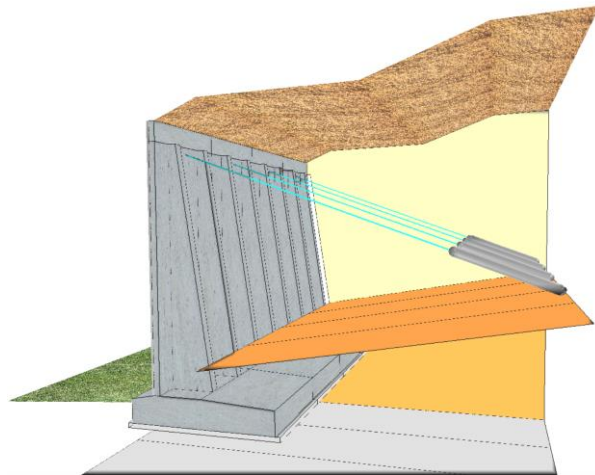




**CDM DOLMEN srl**  
SOFTWARE STRUTTURALE E GEOTECNICO - RESISTENZA AL FUOCO

# IS Muri



**MANUALE UTENTE**

## Indice

<b>Premessa .....</b>	<b>3</b>
<b>1 Utilizzo del Programma .....</b>	<b>3</b>
<b>1.1 Elementi strutturali .....</b>	<b>6</b>
1.1.1 Fusto e Fondazione .....	6
1.1.2 Dente.....	7
1.1.3 Pali.....	7
1.1.4 Tiranti / Vincoli.....	8
<b>1.2 Terreno.....</b>	<b>8</b>
<b>1.3 Carichi.....</b>	<b>10</b>
<b>1.4 Calcolo.....</b>	<b>11</b>
<b>1.5 Sezioni .....</b>	<b>11</b>
<b>1.6 Opzioni .....</b>	<b>12</b>
<b>1.7 Normativa.....</b>	<b>14</b>
<b>1.8 Materiali.....</b>	<b>14</b>
<b>1.9 Stabilità Pendio.....</b>	<b>15</b>
<b>1.10 Sisma .....</b>	<b>16</b>
<b>1.11 Casi di Carico.....</b>	<b>17</b>
<b>1.12 Schemi armatura .....</b>	<b>18</b>
<b>1.13 Armatura longitudinale e staffe .....</b>	<b>19</b>
<b>1.14 Armatura di fissaggio.....</b>	<b>20</b>
<b>1.15 Macro .....</b>	<b>20</b>
1.15.1 Strutturali .....	20
1.15.2 Geotecniche.....	20
1.15.3 Muro di cantina .....	21
<b>1.16 Opzioni Generali .....</b>	<b>21</b>
<b>1.17 Avvio calcolo.....</b>	<b>21</b>
<b>1.18 Risultati.....</b>	<b>22</b>
<b>1.19 Relazione .....</b>	<b>24</b>
1.19.1 relazioni specifiche .....	24
<b>1.20 Computo metrico .....</b>	<b>25</b>
<b>1.21 Visuale 3D.....</b>	<b>25</b>
<b>2 Approfondimenti.....</b>	<b>26</b>
<b>2.1 Cosa si intende per CONCIO .....</b>	<b>26</b>
<b>2.2 Come viene gestita la 3° dimensione; cos'è il MODULO .....</b>	<b>27</b>
<b>2.3 Creazione muro in massi ciclopici / gabbioni .....</b>	<b>28</b>
<b>2.4 Metodo di calcolo delle SPINTE.....</b>	<b>29</b>
<b>2.5 Metodo di calcolo per le Verifiche della Fondazione.....</b>	<b>30</b>
2.5.1 Capacità portante delle fondazioni dirette .....	30

2.5.2	Condizioni drenate .....	30
2.5.3	Condizioni non drenate .....	31
2.5.4	Rottura generale - la formula di Brinch-Hansen .....	31
2.5.4.1	<i>Condizioni drenate</i> .....	31
2.5.4.2	<i>Condizioni non drenate</i> .....	31
2.5.5	Rottura per punzonamento.....	31
2.5.6	Rottura locale .....	31
2.5.7	Collasso per slittamento.....	31
<b>2.6</b>	<b>Metodo di calcolo dalle stabilità globale .....</b>	<b>32</b>
2.6.1	Teoria .....	32
2.6.2	Metodi implementati .....	33
2.6.2.1	<i>Metodo di Fellenius</i> .....	33
2.6.2.2	<i>Metodo di Bishop</i> .....	34
<b>2.7</b>	<b>Metodo di calcolo per le Verifiche Strutturali .....</b>	<b>35</b>

## Premessa

Il programma **IS Muri 18** è dedicato all'analisi ad elementi finiti, secondo le *NTC 18* ed *EUROCODICI*, di muri contro terra, a sezione costante o variabile, con contrafforti, mensole, denti, pali e tiranti.

## 1 Utilizzo del Programma

**Visualizza 3D**  
**Calcolatrice**  
**Colori di sfondo**  
**Avvia la relazione completa**  
**Finestra Vista in sezione/Verifica sezione**  
**Avvia l'analisi del Muro**  
**Visualizza gli Schemi di Armatura**  
**Casi di Carico**  
**Materiali**  
**Normativa**  
**Dati Generali**  
**Annulla**  
**Salva**  
**Apri**

**Disposizione Carichi**  
**Visualizza in sezione fusto e fondazione**

**Caratterizzazione del terreno (profili, strati, falda, ecc..)**  
**Avvia analisi, opzioni di calcolo, visualizza risultati**  
**Opzioni di calcolo**

**Caratterizzazione del muro (suddivisione in conci, dimensioni, fondazione, ecc...)**  
**Attivazione e proprietà di Mensole, Denti, Pali e Tiranti**

**Visuali predefinite (personalizzabili dal menu a scomparsa)**  
 Default, Defaut e Armatura, Armatura, Sollecitazioni

**A** (Main window screenshot)  
**B** (Side panel screenshot)  
**C** (View selection options)

Tramite l'utilizzo delle icone presenti a schermo **(A)**, delle finestre laterali suddivise per attinenza **(B)** e del doppio click sugli elementi interessati è possibile eseguire in modo rapido ed intuitivo l'intera analisi di un muro contro terra.

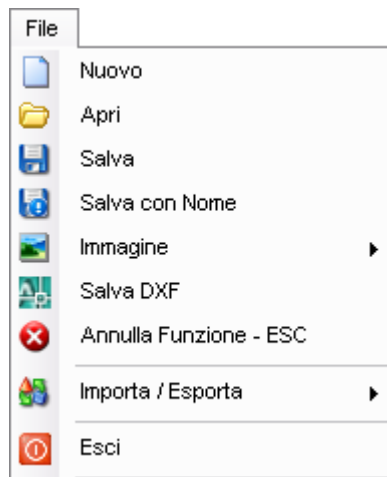
Il Programma parte con un default predefinito di un muro di 3 metri spesso 30 cm, un unico strato di terreno non coesivo con profili di monte e di valle orizzontali, fondazione di 250 cm spessa 50 cm.

Ognuno di questi elementi può essere opportunamente modificato per creare il proprio lavoro e occorrerà ancora definire, se eventualmente presenti, mensole, pali, tiranti e schemi d'armatura.

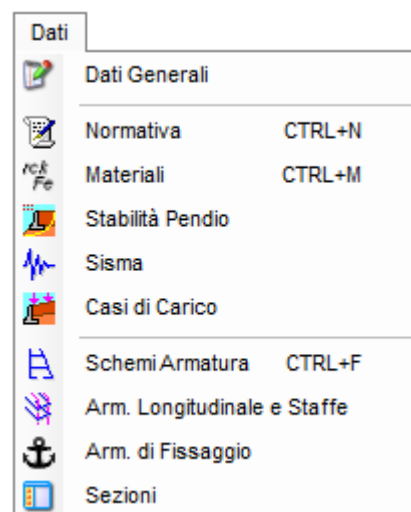
Ciascuna di queste voci ha una sua finestra dedicata per la personalizzazione degli elementi ed il tutto confluisce sempre nella grafica principale, dove, tramite apposite "viste" **(C)**, si può scegliere cosa vedere il quel momento.

**Menu FILE:**

tramite questo menu si accede alle classiche voci di salva e apri ed in più è possibile salvare l'immagine della grafica principale visualizzata in quel momento in formato ".jpg" o in formato ".dxf", esportare od importare una stratigrafia ed esportare la palificata di fondazione direttamente in IS Palificate.

**Menu DATI:**

da menu dati si possono aprire le finestre inerenti l'immissione dei dati che saranno la copertina della relazione (dati generali), normativa e materiali, attivazione della stabilità di pendio, casi di carico, l'attivazione del sisma e poi l'elenco delle sezioni presenti nel programma e gli schemi armatura da applicare al muro.

**Menu OPERAZIONI:**

le operazioni lanciabili da questo menu sono tutte attivabili sulla grafica principale o tramite doppio click o con combinazioni di tasti.

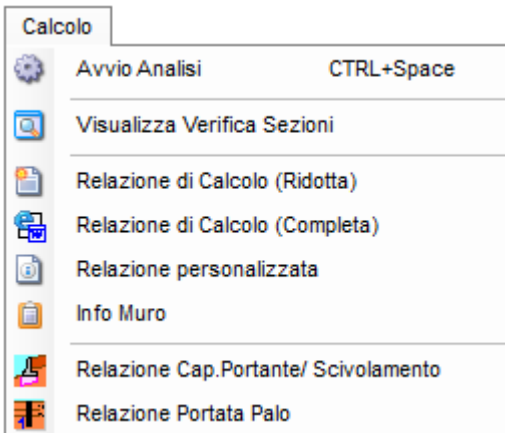
**Menu FERRI:**

durante la visualizzazione dei ferri è possibile modificarli, spostarli, eliminarli ecc.. mediante questi comandi.



**Menu CALCOLO:**

come ultimo passo si eseguono i comandi di questo menu. Si avvia l'analisi, si guardano a monitor i risultati, si lancia la relazione (personalizzabile nei contenuti) e, per arricchire la già corposa relazione, si possono lanciare delle sotto-relazioni mirate (ad esempio per vedere nel dettaglio l'analisi della capacità portante)

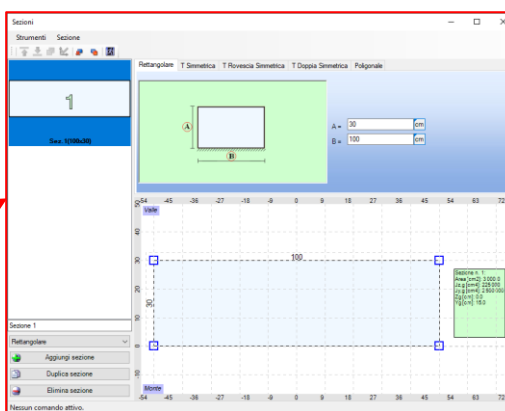
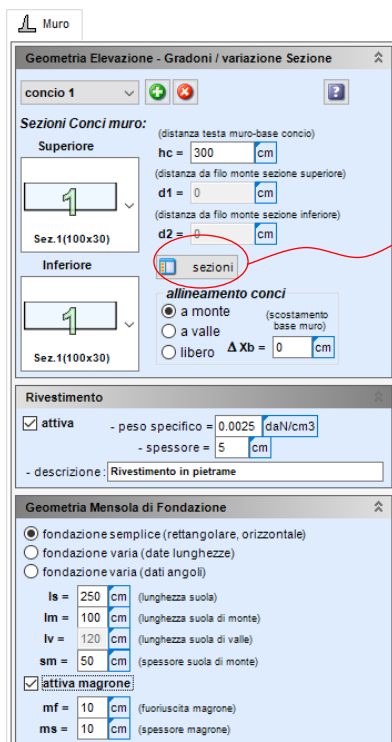
**Menu MACRO:**

qui si trovano degli utili aiuti per creare in modo automatico alcune condizioni tipo, sia di terreno che di struttura.



## 1.1 Elementi strutturali

### 1.1.1 Fusto e Fondazione



#### Finestra SEZIONI:

qui si trova l'elenco delle sezioni presenti nel file. Ogni sezione può essere duplicata, modificata con il mouse o tramite valori inseribili nelle quote.

Di default le sezioni sono "profonde" 100cm, ma è possibile creare ed utilizzare sezioni di qualunque tipo. Ad esempio, per creare un contrafforte, si dovrà creare una sezione a "T".

Nel programma **IS Muri** la definizione della geometria strutturale è divisa in tre parti:

- 1) fusto (geometria elevazione)
- 2) rivestimento
- 3) fondazione (geometria mensola di fondazione)

#### Fusto:

Per modificare l'altezza del muro o lo spessore di una delle due basi o qualsiasi altra quota è sufficiente cliccare due volte sulla quota d'interesse.

L'inclinazione del muro e l'allineamento verso valle, verso monte, o personalizzato, si possono specificare nella sezione "allineamento conci" del primo riquadro della finestra "muro".

Per creare sezioni diverse, e quindi poter dare al muro diverse inclinazioni, lo si divide in "conci". Ciascun concio avrà una base inferiore ed una base superiore e queste saranno presenti nella finestra "sezioni"; quindi per creare ad esempio un muro di due conci lo si divide all'altezza voluta (o tramite il comando da menu "Operazioni → geometria muro → "Spacca" concio alla quota" o premendo il tasto "+" e specificando poi l'altezza del concio). In automatico viene creata la sezione risultante dalla divisione. A questo punto si entra nella finestra "sezioni", ritroviamo le sezioni già presenti, creiamo quelle volute, chiudiamo la finestra e, selezionando il concio voluto, dall'elenco delle sezioni per la base superiore e inferiore selezioniamo quella voluta.

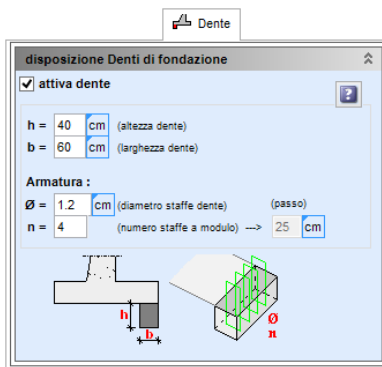
#### Rivestimento:

Attivando il rivestimento è possibile simulare la presenza di un rivestimento di qualsivoglia materiale e spessore andando ad applicare uno sforzo normale aggiuntivo al fusto del muro. Il rivestimento NON è strutturale.

