SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

Analisi e verifica sismica di edifici in muratura:
punto della situazione e recenti evoluzioni

STATI GENERALI DELLA MURATURA

STATI GENERALI
DELLA MURATURA

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

ING.
BRAIAN IETTO

La validazione dei calcoli nell'ingegneria moderna: il ruolo del progettista.

STATI GENERALI
DELLA MURATURA

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

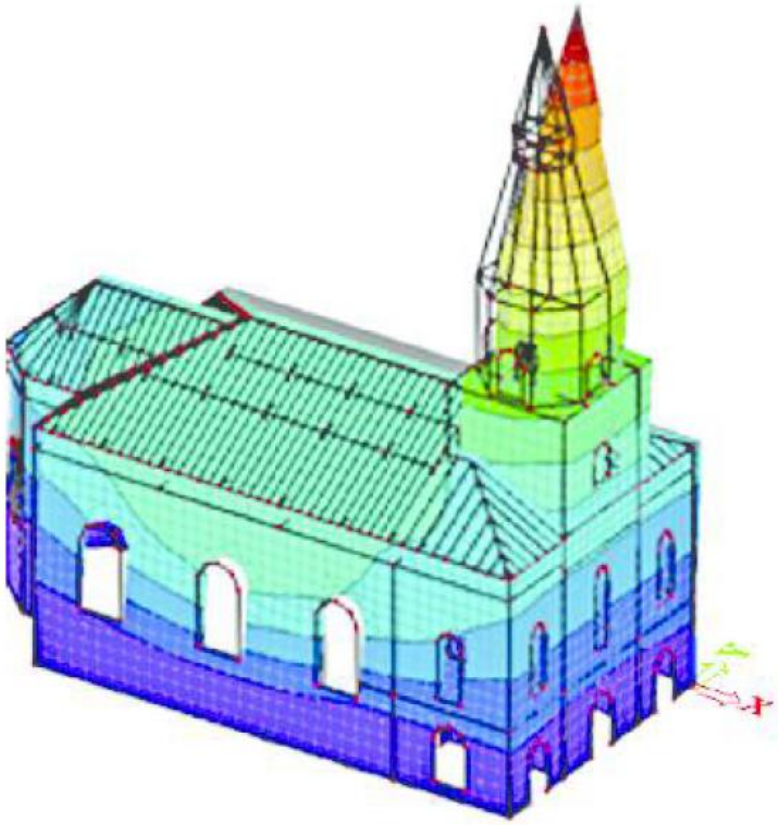
ING.
BRAIAN IETTO

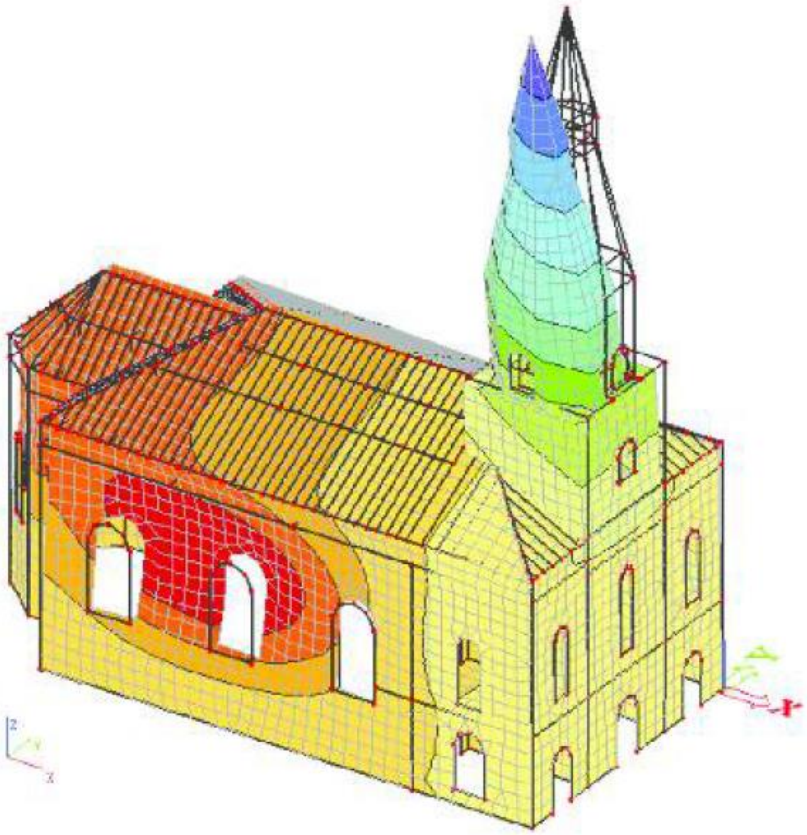
La validazione dei calcoli nell'ingegneria moderna: il ruolo del progettista.

USARE IL PROGRAMMA RESPONSABILMENTE

STATI GENERALI DELLA MURATURA

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA





«L’ingegneria strutturale è l’arte di formare con materiali che nella realtà non si conoscono, delle forme che nella realtà non si possono analizzare, per resistere a delle forze che nella realtà non si possono valutare, in modo tale che la gente non possa, nella realtà, sospettarlo.»

S.Kelsey

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

COMUNE DI _____ PROV. DI _____

LAVORI DI _____

CONCESSIONE N. _____ DEL _____

PROPRIETARIO _____

PROGETTISTA _____

COMMITTENTE _____

DIRETTORE DEI LAVORI _____

DIREZIONE CANTIERE _____

ASSISTENTE TECNICO _____

RESPONSABILE della SICUREZZA _____

COORDINATORE della PROGETTAZIONE _____

COORDINATORE DEI LAVORI _____

CALCOLATORE STATICO _____

COLLAUDATORE IN CORSO D'OPERA _____

IMPRESA DI COSTRUZIONE _____

SUBAPPALTI _____

IMPIANTO ELETTRICO _____

IMPIANTO IDRAULICO _____

IMPIANTO GAS METANO _____

N° PRESUNTO DI LAVORATORI SUL CANTIERE _____

N° PREVISTO DI IMPR. E LAV. AUT. SUL CANTIERE _____

IMPORTO LAVORI _____

INIZIO LAVORI _____ FINE LAVORI _____

BERNER

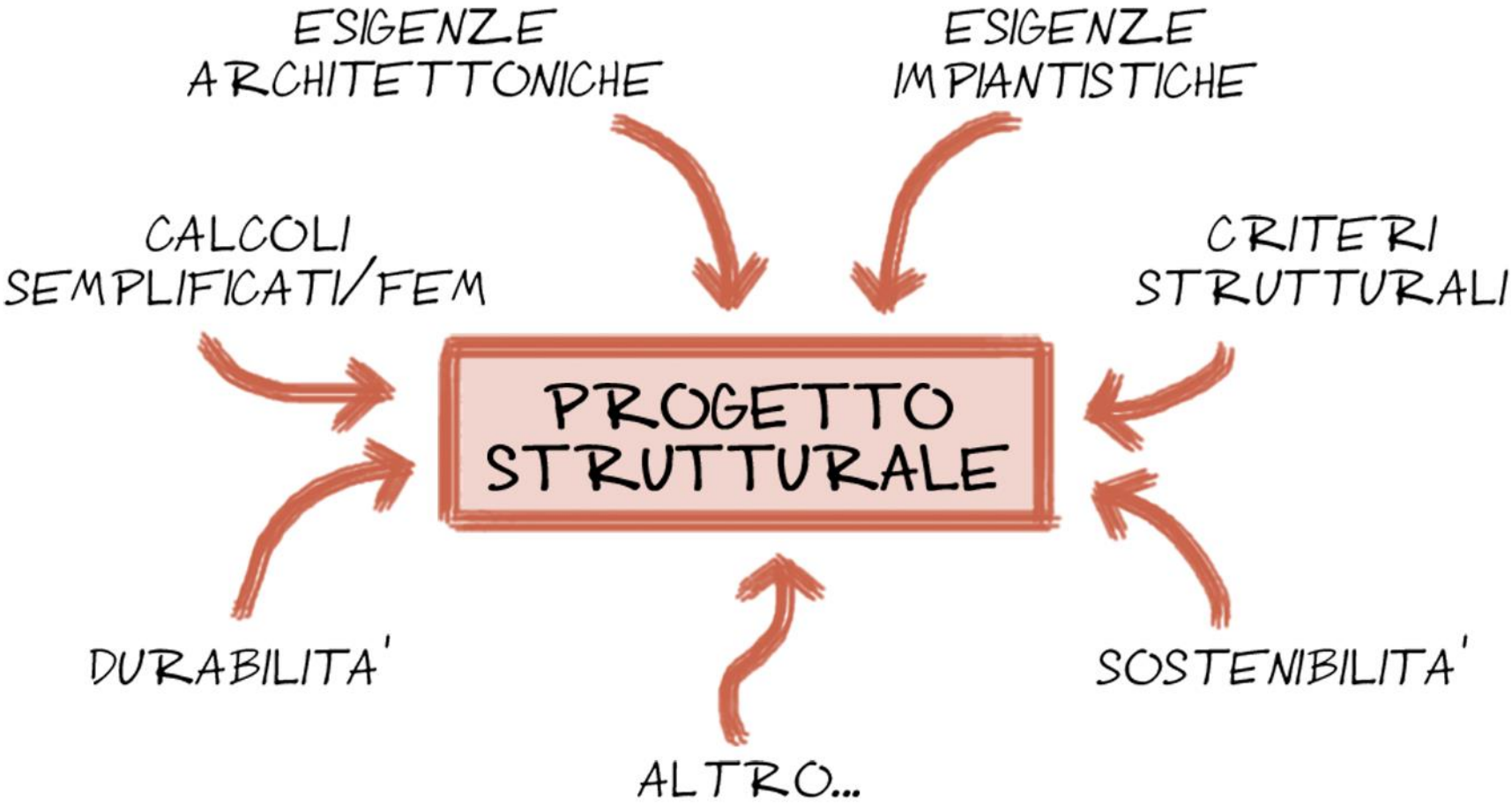
"TANTO FA TUTTO
IL PROGRAMMA"

