



L'analisi dei meccanismi locali



MC4SOFTWARE



## Il software che ti consente di valutare i meccanismi locali su edifici in muratura secondo l'analisi cinematica lineare e non lineare.

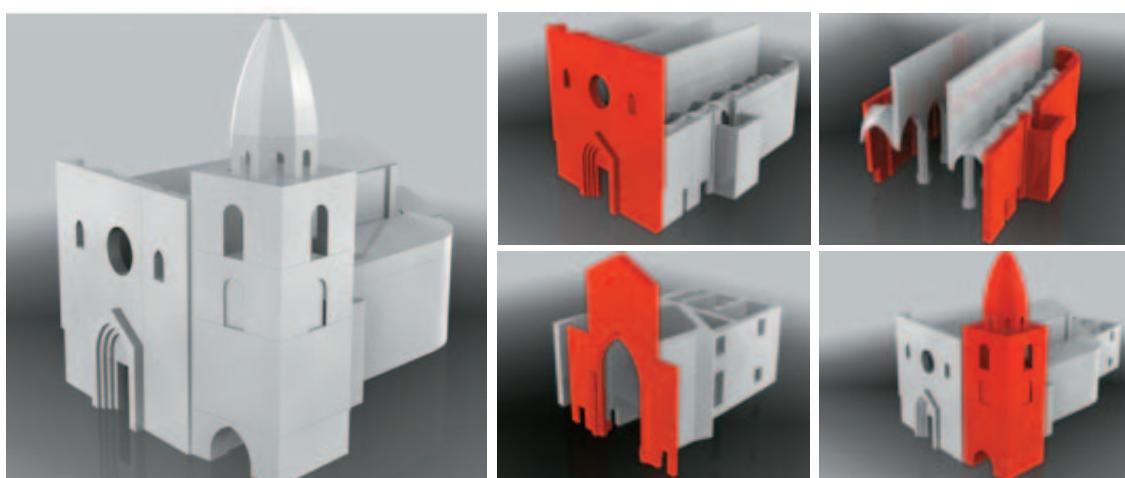
Il programma si pone l'obiettivo di analizzare la vulnerabilità sismica dei manufatti esistenti in muratura rispetto all'attivazione di meccanismi locali di collasso che risultano, anche in relazione agli ultimi eventi sismici, la modalità di danneggiamento più frequente e pericolosa per la sicurezza strutturale.

Oltre a verificare lo stato di sicurezza del manufatto rispetto allo stato di fatto (requisito fondamentale in un'ottica di miglioramento sismico), il programma è in grado di calcolare la riduzione di vulnerabilità a seguito di interventi di consolidamento, che possono essere progettati (quali il miglioramento dei collegamenti tramite catene metalliche o materiale FRP, nuovi ammorsamenti tra le pareti, l'incremento delle caratteristiche meccaniche delle murature, ecc.).

Gli edifici esistenti in muratura, che rappresentano oltre 80% del patrimonio edilizio italiano, devono essere, infatti, verificati nei confronti dell'attivazione di meccanismi locali, come espressamente richiesto dal D.M. del 14 gennaio 2008 Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) e dalla relativa Circolare applicativa del 2 febbraio 2009 n°617, dal momento che la verifica globale non è sufficiente ed, in ogni caso, la sua attendibilità è subordinata alla verifica dei meccanismi locali.

Per moltissime tipologie di manufatti storici, inoltre, l'approccio connesso all'analisi limite dell'equilibrio risulta l'unico strumento di verifica applicabile (aggregati nei centri storici, edifici monumentali, patrimonio archeologico, palazzi caratterizzati da uno spiccato comportamento per parti). Per il patrimonio storico in genere, infatti, le soluzioni di continuità presenti costruttivamente all'interno dei manufatti determinano un comportamento strutturale che è caratterizzato in prevalenza da macroelementi tra loro indipendenti.

