



POLITECNICO
MILANO 1863

XX CONVEGNO DELL'ASSOCIAZIONE RETE ITALIANA LCA

LCA DI PAVIMENTAZIONI STRADALI CONTENENTI PLASTICA RICICLATA DA IMBALLAGGI POLIACCOPPIATI

Mary Jo F. A. Nichilo • Lucia Rigamonti • Mario Grosso • Giovanni Dolci

Politecnico di Milano, Dipartimento di Ingegneria Civile e Ambientale,
Piazza Leonardo da Vinci 32, 20133 Milano, Italia



**LCA E METODI LIFE CYCLE-BASED PER LA MISURAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DI
PRODOTTI, SERVIZI, ORGANIZZAZIONI E SOLUZIONI CIRCOLARI**

23-25 SETTEMBRE 2026 • UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO • DIPARTIMENTO JONICO • TARANTO

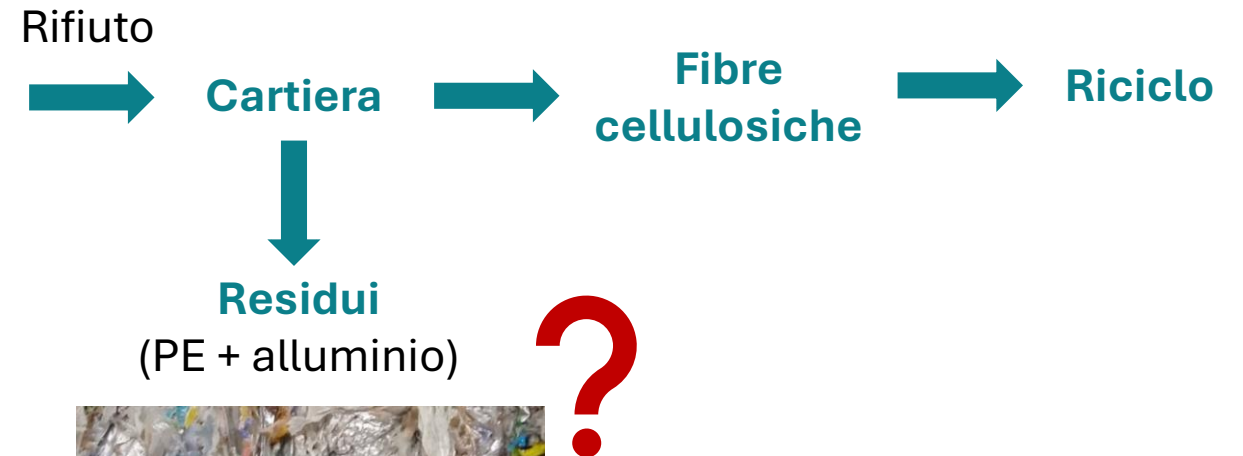
Contesto: dai poliaccoppiati ai residui di cartiera



[i]

Imballaggi per bevande

Materiali compositi
~ 70% carta
~ 25% polietilene (PE)
~ 5% alluminio



Contesto: dai poliaccoppiati ai residui di cartiera

Residui

(PE + alluminio)



Processo di riciclo

- Pre-miscelazione e macinazione
- Separazione magnetica
- Rimozione dell'umidità
- Estrusione e compressione
- Raffreddamento
- Macinazione finale



Granulato riciclato



Impiego in miscele
bituminose in parziale
sostituzione degli aggregati



Il beneficio della valorizzazione del rifiuto compensa gli impatti del processo di riciclo?

Obiettivo dello studio e alternative confrontate

Obiettivo: quantificare, con metodologia LCA, i potenziali impatti ambientali di una pavimentazione stradale contenente plastica riciclata da imballaggi poliaccoppiati

COMPOSIZIONE DI RIFERIMENTO

AGGREGATI + FILLER

**61%**

Ghiaia

**31%**

Sabbia

**8%**

Filler

Percentuali in massa su aggregati + filler

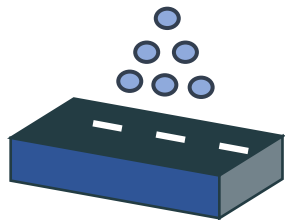
BITUME

**5,2%**

della massa degli aggregati

TRE ALTERNATIVE A CONFRONTO

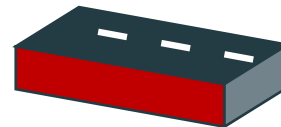
CON PLASTICA RICICLATA

**2%**

granulato

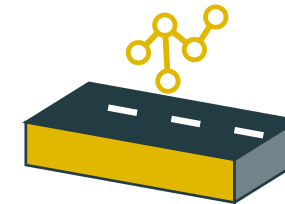
della massa
degli aggregati

CONVENZIONALE



Miscela
base

MODIFICATA CON SBS

**5%**

SBS

della massa
di bitume

Stessa funzione: strato di usura di una pavimentazione stradale bituminosa

Materiali e metodi

Unità funzionale

100 m² di strato di usura di 6 cm di una pavimentazione stradale, considerando un periodo di analisi di un anno

