

Task 5.2 - Metodi di valutazione integrati

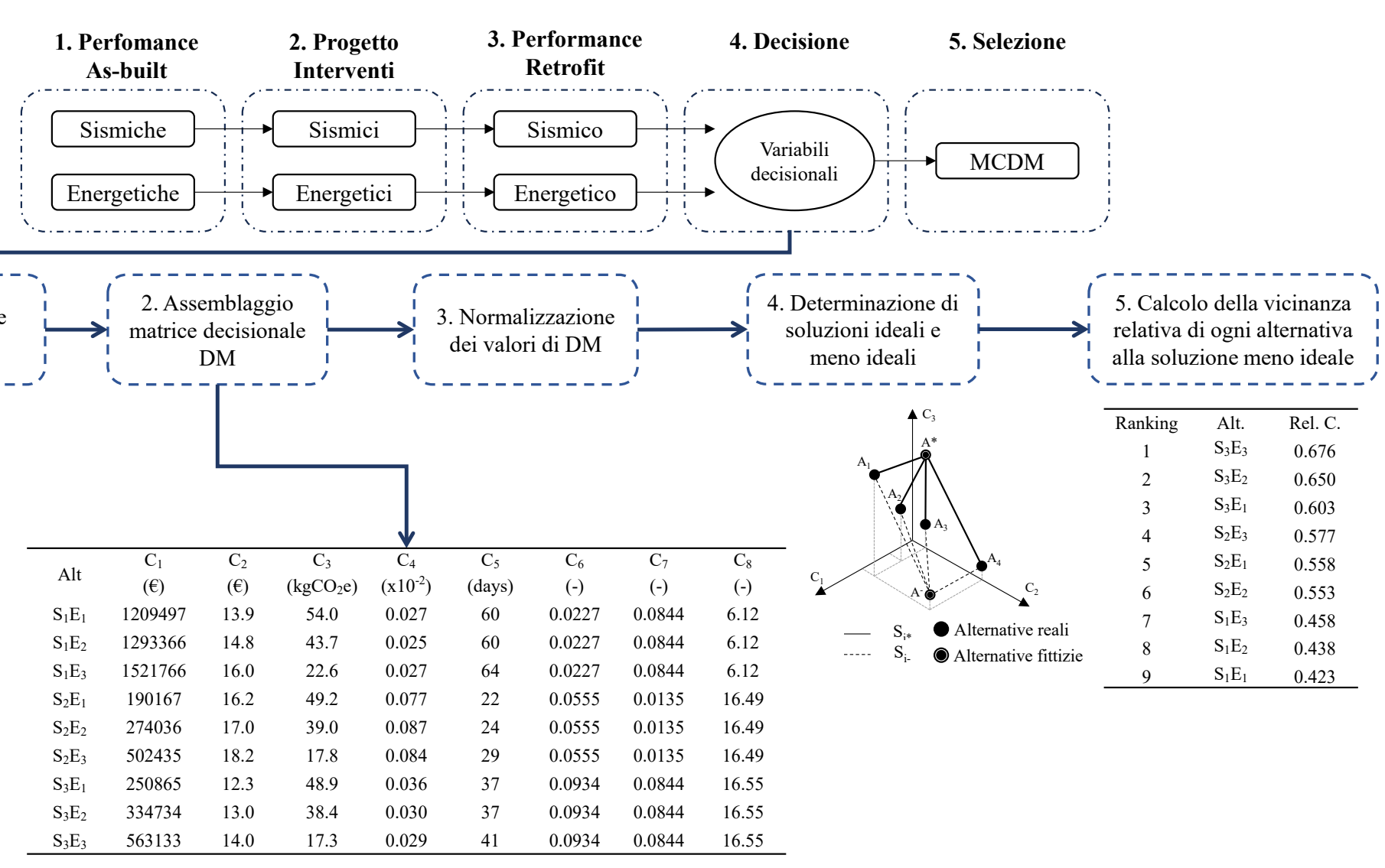
Approccio multi-criterio per l'identificazione di interventi ottimali sismici ed energetici

R. Monteiro, G. Mucedero, R. Couto, B. Yukselen, G.M. Calvi

1 - INTRODUZIONE

- L'applicazione del metodo **MCDM (Multi-Criteria Decision Making)** introduce un livello aggiuntivo di complessità e precisione rispetto ai classici approcci utilizzati per l'identificazione della soluzione di rinforzo, considerando molteplici fattori e criteri per assicurare che le decisioni siano olistiche e riflettano un ampio spettro di variabili decisionali.
- La metodologia MCDM si basa su un metodo di media ponderata per **identificare la soluzione ottimale** e considera le prestazioni di diverse alternative di retrofit su un'ampia gamma di variabili decisionali (VD).
- Tale metodologia può essere utilizzata sia in caso di **interventi sismici locali** che **interventi globali**, per **interventi di riqualificazione e ristrutturazione energetica**, nonché per **interventi integrati sismici ed energetici**.
- Nel metodo proposto, le variabili decisionali considerate sono 8 ed abbracciano diversi macrosettori, che possono essere riassunti in **economico, ambientale, sociale e tecnico**, tali da rendere l'approccio multidisciplinare e curante degli aspetti di sostenibilità.