La recente DPCM del 9 febbraio 2011 “Valutazione e riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008” (GU n. 47 del 26-2-2011 - Suppl. Ordinario n.54) consente, infatti, di effettuare l'analisi dell'intero manufatto attraverso lo sviluppo di modelli locali, sottolineando l'importanza e l'esaustività di tale approccio.



*Individuazione dei macro elementi*

I modelli locali devono essere dedotti partendo dall'analisi del manufatto architettonico, in base alle sue caratteristiche costruttive ed alla sua reale geometria. Il ricorso a soluzioni che partono da una approssimativa modellazione del macroelemento non consente di fornire risultati affidabili nell'ottica della sicurezza strutturale.

Risulta molto importante in questo tipo di analisi la massima flessibilità nel identificare la porzione di fabbricato che si ritiene vulnerabile nei confronti di un'azione sismica. In altri termini per identificare correttamente i macroelementi da analizzare è indispensabile avvalersi di un modellatore solido che non vincoli l'utente ad operare secondo gli elementi base del fabbricato (muri, solai etc.) ma garantisca la massima flessibilità proprio per tener conto delle diverse trasformazioni che possono avere interessato l'edificio e ne caratterizzano fortemente il comportamento strutturale.

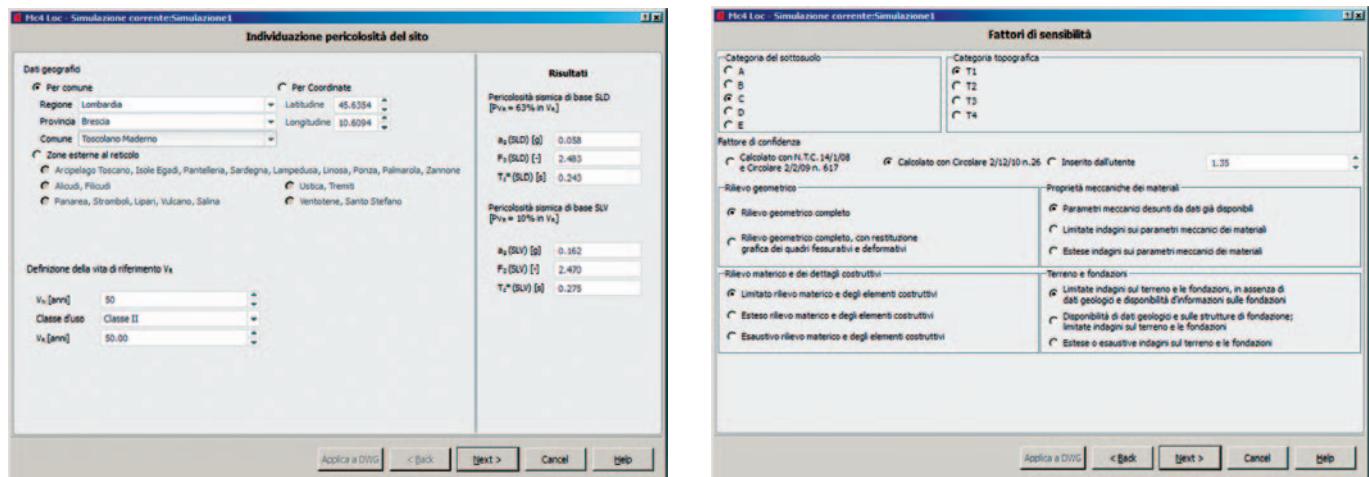


È per questo che il processo di analisi che viene proposto con Mc4Loc parte dalla modellazione 3D del manufatto che viene realizzata tramite il modellatore ACIS presente in AutoCAD del quale è applicativo. Il programma si installa, quindi, all'interno di AutoCAD e utilizza i modelli solidi 3D, che vengono creati dall'utente, come macroelementi da cui ricavare i baricentri, la massa, ecc. Le connessioni tra macroelementi ed il grado di vincolo sono, invece, rappresentati da simboli inseriti opportunamente.