#### Fondazione:

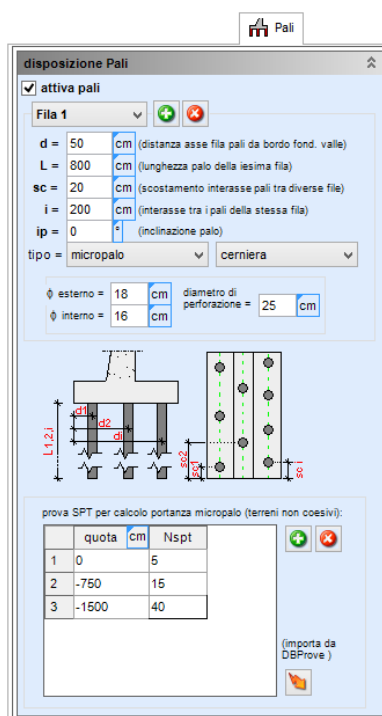
Il tipo di fondazione proposto all'avvio è rettangolare orizzontale. Facendo doppio click sulle quote che si vuole modificare o modificando i valori nel secondo riquadro personalizziamo la fondazione. È possibile utilizzare la fondazione "qualsiasi" selezionando "fondazione varia" tra le 3 tipologie di fondazione presenti; in questo modo, modificando le singole quote, si potrà creare e personalizzare a piacere l'elemento fondale.

### 1.1.2 Dente



Il dente di fondazione è attivabile tramite il comando “attiva dente” ed in automatico appare in grafica sulla mensola di fondazione lato monte. La posizione non è modificabile ma sono settabili a piacere dimensioni ed armature.

### 1.1.3 Pali



Selezionando “attiva pali” vengono inseriti in automatico i pali sotto la fondazione. Questi vengono visualizzati per file e ciascuna fila ha delle proprie caratteristiche che devono essere inserite per poter personalizzare il lavoro.

I pali utilizzabili sono:

- infisso,
- trivellato,
- elica continua,
- micropalo.

Il programma eseguirà il calcolo geotecnico della portata dei pali e fornirà le azioni in testa per il singolo palo di ogni fila.

E' possibile passare l'intera fondazione su pali direttamente ad IS Palificate per poter personalizzare e modificare il calcolo della portanza dei pali ed avere il calcolo dei cedimenti e tutte le verifiche strutturali.

N.B. da IS Muri 18 è tutta via possibile attivare la verifica strutturale dei pali modificando l'opzione: “Modellazione dei pali = Travi deformabili”.



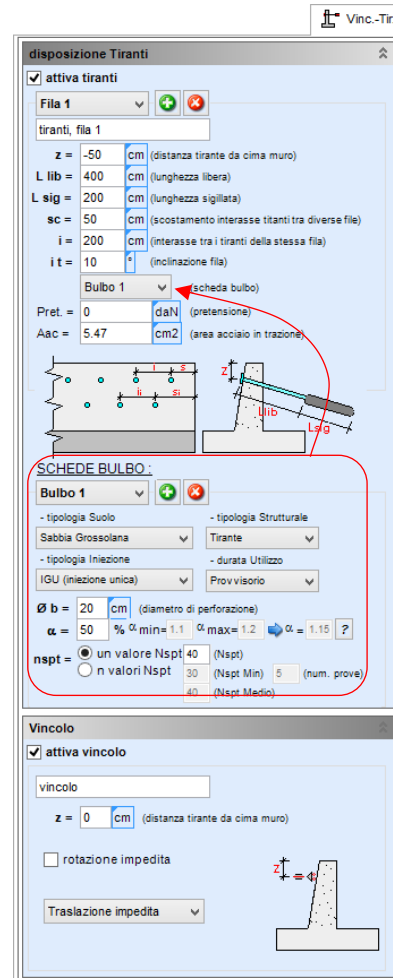
### 1.1.4 Tiranti / Vincoli

Selezionando “attiva tiranti” vengono inseriti in automatico i tiranti sul muro.

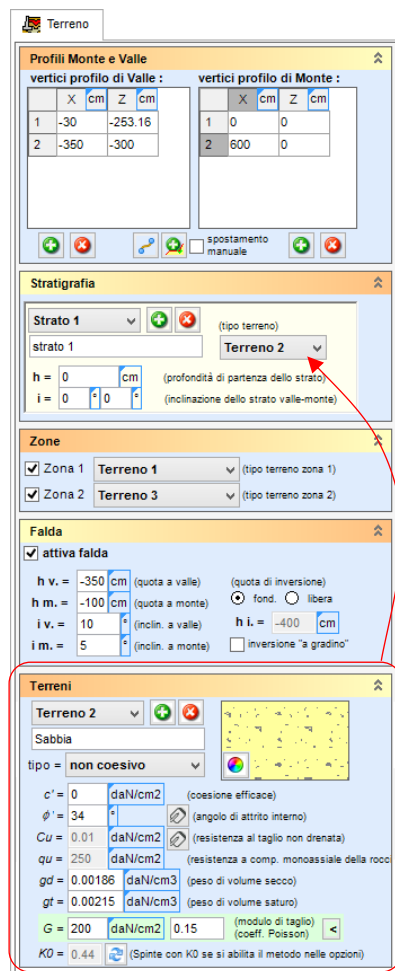
Come per i pali anche i tiranti vengono visti per file e ogni fila deve essere personalizzata. Una volta definiti la quota, le lunghezze libere e sigillata, lo scostamento tra le file, l’interasse tra i tiranti della stessa fila e la loro inclinazione, occorre indicare quale “scheda bulbo” è associata a questa fila; inoltre occorre definire pretensione e area acciaio.

Nelle “schede bulbo” occorre definire i parametri richiesti per la verifica secondo Bustamante-Doix del bulbo di ancoraggio.

Selezionando “attiva vincolo” viene inserito il vincolo a cui è possibile specificare se impedire rotazione e/o traslazione oppure impostare un valore di rigidezza orizzontale.



## 1.2 Terreno



### Profili Monte e Valle

Per prima cosa occorre definire i profili di monte e di valle. Questi possono essere liberi a piacere e si può agire sulle coordinate dei singoli vertici o trascinandoli sulla grafica principale modificando in automatico le coordinate dalla tabella.

Premendo il tasto si apre un apposito pannello nel quale è possibile traslare/ruotare l’intero profilo oppure creare l’intero pendio tramite segmenti di lunghezza ed inclinazione data.



### Stratigrafia

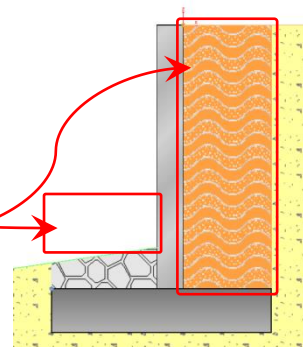
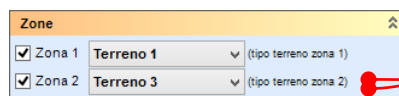
Il secondo passo sarà definire gli “n” strati presenti e di questi, a parte il primo che ha come “tetto” il profilo di monte, si definisce la quota e l’inclinazione di monte e di valle. Per tutti gli strati occorrerà indicare a che “tipo terreno” fanno riferimento.

La creazione dei tipi di terreno viene effettuata in fondo a questa finestra.

## Zone

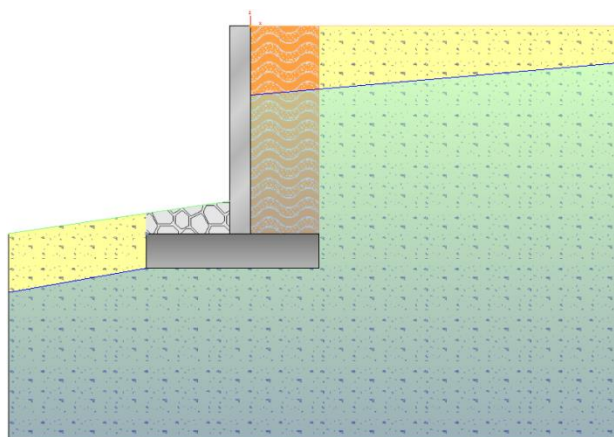
Le zone sono aree di terreno particolari con geometria fissa definita dalla schematizzazione del muro e del profilo di monte e di valle.

Attivando la “zona” occorre specificare a che tipo di terreno fa riferimento.






## Falda

La falda richiede l’inserimento della quota di monte e di valle, l’inclinazione lato monte e lato valle e la quota di inversione che può essere esattamente la quota della fondazione (fond.) oppure libera specificando la quota.




## Terreni

Ogni terreno dovrà essere definito specificando:

- tipo (coesivo , non coesivo , roccia )
- $c'$  (coesione efficace) [per tutti i tipi di terreno],
- $\phi'$  (angolo di attrito interno) [per tutti i tipi di terreno],
- $C_u$  (resistenza al taglio non drenata) [solo per terreni coesivi],
- $q_u$  (resistenza a compressione monoassiale della roccia intatta) [solo per roccia],
- $g_d$  (peso di volume secco)
- $g_t$  (peso di volume saturo)
- $G$  (modulo di taglio) [usato solamente in presenza di pali]
- coeff. di Poisson [usato solamente in presenza di pali]
- $k_0$  (valore utilizzato nel calcolo se viene eseguita la scelta del metodo  $k_0$  nelle opzioni)

NB: per terreni di tipo Coesivo e Roccia il programma chiederà, nelle caratteristiche del terreno, se seguire nelle verifiche e nel calcolo delle spinte, il comportamento Non Drenato o Drenato.

Tramite il tasto  viene lanciato in automatico il programma GeoRel di IS Progeo che consente di calcolare i parametri di resistenza caratteristici del terreno tramite l’analisi di prove penetrometriche SPT e CPT

## 1.3 Carichi

Carichi

**Carichi sul Terreno**

attiva carichi puntuali

carico P.1 + -

carico puntuale 1 tipologia:

tipo: su profilo nessuno

posizione: x i. = 100 cm z = 0 cm

intensità: N = 50 daN/cm

attiva carichi nastriformi

carico N.1 + -

carico nastriforme 1 tipologia/diffusione:

tipo: su profilo nessuno

proiettato: non proiettato Boussinesq

posizione: x i. = 100 cm z = 0 cm  
x f. = 200 cm

intensità: N = 0.2 daN/cm2  carico "trapezio"  
N m = 0.2 daN/cm2

**Carichi testa Muro**

attiva carico in testa (a modulo)

	N	M	T
car1	10000 daN	0 daN*cm	0 daN
perm. strutturale	carico testa muro		
car2	10000 daN	0 daN*cm	0 daN
perm. non strutturale	carico testa muro		
car3	10000 daN	0 daN*cm	0 daN
variabile (psi=1)	carico testa muro		

**Carichi struttura puntuali**

attiva carichi puntuali (a modulo)

carico P.1 + - tipologia:

carico puntuale 1 perm. strutturale

posizione: d = 75 cm da testa muro mezzeria

intensità: N = 1000 daN M = 5000 daN\*cm T = 200 daN

Come ogni altro elemento anche i carichi, appena attivati, appaiono nella grafica principale con un default.

È possibile inserire i seguenti carichi:

- carichi sul terreno puntuali,
- carichi sul terreno nastriformi,
- carichi testa muro,
- carichi sulla struttura puntuali.

Per ogni tipo di carico occorre indicarne la tipologia in modo che nella generazione automatica dei casi di carico vengano applicati i giusti coefficienti moltiplicatori a seconda della normativa selezionata.

### carichi sul terreno puntuali

attivata la tipologia di carico occorre dare un nome al carico, specificare il tipo ("sul profilo", oppure "libero" dove occorrerà specificare la quota), posizione (distanza da testa muro) e intensità.

### carichi sul terreno nastriformi

attivata la tipologia di carico occorre definire:

- nome del carico,
- specificare il tipo ("sul profilo", oppure "libero" dove occorrerà specificare la quota),
- proiettato (se "proiettato" il carico è orizzontale, se "non proiettato" il carico seguirà l'andamento del pendio),
- tipologia e diffusione ( "etichetta" condizione di carico e scelta tra modello di distribuzione del carico alla Boussinesq o Uniforme)
- posizione ("X iniziale e finale del carico)
- intensità (con carico trapezio occorre specificare due intensità, con Nm si

intende l'N lato monte)

### carichi testa muro

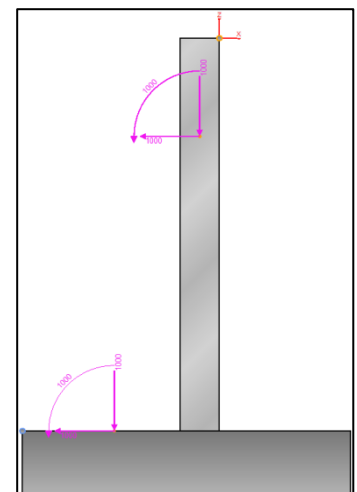
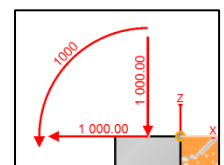
carichi semplificati agenti sulla testa del muro, oltre a definire l'intensità del carico (valore da intendersi a modulo di profondità) occorre solamente specificare la tipologia del carico.

### carichi sulla struttura puntuali

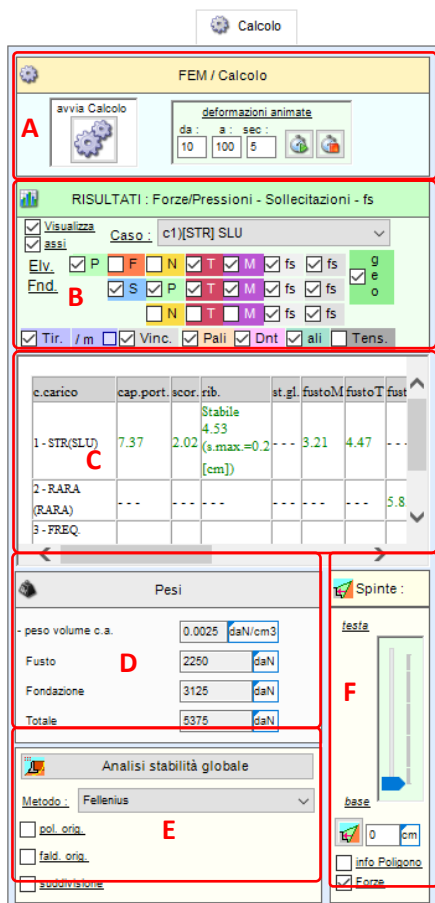
attivato il carico occorre specificare:

- nome del carico,
- tipologia,
- posizione (la distanza "d" che viene chiesta dipende dal tipo di carico selezionato; questo può essere "da testa muro", "da monte, fondaz.", "da valle, fondaz." e per ognuna occorre selezionare se il carico è in mezzeria, all'estradosso o all'intradosso della sezione in c.a.),
- intensità.

(convenzioni positive)



### 1.4 Calcolo



**A)** con “avvia calcolo” si esegue l’analisi del muro; nelle opzioni grafiche sulla destra è possibile avviare l’animazione della deformata.

**B)** in questa schermata è possibile scegliere quale risultato vedere a monitor dopo l’analisi.

**C)** riquadro dedicato all’anteprima della tabella riassuntiva dei risultati del calcolo; cliccando la tabella questa viene ingrandita per poter leggere con chiarezza le singole verifiche.