SE LO DICE IL PROGRAMMA

ALLORA E' OK !!!

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

IL CALCOLO È UNO STRUMENTO DELLA PROGETTAZIONE, NON IL SUO FINE



SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

APPROCCIO CORRETTO

ESIGENZE ARCHITETTONICHE

ESIGENZE IMPIANTISTICHE

CALCOLI FEM

DURABILITA'

CRITERI STRUTTURALI

SOSTENIBILITA'

ALTRO...

PROGETTO STRUTTURALE

VALIDAZIONE DEI RISULTATI CON CALCOLI SEMPLIFICATI

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

APPROCCIO PERSONALE

ESIGENZE ARCHITETTONICHE

ESIGENZE IMPIANTISTICHE

CALCOLI DI PREDIMENSIONAMENTO

DURABILITA'

CRITERI STRUTTURALI

SOSTENIBILITA'

ALTRO...

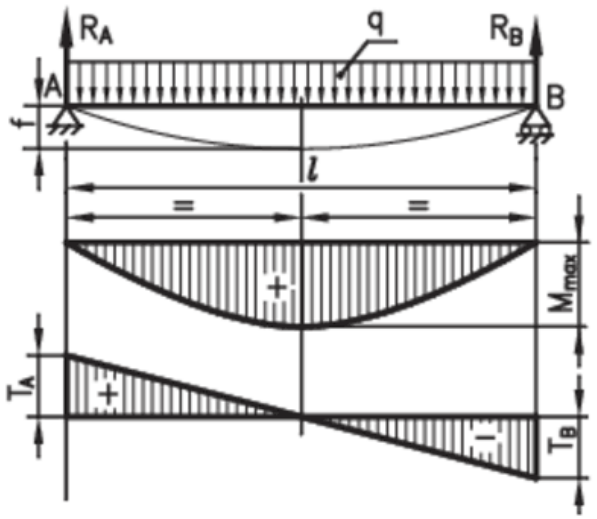
PROGETTO STRUTTURALE

RAFFINAMENTO DEI CALCOLI MEDIANTE PROGRAMMA

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

APPROCCIO ERRATO

- Trave appoggiata agli estremi con carico uniformemente distribuito



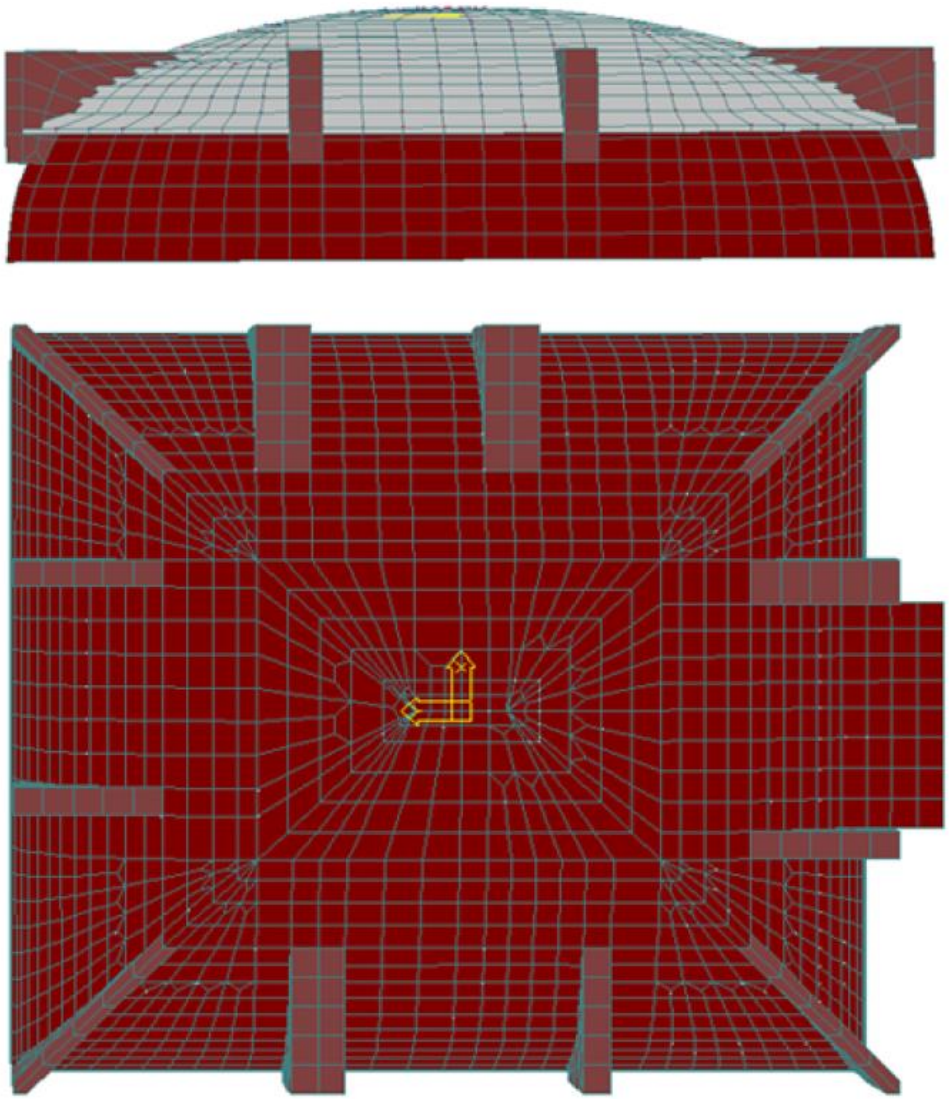
$$R_A = R_B = \frac{q \cdot l}{2}$$

$$T_A = R_A; \quad T_B = -R_B$$

$$M_A = M_B = 0$$

$$M_{max} = \frac{1}{8} \cdot q \cdot l^2$$

$$f = \frac{1}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I}$$



SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

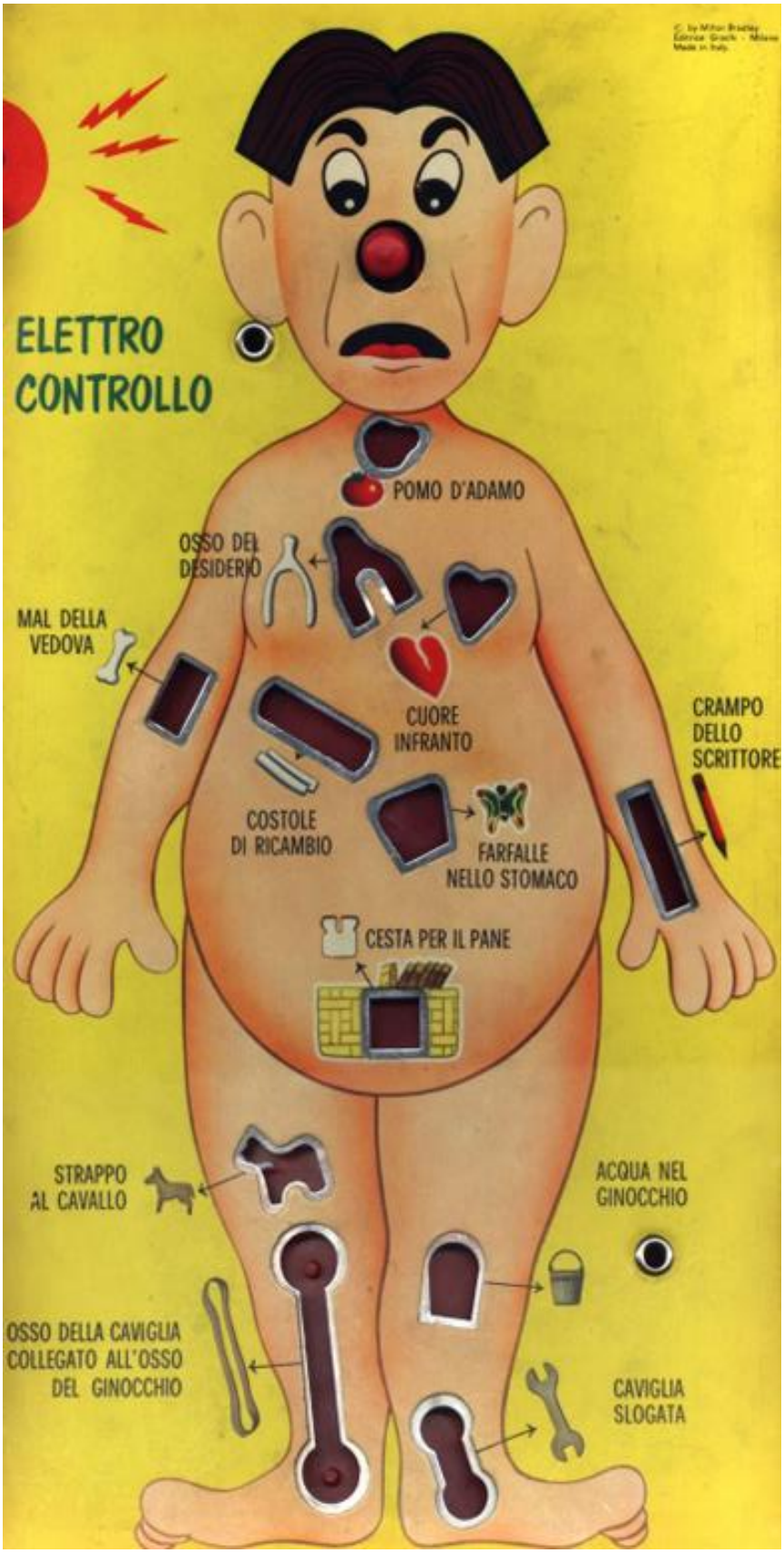

ELETTRO
CONTROLLO
POMO D'ADAMO
OSSO DEL
DESIDERIO
MAL DELLA
VEDOVA
CUORE
INFRANTO
CRAMPO
DELLO
SCRITTORE
COSTOLE
DI RICAMBIO
FARFALLE
NELLO STOMACO
CESTA PER IL PANE
STRAPPO
AL CAVALLO
ACQUA NEL
GINOCCHIO
OSSO DELLA CAVIGLIA
COLLEGATO ALL'OSSO
DEL GINOCCHIO
CAVIGLIA
SLOGATA

Tabella C8.5.I -*Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a:* **f** *= resistenza media a compressione,* τ_0 *= resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),* f_{v0} *= resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3),* **E** *= valore medio del modulo di elasticità normale,* **G** *= valore medio del modulo di elasticità tangenziale,* **w** *= peso specifico medio.*

Tipologia di muratura	f (N/mm²)	τ_0 (N/mm²)	f_{V0} (N/mm²)	E (N/mm²)	G (N/mm²)	w (kN/m³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es,: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione **f**può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.

