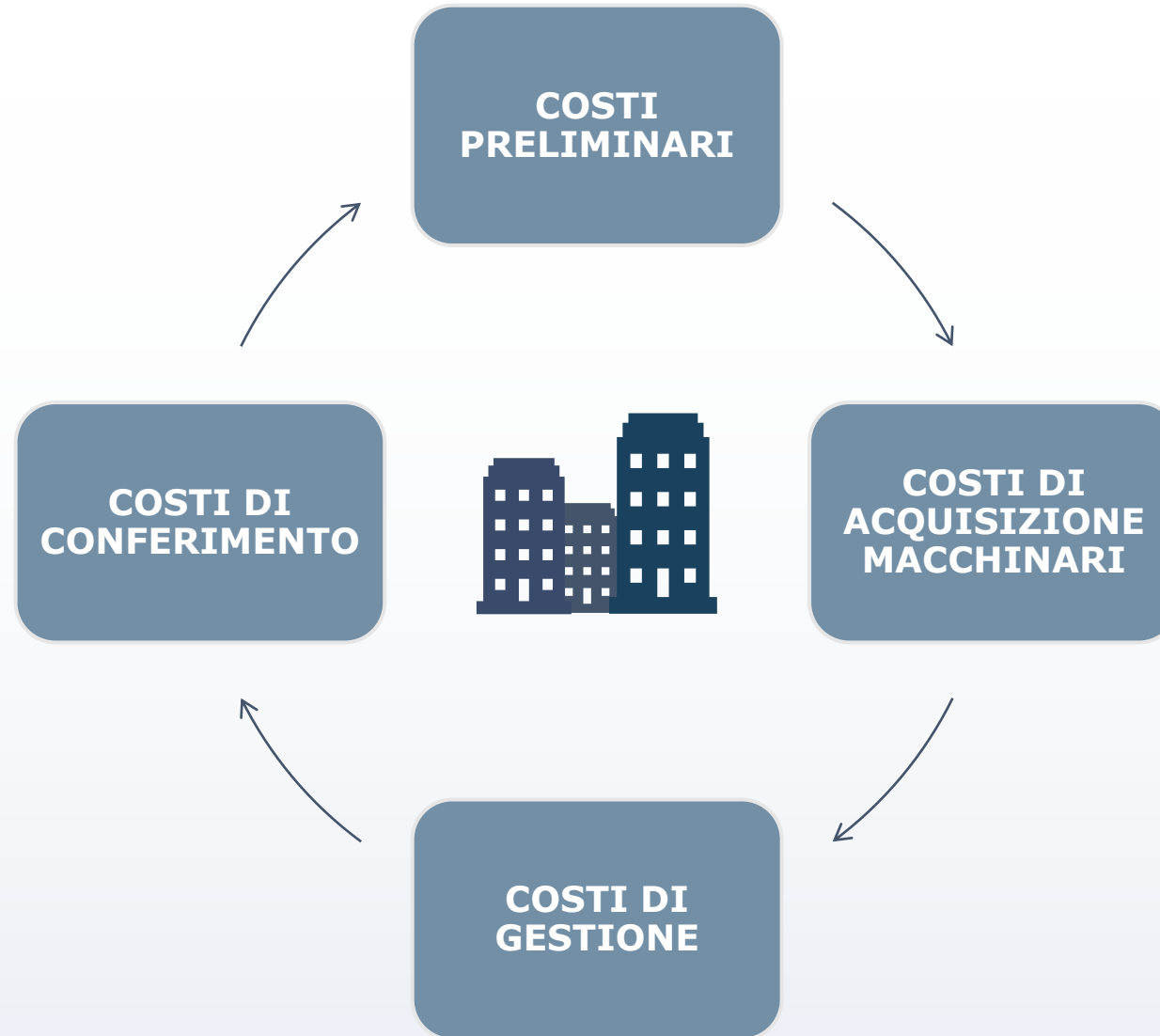
la difficoltà nel garantire una produzione costante di aggregati riciclati

la mancanza di fiducia degli stakeholders nell'uso dei prodotti derivati dai rifiuti e la mancanza di conoscenza da parte dei potenziali utilizzatori delle caratteristiche tecniche degli aggregati riciclati