Tabella Riassunto Verifiche

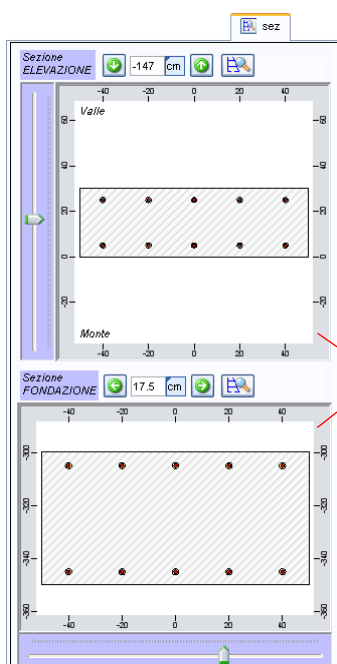
caso di carico	capacità portante	scorrimento	ribaltamento	stabilità globale	FS strutturale (fessura)	FS strutturale (taglio)	FS strutturale (tensione cls)	FS strutturale (tensione acciaio)	FS strutturale (apertura fessure)	FS strutturale (flessione)	FS strutturale (taglio)	FS strutturale (tensione cls)	FS strutturale (tensione acciaio)
1 - STR(SLU)	7.37	2.02	Stabile 4.53 (s.max.=0.2 [cm])	---	3.21	4.47	---	---	---	6.04	3.8	---	---
2 - RARA (RARA)	---	---	---	---	---	---	5.85	3.99	---	---	---	16.3	6.28
3 - FREQ (FREQUENTE)	---	---	---	---	---	---	---	5.29	---	---	---	---	---
4 - Q.PERM (QUASI_PERM)	---	---	---	---	---	---	4.39	---	3.96	---	---	12.22	---

**D)** viene evidenziato il peso delle singole parti del muro e il relativo peso di volume utilizzato; questi valori non sono amplificati da nessun coefficiente.

**E)** l’analisi di stabilità globale viene eseguita in automatico dal programma ma grazie a questo tasto è possibile visualizzare tutte le superfici di calcolo analizzate con alcune opzioni grafiche aggiuntive.

**F)** muovendo il cursore viene mostrata a monitor il cuneo di spinta alla quota voluta.

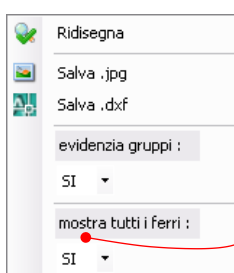
### 1.5 Sezioni



Una volta caricato uno schema ferri è possibile da questa finestra visionare l’armatura in sezione sia dell’elevazione che della fondazione.

Muovendo i relativi cursori, quello per l’elevato e quello per l’elemento fondale, nella grafica principale apparirà una retta tratteggiata che indica la quota alla quale la sezione vista fa riferimento.

con click destro..



SI = si vedrà sempre il ferro sezionato  
NO = si vedrà il ferro sezionato solo se questo, alla quota in esame, è considerato attivo nella verifica strutturale (lunghezze di ancoraggio...)

## 1.6 Opzioni

Opzioni

**Opzioni Calcolo**

- Winkler fondazione - coeff. sott. idraulica  
 daN/cm<sup>3</sup>   

- Rigidezza a traslazione per scorrimento (a modulo):  
 rigidezza infinita     daN/cm

- Attrito muro terreno/φ    - Aderenza muro terreno/coe    - Coefficiente scorrimento  
 muro     fond.      
 terra     pendio   

- Spinta calcolata con:  
 Ka    sisma: automatico  
 K0    usa K0 puro

**Lunghezza ancoraggio**

Numero diametri      
 Lunghezza minima     cm

**Verifica a pressoflessione**

Fusto: considera l'effetto dello Sforzo Normale  
 Fondazione: considera l'effetto dello Sforzo Normale  
 Annulla il momento agente, per le verifiche, nelle sezioni estreme:  
 Cima fusto     Estremo fond. valle     Estremo fond. monte

**Verifica a taglio**

Fusto: utilizza inclinazione bielle compresse variabile  
 Fondazione: utilizza inclinazione bielle compresse variabile  
 Pali: utilizza inclinazione bielle compresse variabile  
 Muratura, fondazione: esegui verifica al taglio

**Verifica a fessurazione (c.a.)**

Fusto: esegui verifica a fessurazione  
 Fondazione: esegui verifica a fessurazione  
 Alli pannelli: esegui verifica a fessurazione

Coefficiente kt (0.4-0.6)      
 Coefficiente k1 (0.8-1.6)      
 Coefficiente k2 (0.5-1.0)      
 Coefficiente k3 (3.4)      
 Coefficiente k4 (0.425)

**Verifica di stabilità globale**

Includi le azioni applicate direttamente sul muro  
 Considera il contributo dei tiranti  
 Considera il contributo dei pali  
 Spinta attiva

**Verifica a ribaltamento**

Contributo dei tiranti

**Pali**

Quota stratigrafia di calcolo      
 Resistenza a traslazione      
 Modellazione dei pali

**Sisma**

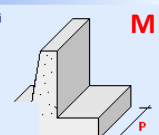
Muri liberi di traslare o di ruotare al piede, solo per ka: sposta spinte sisma  
 Muri non in grado di subire spostamenti, solo per ka: sposta spinte sismi  
 Aggiungi le forze d'inerzia dovute alla componente verticale dei carichi su  
 Aggiungi l'inerzia del muro alle azioni sismiche

**Altre opzioni**

linearizza calcolo taglio  
 ruota sistema di riferimento sollecitazioni  
 ricerca superficie di scivolamento peggiore [scelta fortemente consigliata]  
 non eseguire verifica a scorrimento e trascura componente orizzontale per cap.porante [per muri bloccati da strutture esterne - platee, graticci, ecc]  
 (SOLO per il calcolo della capacità portante fond. superficiale)  
 muro di lunghezza indefinita  
 lunghezza del muro :  cm  
 Imponi terreno:

**Opzioni Geometriche di Calcolo**

considera elementi tangenti  
 specifica modulo di calcolo (interasse modulo)  
 I =  cm  
 visualizza singolo modulo  
 visualizza più moduli (numero elementi visualizzati)  
 n° =



Le numerose opzioni di calcolo vengono salvate nel file e sono suddivise in:

### A- Opzioni di Calcolo

- Winkler di fondazione (rappresenta la rigidezza delle molle elasto-plastiche simulanti il contatto verticale fondazione/terreno),
- coefficiente di sottospinta idraulica (coefficiente per il calcolo della sottospinta idraulica),
- rigidezza a traslazione per scorrimento (lasciando “rigidezza infinita” si simula un blocco orizzontale alla base del muro, selezionando invece “rigidezza definita da utente” è possibile inserire la rigidezza di una molla orizzontale),
- attrito muro terreno/φ (calcolo delle spinte in condizioni drenate: coefficiente applicato all’angolo di resistenza al taglio del terreno per trovare l’angolo di attrito [muro/terreno, prima casella o terreno/terreno, seconda casella]),
- aderenza muro terreno/coesione (calcolo delle spinte in condizioni drenate: coefficiente applicato alla coesione efficace del terreno per trovare l’aderenza [muro/terreno, prima casella o terreno/terreno, seconda casella]),
- coeff. scorrimento (verifiche in condizioni drenate e non drenate: coefficienti applicati alle caratteristiche meccaniche del terreno (angolo di resistenza al taglio o resistenza al taglio non drenata) per trovare i parametri meccanici da utilizzare nelle verifiche di scorrimento)
- spinta calcolata con (opzioni per il calcolo della spinta a monte; il programma in automatico a seconda del grado di vincolo del muro propone l’utilizzo di “ka” o “k0”).

### B – Lunghezza di ancoraggio

il programma non esegue un vero calcolo della lunghezza di ancoraggio, si limita ad eliminare dal calcolo una certa lunghezza di ferro in cm (tale lunghezza è la maggiore tra il “numero di diametri” e la “lunghezza minima” specificati).

### C – Verifica a pressoflessione

In questo pannello è possibile specificare se considerare o meno alcune azioni in fase di verifica degli elementi FEM.

### D – Verifica a taglio

Varie opzioni di calcolo per la verifica a taglio degli elementi in c.a. suddivise tra fusto e fondazione.

### E – Verifica a fessurazione (c.a.)

Consente di attivare o meno la verifica a fessurazione dei vari elementi con possibilità di modificare i parametri “k”.

### F – Verifica di stabilità globale

Elenco di scelte relative ai singoli contributi alla stabilità globale

### G – Verifica a ribaltamento

In questa sezione è possibile selezionare il tipo di contributo relativo al ribaltamento dei tiranti.

**H – Pali**

- quota stratigrafica di calcolo: è possibile impostare il calcolo della portata dei pali secondo la stratigrafia di monte o di valle del fusto del muro
- resistenza a traslazione: si può selezionare a che teoria di calcolo fare riferimento per la valutazione della resistenza a traslazione del palo
- **modellazione dei pali:**
  - vincoli elastici: i pali vengono discretizzati come un vincolo elastico cedevole (molle);
  - vincoli rigidi: i pali vengono discretizzati come incastri/cerniere;
  - travi deformabili: i pali vengono discretizzati come elementi FEM bidimensionali in suolo elastico (sollecitazioni lungo il palo, verifiche strutturali disponibili).

**I – Sisma**

Diverse opzioni relative alle scelte progettuali da applicare al modello per il calcolo della azione sismica.

**L – Altre opzioni**

- ruota sistema di riferimento sollecitazioni:
  - se acceso il taglio viene considerato in direzione orizzontale qualunque sia l'orientamento degli elementi finiti;
  - se spento il taglio viene valutato in direzione perpendicolare alla linea d'asse degli elementi finiti che discretizzano il fusto del muro;
- ricerca superficie di scivolamento peggiore:
  - se acceso il programma utilizza il metodo del cuneo di tentativo generalizzato;
  - se spento le spinte vengono calcolate secondo una inclinazione di  $45^\circ + \phi'/2$ ;
- non eseguire verifiche a scorrimento: opzione che pone a zero l'azione orizzontale in fondazione;
- • muro di lunghezza indefinita  
o lunghezza del muro

al fine delle sole verifiche geotecniche è possibile specificare l'estensione della fondazione (ortogonalmente al monitor) il che ha effetto sul coeff. di forma utilizzato nella formula di capacità portante.

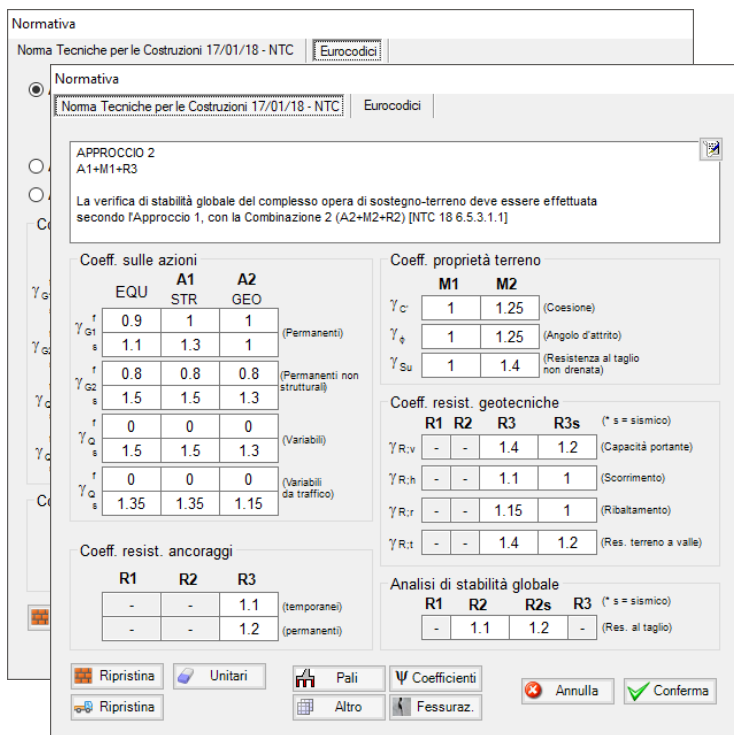
- imponi terreno: opzione per imporre il terreno per le verifiche geotecniche a prescindere di quanto viene mostrato in grafica.

**M – Opzioni geometriche e di calcolo**

- considera elementi tangenti: il programma valuta automaticamente il modulo di calcolo a seconda della larghezza (ortogonalmente al monitor) delle sezioni in uso, di default ogni sezione ha una profondità di 100 cm quindi il modulo di calcolo è 1m;
- specifica modulo di calcolo: serve per imporre il modulo di calcolo da utilizzare;  
(N.B. il modulo di calcolo non influisce sulle azioni su pali e tiranti, tali azioni vengono valutate in funzione dell'effettivo interasse degli elementi.)
- visualizza singolo modulo/visualizza più moduli: il numero di moduli da visualizzare è una scelta puramente grafica, non influisce minimamente nel calcolo.



### 1.7 Normativa



IS Muri esegue il calcolo agli SLU secondo le NTC 18 e secondo gli EUROCODICI.

A seconda dell'approccio scelto il programma riassume nel riquadro a destra i gruppi di coefficienti che saranno utilizzati e in automatico genererà le combinazioni di carico per le diverse verifiche.

Premendo il tasto vengono mostrate le tabelle di normativa di riferimento.

Ulteriori sotto gruppi di coefficienti, visibili premendo i tasti sottostanti, rappresentano:

: reimposta tutti i coefficienti al default di normativa;

: imposta ad 1 tutti i coefficienti

: imposta i coeff. di normativa secondo la tabella 5.1.V (azioni sui ponti stradali)

: coefficienti di normativa sulla portata dei pali

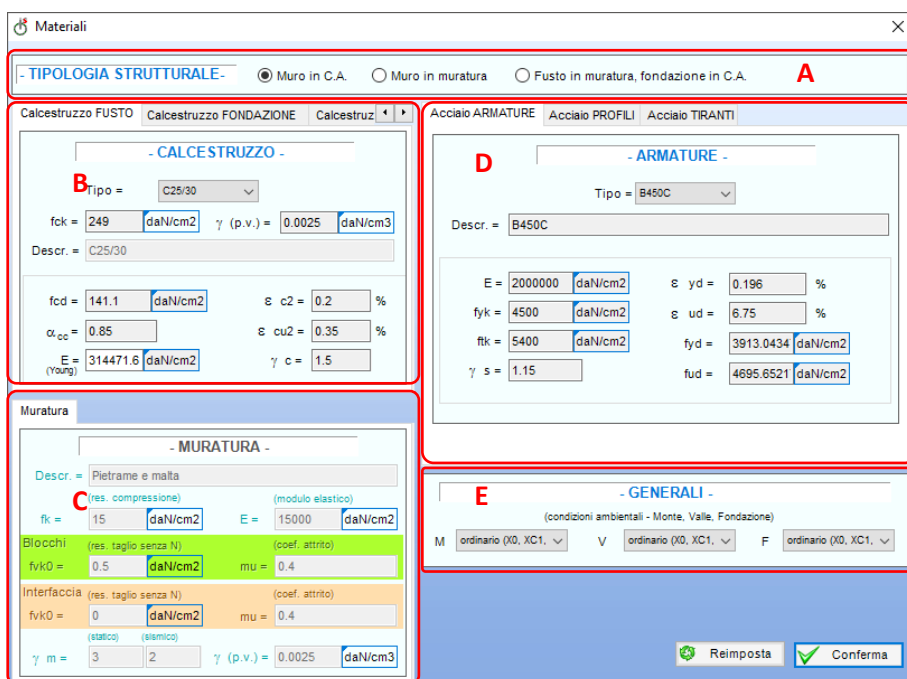
: coefficienti di combinazione (Psi0, Psi1, Psi2)

: coefficienti di correlazione per ancoraggi e altre impostazioni a carico dell'utente

: pannello con opzioni per la verifica delle tensioni e fessurazione.