(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

I muri realizzati con due paramenti semplicemente accostati o con riempimenti "a sacco" di scadenti caratteristiche meccaniche presentano un elevato rischio di instabilità, che può essere accentuato dalla presenza di orizzontamenti appoggiati solo su uno dei paramenti e dall'assenza di efficaci ancoraggi tra i solai e i paramenti esterni dei muri. Il rischio di instabilità, maggiore nei muri in pietrame, è presente anche nei casi di pietre squadrate sulle superfici esterne.

Nel caso non sussistano rischi di instabilità dei singoli paramenti si potrà considerare il muro come composto da due pareti tra loro semplicemente accostate, ciascuna di spessore pari alla propria sezione efficace.

Dopo avere esclusa la possibilità di meccanismi di distacco tra i paramenti, nel caso in cui il *nucleo interno* sia ampio rispetto ai paramenti, e in particolare se scadente, è opportuno ridurre i parametri di resistenza e deformabilità propri dei paramenti esterni. Nel caso di nucleo interno di spessore consistente, le proprietà meccaniche equivalenti della muratura, da attribuire all'intero spessore della parete, sono da ottenersi a partire da quelle dei paramenti (Tabella C8.5.I, eventualmente modificata dai coefficiente della Tabella C8.5.II) e del nucleo, attraverso valutazioni opportune.

Nel caso particolare di nucleo interno di caratteristiche meccaniche trascurabili, le proprietà equivalenti del panello murario possono essere ottenute, cautelativamente e in via semplificata, trascurando lo spessore del nucleo.

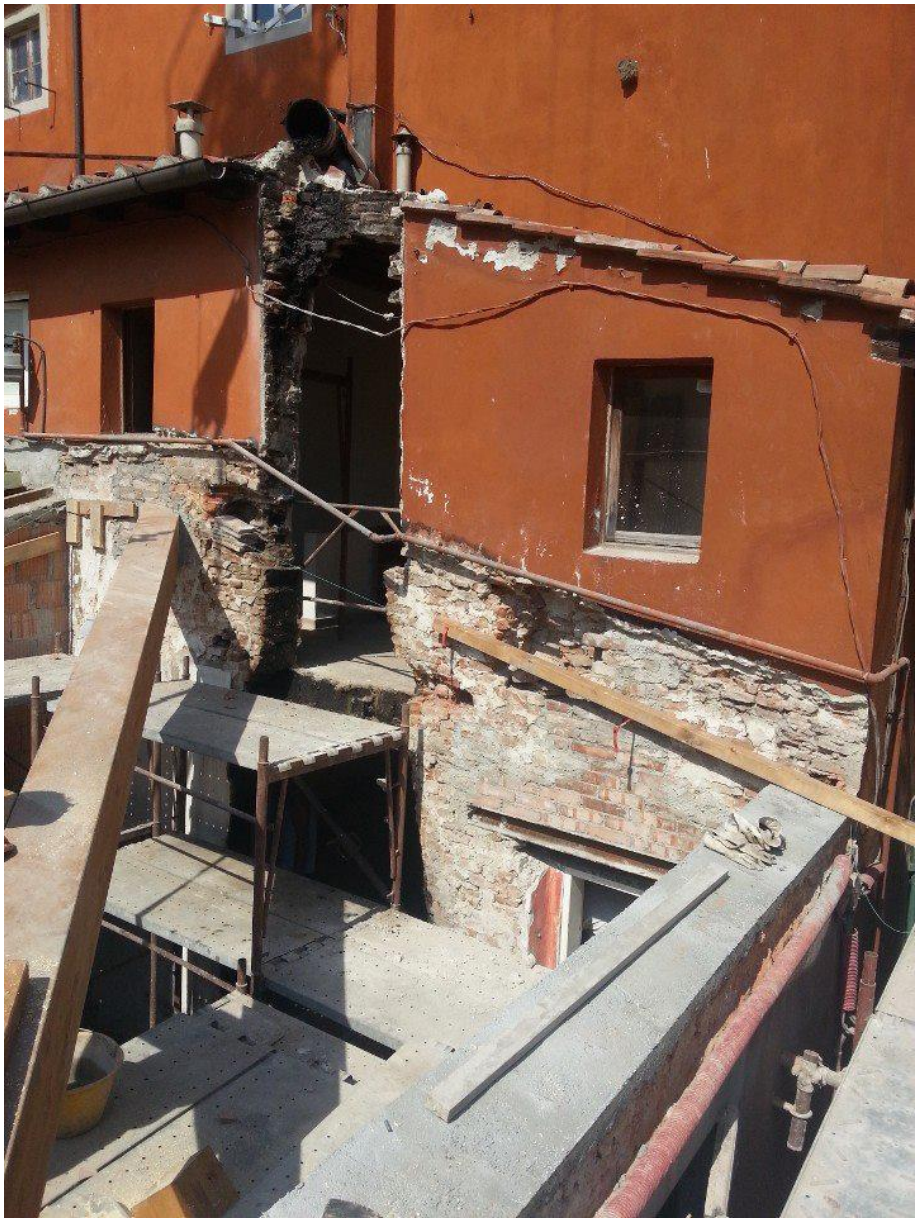
Tabella C8.5.II -*Coefficienti correttivi massimi da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato; ristilatura armata con connessione dei paramenti.*

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es,: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

(*) I coefficienti correttivi relativi alle iniezioni di miscele leganti devono essere commisurati all'effettivo beneficio apportato alla muratura, riscontrabile con verifiche sia nella fase di esecuzione (iniettabilità) sia a-posteriori (riscontri sperimentali attraverso prove soniche o similari).

