

### Approccio multi-obiettivo per l'ottimizzazione di interventi sismici

B. Yukselen, R. Couto, G. Mucedero, **R. Monteiro**

## 1 INTRODUZIONE



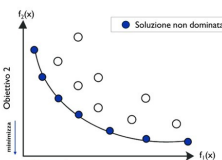
**Vulnerabilità sismica**  
I recenti terremoti hanno evidenziato le significative vulnerabilità sismiche del patrimonio edilizio europeo, rendendo necessarie misure urgenti di adeguamento per salvaguardare la sicurezza pubblica.



**Inefficienza energetica**  
Circa il 75% degli edifici residenziali in Europa è inefficiente dal punto di vista energetico, contribuendo a un consumo eccessivo di energia e all'aumento delle emissioni di gas serra.



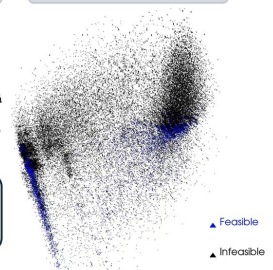
**Emissioni di CO<sub>2</sub>**  
Il settore dell'edilizia è responsabile del 40% del consumo energetico totale dell'UE e del 36% delle emissioni di CO<sub>2</sub>, sottolineando l'urgente necessità di pratiche di ristrutturazione sostenibili per mitigare gli impatti sul clima.



L'ottimizzazione multi-obiettivo permette di confrontare in modo chiaro diversi obiettivi e di trovare soluzioni non dominate, senza quindi dover stabilire in anticipo quale obiettivo sia il più importante.



Spazio delle possibili soluzioni



## 2 METODOLOGIA

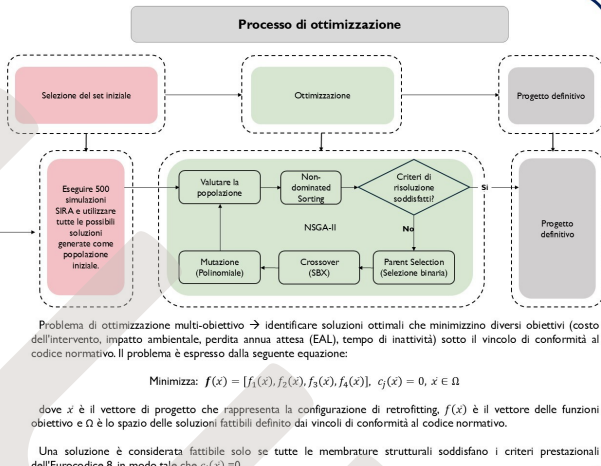
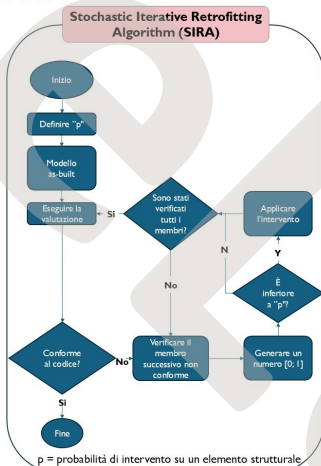
➤ Il problema in esame non ha una soluzione in forma chiusa per la natura dei vincoli → adozione di metodi privi di gradiente, come l'algoritmo genetico (GA) o le sue varianti multi-obiettivo (NSGA-II).

➤ Data la dimensione dello spazio di ricerca e l'impossibilità di definire a priori la frontiera vincolata, è fondamentale cercare la soluzione ottimale nel modo più conveniente dal punto di vista computazionale, garantendo al tempo stesso di non bloccarsi su ottimi locali.

**Selezione del set iniziale**

Per identificare una popolazione iniziale efficiente dal punto di vista computazionale, garantendo al contempo che le soluzioni candidate siano fattibili o quasi, è stato proposto l'algoritmo «Stochastic Iterative Retrofitting Algorithm (SIRA)».

SIRA garantisce che la popolazione iniziale utilizzata nel processo di ottimizzazione include schemi di retrofitting che soddisfano i requisiti del codice.

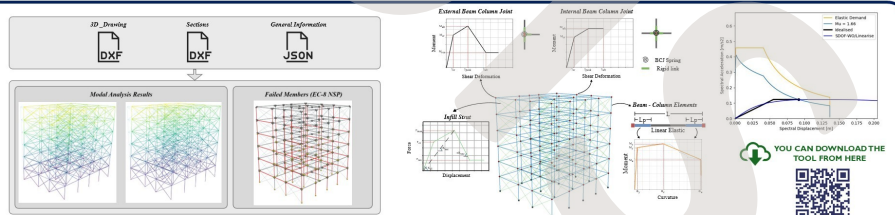


## 3 CAD2SEES

➤ Lo strumento richiede solo tre file di input

➤ Sono implementate verifiche in accordo ad EC-8 attraverso analisi statiche non lineari

➤ È incluso anche un modulo di visualizzazione per una migliore comprensione dei risultati



## 4 APPLICAZIONE A CASO STUDIO

Caso studio

➤ Edificio residenziale in cemento armato con tamponamenti in muratura, costruito nel 1966 a Benfica (Lisbona, Portogallo)

➤ Sei piani (~200 m<sup>2</sup> per piano tipico)

➤ 16 tipi di travi e 8 di colonne, con configurazioni diverse ogni due piani

➤ Calcestruzzo B225 e acciaio A40

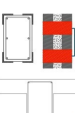


**Intervento con incamiciatura in acciaio**

➤ Angolari: 50×5 mm, 75×5 mm e 100×5 mm

➤ Battenti: 50×5 mm, 75×5 mm e 100×5 mm

➤ Sette diverse spazature (s): da 100 mm a 400 mm con incrementi di 50 mm



63 configurazioni possibili

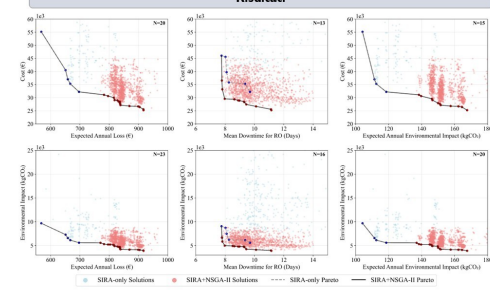
Obiettivi

- Costo di installazione (CI)
- Impatto ambientale dell'installazione (EI)
- Impatto ambientale annuo previsto (EAEI)
- Perdite economiche medie annue (EAL)
- Tempi di ripresa (downtime)

Vincoli

- Conformità a EC-8

Risultati



➤ SIRA → spazio di soluzioni limitato. SIRA+NSGA-II → fronte di Pareto più ampio.

➤ Se CI o EI sono uno degli obiettivi accoppiati → fronte di Pareto mostra una tendenza simile. Lo stesso per EAL e EAEI.

➤ NSGA-II esplora una gamma più ampia di soluzioni ottimali, con più punti di Pareto in tutte le combinazioni.