Tutti i coefficienti presenti sono modificabili manualmente per simulazioni qualsiasi.

### 1.8 Materiali



**A)** in IS Muri è possibile creare muri in C.A., muri in muratura (o materiale sciolto qualunque) oppure muri con fusto in muratura e fondazione in c.a. e tramite questa scelta si abilitano o bloccano alcune sotto sezioni di questo pannello;


**B)** in questa sezione si sceglie il tipo di cls in uso, opzionalmente diverso tra fusto e fondazione;

**C)** riquadro che consente di inserire le caratteristiche del materiale muratura;

**D)** caratteristiche dell'armatura lenta utilizzata nelle parti in c.a.,

dell'acciaio dei profili utilizzati, dell'acciaio in uso nei tiranti (possibile scegliere il livello di "massima tensione per verifica", in pratica il programma non considera se l'acciaio dei trefoli si sia plasticizzato o meno e quindi impostando ad esempio "0.625\*Tens.Max" si è sicuri di rimanere nel campo elastico).

**E)** le condizioni ambientali possono essere impostate in questo pannello differenziate tra monte, valle e fondazione.

Il tasto  Reimposta ricarica il default iniziale per tutti i materiali e le impostazioni.

## 1.9 Stabilità Pendio

opzioni Stabilità del Pendio

**- genera maglia centri -**

punto iniziale (in basso a destra):

**A** x = -50 cm  
z = 50 cm

lung. X = 500 cm  
lung. Z = 400 cm

passo X = 50 cm  
passo Z = 50 cm

imponi dimensioni maglia  
 imponi numero centri

num. X = 5  
num. Z = 5

**Crea**

**- opzioni maglia -**

traslazione maglia

x = 0 cm **B**  
z = 0 cm

rotazione maglia: 0

**- opzioni raggi -**

**C** raggio iniziale = 600 cm  
passo = 50 cm numero = 5

**Proponi**

**- opzioni calcolo -**

metodo calcolo = Entrambi  
passo massimo = 20 cm **D**

**Conferma**

- coordinate centri -		
	X cm	Z cm
1	-50	50
2	-100	50
3	-150	50
4	-200	50
5	-250	50
6	-50	100
7	-100	100
8	-150	100
9	-200	100
10	-250	100
11	-50	150
12	-100	150
13	-150	150
14	-200	150
15	-250	150
16	-50	200
17	-100	200
18	-150	200
19	-200	200
20	-250	200
21	-50	250
22	-100	250
23	-150	250
24	-200	250
25	-250	250

In IS Muri la stabilità globale inizialmente è disattivata, occorre abilitarla creando una maglia dei centri.

**A)** premendo il tasto "Crea" viene generata la maglia dei centri secondo i valori impostati nelle celle di dati presenti;

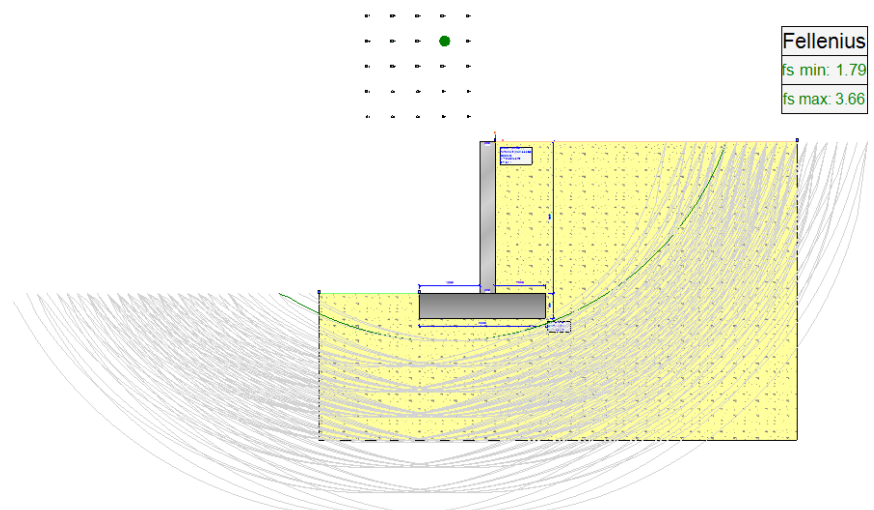
**B)** opzioni per spostare e ruotare la maglia dei centri;

**C)** la definizione dei raggi può essere manuale oppure automatica premendo il tasto "Proponi"

**D)** IS Muri utilizza sia il metodo di Fellenius che il metodo di Bishop e lasciando la scelta "Entrambi" il programma eseguirà il calcolo con i due metodi mostrando poi a monitor il risultato con fattore di sicurezza più basso. Selezionando un metodo specifico forzerò IS Muri ad utilizzare solo quello durante l'analisi.

**E)** le coordinate della maglia dei centri possono essere inserite manualmente, possono essere generate tramite l'apposito tasto "Crea" oppure possono essere importate da file formato csv ( Excel® ad esempio).

Alla fine dell'analisi il programma mostrerà solamente la superficie con fattore di sicurezza più basso colorandola in verde o in rosso a seconda che sia verificata o meno. E' tuttavia possibile vedere tutte le superfici che il programma ha considerato tramite l'apposito tasto nella sezione "Calcolo"; se si osservano superfici che fuoriescono dal terreno non è un problema, il programma suppone che il terreno sia lato monte che lato valle continui orizzontalmente laddove la campitura dello strato non è stata modellata e quindi non è necessario aumentare l'area di terreno modellata al fine di racchiudere tutte le superfici mostrate a video.





## 1.10 Sisma

Sisma - Metodo NTC 18 per il calcolo della forza sismica

attiva Sisma (Rif.: Decreto Ministeriale 17/01/2018)

Cat. Topografica = categoria T1 (categoria topografica (Tab. 3.2.IV))

Cat. Sottosuolo = cat. sottosuolo A (categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.II))

Località = ONCINO [44.67591400,7.18971700]

**automatico**

da DW

C.S.LL.PP.

Vita nominale = 50 anni Classe d'uso = II Tipo di SL = SLV SLD

Fo (valore max del fattore di amplif. dello spettro di accelerazione orizzontale (3.2)) 2.4743 2.4357

ag (accelerazione orizzontale massima al sito [m/s<sup>2</sup>] (3.2)) 1.3239 0.5306

beta calcolati (7.11.4 e 7.11.6.2) (SLV - muro - SLD) (ribaltamento) (SLV - pendio - SLD) (reimposta il default)

beta "manuali" beta = 0.38 0.47 0.57 0.38 0.47

kh e kv calcolati (SLV - muro - SLD) (ribaltamento) (SLV - pendio - SLD)

solo kh calcolato (kv = 0) kh = 0.0513 0.0254 0.0769 0.0513 0.0254

kh e kv "manuali" kv = 0.0256 0.0127 0.0385 0.0256 0.0127

Conferma Annulla

Parametri Spettrali NTC 18

Ricerca per nome località: ONCINO [7.189717,44.675914]

Coordinate della località: Longitudine: 7.189717 Latitudine: 44.675914

Vita nominale: 50 Classe d'uso: Classe II

Cu: 1.00 Vr: 50

Stati limite ultimi SLV: Stato Limite di Salvaguardia della Vita Tr: 475 ag: 1.3239 Fo: 2.4743 Tc: 0.27

Stati limite di esercizio SLD: Stato Limite di Danno Tr: 50 ag: 0.5306 Fo: 2.4357 Tc: 0.23

Calcolo eseguito correttamente.

Mappa (solo a titolo informativo - necessario collegamento a internet)  Dettaglio  Globale

ID 15117 lon 7.157 lat 44.717

ID 15118 lon 7.2271 lat 44.721

lon 7.189717 lat 44.675914

ID 15339 lon 7.1622 lat 44.667

ID 15340 lon 7.2323 lat 44.671

OK Annulla

L'analisi sismica in IS Muri deve essere attivata tramite l'apposita opzione nel pannello dedicato al sisma.

Selezionata la categoria topografica e la categoria di sottosuolo occorre inserire i parametri F0 ed ag.

Tramite il comando **automatico** è possibile ricavare in automatico questi parametri grazie al pannello dedicato "Parametri spettrali NTC18".

Il tasto **da DW** serve per importare tutti i valori in automatico da Dolmen se nel 3D è stata eseguita l'analisi sismica.

I coefficienti "beta", "kh" e "kv" sono separati tra muro e pendio secondo le indicazioni di normativa.

Ogni parametro è liberamente modificabile dall'utente al fine di poter simulare qualsiasi situazione.

### 1.11 Casi di Carico

I casi di carico (combinazioni) sono gestiti in automatico da IS Muri in base alla normativa ed all'approccio scelto, alla presenza di carichi, di sisma e di verifiche richieste.

Nel riquadro di sinistra sono elencati i casi di carico, con i relativi coefficienti moltiplicatori, e selezionandoli vengono mostrati nella parte di destra i carichi presenti sull'opera ed i corrispondenti coefficienti di amplificazione legati alla tipologia del carico.

**Casi di Carico**

	Nome	Tipo	descrizione	cfPp	cfTerM	cfFIdM	cfTerC	cfFIdC	sisma	su/giu
1	STR	SLU	SLU A1+M1+R3	1.3	1.3	1.3	1.3	1.3	<input type="checkbox"/>	---
2	GEO	SLU_Geo	SLU A2+M2+R2	1	1	1	1	1	<input type="checkbox"/>	---
3	SLV_SISM...	SLV	Sisma_1+1+R_Su	1	1	1	1	1	<input type="checkbox"/>	Su
4	SLV_SISM...	SLV	Sisma_1+1+R_Giu	1	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Giu
5	SLD_SISM...	SLD	Sisma_1+1+R_Su	1	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Su
6	SLD_SISM...	SLD	Sisma_1+1+R_Giu	1	1	1	1	1	<input checked="" type="checkbox"/>	Giu
7	RARA	SLE_Rara	SLE caratteristica (rara)	1	1	1	1	1	<input type="checkbox"/>	---
8	FREQ.	SLE_Freq.	SLE frequente	1	1	1	1	1	<input type="checkbox"/>	---
9	Q.PERM.	SLE_Q....	SLE quasi permanente	1	1	1	1	1	<input type="checkbox"/>	---

⚠ **ATTENZIONE** i casi di carico sono in SOLA LETTURA perchè sono creati e gestiti in automatico in base all'approccio scelto. Per poterli personalizzare occorre disabilitare l'apposita opzione.

**Opzioni**

propone sempre in automatico i casi di carico necessari

Considera come carico principale variabile (per coeff. psi [NTC 18 2.5.3]):

casi di tipo: tutti

**Valori per singolo caso di carico**

caso evidenziato : STR [ SLU ] SLU A1+M1+R3

	Carico	coef.	coef.ssm.	ic
1	Car.Nas.(ter) --- 1) carico nastriforme 1	1	0	TN1
2	Car.Pun.(mur) --- 1) carico testa muro	1.3	0	MP1

Elimina Proponi Aggiungi Duplica

**Opzioni**

propone sempre in automatico i casi di carico necessari

Togliendo il segno di spunta da "propone sempre in automatico i casi di carico necessari" i casi di carico saranno modificabili liberamente, potranno essere eliminati, aggiunti e duplicati ma attenzione che in questo modo qualsiasi modifica nei carichi o nelle impostazioni globali di normativa non modificheranno più i casi di carico in quanto è stata disattivata l'opzione.

Nel caso di compresenza di più carichi di tipologia "variabile" il programma consente di scegliere quale sia il variabile principale, in questo modo verranno applicati i coefficienti psi della tabella 2.5.3 delle NTC 18 a tutti gli altri variabili.

Cautelativamente è impostato di default che tutti i variabili siano impostati come principali in questo modo lo psi unitario viene applicato a tutti i variabili.

**Considera come carico principale variabile (per coeff. psi [NTC 18 2.5.3]):**

casi di tipo: tutti

tutti

nessuno

variabile (psi=1)

variabile Categoria A

variabile Categoria B

variabile Categoria C

variabile Categoria D

variabile Categoria E

variabile Categoria F

variabile Categoria G

variabile Categoria H

variabile Vento

variabile Neve (<1000 m)

variabile Neve (>1000 m)

variabile Variaz.Termiche

variabile da traffico (tandem)

variabile da traffico (distribuiti)

variabile da traffico (folla)