Variable	Settore	Definizione	Descrizione	Importanza	Peso
C1	Economico	Costo di installazione	Il costo di installazione è il costo combinato degli schemi di retrofit sismici ed energetici per ogni alternativa, considerando le efficienze che possono essere ottenute implementando entrambi gli schemi di retrofit simultaneamente.	Alta	0.15
C2	Economico	Costo annuo previsto	Il costo annuo previsto di un'alternativa di retrofit comprende tre componenti: le perdite annuali previste (FAI), il costo di manutenzione dei componenti di retrofit e il costo energetico annuale (AEC).	Alta	0.19
C3	Ambiente-Sostenibilità	Impatto ambientale previsto nel ciclo di vita	Gli LCEI attesi sono calcolati utilizzando l'Equazione proposta da Caruso et al. (2020); l'Equazione comprende diverse componenti: Impatto Ambientale di Installazione (II), dell'alternativa di retrofit, l'Impatto Ambientale Annuale Previsto (EAEP) della struttura retrofittata, la vita utile prevista (SL) della struttura dopo il retrofit, l'Impatto Ambientale di Manutenzione (MEI) totale dell'alternativa durante la vita utile prevista e la superficie totale (A) dell'edificio.	Alta	0.18
C4	Sociale	Probabilità annua di collasso	Tasso annuo di danni strutturali che potrebbero causare crolli.	Media	0.14
C5	Sociale	Durata degli interventi	Stima della durata dei lavori di intervento strutturale.	Media	0.13
C6	Sociale	Impatto architettonico	L'impatto degli schemi di retrofit strutturale ed energetico; se si presume che gli schemi di retrofit energetico abbiano un impatto visivo altrettanto basso una volta completata la costruzione, si può considerare solo l'impatto degli schemi di retrofit strutturale.	Bassa	0.06
C7	Tecnico	Necessità di manodopera specializzata/consenze progettuali	Stima del fabbisogno di manodopera specializzata/consenze progettuali, utilizzando l'AHP e il giudizio degli esperti.	Bassa	0.05
C8	Tecnico	Required interventions at the foundations	Il rapporto massimo delle reazioni verticali tra l'edificio caso-studio e ciascuna delle alternative di retrofit viene utilizzato per rappresentare la quantità di lavoro necessario per migliorare le fondazioni della struttura esistente per far fronte ai carichi della struttura retrofittata.	Media	0.10



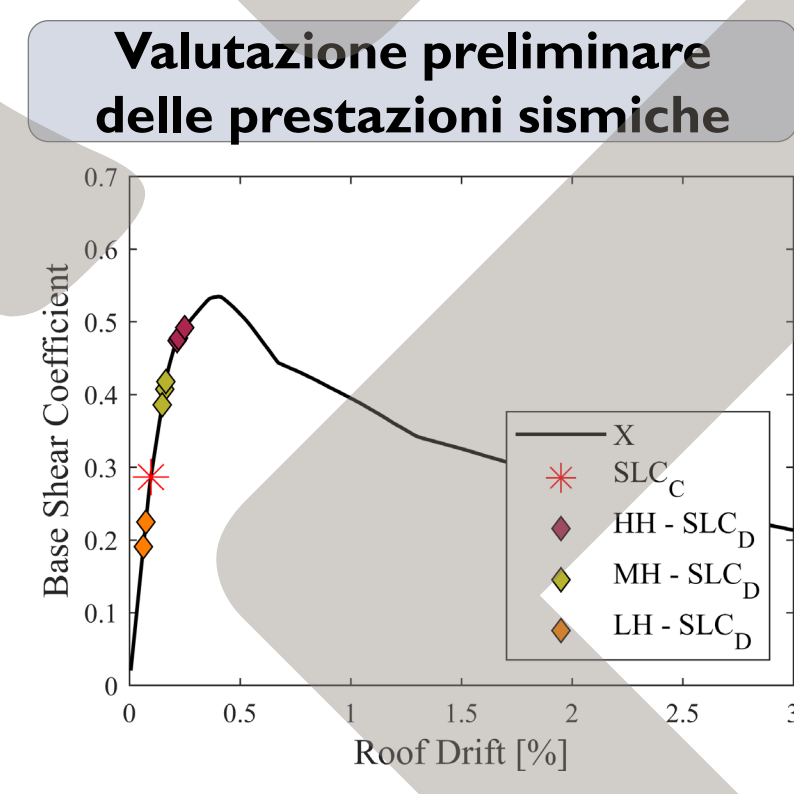
2 - APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA

1. Valutazione -> 2. Progetto interventi -> 3. Prestazioni post-intervento

Caso studio

- Edificio scolastico in cemento armato
- Anno di costruzione: 1960-1970

Situato in 9 diverse località italiane, caratterizzate da 3 diversi livelli di pericolosità sismica e 3 condizioni climatiche differenti.