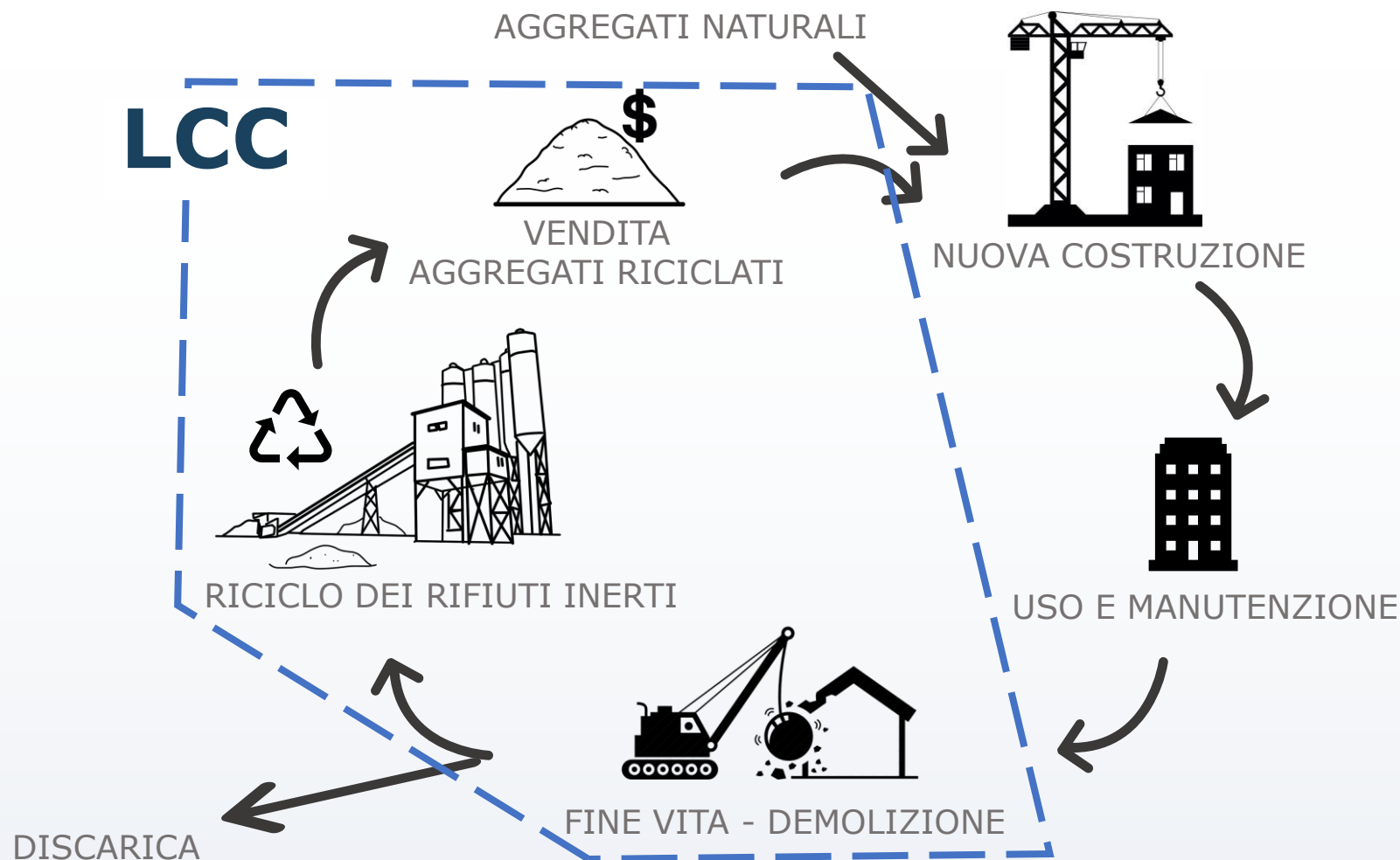
la bassa competitività economica dei materiali riciclati rispetto alle materie prime vergini a causa della grande disponibilità e al basso costo di vendita degli aggregati naturali

Borghi, G, Pantini, S, Rigamonti, L, 2018. Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy). J. Clean. Prod. 184, 815-825.

# LIFE CYCLE COSTING



# CONFINI DEL SISTEMA



L'obiettivo è quello di progettare un sistema regionale per il settore dell'edilizia volto a massimizzare la sua circolarità e l'efficienza delle risorse sulla base di considerazioni **ECONOMICHE (LCC)** ed **AMBIENTALI (LCA)\***

\*Borghi, G, Pantini, S, Rigamonti, L, 2018. Life cycle assessment of non-hazardous Construction and Demolition Waste (CDW) management in Lombardy Region (Italy). J. Clean. Prod. 184, 815-825.

# RACCOLTA DATI

## QUESTIONARIO PER RACCOLTA DATI

36 IMPRESE DI DEMOLIZIONE  
CONTATTATE



6 CASI STUDIO

6 IMPIANTI DI RICICLO  
CONTATTATI



2 CASI STUDIO

**DURATA RACCOLTA DATI**  
SET – DIC 2020 (4 MESI)

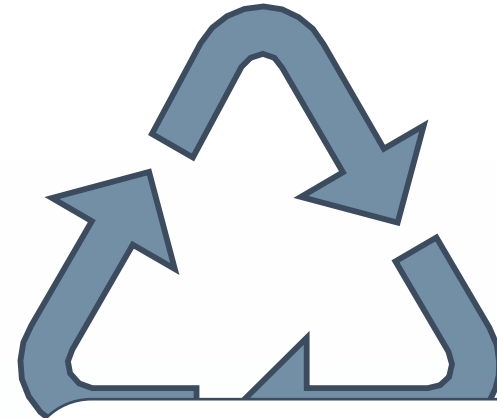
**LOCALIZZAZIONE  
CASI ANALIZZATI**  
LOMBARDIA

**DEMOLIZIONE ESEGUITA**  
SELETTIVA



### IMPRESE DI DEMOLIZIONE

- **CASO 1**
  - EDIFICIO COMMERCIALE
- **CASO 2**
  - EDIFICIO COMMERCIALE
- **CASO 3**
  - EDIFICIO RESIDENZIALE
- **CASO 4**
  - EDIFICIO ADIBITO A SERVIZI
- **CASO 5**
  - EDIFICIO COMMERCIALE
- **CASO 6**
  - EDIFICIO COMMERCIALE



### IMPIANTI DI RICICLO

- **IMPIANTO 1**
  - SEMOVENTE SU CINGOLATO,  
SOLO SUL SITO
- **IMPIANTO 2**
  - SEMOVENTE SU CINGOLATO,  
SOLO SUL SITO