CDM DOLMEN e omnia IS srl - Via Drovetti 9/F, 10138 Torino

Tel. 011.4470755 - Fax 011.4348458 - www.cdmdolmen.it - dolmen@cdmdolmen.it

17


### 1.12 Schemi armatura

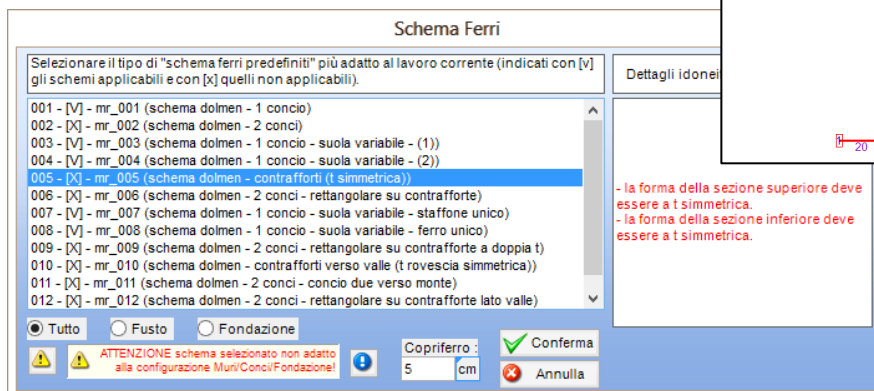
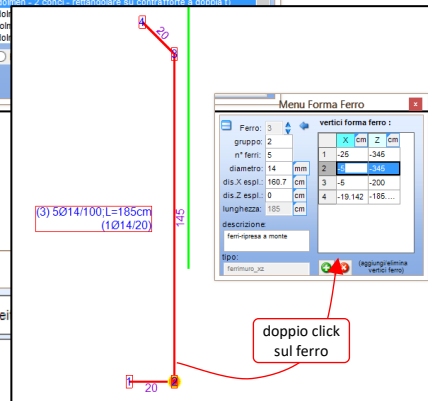
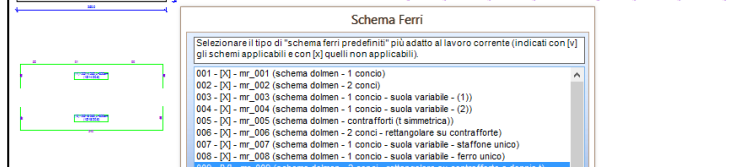
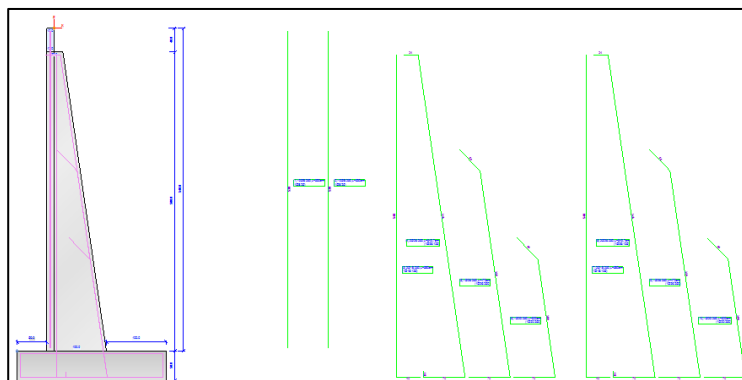
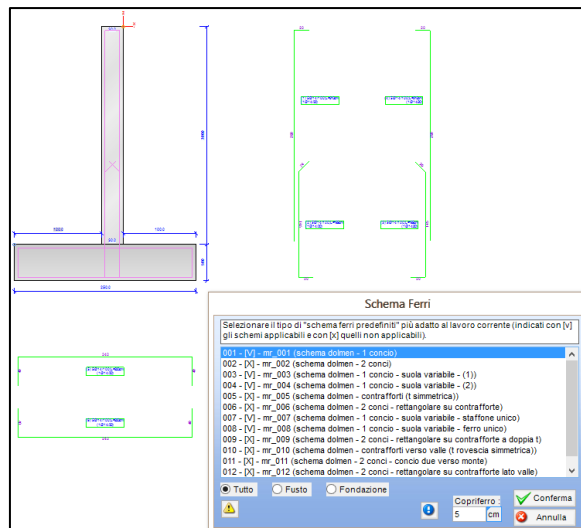
IS Muri gestisce i ferri secondo degli schemi parametrici creati e settati per adeguarsi alla geometria del muro ed alla fondazione.

All'avvio del pannello dedicato all'armatura il programma segnala con una [V] gli schemi che potrebbero essere utilizzati e con una [X] gli schemi non applicabili alla configurazione fusto fondazione.

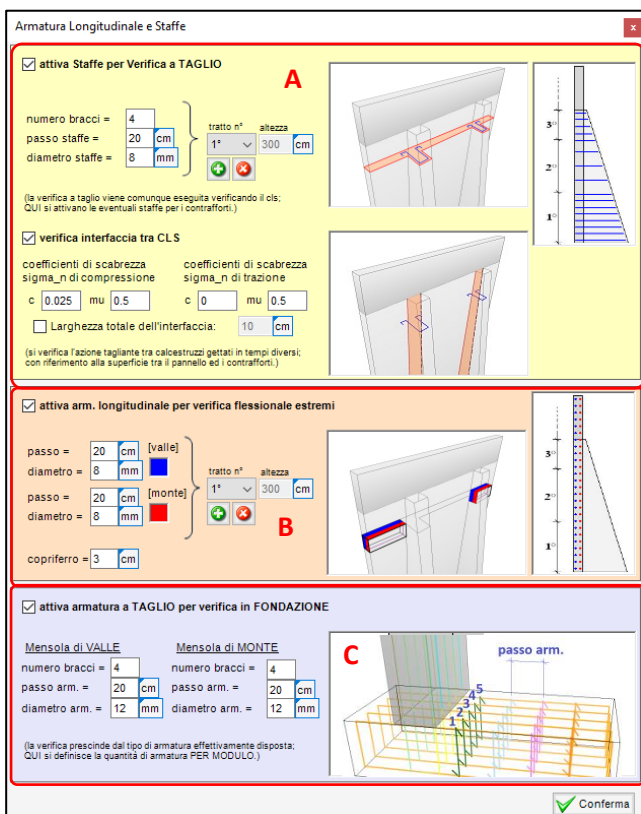
Selezionando uno schema applicabile il programma mostra in tempo reale l'anteprima dell'applicabilità dello schema al muro in oggetto e selezionando il tasto "conferma" si applicherà lo schema per poterlo poi comodamente modificare tramite appositi comandi del menu "Ferri".

Selezionando uno schema non applicabile viene evidenziata una "i" rossa e cliccandola viene mostrata nella schermata di destra la descrizione dello schema e l'elenco di condizioni che questo deve poter rispettare per poter essere applicato. Opzionalmente è possibile poter applicare uno schema a tutto il muro, solamente al fusto o solamente alla fondazione.

Applicato uno schema è possibile modificare / duplicare / copiare / eliminare e traslare qualsiasi ferro tramite i comandi del menu "Ferri" e facendo doppio click sull'esploso del ferro appare un pannello di proprietà del singolo ferro dove si può modificare numero di ferri (a modulo) e diametro. Premendo il tastino  in alto a destra vengono mostrate le coordinate del ferro modificabili completamente.



### 1.13 Armatura longitudinale e staffe



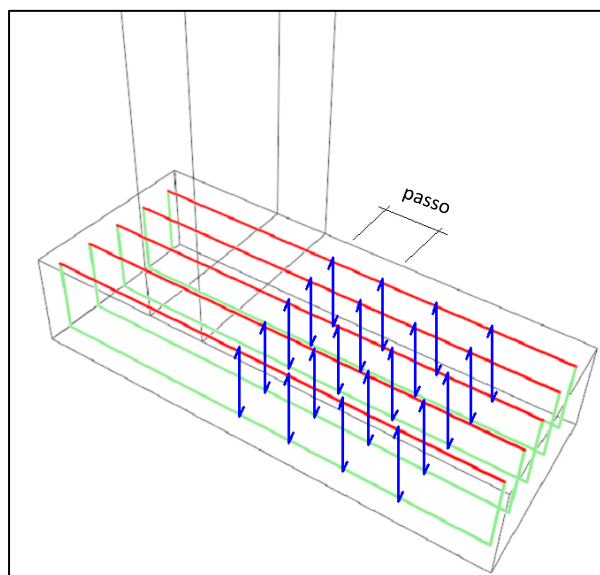
In questo pannello è possibile attivare e precisare apposite armature aggiuntive per verifiche al taglio e flessione orizzontale delle ali delle sezioni a contrafforte.

**A)** anche se non viene attivata la presenza di staffe IS Muri esegue in ogni caso la verifica a taglio affidando la verifica alla sezione in c.a. senza armatura a taglio. Attivando invece questa opzione è possibile discretizzare per tratti la presenza delle staffe precisando passo, diametro e numero bracci per ogni tratto verticale.

Nel caso di pannelli prefabbricati con contrafforte gettato in una seconda fase è disponibile la verifica dell'interfaccia tra i diversi cls.

**B)** le armature longitudinali vanno attivate nel caso di elementi con contrafforte prefabbricati accostati l'un l'altro in modo da verificare la flessione delle ali esterne; attivare questa armatura in altri casi non serve alla verifica del muro, ma questi ferri vengono riportati nel computo metrico del cls e del ferro presente in un modulo di profondità

**C)** in assenza di staffe in fondazione il programma comunque esegue la verifica a taglio utilizzando la formulazione di elementi non armati a taglio; invece attivando tale opzione è possibile stabilire lungo la mensola di valle e di monte quante staffe sono presenti.



Il programma chiede n° bracci, passo armature e diametro; guardando l'esempio sulla sinistra i dati inseriti sono:

- Mensola di MONTE:
- numero bracci = 5
  - passo arm. = 30 cm
  - diametro arm. = 12 mm

## 1.14 Armatura di fissaggio

Armatura di Fissaggio

attiva Armatura per ANCORAGGIO costole

armatura longitudinale (a)

alfa: 1.3  $\alpha \cdot \sum A_{s,i} \cdot f_{ed} \cdot f_{yd}$

beta: 0.25  $\beta \cdot f_{yd} \cdot \sum A_{s,i}$

MOMENTO ANTIORARIO (ribaltante)

numero barre = 4 diametro barre = 24 mm

MOMENTO ORARIO

numero barre = 4 diametro barre = 24 mm

(si verifica l'ancoraggio della costola che fuoriesce dalla fondazione, con riferimento alle armature longitudinali di fissaggio.)

staffatura (b)

MOMENTO ANTIORARIO (ribaltante)

passo staffe = 10 cm numero bracci = 2

diametro = 10 mm bw = 40 cm d = 30 cm

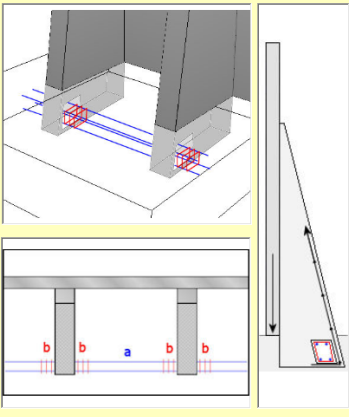
MOMENTO ORARIO

passo staffe = 10 cm numero bracci = 2

diametro = 10 mm bw = 40 cm d = 30 cm

(si verifica l'azione tagliante della costola sulla zona di ancoraggio, con riferimento al cordolo definito dalle armature di fissaggio.)

Conferma



In questo pannello è possibile attivare alcune verifiche puntuali sull'ancoraggio tra i contrafforti e la mensola di fondazione.

La verifica di ancoraggio dei contrafforti (o "costole") alla trave di fondazione, tramite apposite armature correnti di fissaggio, permette di verificare i meccanismi di rottura per **splitting**, per **tranciamento** delle barre, per taglio del cordolo definito dalle armature correnti in fondazione.

Tali verifiche sono altamente parametrizzate secondo i parametri definiti dall'utente. Il controllo viene eseguito sia per momento "antiorario" che "orario", in modo indipendente.

## 1.15 Macro

L'utilizzo delle macro è consigliata per l'inizio del lavoro, una volta confermate le scelte si può poi comunqure modificare e personalizzare il tutto.

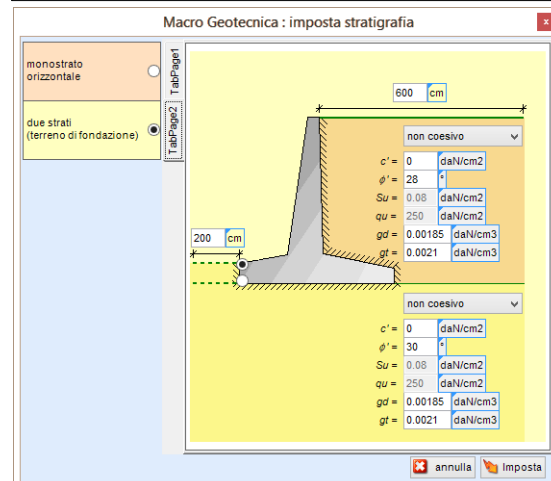
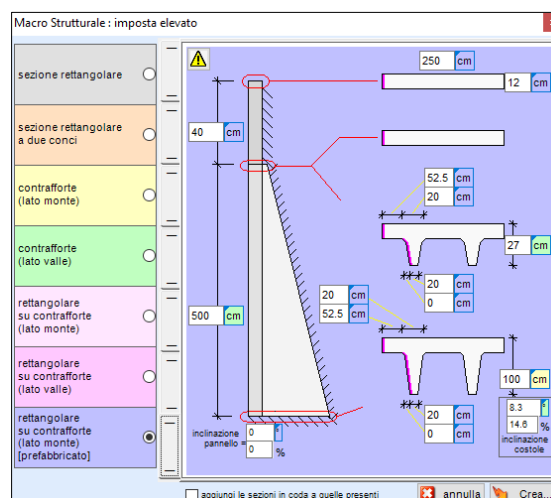
### 1.15.1 Strutturali

Utilizzando la macro strutturale è possibile creare in un attimo un muro a due conci o a contrafforti semplicemente inserendo i valori voluti, senza dover passare per la gestione delle sezioni e senza dover spezzare il fusto in più conci.

Selezionando la tipologia di macro più adatta e modificati i numeri relativi alla dimensione di un modulo, si preme il tasto "Crea" per sostituire il muro attualmente presente in grafica con quello generato dalla macro. Se era stata inserita un'armatura quasi sicuramente non andrà bene per il nuovo muro e quindi sarà necessario reinserire un'armatura dall'apposito pannello degli schemi di armatura.

### 1.15.2 Geotecniche

Tramite questa macro si può impostare in modo semplice ed intuitivo una stratigrafia semplificata, uno o due strati, profili orizzontali, quota a valle, caratteristiche del terreno. Poi tramite il menu "Terreno" si potranno modificare e personalizzare tutti i parametri

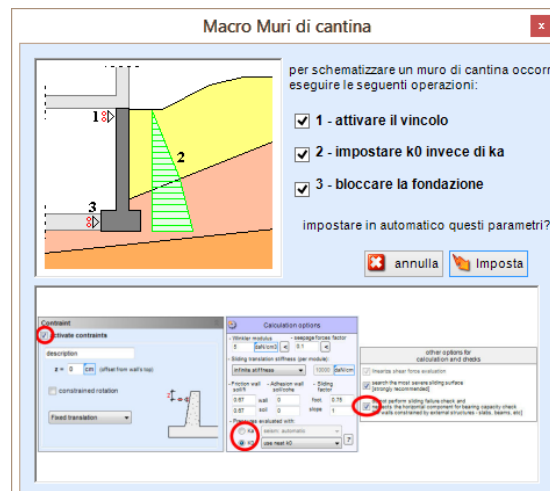


### 1.15.3 Muro di cantina

Tramite questo pannello è possibile impostare velocemente un muro di cantina scegliendo di:

- **attivare il vincolo** (cioè applicare un blocco orizzontale alla sommità del fusto);
- **impostare  $k_0$  invece di  $k_a$**  (in genere se un muro è vincolato è solito calcolare le spinte in condizioni  $k_0$ );
- **bloccare la fondazione** (attivandolo si da per scontato che la fondazione sia unita alla fondazione superficiale dell'edificio).

I singoli parametri sono poi modificabili all'interno del programma.