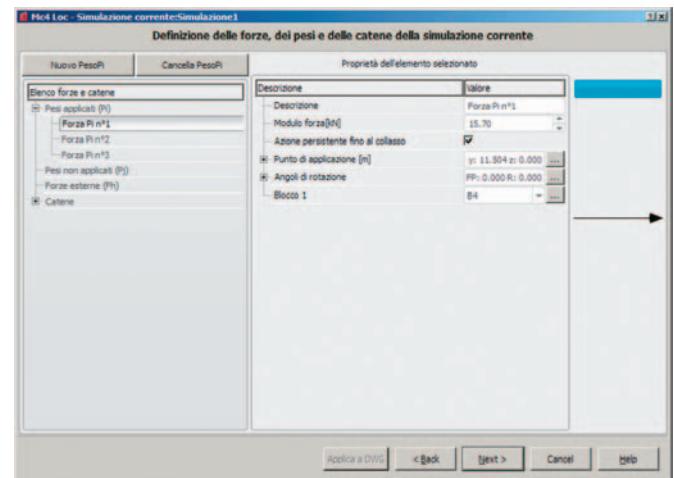
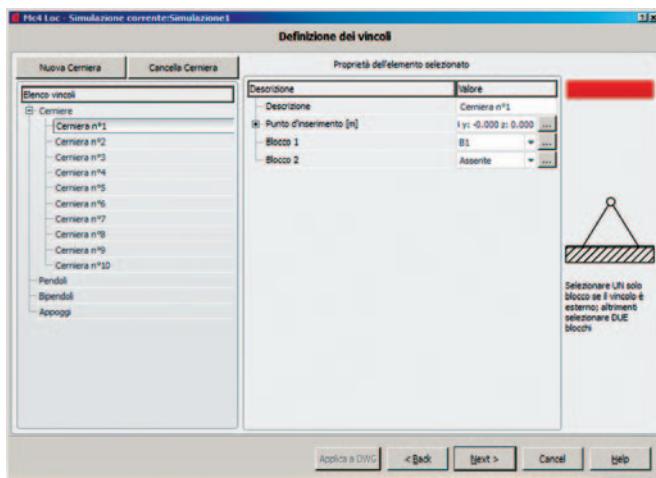
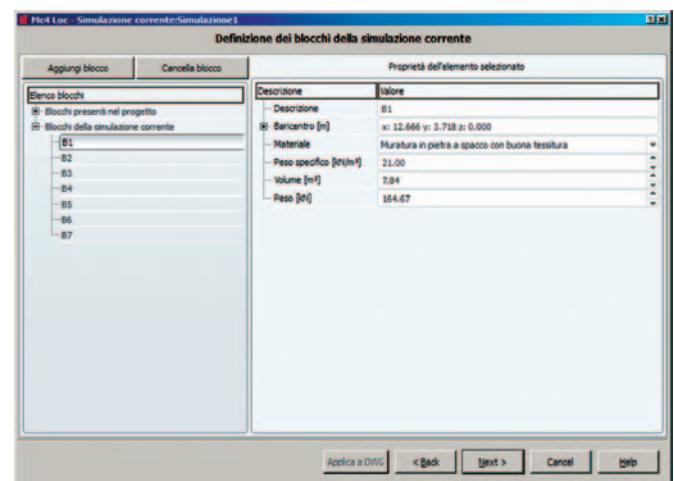
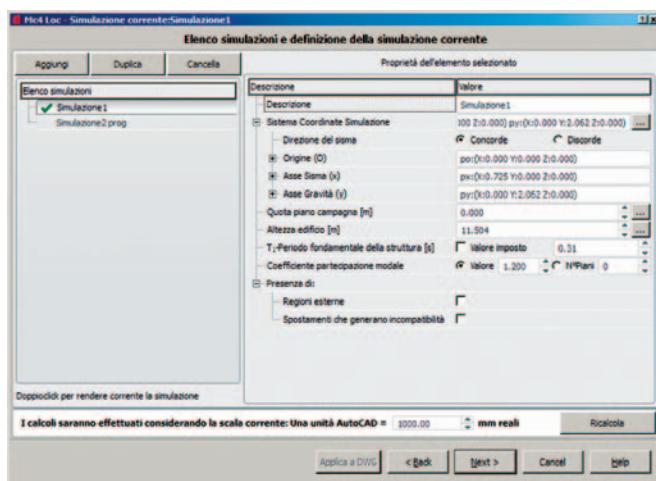
## Input grafico del meccanismo di collasso