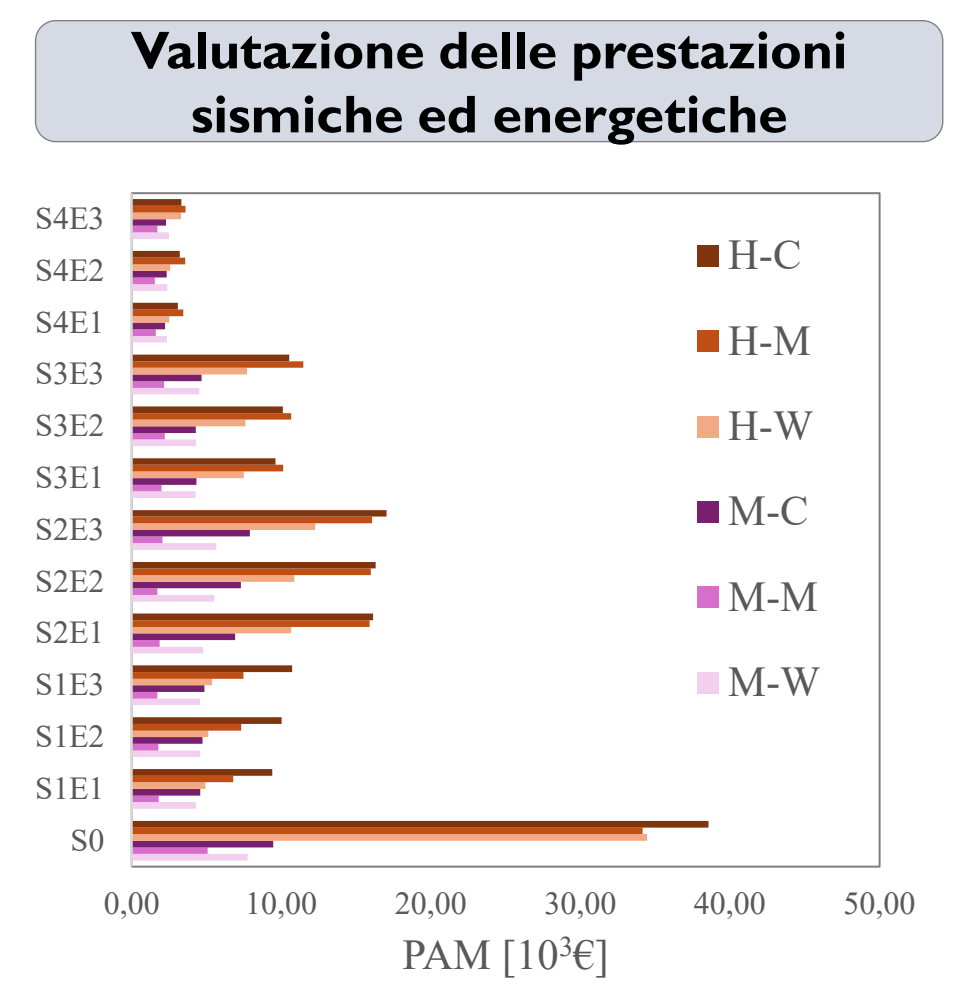


Progettazione di diverse soluzioni di rinforzo sismico ed efficientamento energetico

- Efficientamento energetico (E1, E2, E3)
- Rinforzo sismico (a, b, c, d)
- Interventi combinati

= 12 possibili alternative

+ giunto sismico tra le tamponatura e il telaio in c.a. per ridurre l'interazione telaio-tamponatura e le forze di taglio che agiscono sulle colonne.