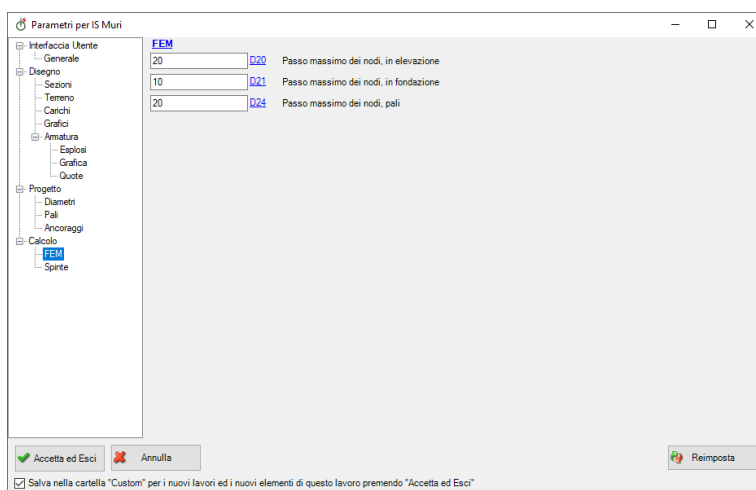


### 1.16 Opzioni Generali

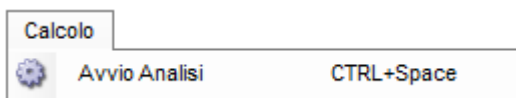
Lanciando il comando dal menu “opzioni → generali” si apre questa schermata che al suo interno contiene le opzioni grafiche ed altre inerenti il calcolo e l'analisi.

Le modifiche qui impostate possono essere rese “permanenti” lasciando spuntata la dicitura “salva in Custom”; in questo modo anche al prossimo riavvio e per i prossimi lavori IS Muri avrà queste impostazioni.

Tramite il tasto “Reimposta” è possibile tornare al settaggio di default di questo pannello ed in ogni caso ogni parametro presente è ben delineato dall'etichetta presente sulla destra.



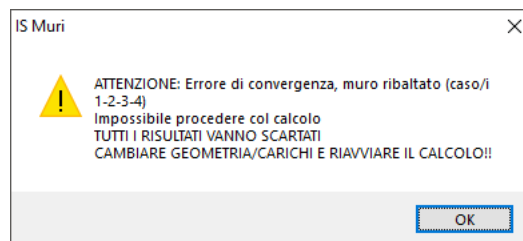
### 1.17 Avvio calcolo



La prima voce del menu calcolo permette di avviare l'analisi e a monitor appare l'animazione dell'“Analisi in corso”.

Se il calcolo termina e l'animazione scompare senza messaggi allora il muro è stabile, non si ribalta, e quindi si procede con il controllo dei risultati del calcolo.

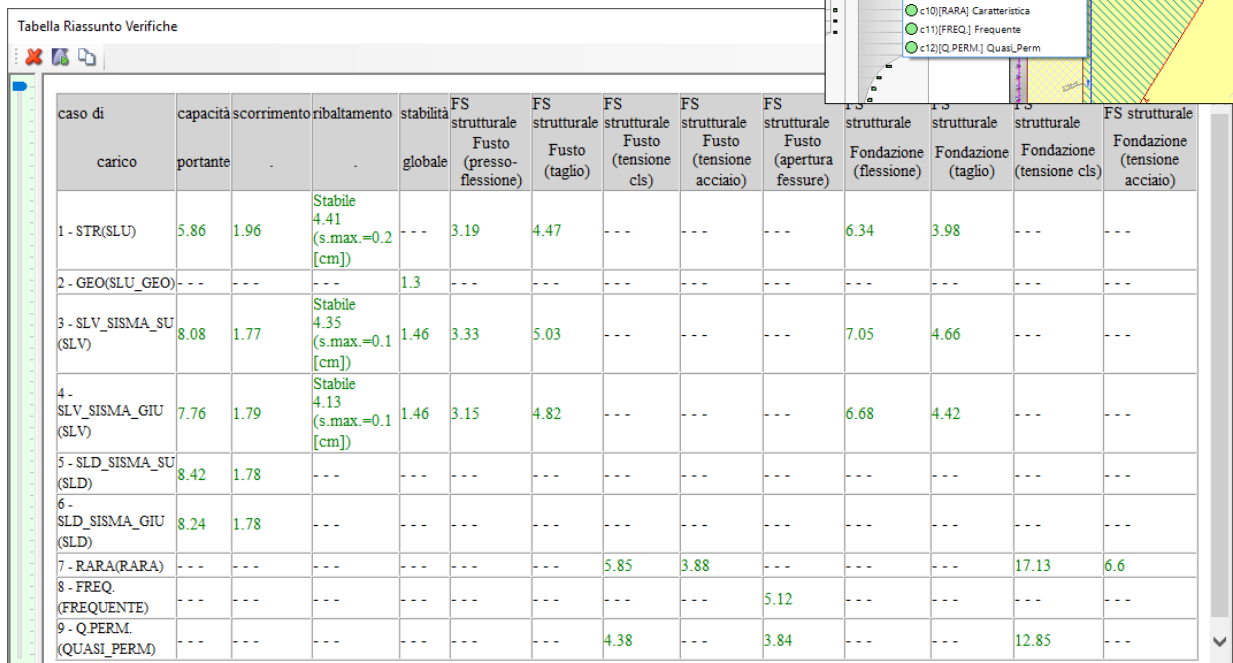
Se invece il calcolo viene interrotto dal messaggio di instabilità del muro allora tutti i risultati saranno inutili ed occorrerà rivedere quantomeno la geometria del muro per trovare una configurazione stabile del manufatto.





### 1.18 Risultati

Tutti i risultati a monitor vengono mostrati in base al caso (combinazione delle azioni) di carico selezionato. Modificando tale selezione il programma aggiorna i risultati a monitor.



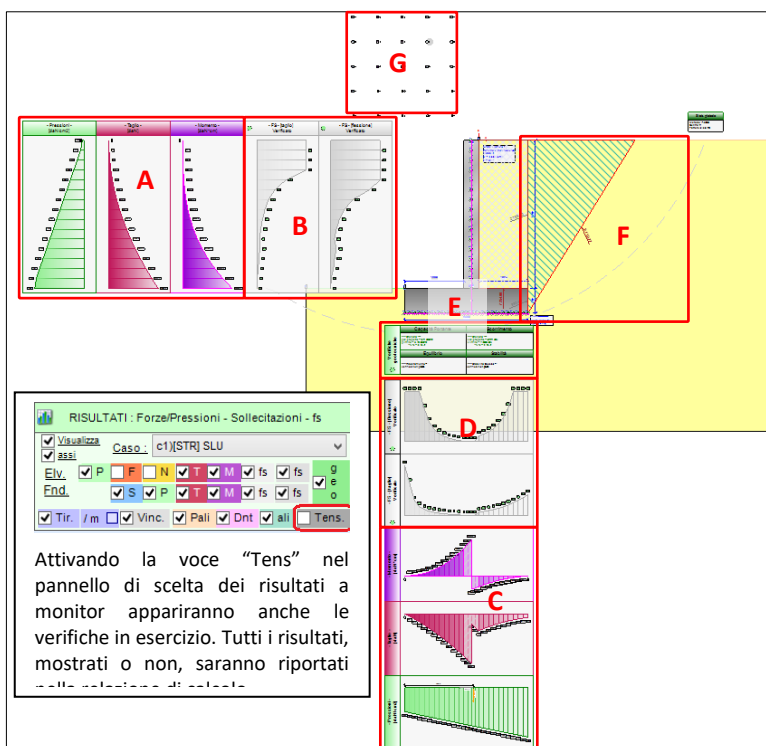
caso di carico	capacità portante	scorrimento	ribaltamento	stabilità globale	FS strutturale Fusto (presso-flessione)	FS strutturale Fusto (taglio)	FS strutturale Fusto (tensione cls)	FS strutturale Fusto (tensione acciaio)	FS strutturale Fusto (apertura fessure)	strutturale Fondazione (flessione)	strutturale Fondazione (taglio)	strutturale Fondazione (tensione cls)	FS strutturale Fondazione (tensione acciaio)
1 - STR(SLU)	5.86	1.96	Stabile 4.41 (s.max.=0.2 [cm])	---	3.19	4.47	---	---	---	6.34	3.98	---	---
2 - GEO(SLU_GEO)	---	---	---	1.3	---	---	---	---	---	---	---	---	---
3 - SLV_SISMA_SU (SLV)	8.08	1.77	Stabile 4.35 (s.max.=0.1 [cm])	1.46	3.33	5.03	---	---	---	7.05	4.66	---	---
4 - SLV_SISMA_GIU (SLV)	7.76	1.79	Stabile 4.13 (s.max.=0.1 [cm])	1.46	3.15	4.82	---	---	---	6.68	4.42	---	---
5 - SLD_SISMA_SU (SLD)	8.42	1.78	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
6 - SLD_SISMA_GIU (SLD)	8.24	1.78	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---
7 - RARA(RARA)	---	---	---	---	---	---	5.85	3.88	---	---	---	17.13	6.6
8 - FREQ. (FREQUENTE)	---	---	---	---	---	---	---	---	5.12	---	---	---	---
9 - Q.PERM. (QUASI_PERM.)	---	---	---	---	---	---	4.38	---	3.84	---	---	12.85	---

Una scritta posta sulla destra di questo elenco ricorda se il muro è completamente verificato o meno ed eventualmente per quali casi di carico la verifica non è andata a buon fine. Cliccando su tale scritta viene richiamata in grafica una tabella riassuntiva completa di ogni verifica e di ogni caso di carico; tale tabella viene riportata in relazione.

Una volta terminata l'analisi del muro verranno mostrati a monitor i risultati del calcolo del primo caso.

In grafica appariranno grafici e tabelle riferiti alle verifiche del fusto, della fondazione e di ogni altro elemento inserito o verifica richiesta.

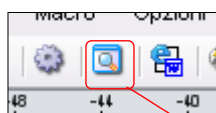
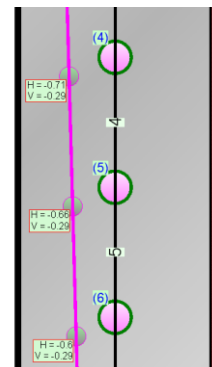
- A)** azioni agenti sul fusto (pressione, taglio e momento, ecc.);
- B)** verifiche strutturali del fusto, sono riportati i fattori di sicurezza quindi valori superiori ad "1" sono considerati verificati (verdi), valori inferiori all'unità saranno mostrati in rosso in quanto non verificati;
- C)** azioni agenti sulla fondazione (pressione, taglio e momento);
- D)** verifiche strutturali della mensola di fondazione, sono riportati i fattori di sicurezza quindi valori superiori ad "1"




sono considerati verificati (**verdi**), valori inferiori all'unità saranno mostrati in **rosso** in quanto non verificati;  
**E**) verifiche geotecniche (capacità portante, ribaltamento, scorrimento, verifica di stabilità globale).  
**F**) superficie di scorrimento, suddivisione in poligoni e forze agenti; per il calcolo delle spinte il programma utilizza il metodo di Culman (metodo del cuneo di tentativo) se si è selezionato "ka" come metodo, altrimenti utilizza il coeff. di spinta a riposo "k0".  
**G**) viene evidenziato nella maglia dei centri il centro riferito alla superficie circolare con fattore di sicurezza minore (verde se verificato, rosso altrimenti)

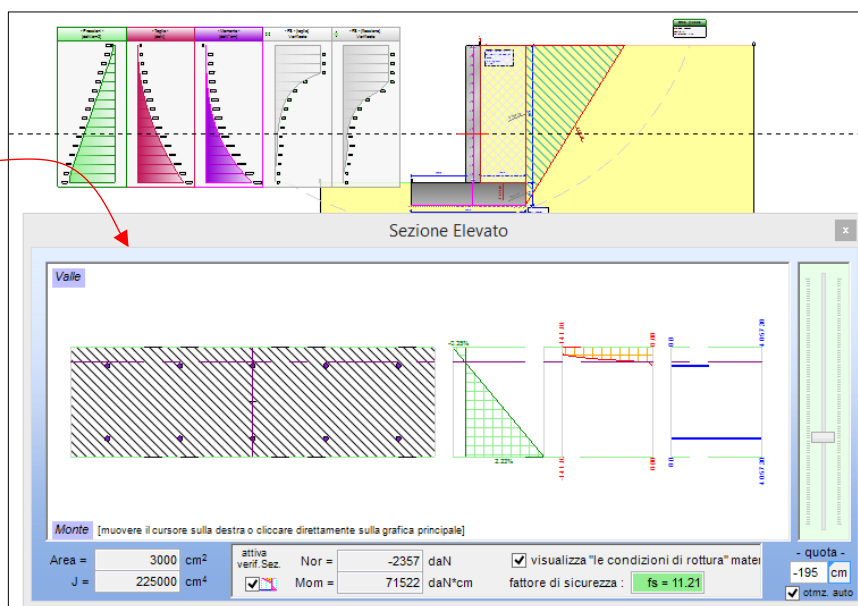
In viola è visibile la deformata del modello ad elementi finiti, riferita al caso di carico selezionato, e sui singoli vertici di questi sono visibili gli spostamenti orizzontali e verticali.

Il programma, per completezza, mostra sempre tutti i grafici delle azioni e tutti i risultati per ogni caso di carico limitandosi a segnalare in **VERDE** se la verifica è andata a buon fine, **ROSSO** altrimenti e **GRIGIO** quando la verifica richiesta e mostrata non può dare risultati per il caso di carico selezionato.



Mediante l'icona sopra riportata si apre la schermata dedicata alla verifica sezionale dove, premendo il tasto , compare la verifica sezionale in termini di condizioni di rottura dei materiali o tasso di lavoro degli stessi.

Muovendo il cursore sulla destra o cliccando direttamente sulla grafica principale alla quota voluta viene riportato lo stato deformativo e tensionale della sezione interessata.



A monitor possono ancora essere visualizzati i seguenti risultati:

- verifica strutturale e geotecnica del tirante;
- verifica del dente di fondazione;
- portata dei pali di fondazione e azioni testa palo;
- verifiche in esercizio del c.a. sia per fusto che per fondazione.
- verifica strutturale del palo (se attivata l'opzione "travi deformabili")

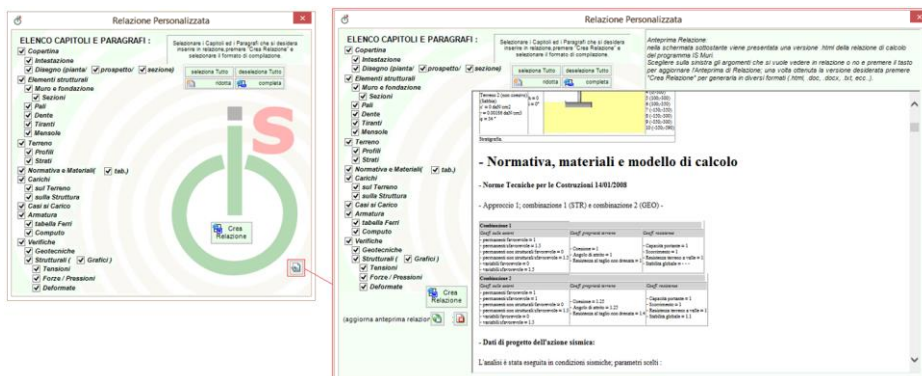


### 1.19 Relazione

La relazione di calcolo può essere redatta in diversi formati di impaginazione e contenuti.