(**) Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

(***) Nel caso di muratura di mattoni si intende come "malta buona" una malta con resistenza media a compressione f_m superiore a 2 N/mm². In tal caso il coefficiente correttivo può essere posto pari a $f_m^{0.35}$ (f_m in N/mm²).

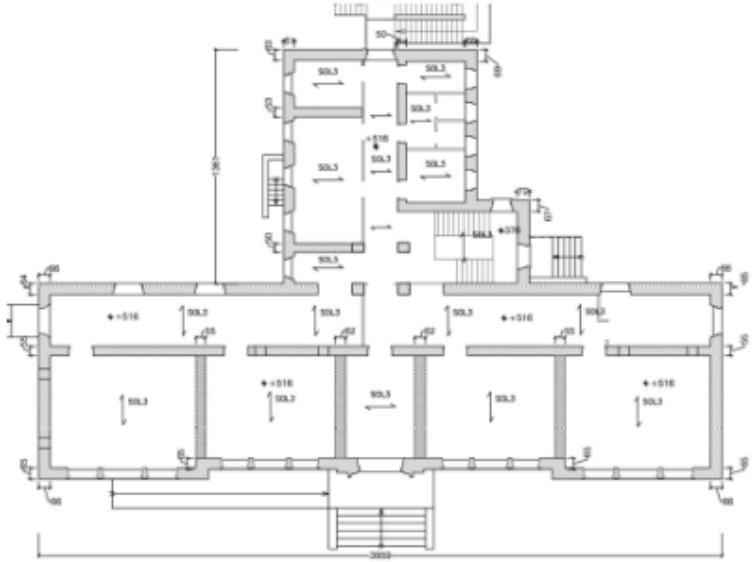


"Gli ingegneri non sono super uomini. Fanno errori nelle loro supposizioni, nei loro calcoli, nelle loro conclusioni. Che commettano errori è perdonabile, che li colgano è imperativo. Questa è l'essenza dell'ingegneria moderna: non solo essere in grado di controllare il proprio lavoro, ma anche avere il proprio lavoro controllato e di controllare il lavoro degli altri."

Henry Petroski

RETE DEI LABORATORI UNIVERSITARI DI INGEGNERIA SISMICA (RELUIS)
PROGETTO RELUIS - ACCORDO QUADRO DPC 2019-2021
WP10- CONTRIBUTI NORMATIVI RELATIVI A COSTRUZIONI ESISTENTI IN MURATURA

Edificio complesso



***si veda la* Scheda benchmark 5**

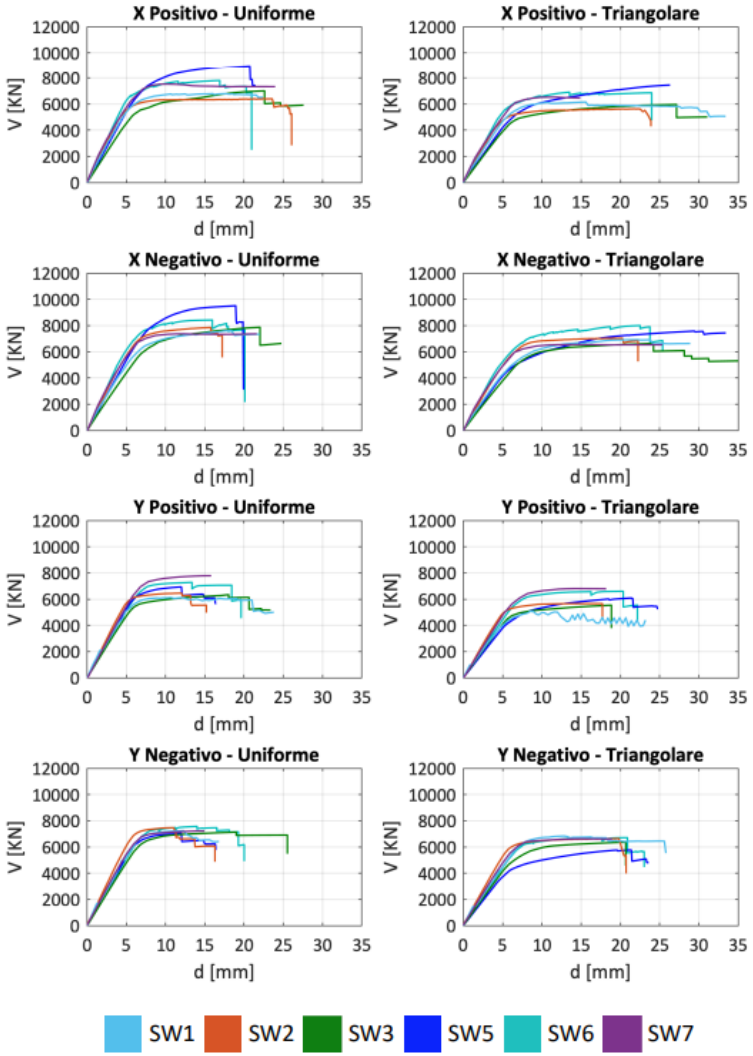


Figura 75 – Confronto delle *pushover* globali ottenute per le otto analisi nel caso A della struttura benchmark n°5 – risultati disponibili solo per modelli appartenenti al Gruppo 1