4. Decisione -> 5. Selezione

Variabili decisionali

- Probabilità annua di collasso
- PAM
- Costo di installazione
- Impatto ambientale (perdite annue)
- Durata dei lavori
- Necessità di manodopera specializzata
- Necessità di intervento in fondazione
- Impatto architettonico

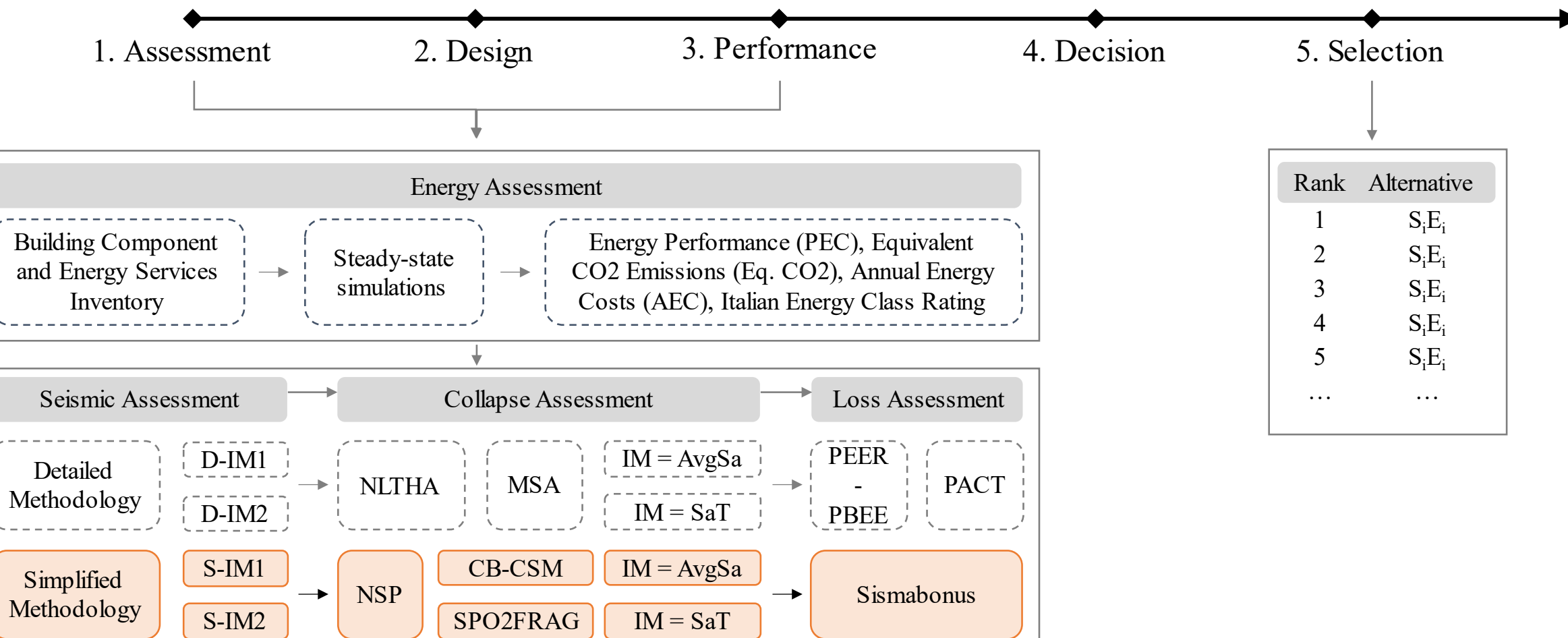
Identificazione dell'intervento integrato ottimale

	Medium Hazard			High Hazard		
	Cold	Moderate	Warm	Cold	Moderate	Warm
S ₁ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₁ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₁ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₂ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₂ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₂ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₃ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₃ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₃ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₄ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₄ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₄ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₅ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₅ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₅ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₆ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₆ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₆ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₇ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₇ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₇ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₈ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₈ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₈ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₉ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₉ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₉ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Legend: Red = Meno preferibili, Yellow = Relativamente preferibili, Green = Ottimali

3 - SVILUPPO METODOLOGIA SEMPLIFICATA

- Dato l'elevato interesse da parte dei professionisti per questa tematica e date le difficoltà intrinseche del framework, **come semplificarlo per permetterne l'utilizzo?**
- Sviluppo **metodologia di valutazione SEMPLIFICATA** (a supporto dei professionisti)
- valutazione delle perdite con SISMABONUS
 - riduzione onere computazionale attraverso:
 - tool semplificati** per la stima della frequenza annua media di collasso
 - analisi statica non lineare** per la stima dei parametri di fragilità di collasso



4. Decisione -> 5. Selezione

Variabili decisionali

Identificazione dell'intervento integrato ottimale

Probabilità annua di collasso

Sito ad alta pericolosità sismica

Perdite economiche attese

Identificazione dell'intervento integrato ottimale

	Medium Hazard			High Hazard		
	C	M	W	C	M	W
S ₁ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₁ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₁ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₂ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₂ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₂ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₃ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₃ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₃ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₄ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₄ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₄ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₅ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₅ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₅ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₆ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₆ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₆ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₇ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₇ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₇ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₈ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₈ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₈ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₉ E ₁	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₉ E ₂	Red	Red	Red	Red	Red	Red
S ₉ E ₃	Red	Red	Red	Red	Red	Red

Legend: Red = Meno preferibili, Yellow = Relativamente preferibili, Green = Ottimali