# QUESTIONARIO PER IMPRESE DI DEMOLIZIONE

## INFORMAZIONI GENERALI

- TIPOLOGIA EDIFICIO
- ANNO DI COSTRUZIONE
- LOCALIZZAZIONE
- TIPOLOGIA DI DEMOLIZIONE ESEGUITA
- VOLUME DEMOLITO (VUOTO PER PIENO) (m<sup>3</sup>)
- DURATA DEMOLIZIONE (h)

## COSTI PRELIMINARI

- PROGETTO DI DEMOLIZIONE (€)
- ALLESTIMENTO CANTIERE (€)
- BONIFICA DELL'EDIFICIO (€)
- ONERI DELLA SICUREZZA (€)
- DUE DILIGENCE AMBIENTALE (€)

## COSTI DI ACQUISIZIONE MACCHINARI

- TIPOLOGIA DI MACCHINARIO IMPIEGATO
- VITA UTILE STIMATA (h)
- COSTO ATTREZZATURA (€)
- ORE DI UTILIZZO (h)

## COSTI OPERATIVI

- MANUTENZIONE MACCHINARI (€/a)
- PERSONALE (€/a)
- ASSICURAZIONE RC (€/a)
- QUANTITATIVO ENERGIA (kWh)/GASOLIO (l)/ACQUA (l) UTILIZZATI
- COSTO PER UNITA' DI ENERGIA (€/kWh)/GASOLIO (€/l)/ACQUA (€/l) UTILIZZATI

## MATERIALE DESTINATO A DISCARICA

- CODICE CER E DESCRIZIONE MATERIALE
- QUANTITATIVO CONFERITO (t)
- COSTO DI CONFERIMENTO A DISCARICA (€/t)
- COSTO DI TRASPORTO (€/t)
- SE CONFERITO A TERZI PER LA GESTIONE - QUANTITATIVO (t) E COSTO (€/t)

## MATERIALE DESTINATO A SMALTIMENTO CON RECUPERO DI ENERGIA

- CODICE CER E DESCRIZIONE MATERIALE
- QUANTITATIVO CONFERITO (t)
- COSTO DI CONFERIMENTO A SMALTIMENTO (€/t)
- COSTO DI TRASPORTO (€/t)

## MATERIALE DESTINATO A RICICLO

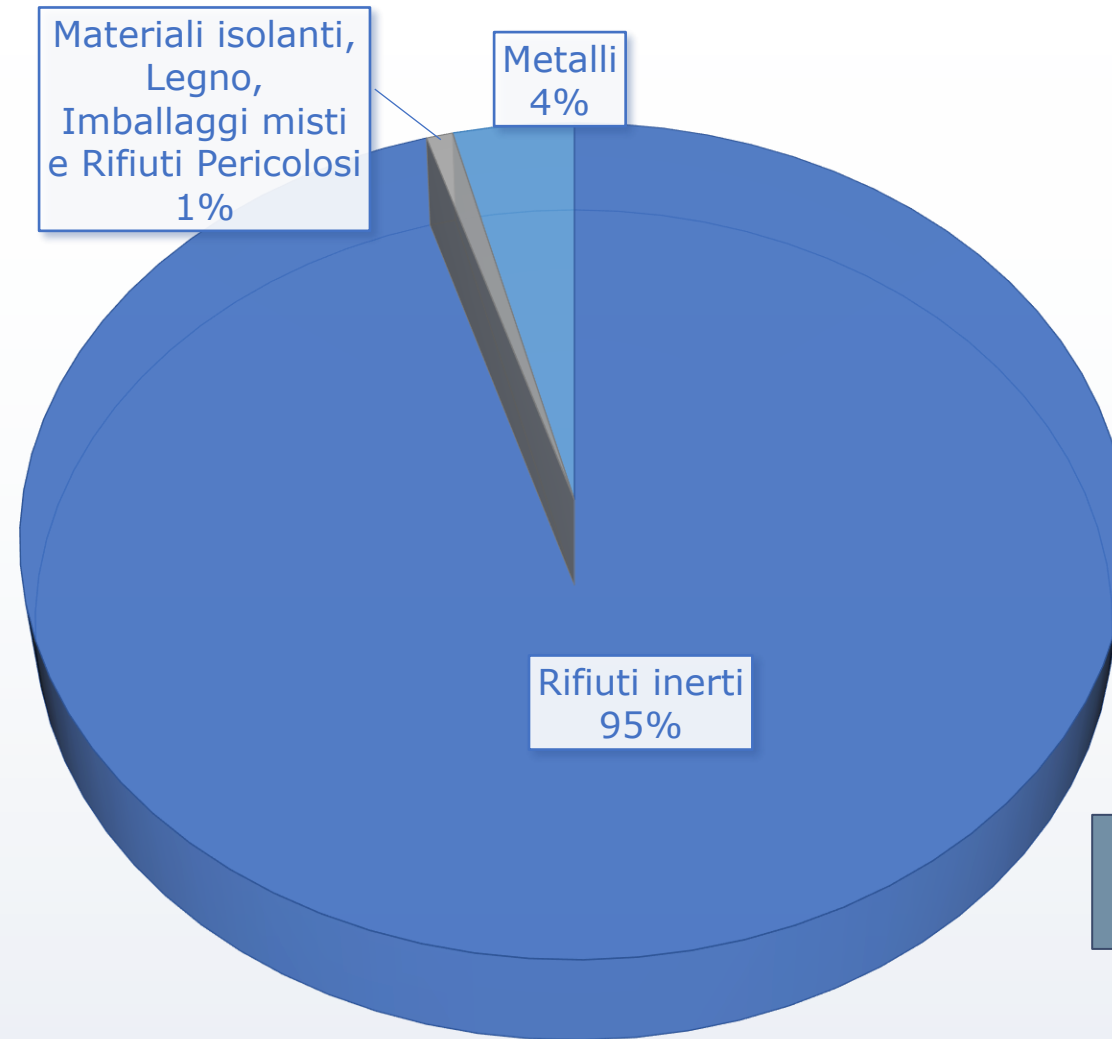
- CODICE CER E DESCRIZIONE MATERIALE
- QUANTITATIVO INVIATO A RICICLO (t)
- COSTO DI INVIO A RICICLO (€/t)
- COSTO DI TRASPORTO (€/t)