Alla voce di menu “Calcolo” è possibile lanciare le seguenti voci:

- Relazione di calcolo (**ridotta**) = genera una relazione con settaggio automatico impostato su “ridotto” e quindi senza immagini, tabelle compresse ed altre impostazioni;
- Relazione di calcolo (**completa**) = formato classico con tutte le informazioni in formato grafico e testuale
- Relazione **personalizzata** = in questa finestra si dovrà scegliere che capitoli e sotto capitoli inserire in relazione e premendo l’icona



apparirà l’anteprima della relazione in modo da poter vedere le scelte fatte.

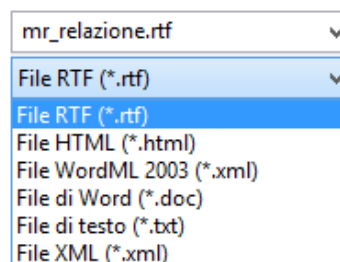
Tramite i tasti: **ridotta** **completa**

vengono attivati / disattivati in automatico i capitoli della relazione.

E’ possibile salvare la

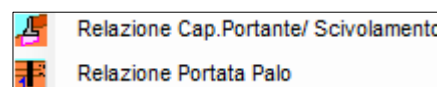
relazione nei formati:

- \***.rtf** = formato consigliato, genera istantaneamente un file “.rtf” modificabile direttamente in qualsiasi programma di edit testuale;
- \***.html** = molto rapido ma non editabile (una volta aperta la relazione in html si seleziona tutto, copia, si apre word®, incolla);
- \***.xml** = formato di Microsoft, da aprire poi con word (se non lo fa in automatico), rapido ed editabile;
- \***.doc** = vecchio formato di word, molto lento;
- \***.txt** = sequenza di numeri senza immagini e tabelle;
- \***.xml** = formato interno.

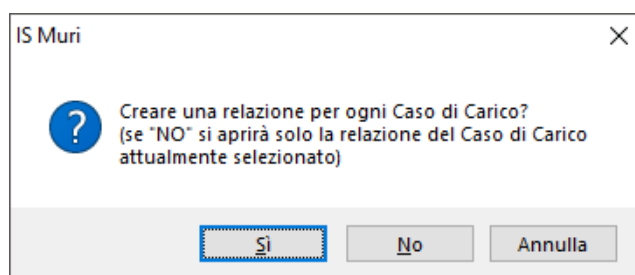


#### 1.19.1 relazioni specifiche

“Relazione cap. portante/scivolamento” e “Relazione portata palo” permettono la redazione di relazioni specifiche e dettagliate sulle verifiche geotecniche eseguite.



Appena lanciato il comando il programma chiederà se generare tante relazioni di calcolo, una per ogni caso di carico presente, oppure se creare solo la relazione del caso evidenziato in quel momento; si consiglia di selezionare il caso voluto e poi creare la relazione voluta.



## 1.20 Computo metrico

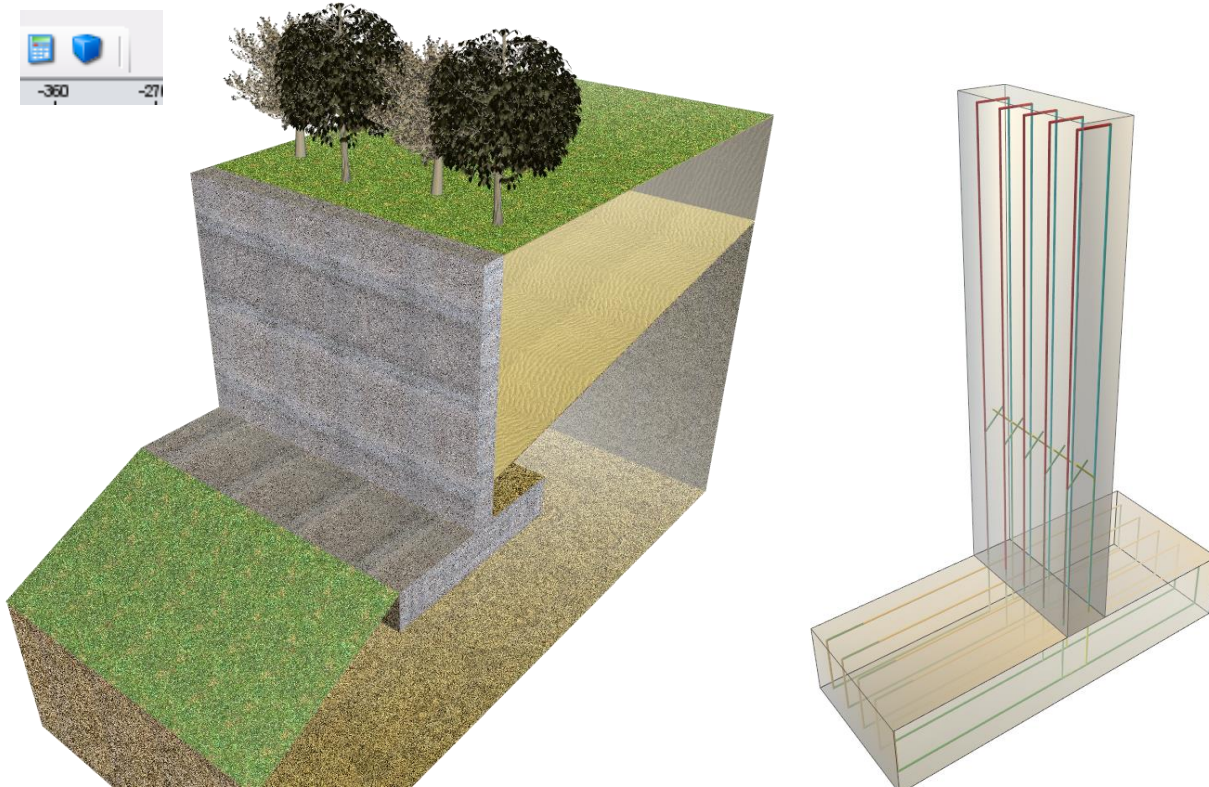
Tramite il comando “Calcolo → Info Muro” viene visualizzato il pannello dedicato al calcolo dei volumi e dei pesi in gioco per un modulo di muro.

Specificando un costo unitario per il calcestruzzo e per l'acciaio il programma riporta il costo a modulo del manufatto.

- CALCESTRUZZO -		- ACCIAIO "verticale" -		- ACCIAIO "longitudinale" -				
Volumi:		Pesi:		Lunghesse:		Pesi:		
Fusto =	2.653 m <sup>3</sup>	6 632.7	daN	Fusto =	171 m	251.4	daN	
Fond. =	3.125 m <sup>3</sup>	7 812.5	daN	Fond. =	82.8 m	135.1	daN	
	↓		↓		↓		↓	
	5.778 m <sup>3</sup>	14 445.2	daN		253.8 m	386.5	daN	
- Prezzi unitari e Computo -		( valori da intendersi a modulo di calcolo )						
Cls =	90.00	€ / m <sup>3</sup>	→	520.028652	€	→	1105.62865	€
Acciaio =	1.20	€ / daN	→	585.6	€	→	1105.62865	€
		tot. Lunghesse:		tot. Pesi:				
		↓		↓				
		484.9 m		488		daN		

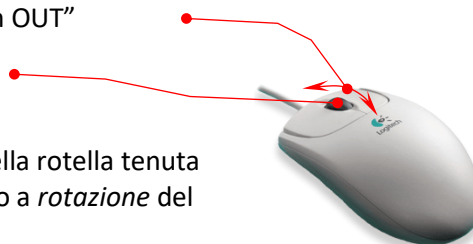
## 1.21 Visuale 3D

Tramite l'apposita icona, o con il tasto "F5" della tastiera, e se le DirectX® sono correttamente installate, l'intero lavoro verrà mostrato in versione 3D.



Tramite la rotella centrale del mouse e la barra spazio della tastiera è possibile girare agevolmente nello spazio 3d, precisamente:

- rotella centrale:
  - “scroll” avanti e indietro → visuale “Zoom IN” e “Zoom OUT”
  - “rotella tenuta premuta”: → rotazione modello (\*)
  - spostamento (\*)
- barra spazio:
  - ogni volta che la si preme ci cambia il comando (\*) della rotella tenuta premuta; il comando passa da *traslazione* del modello a *rotazione* del modello.

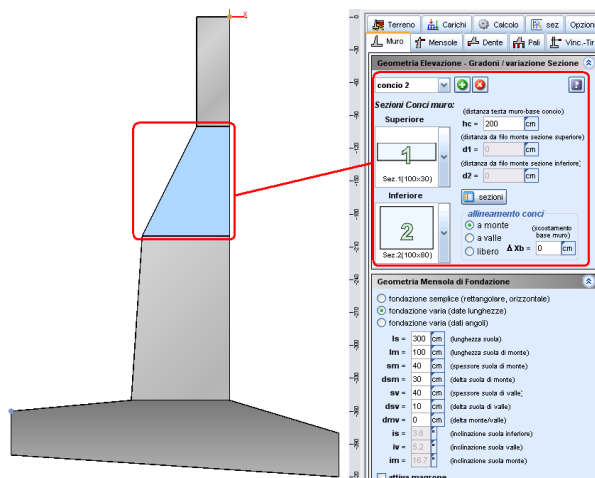


## 2 Approfondimenti

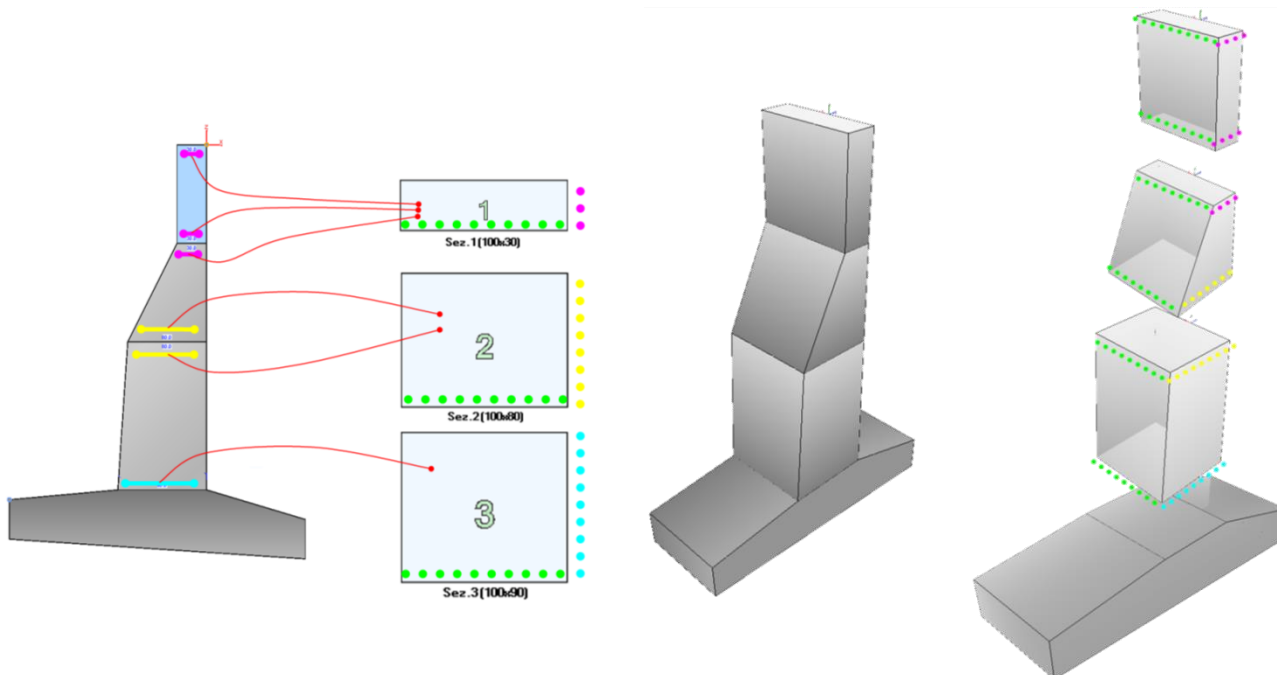
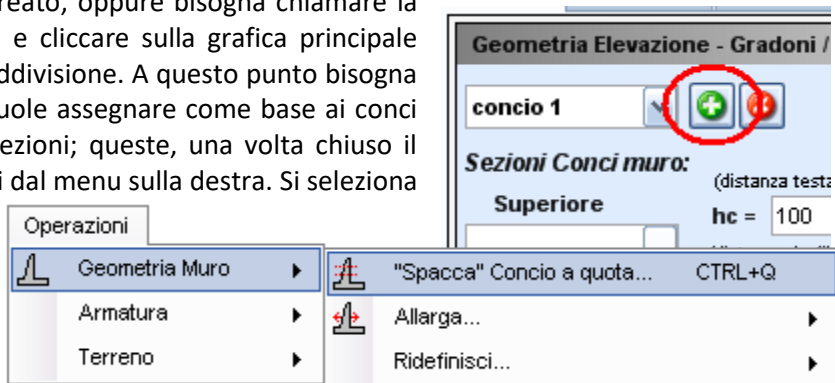
### 2.1 Cosa si intende per CONCIO

In IS Muri la libertà di creare sezioni e muri "particolari" è praticamente totale.

Per poter modellare il muro a piacimento bisogna agire sul numero di conci di cui è composto e sulle sezioni che questi avranno, rispettivamente come base superiore e come base inferiore.



Per aumentare il numero di conci occorre premere il tasto "+" nel pannello dedicato alla gestione dei conci e poi modificare l'altezza del concio creato, oppure bisogna chiamare la funzione "Spacca concio alla quota..." e cliccare sulla grafica principale alla quota in cui si vuole eseguire la suddivisione. A questo punto bisogna modificare o creare le sezioni che si vuole assegnare come base ai conci entrando nel pannello dedicato alle sezioni; queste, una volta chiuso il pannello, saranno visibili e selezionabili dal menu sulla destra. Si seleziona il concio a cui assegnare la sezione come base e nelle due tendine a destra si sceglie l'opportuna sezione.