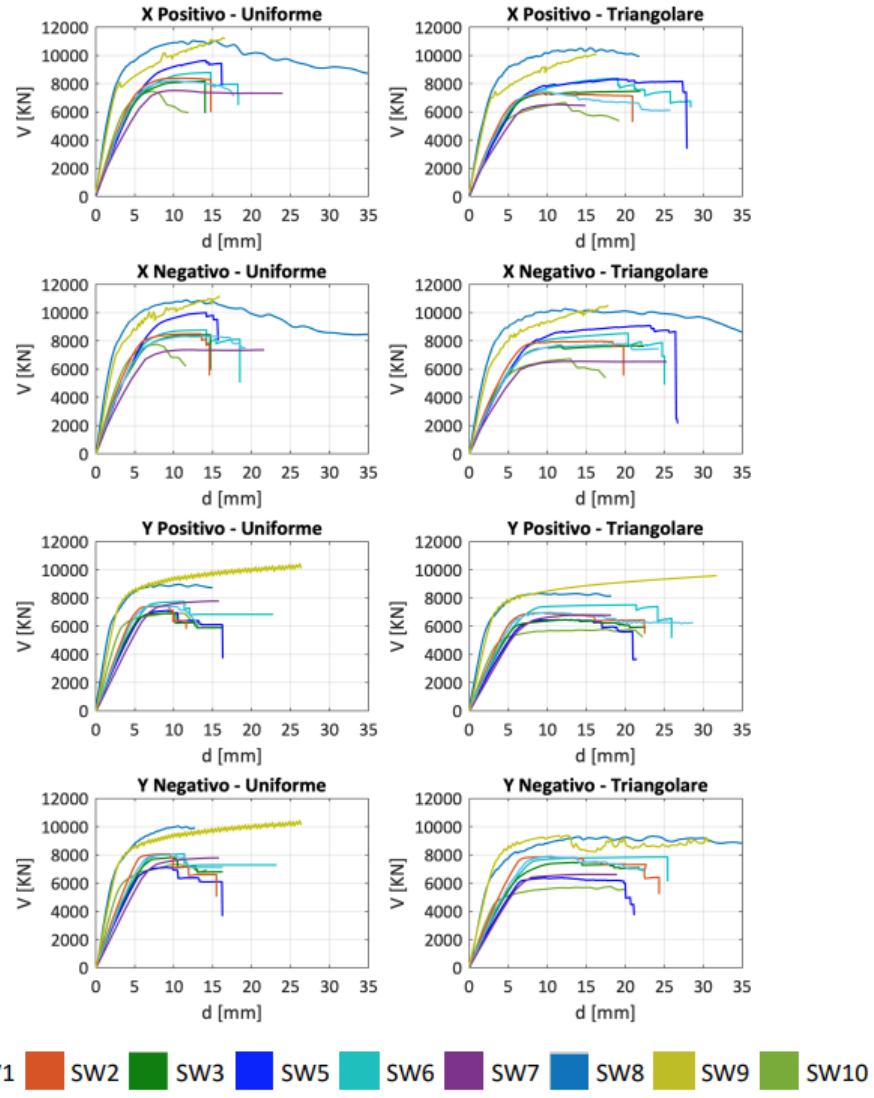


Figura 76 – Confronto delle *pushover* globali ottenute per le otto analisi nel caso C della struttura benchmark n°5 - risultati disponibili per modelli appartenenti al Gruppo 1 e al Gruppo 2

La figura **107** e **108** riportano i valori di PGA e di variazione percentuale ottenuti dai software utilizzati. Si osserva che le variazioni percentuali presentano scostamenti:

- Nel caso della PGA-Vy: fino ad un massimo del 48% ed in media intorno al 10%
- Nel caso della PGA-du: fino ad un massimo del 30% ed in media intorno all'11%

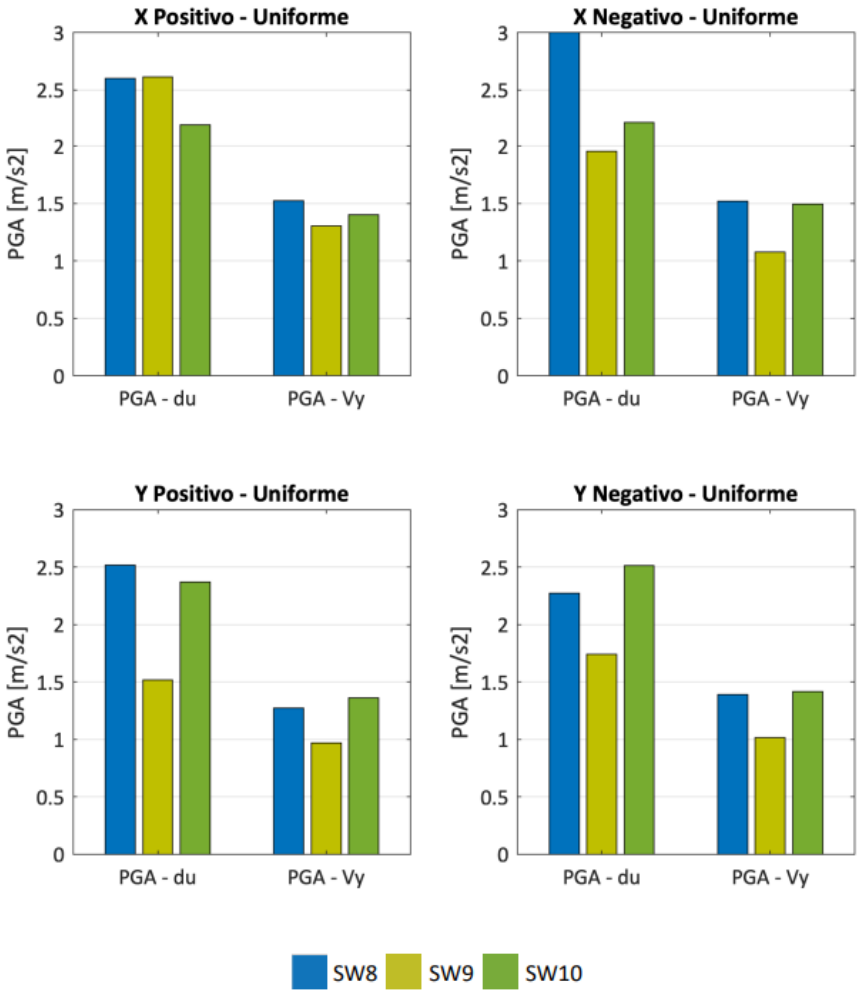


Figura 107 – Valori di PGA ottenuti per le due condizioni esaminate per i modelli Discreti Piani e FEM.

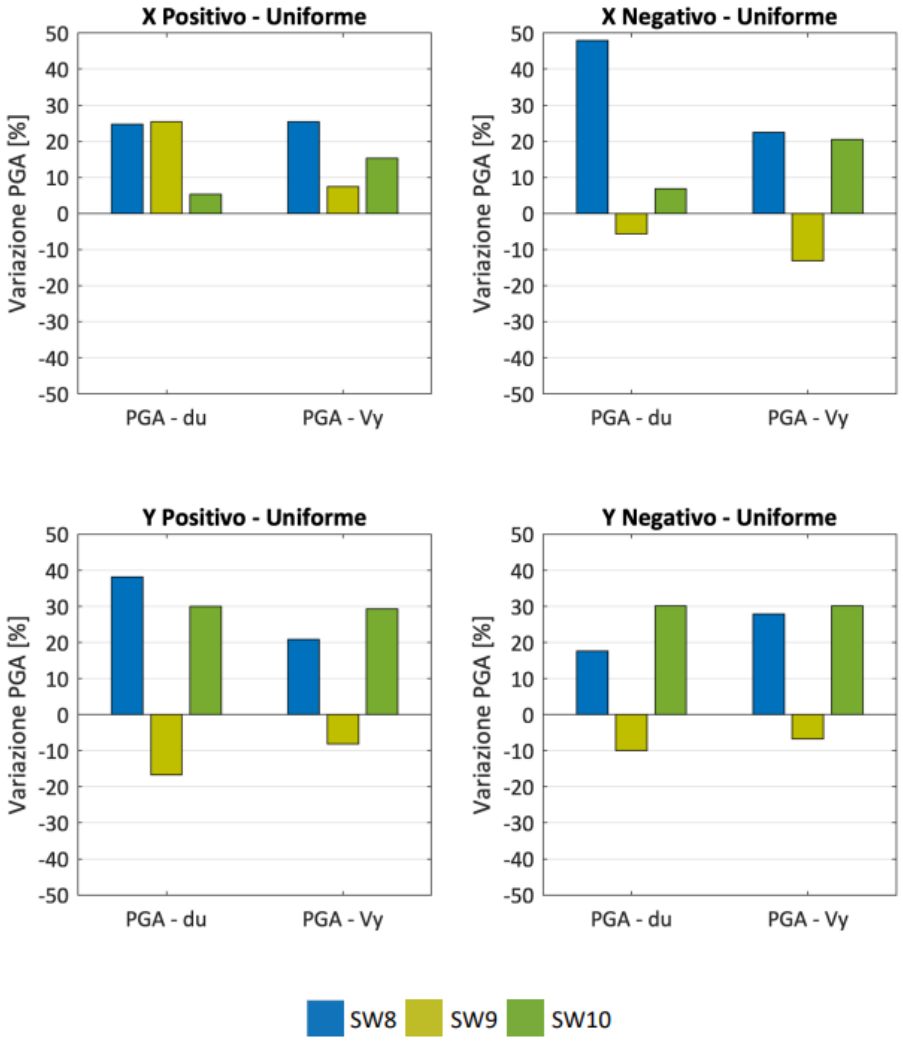


Figura 108 – Scarti delle PGA ottenuti per i modelli Discreti Piani e FEM.