## MATERIALE RIUTILIZZATO IN SITU

- CODICE CER E DESCRIZIONE MATERIALE
- QUANTITATIVO RIUTILIZZATO (t)
- COSTO DI RIUSO (€/t)

# RIFIUTI IN OUTPUT DAL CANTIERE

## TIPOLOGIA DI FLUSSI



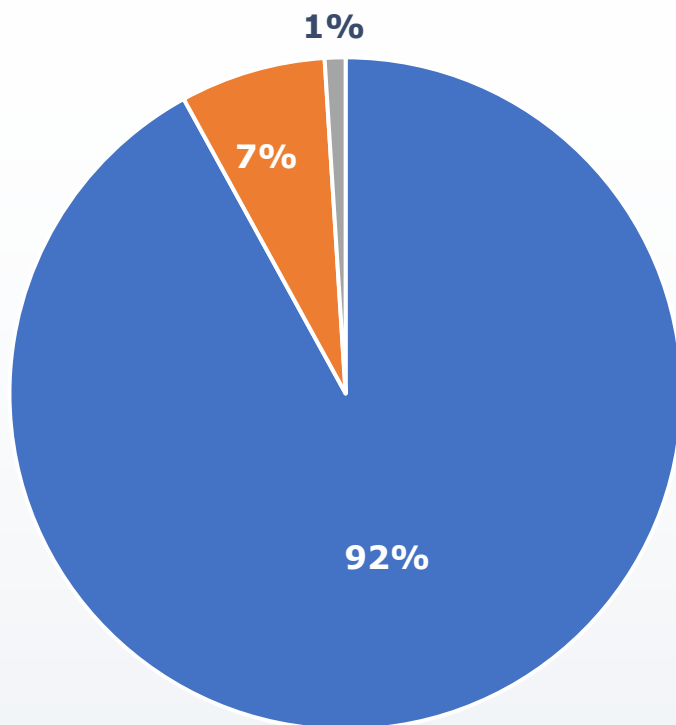
LE % SI RIFERISCONO AL VALORE MEDIO DEI CASI ANALIZZATI

# RIFIUTI IN OUTPUT DAL CANTIERE

## DESTINO

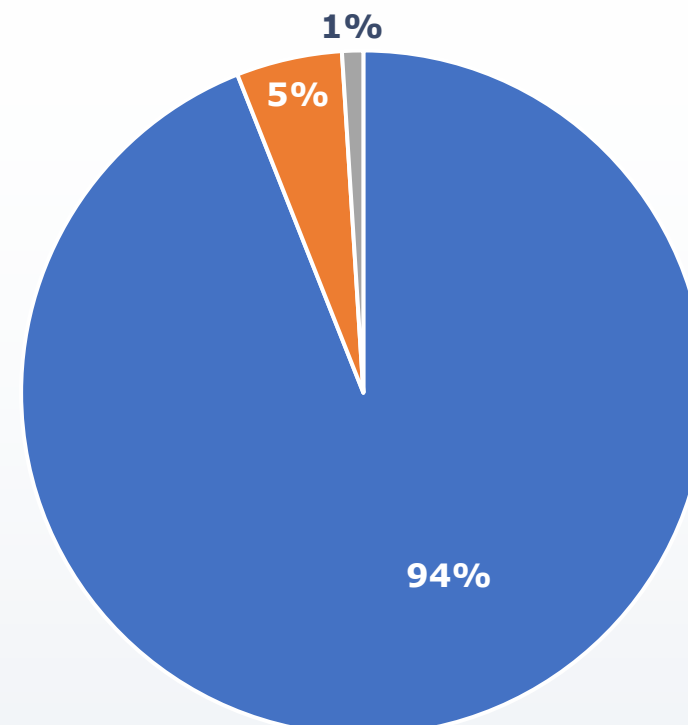
### CASO 1

0,4% rifiuto inerte a riciclo



### CASO 2

0,3% rifiuto inerte a riciclo



● RIUSO IN SITU ● DISCARICA ● RICICLO ● GESTITO DA TERZI

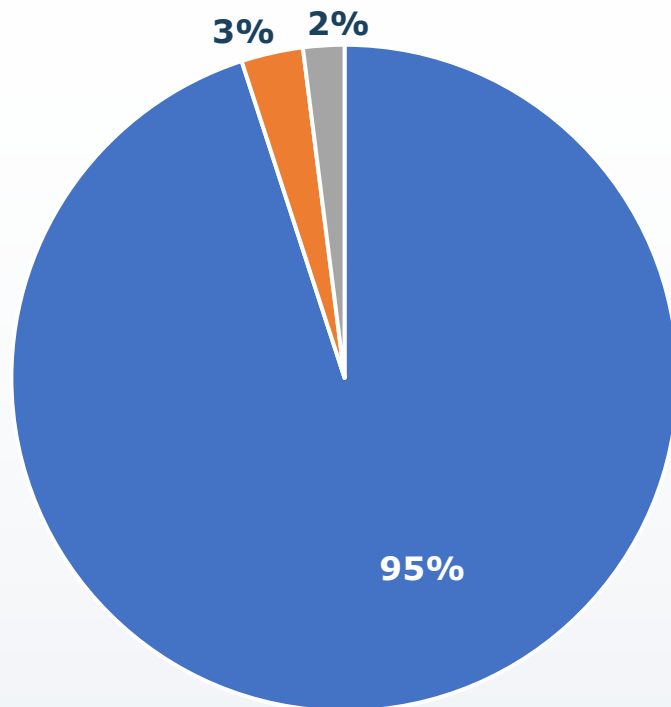


# RIFIUTI IN OUTPUT DAL CANTIERE

## DESTINO

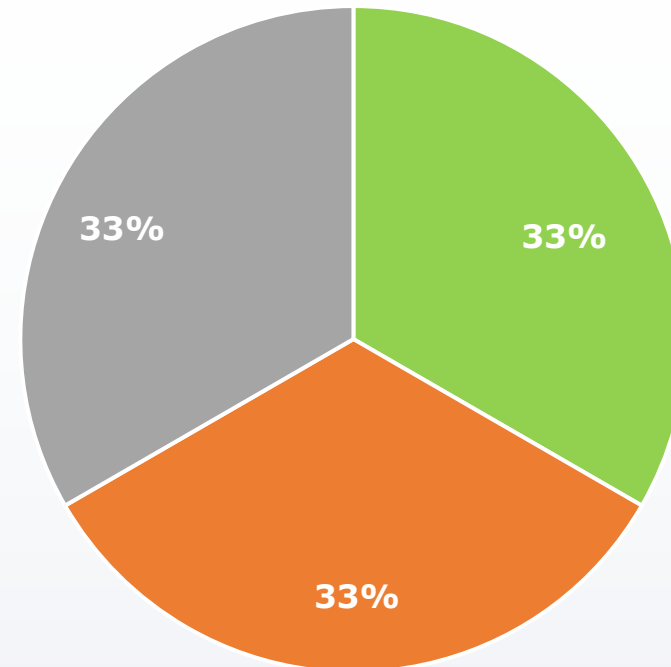