Confine del sistema



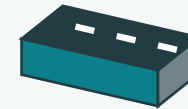
Produzione della miscela e trasporto

- acquisizione delle materie prime
- produzione della miscela
- trasporto della miscela al cantiere



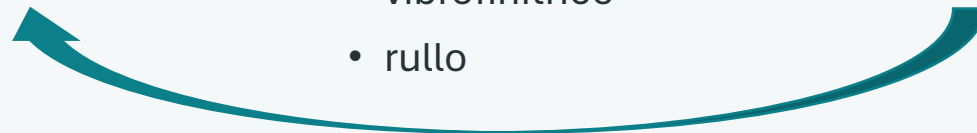
Posa

- emulsione bituminosa
- vibrofinitrice
- rullo



Fresatura e trasporto del fresato

- fresatura
- trasporto del fresato all'impianto di produzione dell'asfalto
- spazzatrice stradale



FOCUS SUL GRANULATO | Approccio *cut-off* adottato nello studio (metodologia EPD)

IMPATTI AL SISTEMA PRECEDENTE

Cartiera



IMPATTI AL SISTEMA ANALIZZATO

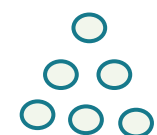
Trasporto residui



Riciclo



Granulato





Materiali e metodi

Inventario

DATI PRIMARI

Input e output di materiali ed energia
forniti dall'impianto italiano
che produce il granulato riciclato

DATI SECONDARI

Letteratura scientifica
e database ecoinvent 3.10

Metodo di impatto

Metodo di caratterizzazione Environmental Footprint (v. 3.1)

- acidificazione
- cambiamento climatico
- ecotossicità delle acque dolci
- eutrofizzazione in acqua dolce
- eutrofizzazione marina
- eutrofizzazione terrestre
- tossicità umana cancerogena
- tossicità umana non cancerogena
- radiazioni ionizzanti
- consumo di suolo
- assottigliamento dello strato di ozono
- assunzione di materiale particolato
- formazione di ozono fotochimico
- consumo di risorse energetiche non rinnovabili
- consumo di risorse, minerali e metalli
- consumo di risorse idriche

Andreasi Bassi et al., 2023. <https://doi.org/10.2760/798894>

Materiali e metodi



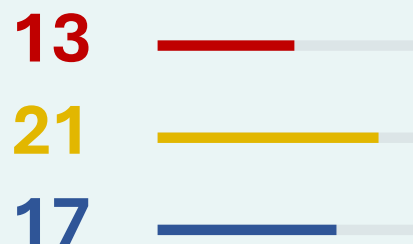
- Convenzionale
- SBS
- Plastica riciclata