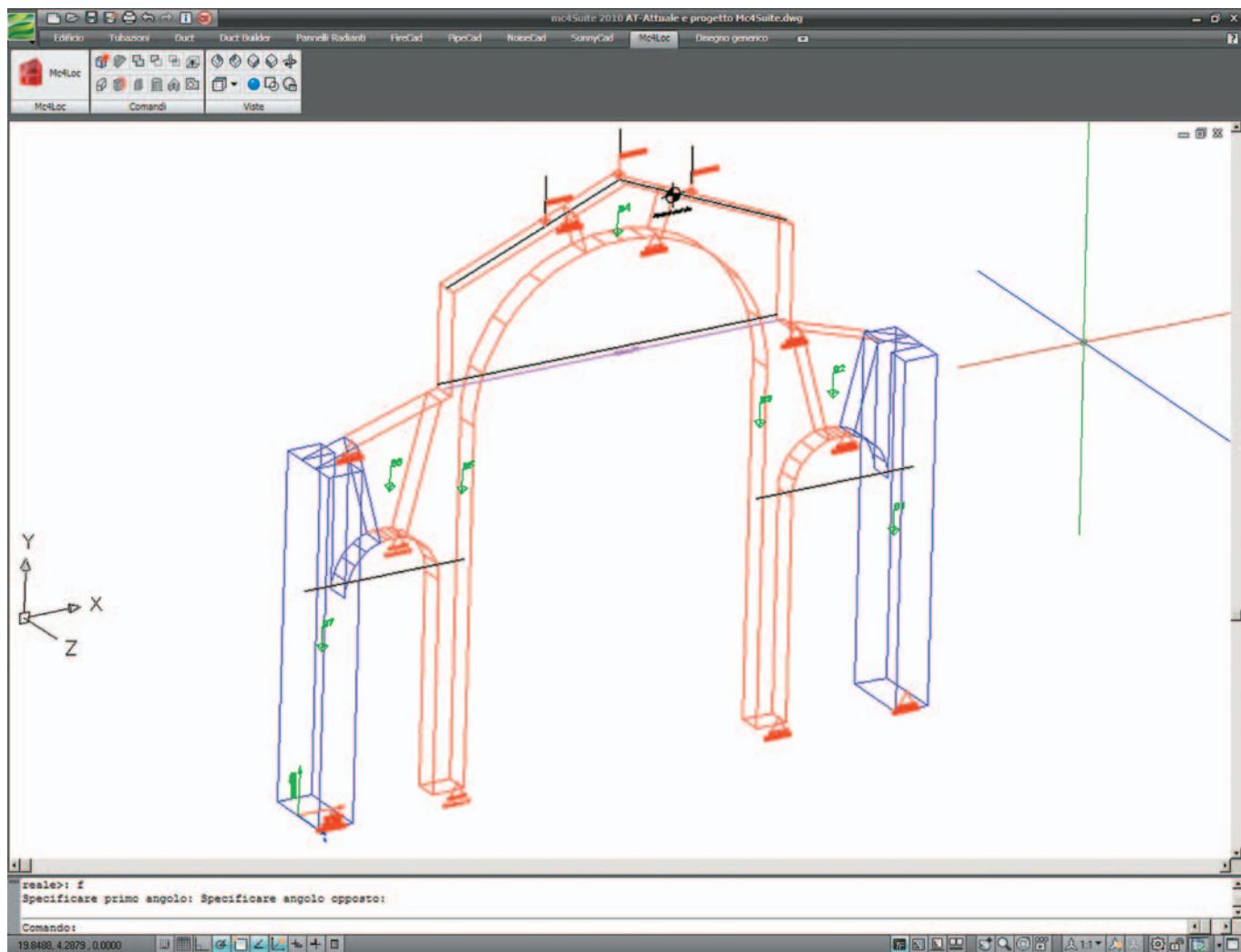
L'input dei dati avviene attraverso un assistente che guida l'utente passo passo.