### CASO 3

0% rifiuto inerte a riciclo



### CASO 4

0% rifiuto inerte a riciclo



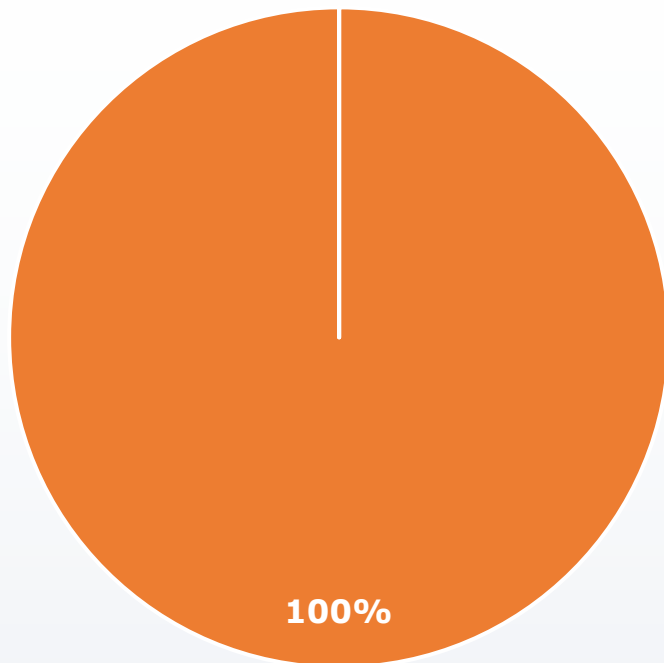
● RIUSO IN SITU ● DISCARICA ● RICICLO ● GESTITO DA TERZI

# RIFIUTI IN OUTPUT DAL CANTIERE

## DESTINO

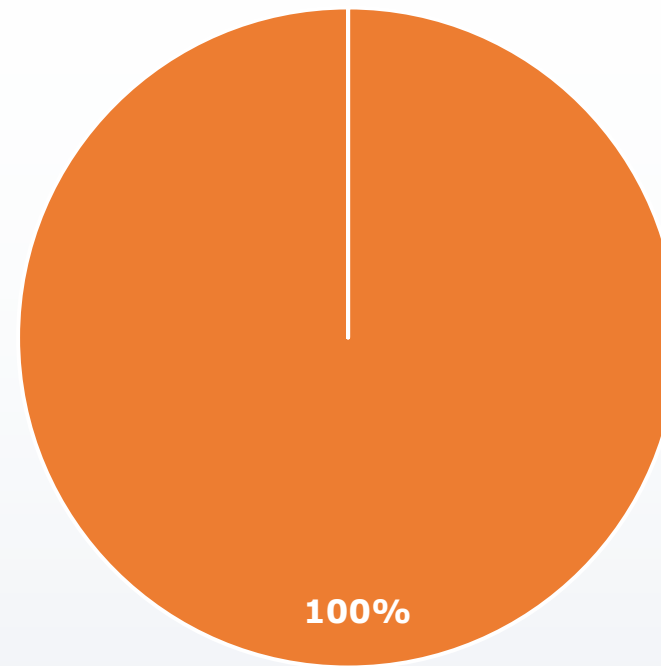
### CASO 5

99% rifiuto inerte a riciclo



### CASO 6

100% rifiuto inerte a riciclo



● RIUSO IN SITU ● DISCARICA ● RICICLO ● GESTITO DA TERZI

# COSTI FASE DI DEMOLIZIONE

**•PROGETTO DI DEMOLIZIONE**0,06 €/m<sup>3</sup>**•ALLESTIMENTO CANTIERE**0,10 €/m<sup>3</sup>**•BONIFICA DELL'EDIFICIO**0,58 €/m<sup>3</sup>**•ONERI DELLA SICUREZZA**0,82 €/m<sup>3</sup>**•DUE DILIGENCE AMBIENTALE**0,02 €/m<sup>3</sup>