Trasporto residui

Attribuzione degli impatti

BASE

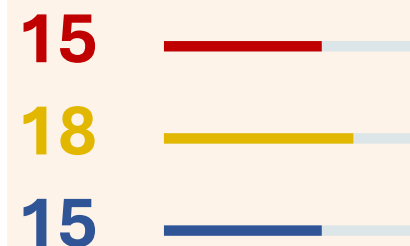
Intermedio



Sistema analizzato

Trasporto incluso

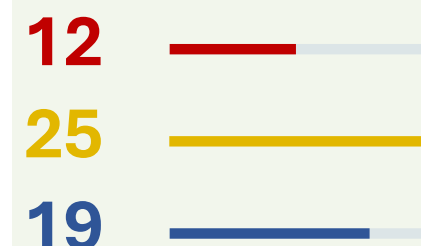
PEGGIORE

Meno favorevole per le
pavimentazioni modificate


Sistema analizzato

Trasporto incluso

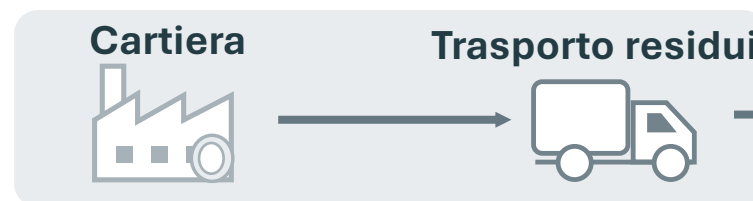
MIGLIORE

Più favorevole per le
pavimentazioni modificate


Sistema precedente

Trasporto escluso

IMPATTI AL SISTEMA PRECEDENTE



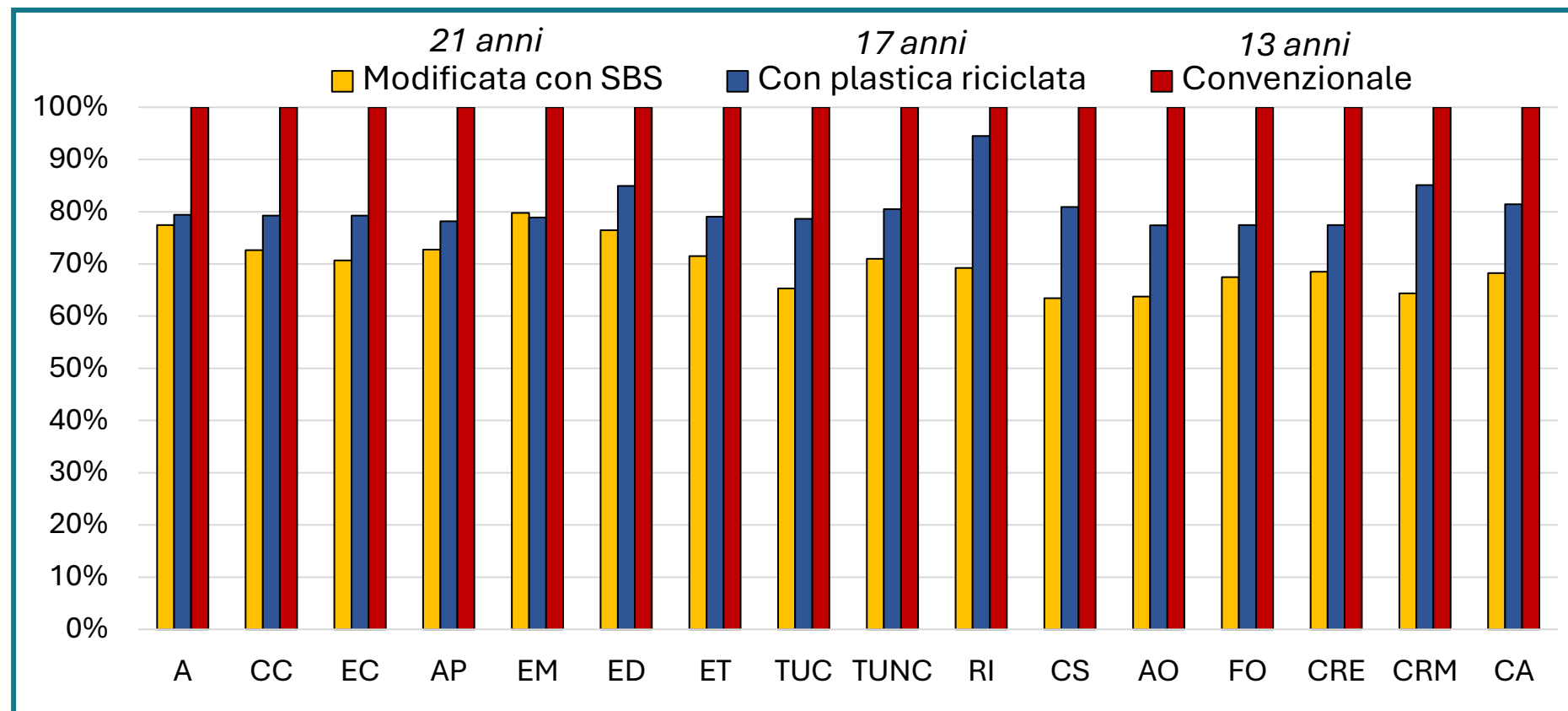
IMPATTI AL SISTEMA ANALIZZATO





Risultati

Scenario base



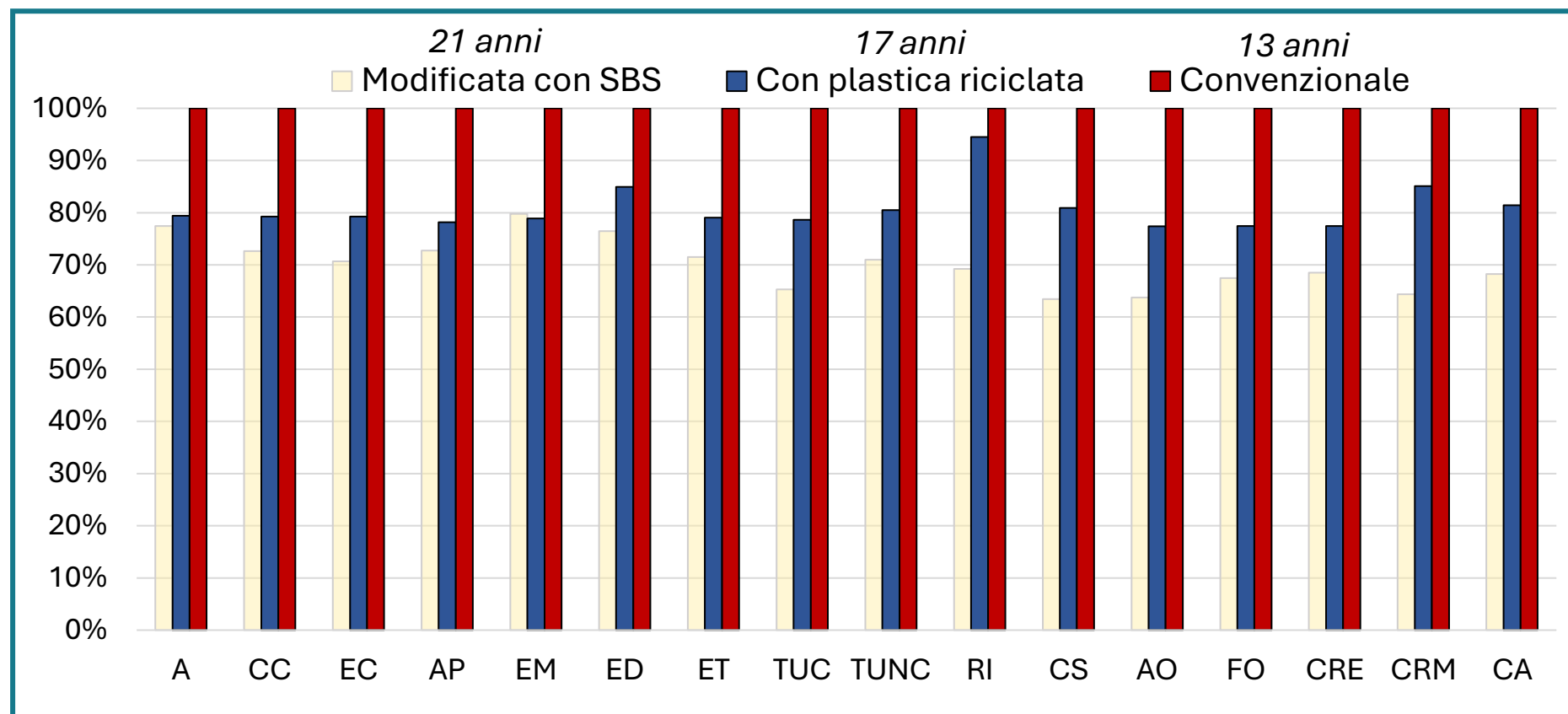
- Confronto: convenzionale vs. con plastica riciclata vs. modificata con SBS
- **Impatto minore: pavimentazione modificata con SBS**

(A) acidificazione
(CC) cambiamento climatico
(EC) ecotossicità delle acque dolci
(ED) eutrofizzazione in acqua dolce
(EM) eutrofizzazione marina
(ET) eutrofizzazione terrestre
(TUC) tossicità umana cancerogena
(TUNC) tossicità umana non cancerogena
(RI) radiazioni ionizzanti
(CS) consumo di suolo
(AO) assottigliamento dello strato di ozono
(AP) assunzione di materiale particolato
(FO) formazione di ozono fotochimico
(CRE) consumo di risorse energetiche non rinnovabili
(CRM) consumo di risorse, minerali e metalli
(CA) consumo di risorse idriche