In prima battuta si richiede l'individuazione della pericolosità del sito. Il programma mette a disposizione la mappa di pericolosità pubblicata sul D.M. 14 gennaio 2008. Si identifica il sito tramite coordinate geografiche che possono essere introdotte manualmente o in funzione del Comune in cui insiste il manufatto. Il programma determina la cella all'interno della quale cade la coppia latitudine-longitudine inserita e calcola i parametri di pericolosità rispetto lo stato limite di danno (SLD) e lo stato limite di salvaguardia della vita (SLV) tramite interpolazione lineare tenendo conto della vita nominale VN e del coefficiente d'uso CU del fabbricato. Sono inoltre richiesti la categoria del sottosuolo, la categoria topografica ed il fattore di confidenza.



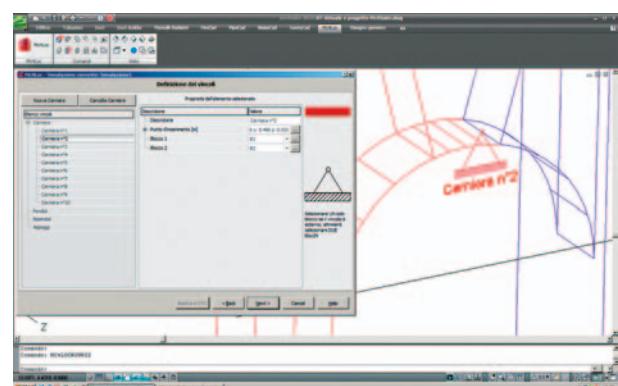
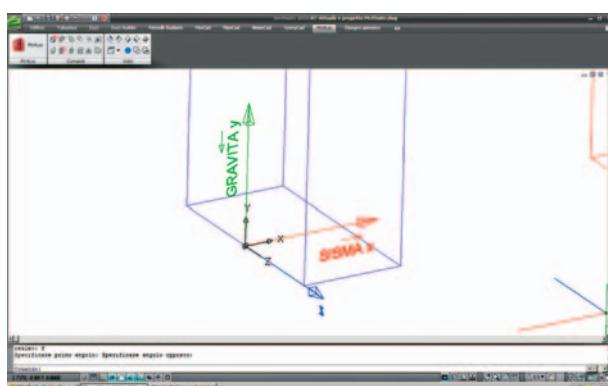
Successivamente è possibile creare tante simulazioni quante richieste dalla vulnerabilità di ogni singolo macroelemento. Ogni simulazione è caratterizzata dal disegno del macroelemento, caratterizzata da uno o più blocchi, dal sistema di coordinate, dai vincoli, interni od esterni, dalle forze che possono essere applicate (spinte di volte o carichi trasmessi da solai o coperture). Il programma, inoltre, consente di tenere in considerazione la presenza di eventuali presidi antisismici sia come elementi già presenti nello stato di fatto sia come eventuali interventi di miglioramento sismico: quali catene metalliche, fasciature in materiali polimerici, consolidamento della muratura, ecc...





Esempio di Simulazione composta da 7 blocchi, 10 cerniere, 3 forze peso ed una catena

La definizione dei parametri di progetto è estremamente semplice ed intuitiva. Ogni componente si inserisce attivando il pulsante corrispondente nella pagina del wizard. I dati richiesti sono generalmente precompilati o selezionabili da comode tendine che propongono le soluzioni più diffuse: le tipologie murarie (Circolare n° 617 del 2 febbraio 2009), i parametri meccanici degli acciai per catene, etc. La direzione ed il punto di applicazione dei vincoli e delle forze si inseriscono graficamente oppure se ne possono inserire le coordinate che sono sempre relative al sistema di coordinate della simulazione.