COSTI  
PRELIMINARI

**•ACQUISTO MACCHINARI UTILIZZATI  
DURANTE LA DEMOLIZIONE**1,98 €/m<sup>3</sup>

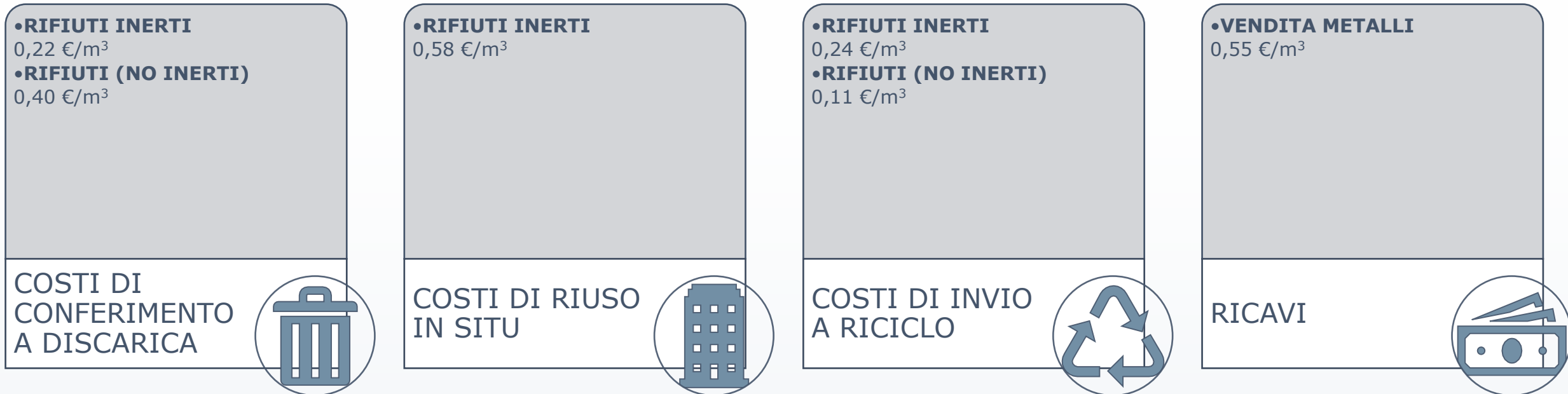
COSTI DI  
ACQUISIZIONE

**•MANUTENZIONE MACCHINARI**0,59 €/m<sup>3</sup>**•PERSONALE**1,41 €/m<sup>3</sup>**•ASSICURAZIONE RC**0,06 €/m<sup>3</sup>**•CONSUMI (ENERGIA – GASOLIO –  
ACQUA)**0,38 €/m<sup>3</sup>

COSTI  
OPERATIVI



# COSTI FASE DI DEMOLIZIONE



**Tutti i costi relativi alla fase di demolizione sono espressi in euro per m<sup>3</sup> demolito**

# QUESTIONARIO PER IMPIANTI DI RICICLO

## INFORMAZIONI GENERALI

- DENOMINAZIONE IMPIANTO
- UBICAZIONE
- TIPOLOGIA DI IMPIANTO
- AREA IMPIANTO (m<sup>2</sup>)
- CAPACITA' DI TRATTAMENTO AUTORIZZATA (t/a)
- VITA UTILE IMPIANTO A PARTIRE DAL SUO AVVIO (a)

## COSTI PRELIMINARI

- ACQUISTO TERRENO (€)
- ASSICURAZIONE IMPIANTO (€)
- FINE VITA MACCHINARI (€/a)

## COSTI DI ACQUISIZIONE MACCHINARI

- TIPOLOGIA DI MACCHINARIO PRESENTE IN IMPIANTO
- VITA UTILE STIMATA (h)
- COSTO MACCHINARIO (€)
- ORE DI UTILIZZO (h)

## COSTI OPERATIVI

- MANUTENZIONE MACCHINARI (€/a)
- PERSONALE (€/a)
- ONERI DELLA SICUREZZA (€/a)
- QUANTITATIVO ENERGIA (kWh)/GASOLIO (l)/ACQUA (l) UTILIZZATI
- COSTO PER UNITA' DI ENERGIA (€/kWh)/GASOLIO (€/l)/ACQUA (€/l) UTILIZZATI
- CERTIFICAZIONE CE - TIPOLOGIA E COSTO (€/a)

## FLUSSI DI RIFIUTI IN INGRESSO

- CODICE CER E DESCRIZIONE MATERIALE
- QUANTITATIVO TRATTATO (t)
- TARIFFA PER CONFERIMENTO IN IMPIANTO (€/t)

## FLUSSI DI MATERIALE IN USCITA

- CODICE CER E DESCRIZIONE MATERIALE E DESTINO
- QUANTITATIVO IN USCITA (t)
- COSTO DI CONFERIMENTO (€/t)
- COSTO DI TRASPORTO (€/t)