Risultati

Scenario base



• Confronto: convenzionale vs. con plastica riciclata vs. modificata con SBS

→ Impatto minore: pavimentazione **modificata con SBS**

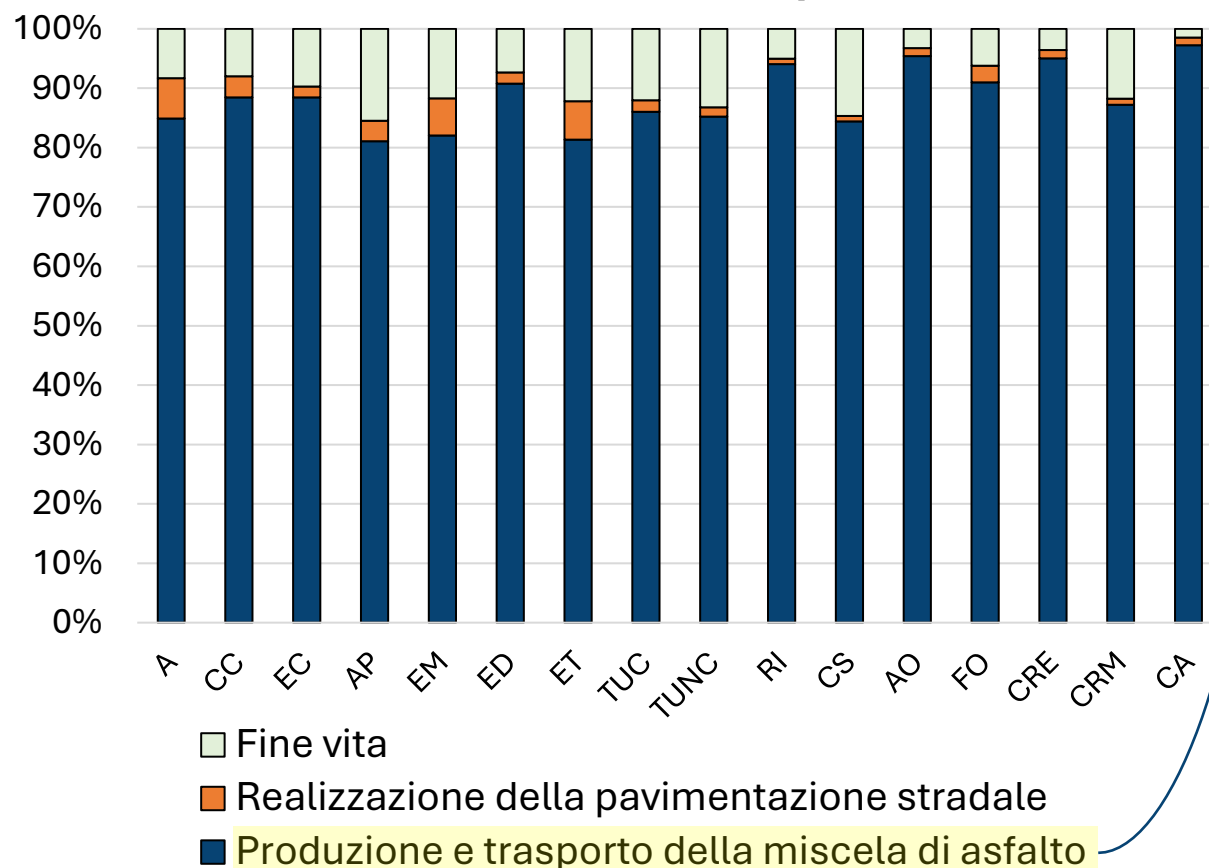
• Confronto: convenzionale vs. con plastica riciclata