Chi controlla e chi valida un progetto:

Chi controlla e chi valida un progetto:

- Noi stessi

Chi controlla e chi valida un progetto:

- Noi stessi
- Direttore dei Lavori

Chi controlla e chi valida un progetto:

- Noi stessi
- Direttore dei Lavori
- Collaudatore

Chi controlla e chi valida un progetto:

- Noi stessi
- Direttore dei Lavori
- Collaudatore
- Organi di controllo

Chi controlla e chi valida un progetto:

- Noi stessi
- Direttore dei Lavori
- Collaudatore
- Organi di controllo
- Enti Amministrativi

Chi controlla e chi valida un progetto:

- Noi stessi
- Direttore dei Lavori
- Collaudatore
- Organi di controllo
- Enti Amministrativi
- Controlli per contenzioni e problematiche legali

Chi controlla e chi valida un progetto:

- Noi stessi
- Direttore dei Lavori
- Collaudatore
- Organi di controllo
- Enti Amministrativi
- Controlli per contenzioni e problematiche legali
- Agenzia delle Entrate

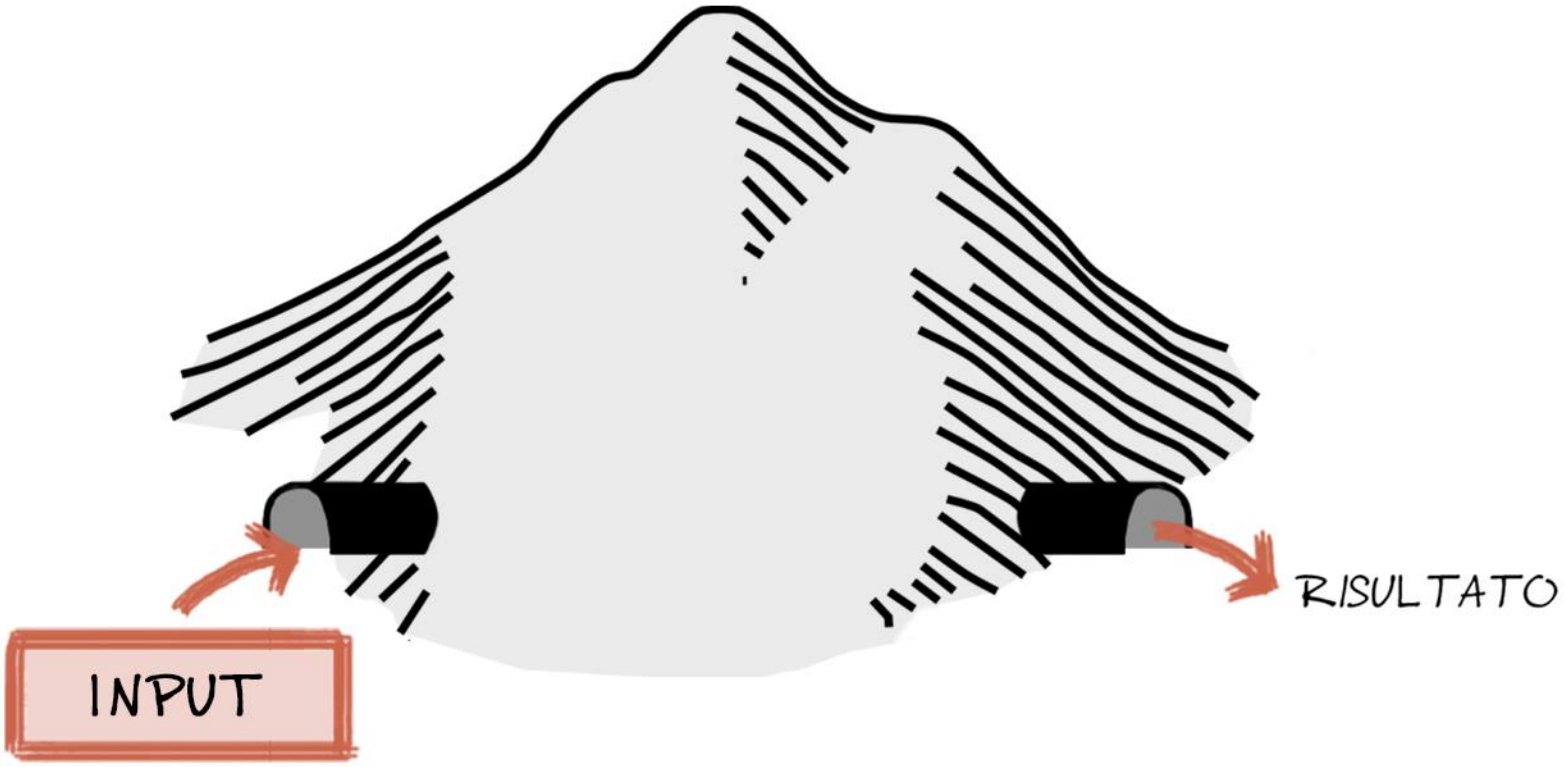
Chi controlla e chi valida un progetto:

- Noi stessi
- Direttore dei Lavori
- Collaudatore
- Organi di controllo
- Enti Amministrativi
- Controlli per contenzioni e problematiche legali
- Agenzia delle Entrate (ADE)

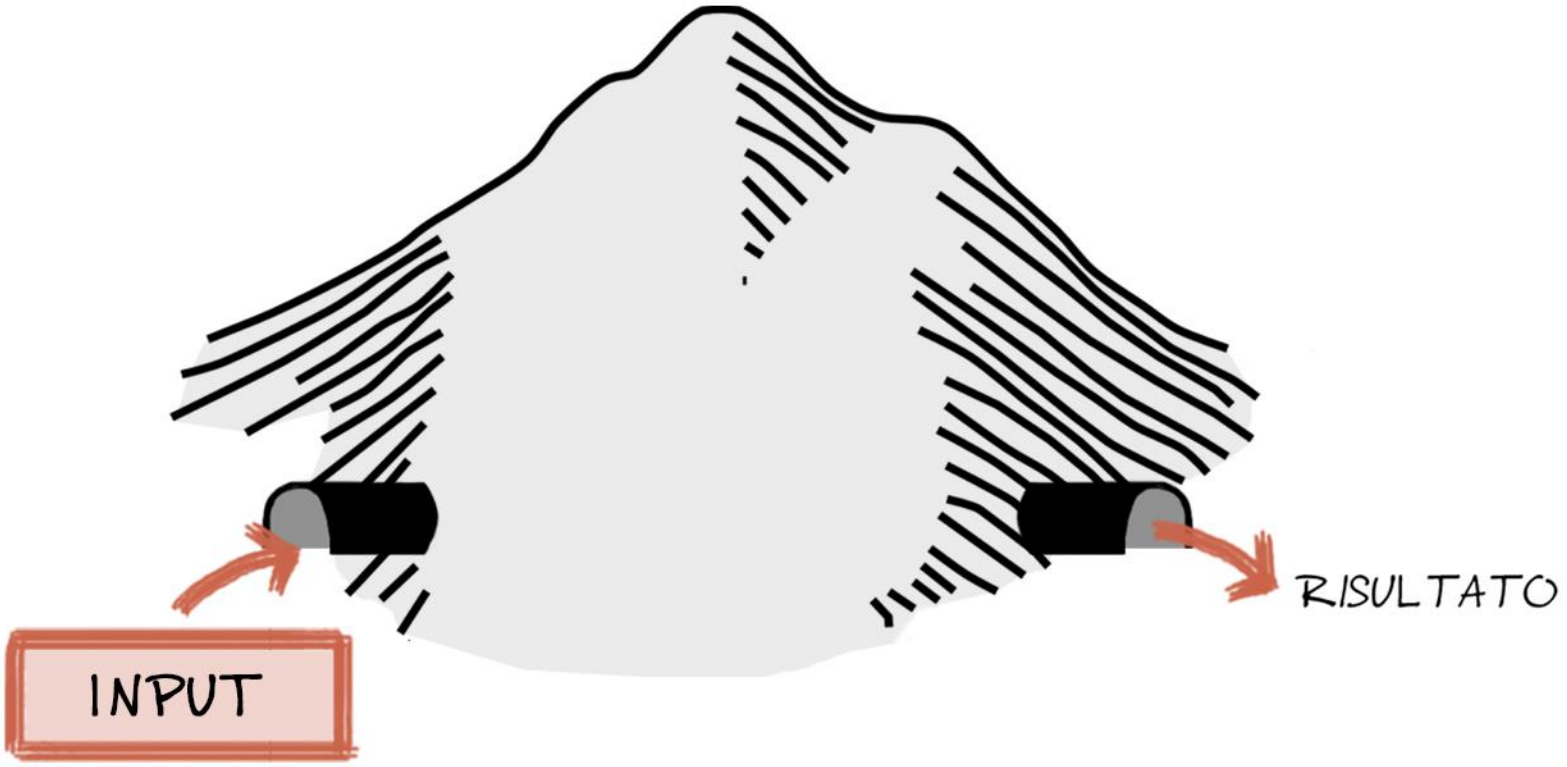
Chi controlla e chi valida un progetto:

- Noi stessi
- Direttore dei Lavori
- Collaudatore
- Organi di controllo
- Enti Amministrativi
- Controlli per contenzioni e problematiche legali
- Agenzia delle Entrate (ADE)
- Gravità e terremoti

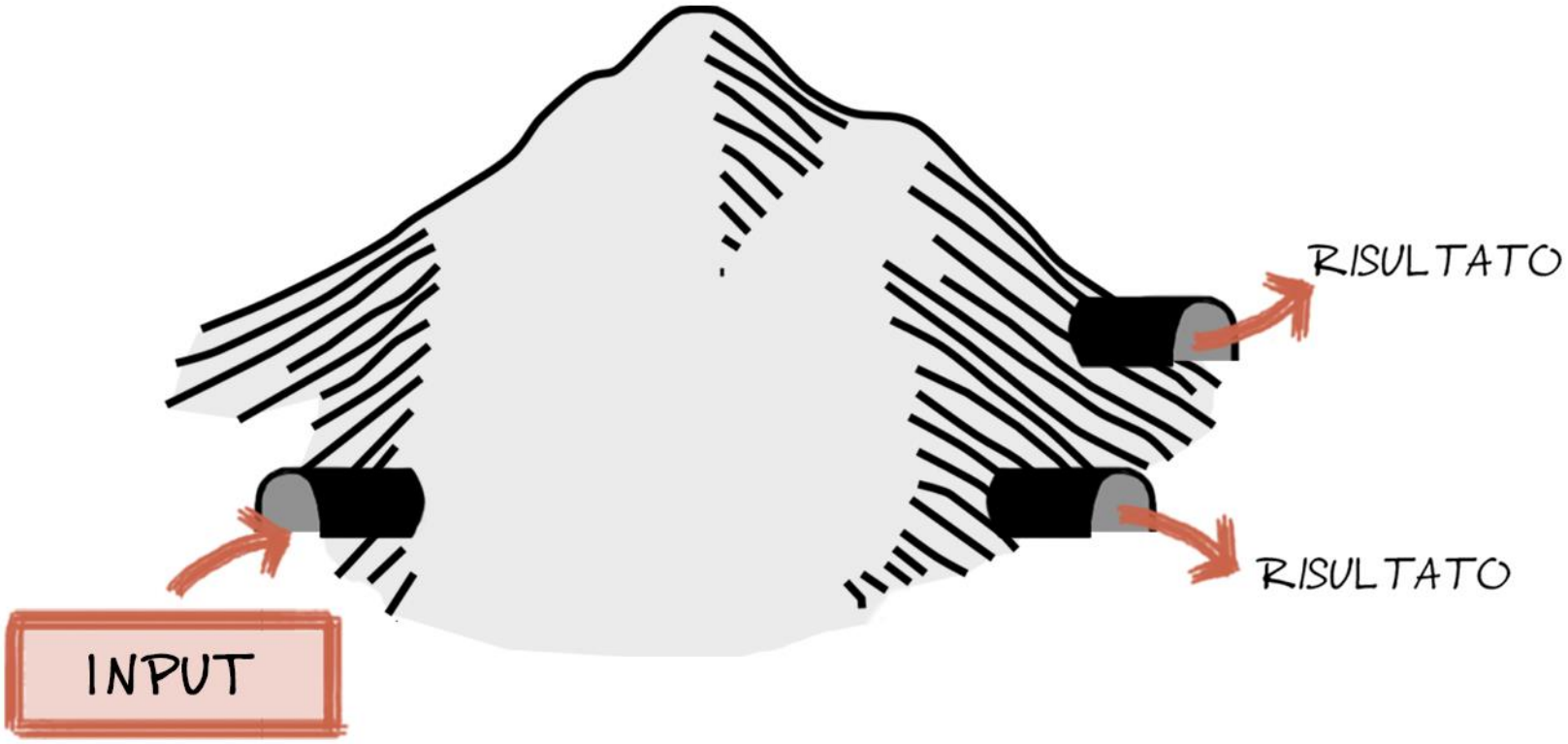
PROGRAMMA CHIUSO



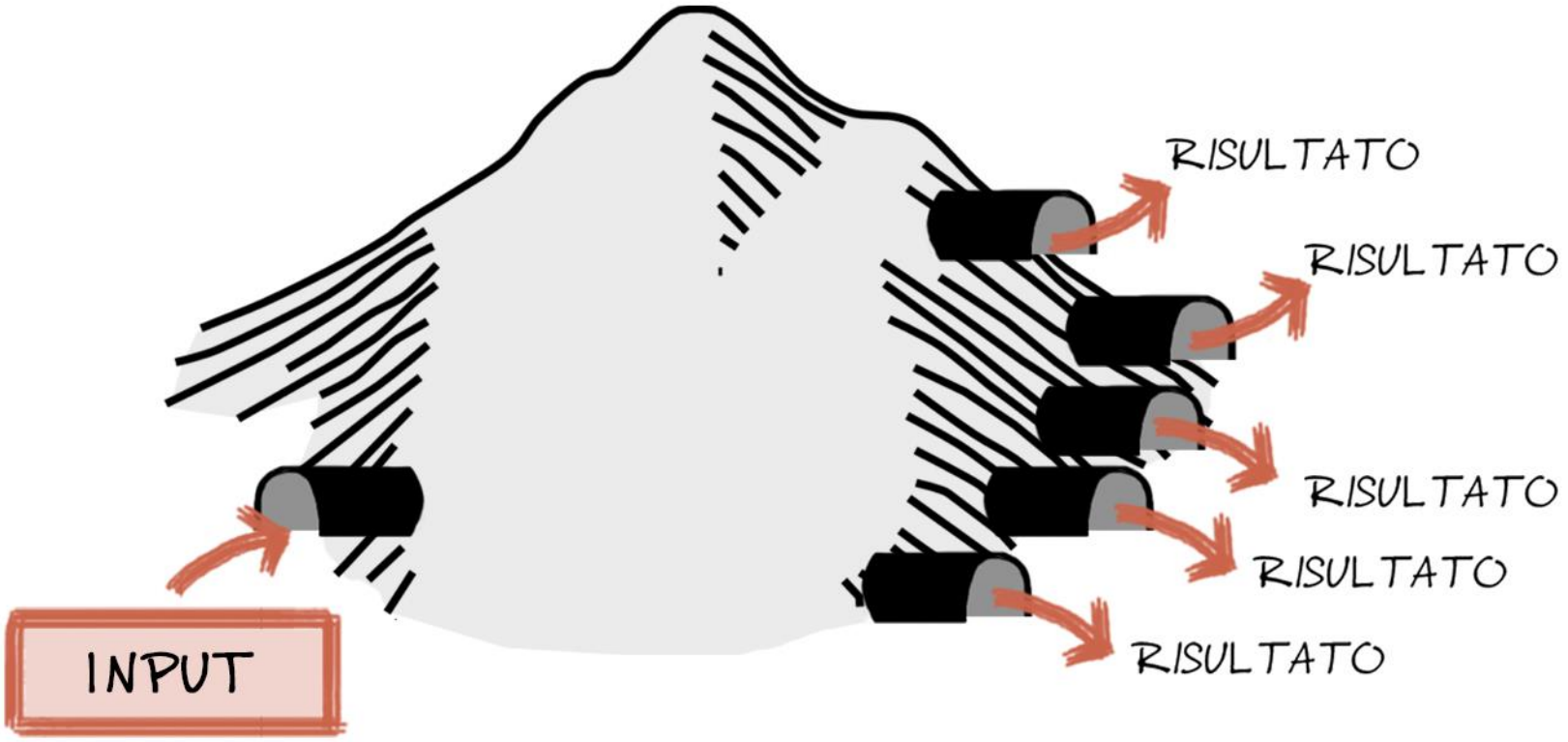
PROGRAMMA CHIUSO
con calcoli complessi (non lineari)