## AGGREGATO RICICLATO IN USCITA

- CLASSE GRANULOMETRICA PRODOTTA
- QUANTITATIVO PRODOTTO (t)
- PREZZO DI VENDITA (€/t)
- % DI VENDITA

# COSTI FASE DI RICICLO

**•ACQUISTO TERRENO**

0,34 €/t

**•ASSICURAZIONE RC**

0,00 €/t

**•FINE VITA MACCHINARI**

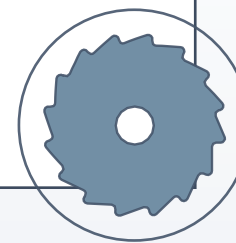
0,17 €/t

COSTI  
PRELIMINARI

**•ACQUISTO MACCHINARI IN  
IMPIANTO**

0,56 €/t

COSTI DI  
ACQUISIZIONE

**•MANUTENZIONE MACCHINARI**

0,49 €/t

**•PERSONALE**

1,69 €/t

**•ONERI DELLA SICUREZZA**

0,01 €/t

**•CONSUMI (ENERGIA – GASOLIO –  
ACQUA)**

0,71 €/t

**•CERTIFICAZIONE CE**

0,10 €/t

COSTI  
OPERATIVI



# COSTI FASE DI RICICLO

**•RIFIUTI (NO INERTI)**

0,01 €/t

COSTI DI  
CONFERIMENTO A  
DISCARICA  
SCARTI**•INGRESSO RIFIUTI**

12,28 €/t

**•VENDITA METALLI**

0,55 €/t

**•VENDITA AGGREGATI RICICLATI**

1,37 €/t

RICA VI



**Tutti i costi relativi alla fase di riciclo sono espressi in euro per tonnellata trattata in impianto**

# RIFIUTI INERTI MISTI (CER170904)

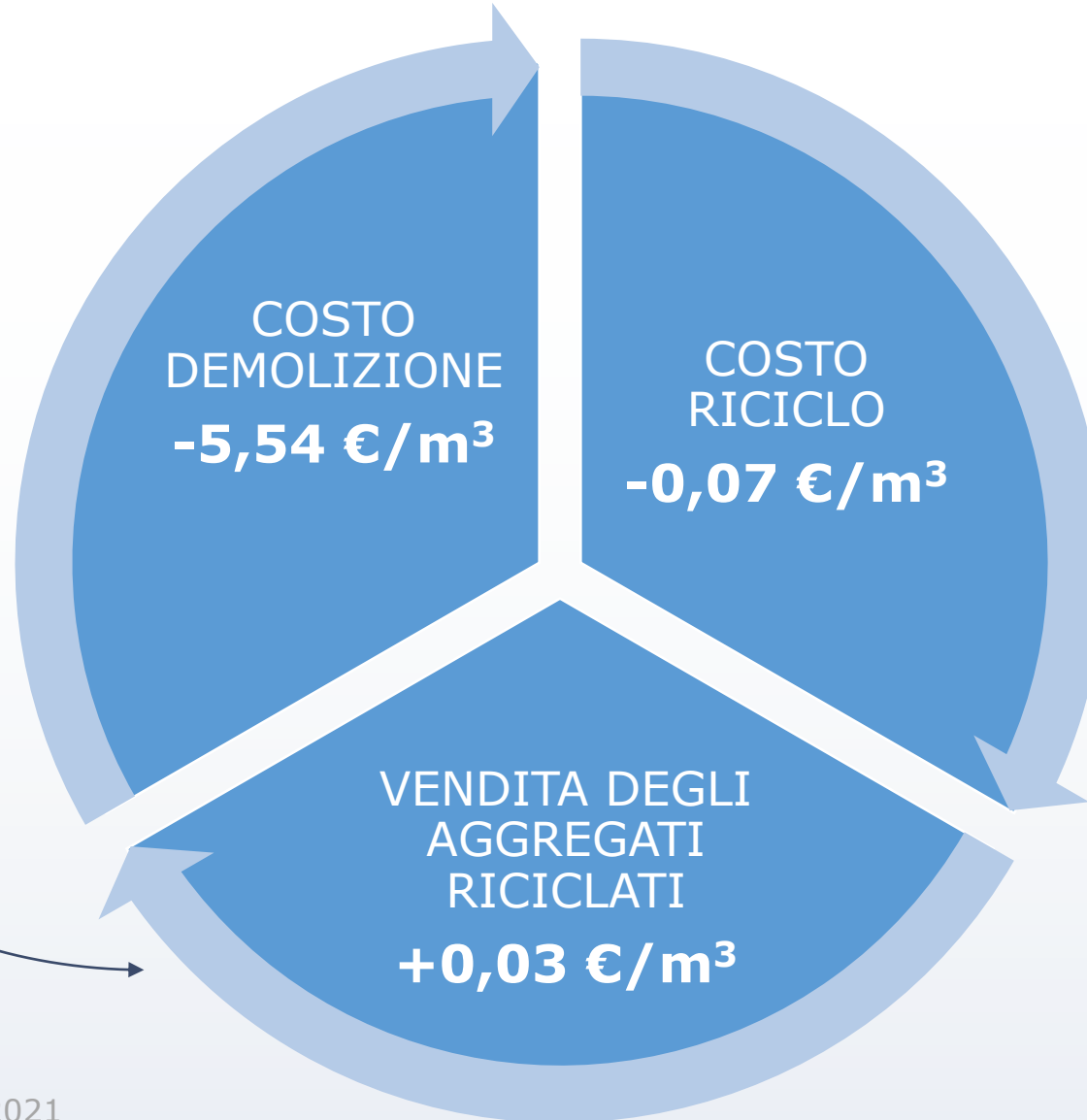
## COSTO PER DESTINO





# COSTO INTERA FILIERA

Tutti i costi sono stati riportati in euro per m<sup>3</sup> demolito, per fare ciò è stato moltiplicato il costo di riciclo e di vendita degli aggregati per le tonnellate di rifiuto inerte inviato a riciclo presenti in un m<sup>3</sup> demolito. Ciascun costo esprime il valore medio dei casi analizzati.