→ Impatto minore: pavimentazione **con plastica riciclata**

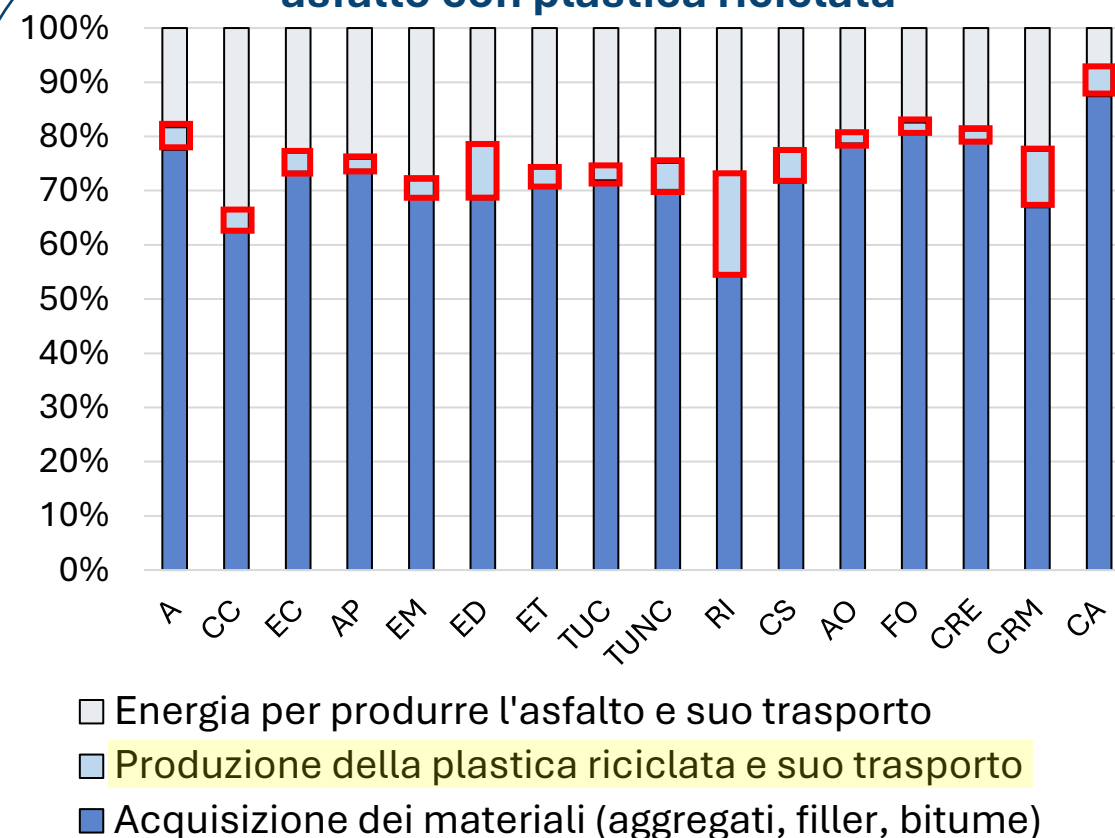
Risultati

Analisi dei contributi

Pavimentazione stradale con plastica riciclata



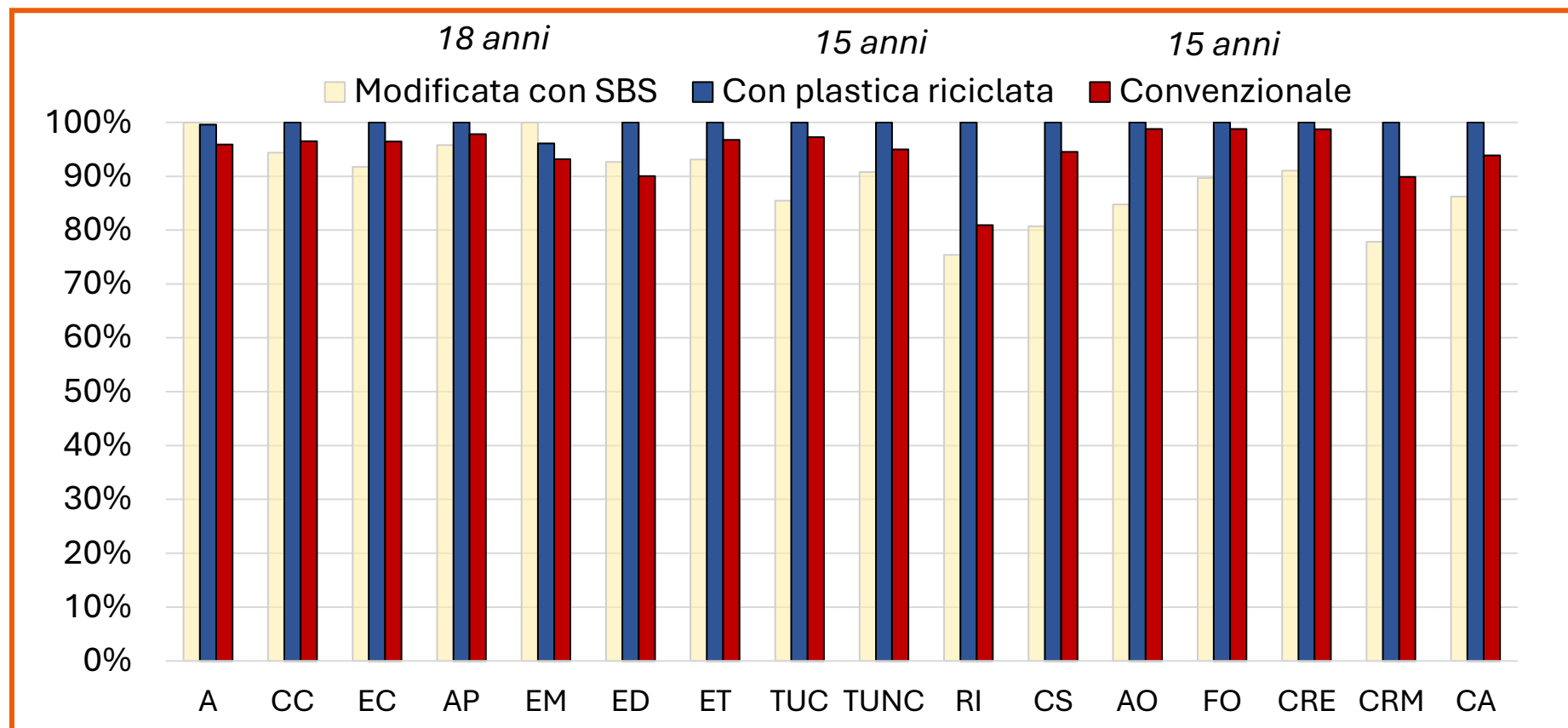
Produzione e trasporto della miscela di asfalto con plastica riciclata