Posizione dei simboli relativa al sistema di coordinate.

Per facilitare la verifica di situazioni simili è possibile copiare le simulazioni, in modo da velocizzare le fasi di input, comuni ai diversi cinematicismi di collasso ipotizzabili.

## Output

Una volta configurato il sistema, il programma esegue le verifiche sia tramite l'approccio della cinematica lineare che non lineare e presenta i risultati nell'ultima pagina del wizard sottoforma numerica e grafica, evidenziando la curva di capacità e lo spettro adottato per la verifica in termini di spostamento.

**Mc4Loc - Simulazione corrente: Simulazione1**

Risultati dell'analisi (Z=0)    Moltiplicatore    Verifica S.L.V.

**Risultati dell'analisi**

Moltiplicatore di attivazione $a_2 = 0.11$	Parametri dell'oscillatore equivalente $M^* = 46906.91 \text{ [kg]}$
Spostamento finale (moltiplicatore di attivazione pari a 0) $d_{s,0} = 0.960 \text{ [m]}$	$e^* = 0.69$
	$T_s = 1.404 \text{ [s]}$

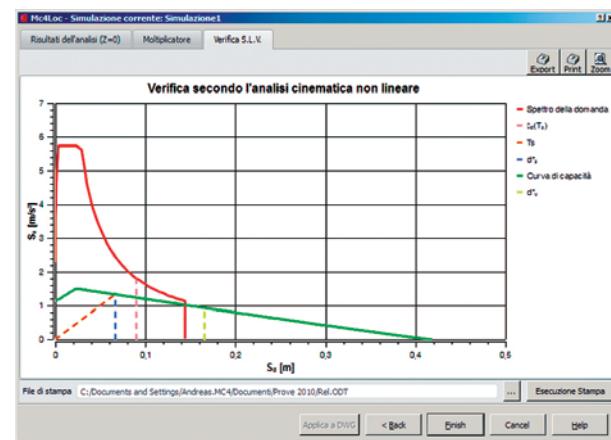
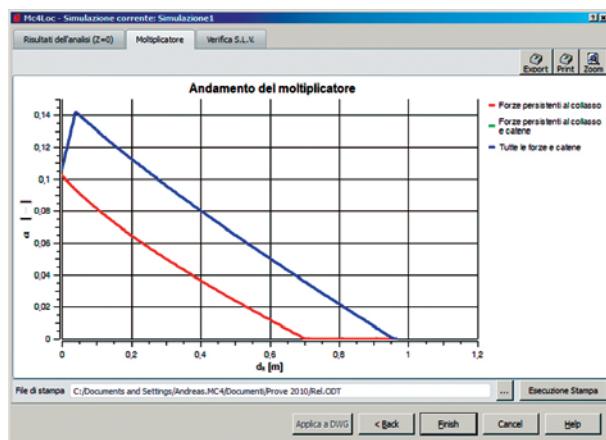
Verifica a stato limite di danno  
 $a_2^* \geq a_2(P_{s,R}) \cdot S$   
 $a_2^* = 1.124 \text{ [m/s}^2\text{]} \quad a_{s,0} = 0.853 \text{ [m/s}^2\text{]} \quad \text{Stato: Verificato}$

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi cinematica lineare)  
 $a_2^* \geq a_2(P_{s,R}) \cdot S/q$   
 $a_2^* = 1.124 \text{ [m/s}^2\text{]} \quad a_{s,LV} = 1.160 \text{ [m/s}^2\text{]} \quad \text{Stato: Non Verificato}$

Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi cinematica non lineare)  
 $d_s^* \geq S_{s,T}(T_s)$   
 $d_s^* = 0.166 \text{ [m]} \quad \Delta_s(T_s) = 0.090 \text{ [m]} \quad \text{Stato: Verificato}$

File di stampa: C:/Documents and Settings/Andreas.MC4/Documents/Prove 2010/Rel.ODT    ...    Esecuzione Stampa

Applica a DWG    < Back    Finish    Cancel    Help



I risultati possono essere, inoltre, inseriti all'interno di relazione tecnica che viene generata automaticamente e mette in evidenza i dati di input e di output di ogni singola simulazione

DATI GENERALI DI PROGETTO						
Località	Toscolano Maderno					
Latitudine	45.6354					
Longitudine	10.6094					
VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO						
Vita nominale - $V_n$ [anni]	50					
Coefficiente d'uso - $C_u$	1					
Periodo di riferimento - $V_R$ [anni]	50					
PARAMETRI SU SITO DI RIFERIMENTO RIGIDO ORIZZONTALE PER LA DEFINIZIONE DELLE FORME SPECTRALI						
	$a_g$ [g]	$F_g$ [-]	$T_{c_g}$ [s]	$T_R$ [anni]		
SLD		0.058	2.483	0.248		
SLV		0.162	2.470	0.275		
PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELLO SPECTRO (SLV)						
$Z$ [m]	$H$ [m]	$V$ [-]	$T_g$ [s]	$S_g$ [-]	$T_R$ [s]	$T_g$ [s]
0.000	11.504	1.2	0.310	1.46	0.147	0.442
CINEMATISMO						
Moltiplicatore di attivazione del cinematismo - $d_u$		0.107	[-]			
Spostamento finale del punto di controllo per il quale si annulla il moltiplicatore - $d_{u,0}$		0.960	[m]			
Massa partecipante - $M^*$		46906.9	[kg]			
Frazione di massa partecipante della struttura - $\epsilon^*$		0.689	[-]			
Periodo secante - $T_s$		1.404	[s]			

VERIFICHE			
VERIFICA A STATO LIMITE DI DANNO			
Formula		Parametri	
$a_g^* \geq \frac{a_g(P_{V_n}) \cdot S}{q} = a_{LD}$		$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{LD}$ [m/s <sup>2</sup> ]
		1.124	0.853
Verifica a stato limite di danno <b>Soddisfatta</b>			
VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA LINEARE)			
Formula		Parametri	
$a_g^* \geq \frac{a_g(P_{V_n}) \cdot S}{q} = a_{SLV}$		$a_g$ [m/s <sup>2</sup> ]	$a_{SLV}$ [m/s <sup>2</sup> ]
		1.124	1.160
Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi lineare) <b>Non Soddisfatta</b>			
VERIFICA A STATO LIMITE DI SALVAGUARDIA DELLA VITA (ANALISI CINEMATICA NON LINEARE)			
Formula		Parametri	
$d_g^* \geq S_{Dg}(T_s) = \Delta_g(T_s)$		$d_g$ [m]	$\Delta_g(T_s)$ [m]
		0.166	0.090
Verifica a stato limite di salvaguardia della vita (analisi non lineare) <b>Soddisfatta</b>			

Come si evince dalle immagini il programma esegue le seguenti verifiche:

- Verifica a stato limite di danno
- Verifica a stato limite di salvaguardia della vita tramite analisi lineare
- Verifica a stato limite di salvaguardia della vita tramite analisi non lineare

## Versioni disponibili

Il prodotto è disponibile come applicativo di AutoCAD ed è compatibile con le versioni 2007-2011 sia a 32 bit che a 64 bit.

Esiste inoltre la possibilità di averlo come componente di MC4Suite.



**MC4SOFTWARE**

**Italia**

Mc4Software Italia S.r.l.

Via Pio VII, 97

10135 Torino Italia

Tel. +39 011 3032370 - Fax +39 011 3032371

[info@mc4software.com](mailto:info@mc4software.com)