## 5,56 €/m<sup>3</sup>

# INCENTIVI SULLA DEMOLIZIONE

## PROGETTO DI DEMOLIZIONE

- STIMA DEI FLUSSI E DEI QUANTITATIVI IN USCITA

**- 0%-15%**  
SUL COSTO SOSTENUTO  
PER IL PROGETTO DI  
DEMOLIZIONE

## RIUSO IN SITU

- RIFIUTI RIUTILIZZATI IN SITU

**- 0% -15%**  
SUL COSTO SOSTENUTO  
PER IL RIUSO IN SITU

## TARIFFA DI INVIO A RICICLO

- CORRETTA DIVISIONE DEI FLUSSI (NON DEVE ESSERE PRESENTE IL FLUSSO 17 09 04)
- ALMENO 80% DEI FLUSSI INVIATI A RICICLO

**- 0% -15%**  
SULLA TARIFFA DI  
INVIO A RICICLO

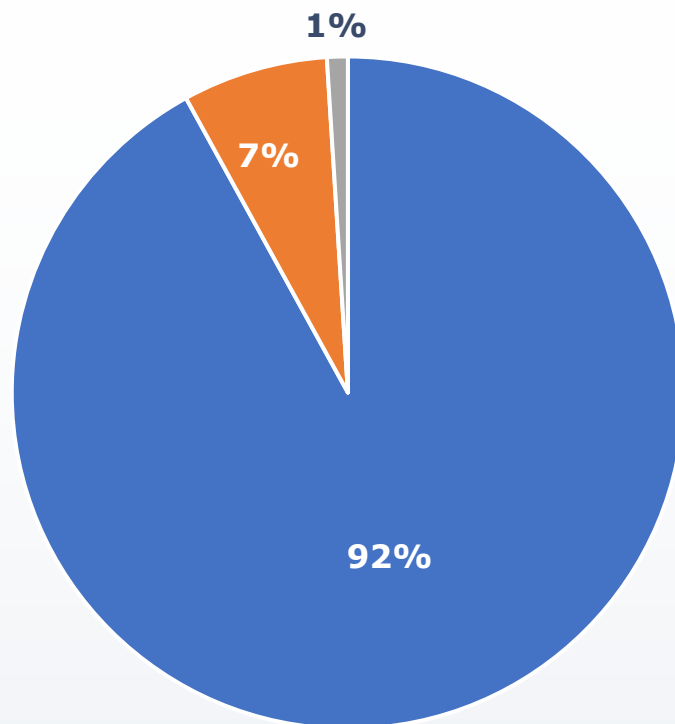
# INCENTIVI SULLA VENDITA DI AGGREGATO RICICLATO



# ESEMPIO CON APPLICAZIONE INCENTIVI

## CASO 1

0,4% rifiuto inerte a riciclo



● RIUSO IN SITU ● DISCARICA ● RICICLO



**COSTO TOTALE**

1,70 €/m<sup>3</sup>

**COSTO TOTALE con incentivi**

1,52 €/m<sup>3</sup>

**RISPARMIO → € 97.021,05 → - 10%**

# CONCLUSIONI

- Il **COSTO MEDIO TOTALE** per la gestione dei rifiuti da costruzione e demolizione è di **5,56 € ogni m<sup>3</sup> demolito**.
- I **COSTI DI DEMOLIZIONE** variano da 1,71 €/m<sup>3</sup> a 9,52 €/m<sup>3</sup>, i **COSTI DI TRATTAMENTO** del rifiuto inerte variano da 2,40 €/t a 8,14 €/t, i ricavi di impianto dipendono dalla **VENDITA DEGLI AGGREGATI RICICLATI** prodotti (da 1,81 €/t a 4,31 €/t), dalla tariffa di ingresso in impianto dei rifiuti (da 12,04 €/t a 12,53 €/t) e dalla vendita di metalli (da 0,32 €/t a 1,34 €/t).
- I costi totali di demolizione si riducono nei casi in cui i ricavi derivati dalla vendita di rifiuti di ferro e acciaio riescono a compensare i costi di invio in impianto di riciclo o in discarica degli altri flussi e nei casi in cui il flusso di rifiuti misti da C&D (17 09 04) viene inviato a riciclo o riutilizzato in situ.
- In tutti e sei i casi di demolizione è stata dichiarata l'esecuzione di una demolizione selettiva, tuttavia, l'analisi dei dati forniti mostra che in due casi, benché tutto il materiale sia stato destinato a riciclo, la selezione dei flussi è molto ridotta e in un caso gran parte dei flussi sono stati conferiti a discarica.
- Sulla base dell'analisi svolta sono state individuate le voci di costo a cui è possibile applicare degli **INCENTIVI** per favorire la demolizione selettiva e la produzione di aggregato riciclato di alta qualità.

# GRAZIE!

Email: [federicacarla.carollo@polimi.it](mailto:federicacarla.carollo@polimi.it)

*Politecnico di Milano*  
*DICA Civil and Environmental Engineering Department*

*Gruppo di ricerca AWARE, Assessment on WASTE and RESources*