Risultati

Scenario peggiore

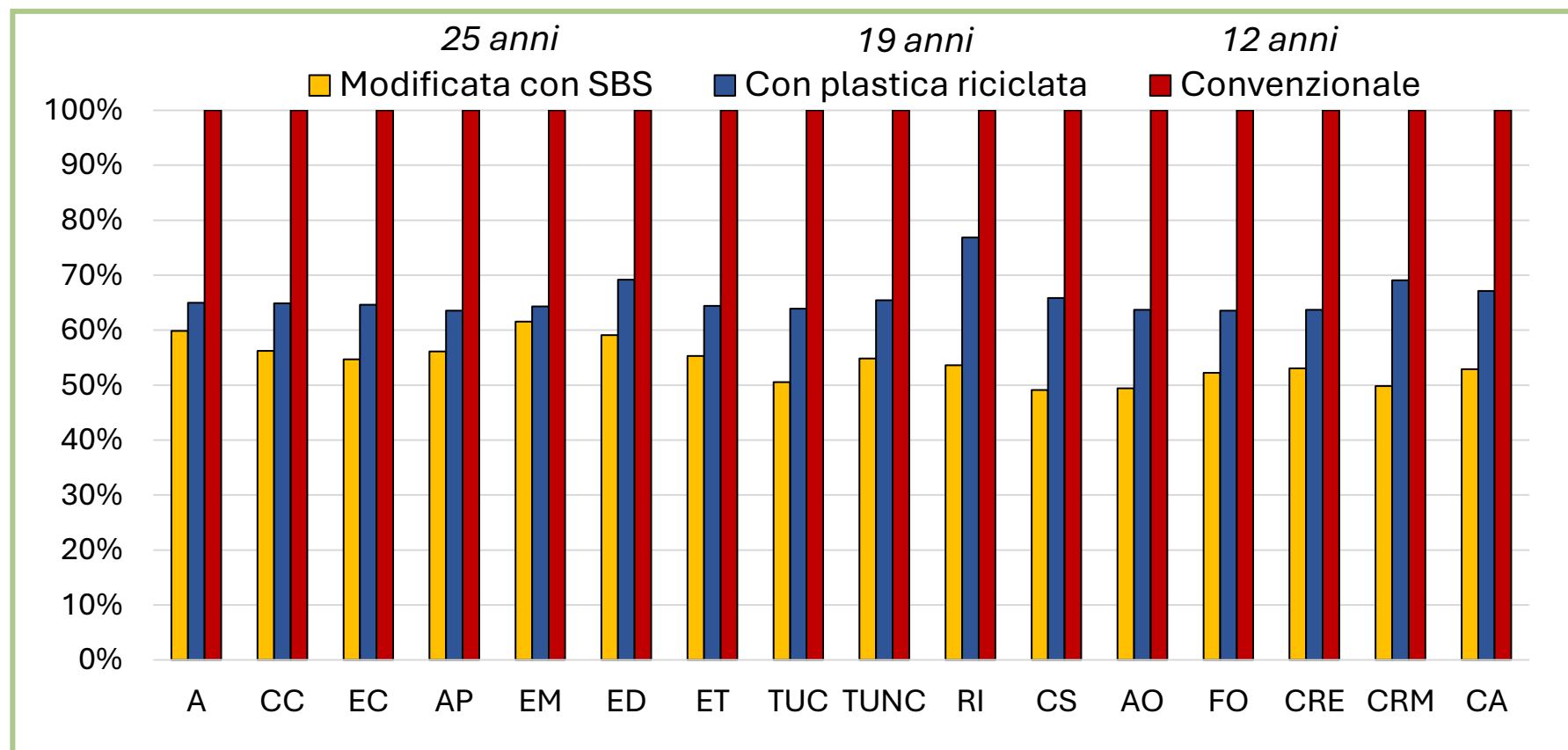


- *Confronto: convenzionale vs. con plastica riciclata*
- **Impatto minore:** pavimentazione stradale in asfalto **convenzionale**