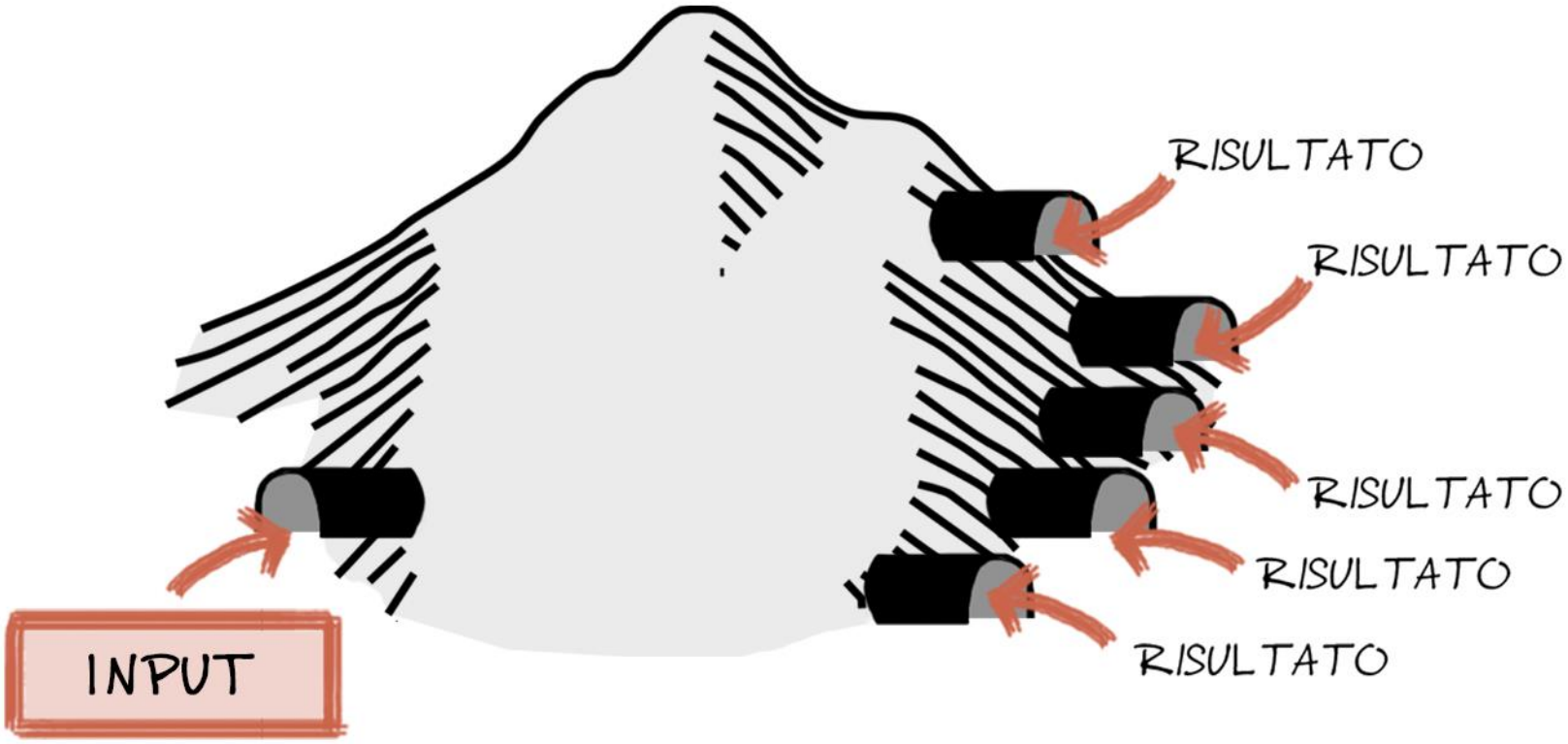
PROGRAMMA CHIUSO
con calcoli complessi (non lineari)



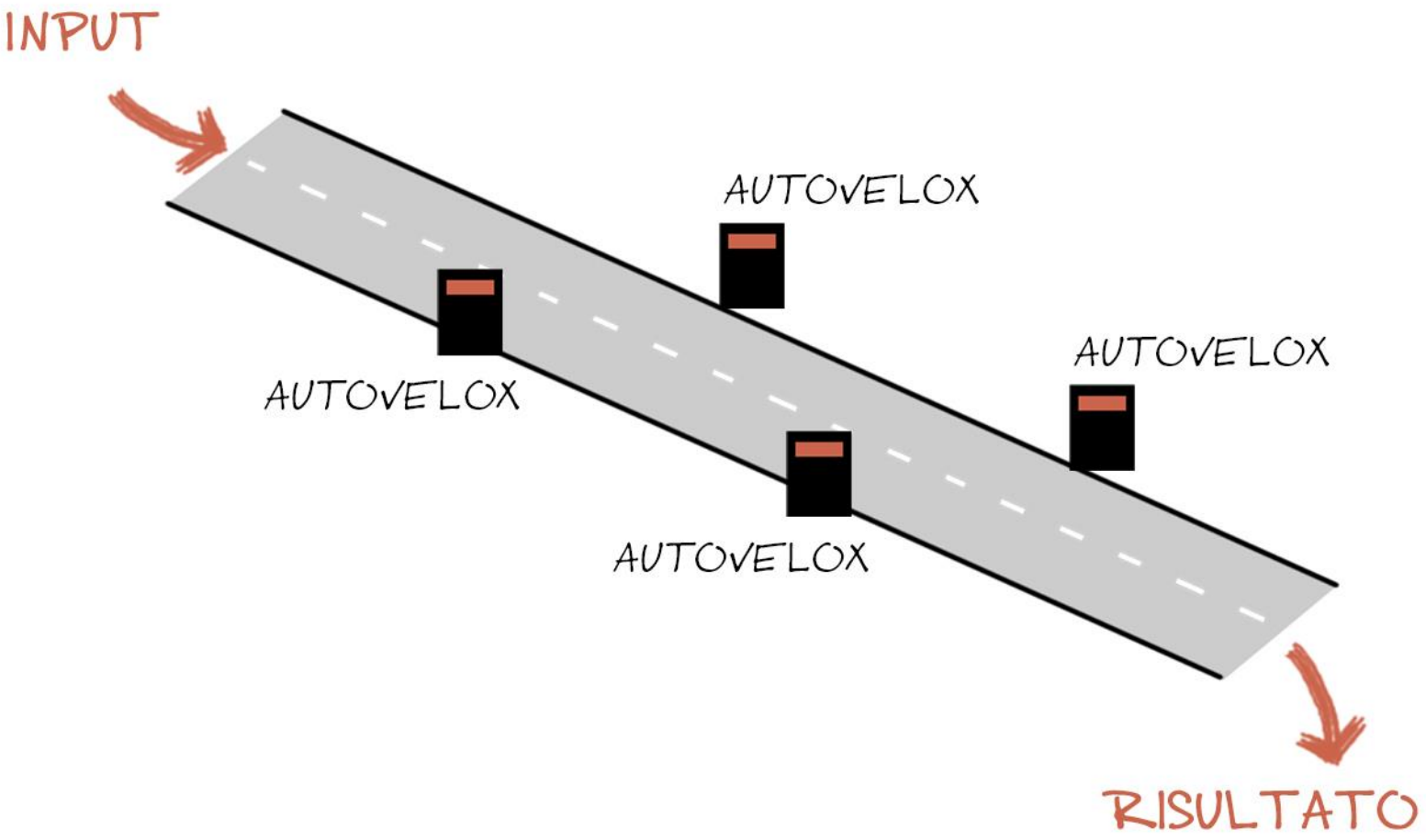
PROGRAMMA CHIUSO
con calcoli complessi (non lineari)



PROGRAMMA CHIUSO
con calcoli complessi (non lineari)



PROGRAMMA APERTO



Cosa si potrebbe fare?

Cosa si potrebbe fare?

- **Prestazionale non prescrittivo.**

Cosa si potrebbe fare?

- **Prestazionale non prescrittivo.**

- **Creare una linea guida di modellazione.**

Cosa si potrebbe fare?

- **Prestazionale non prescrittivo.**
- **Creare una linea guida di modellazione.**
- **Creare una linea guida di validazione.**

Fino a quel momento, saremo tutti potenzialmente

colpevoli per uno 0,9999 al posto di un 1,0000.

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

Non usate un Programma di analisi strutturale finché non avrete compreso la teoria e le approssimazioni utilizzate dal programma e non create il modello al pc finché carichi, caratteristiche dei materiali e le condizioni al contorno non saranno chiaramente definite.

Prof. Edward Wilson "Padre" del software SAP

INGEGNERIA
e dintorni

SOFT.LAB
SOFTWARE PER L'EDILIZIA

GRAZIE PER L'ATTENZIONE.

STATI GENERALI DELLA MURATURA