Risultati

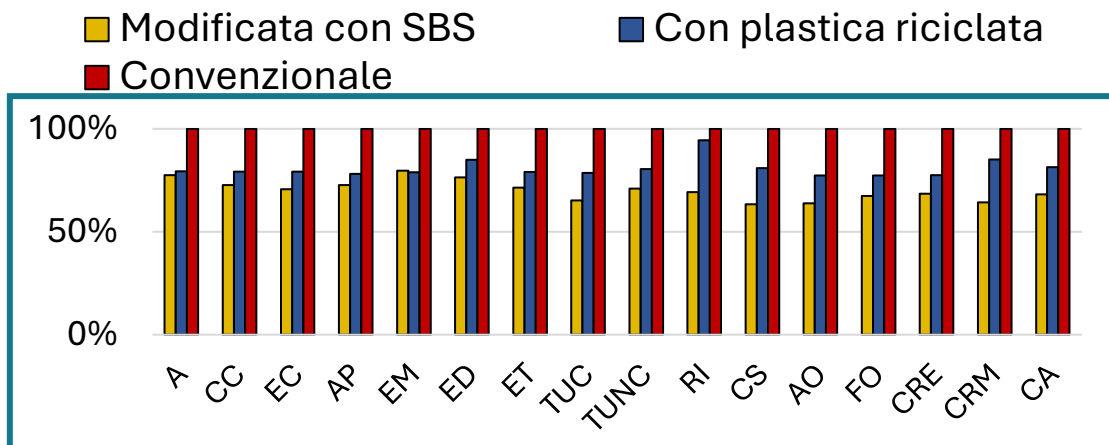
Scenario migliore



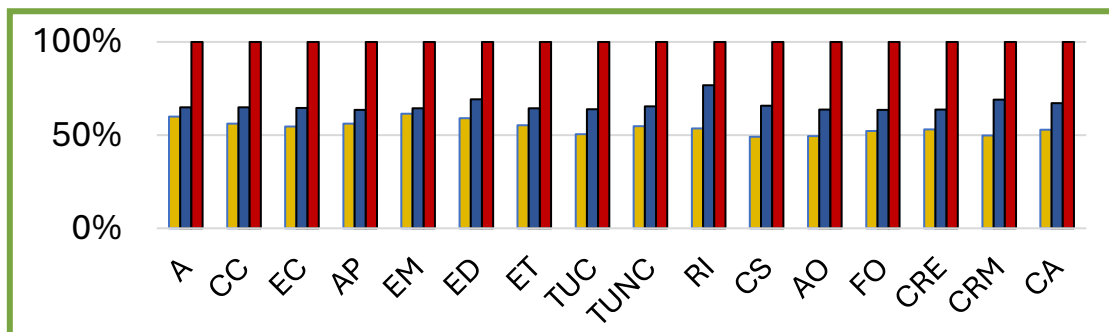
- Confronto: convenzionale vs. con plastica riciclata vs. modificata con SBS
→ **Impatto minore:** pavimentazione stradale in asfalto **modificato con SBS**

Risultati

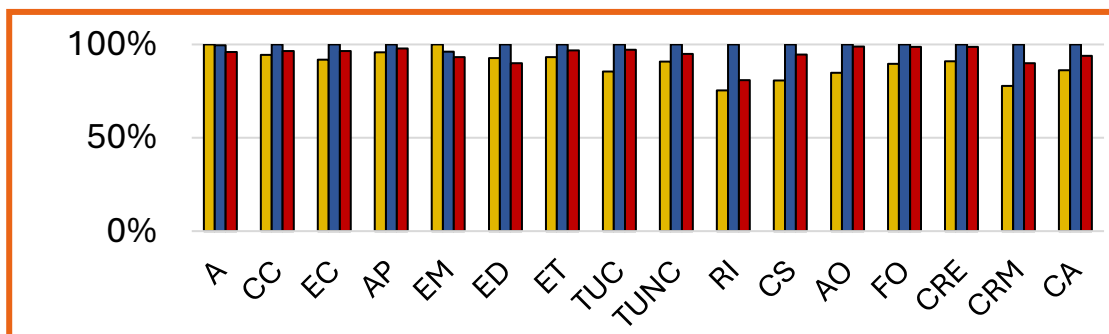
Scenario base



Scenario migliore



Scenario peggiore



Variazione degli impatti rispetto allo scenario base:

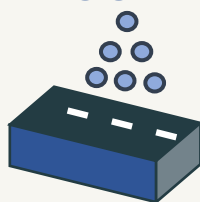
	Scenario migliore	Scenario peggiore
Convenzionale	+9%/+12%	-13%
Modificata con SBS	-13%/-16%	+17%
Con plastica riciclata	-9%/-10%	+13%

Variazioni della vita utile producono variazioni importanti degli impatti e possono modificare l'ordine di preferibilità delle alternative

Conclusioni

Prestazioni ambientali

CON PLASTICA RICICLATA



- valorizzazione di un residuo complesso e riduzione dell'impiego di risorse vergini
- potenziale vantaggio rispetto alla pavimentazione convenzionale

Messaggio chiave

Prestazioni meccaniche migliori $\neq$
automaticamente impatti minori

Impiego di materiale riciclato $\neq$
automaticamente impatti minori

Il beneficio dipende da quanto il miglioramento tecnico si traduce in maggiore vita utile

Perché serve l'LCA

Laboratorio
prestazioni tecniche

Vita utile?
durabilità reale

LCA
impatti ciclo di vita

Beneficio?
verifica complessiva

Servono dati affidabili sulla durabilità a lungo termine

Progettare pavimentazioni sostenibili richiede una valutazione integrata di prestazioni tecniche, durabilità e impatti ambientali



GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Mary Jo F. A. Nichilo

Politecnico di Milano

maryjo.nichilo@polimi.it

*Il progetto è stato finanziato nell'ambito del progetto Ecosister del PNRR.
Si ringraziano gli sviluppatori del sistema analizzato e in particolare
Gabriele Tebaldi, Elena Romeo e Marco Grisendi dell'Università di
Parma.*



**POLITECNICO
MILANO 1863**



**UNIVERSITÀ
DI PARMA**



**Ministero
dell'Università
e della Ricerca**



**Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU**



Italiadomani
PIANO NAZIONALE
DI RIPRESA E RESILIENZA



XX CONVEGNO DELL'ASSOCIAZIONE RETE ITALIANA LCA

LCA E METODI LIFE CYCLE-BASED PER LA MISURAZIONE DELLA SOSTENIBILITÀ DI PRODOTTI,
SERVIZI, ORGANIZZAZIONI E SOLUZIONI CIRCOLARI

23-25 SETTEMBRE 2026 · UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI BARI ALDO MORO · DIPARTIMENTO JONICO · TARANTO