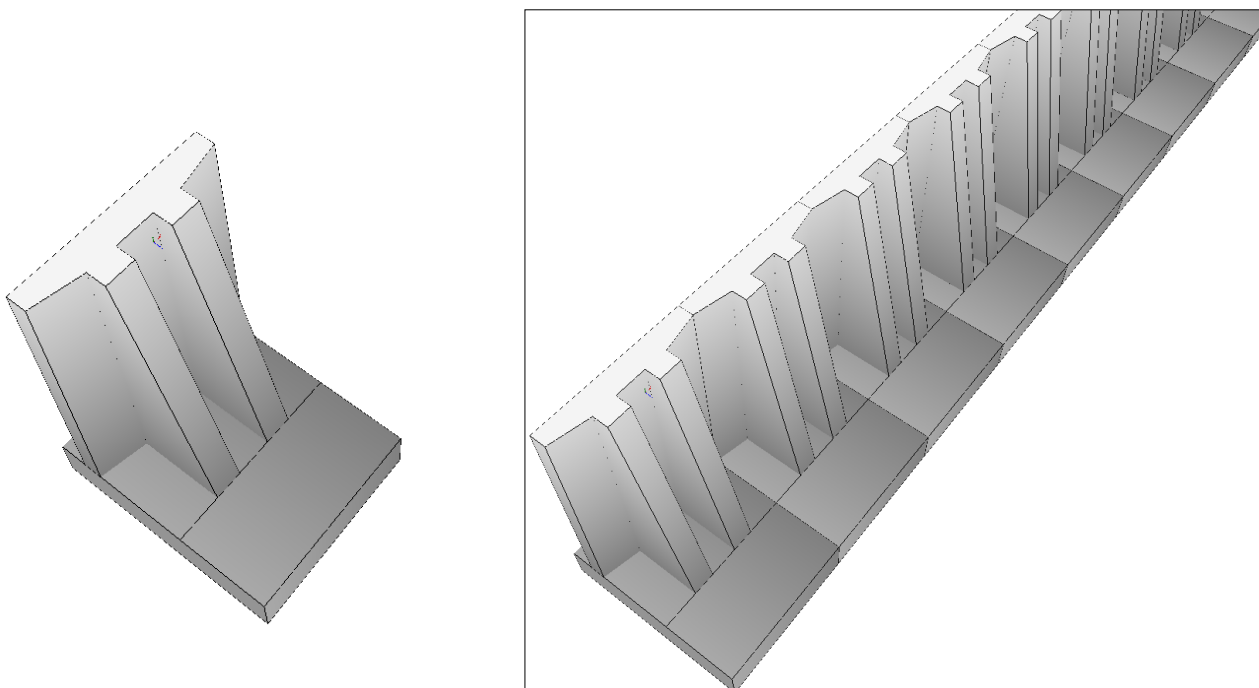


## 2.2 Come viene gestita la 3° dimensione; cos'è il MODULO

Di default il programma gestisce e propone una profondità di 1 metro (come in IS Paratie); tuttavia è possibile gestire a piacere la 3° dimensione, variando tale valore.

*Sia chiaro, comunque, che il programma calcola e verifica nel bidimensionale, non gestisce il modello tridimensionale del muro ma considera e verifica il comportamento del manufatto nel piano XZ.*

La "libertà" nella 3° dimensione è stata inserita e pensata per quando non si ha un muro omogeneo nella profondità, cioè quando il classico modulo da 1 metro non schematizza perfettamente "una fetta" di muro ma ho ad esempio una sezione a C o una a doppio contrafforte.



In questi casi per personalizzare completamente la dimensione lungo l'asse Y si devono creare le sezioni volute (con larghezza diversa da 100 cm...), le si applica ai conci (o al solo concio presente), si impone il valore del modulo o si dice al programma di considerare tangenti gli elementi (verrà calcolato automaticamente il modulo e verrà applicato in modo da avere congruenza tra larghezza sezioni e profondità di calcolo).

modulo = alla larghezza della sezione

Potenziale errore  
modulo > alla larghezza della sezione !!!

**Opzioni Geometriche di Calcolo**

- considera elementi tangenti
- specifica modulo di calcolo (genera modulo)
- l = 200 cm
- visualizza singolo modulo
- visualizza più moduli (numero elementi visualizzati)
- n° = 2
- (lunghezza del muro SOLO per il calcolo della capacità portante)
- muro di lunghezza indefinita
- lunghezza del muro : 500 cm

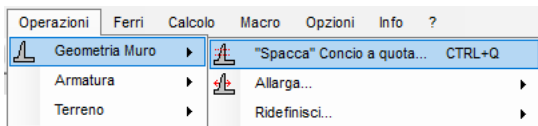
**Opzioni Geometriche di Calcolo**

- considera elementi tangenti
- specifica modulo di calcolo (genera modulo)
- l = 250 cm
- visualizza singolo modulo
- visualizza più moduli (numero elementi visualizzati)
- n° = 2
- (lunghezza del muro SOLO per il calcolo della capacità portante)
- muro di lunghezza indefinita
- lunghezza del muro : 500 cm

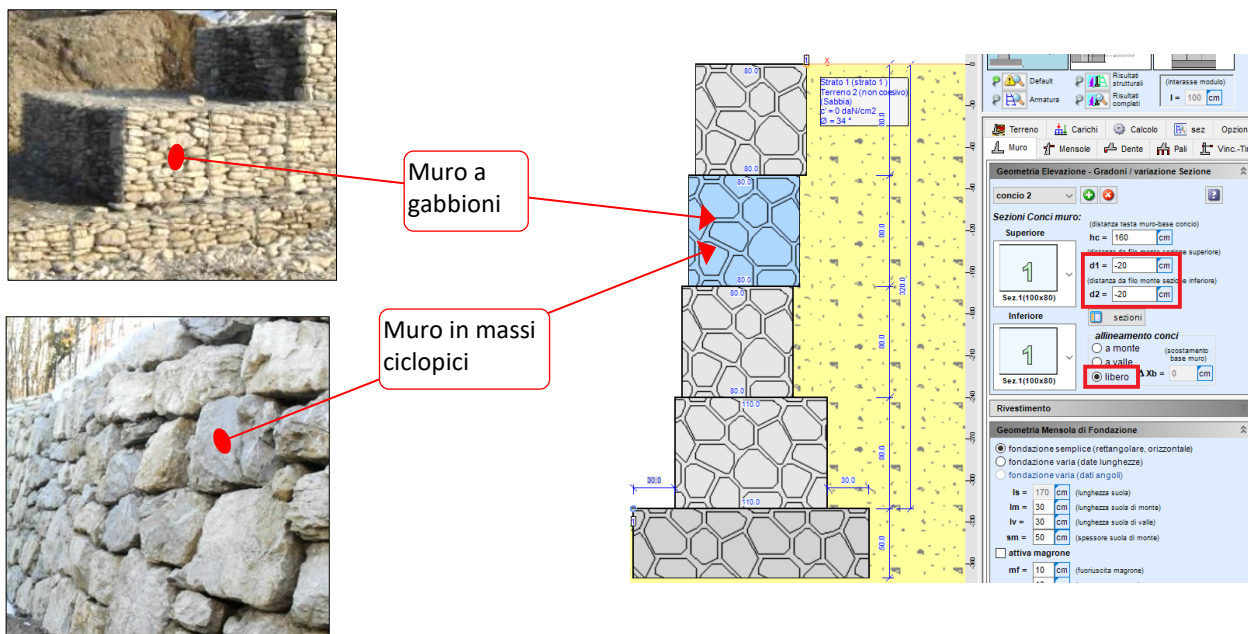


### 2.3 Creazione muro in massi ciclopici / gabbioni

Con IS Muri è possibile calcolare un muro a blocchi di diversa tipologia. Per schematizzarlo occorre per prima cosa suddividere il muro in diversi conci tramite le voci del menu "Operazioni --> geometria muri --> spacca concio a quota":



Successivamente potrà scostare e disassare i blocchi tramite l'allineamento di questi:



Muratura		Muratura FONDAZIONE	
<b>- MURATURA -</b>			
Descr. =	Pietrame e malta		
fk =	15 daN/cm <sup>2</sup>	E =	15000 daN/cm <sup>2</sup>
Blocchi	fvk0 = 0.5 daN/cm <sup>2</sup>	mu =	0.4
Interfaccia	fvk0 = 0 daN/cm <sup>2</sup>	mu =	0.4
γ m =	3 (statico)	2 (sismico)	γ (p.v.) = 0.0025 daN/cm <sup>3</sup>

In "Dati --> Materiali" bisogna selezionare la voce "Muro in muratura" e specificare i parametri di resistenza e attrito nel riquadro verde in basso (riferito al singolo blocco) e nel riquadro arancione (dedicato all'interfaccia). Qui occorre specificare una resistenza a taglio (senza N) ed un coefficiente di attrito diverso per il singolo blocco e per la zona di contatto fra i due blocchi, ossia l'interfaccia. Se tra un blocco e l'altro la verifica è garantita per il solo attrito allora sarà prassi lasciare a zero la resistenza a taglio della sezione "interfaccia" specificando solamente il valore m del coefficiente di attrito tra i due blocchi.

La lettura dei risultati sarà evidenziata dai grafici di resistenza a taglio ed a flessione del fusto; i risultati letti alla quota del concio si riferiscono alla resistenza del blocco stesso, invece quelli letti alla quota di interfaccia sono da interpretare come:

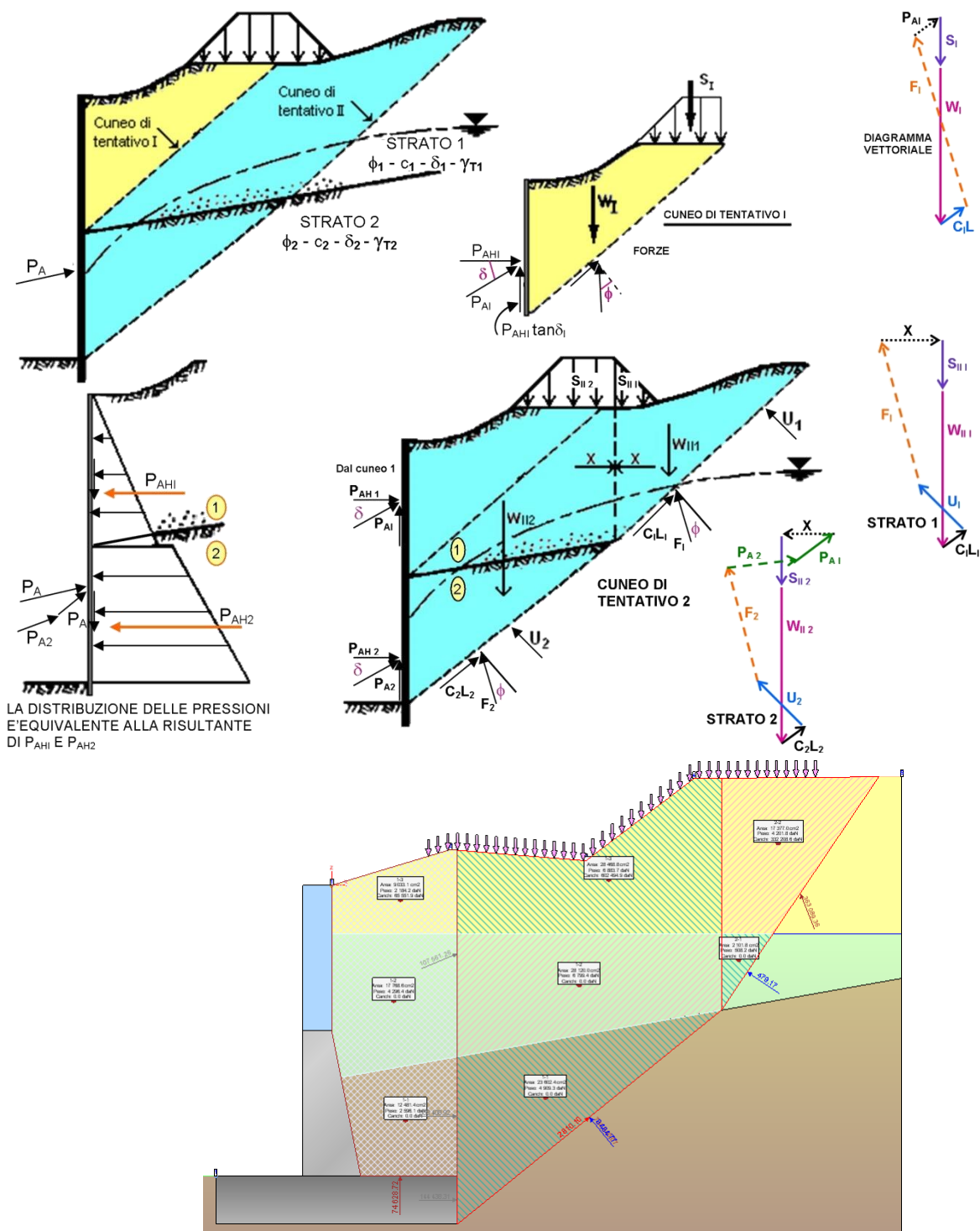
- Verifica a scorrimento blocco su blocco (verifica a taglio)
- Verifica a ribaltamento di un blocco sull'altro (verifica a flessione)

## 2.4 Metodo di calcolo delle SPINTE

Il metodo che viene utilizzato in IS Muri per il calcolo della spinta attiva sul paramento di monte è il *Metodo di Culmann*, o *Metodo del Cuneo di Tentativo*;

in pratica è una generalizzazione della teoria di Coulomb per poter risolvere i casi più particolari che con le teorie classiche che spesso schematizzano e semplificano troppo.

IS Muri grazie a questa teoria è perfettamente in grado di calcolare la spinta attiva in presenza di pendio di forma qualunque anche multistrato (avente anche inclinati), con carichi, in presenza di falda...ecc.



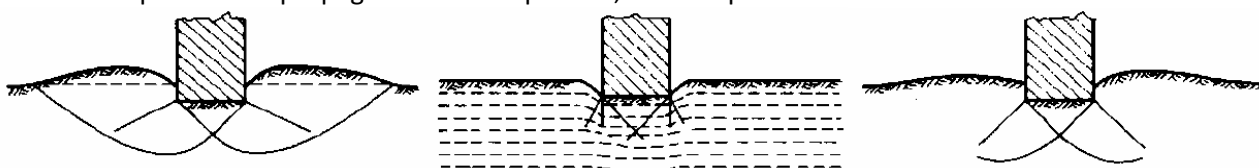
## 2.5 Metodo di calcolo per le Verifiche della Fondazione

### 2.5.1 Capacità portante delle fondazioni dirette

Il carico unitario ammissibile  $q_{amm}$  di una fondazione deve essere tale da assicurare un adeguato margine di sicurezza rispetto al carico limite  $q_{lim}$ .

Secondo la compressibilità del terreno su cui poggia la fondazione, la “rottura” può verificarsi secondo uno dei seguenti meccanismi:

- **Rottura generale:** si formano superfici di scorrimento, con origine ai bordi della fondazione, che si propagano fino alla superficie. Il terreno sotto la fondazione rifluisce lateralmente e verso l’alto, e si solleva ai lati della fondazione. Il collasso è di tipo fragile.
- **Rottura per punzonamento:** la fondazione affonda nel terreno, senza che si formino superfici di scivolamento. Questo tipo di “rottura” è caratteristico di terreni altamente compressibili. Non è identificabile un ben preciso punto di collasso.
- **Rottura locale:** questo caso è intermedio fra i due precedenti: si formano superfici di scorrimento, che però non si propagano fino in superficie, e la compressibilità del terreno ha un ruolo notevole.



Gli approcci di tipo “classico”, analizzati nel seguito, sono teoricamente applicabili solo ad una rottura di tipo generale. In genere, è lecito affermare che la rottura di tipo generale, per una fondazione diretta, prevale nei seguenti casi:

- Nei terreni sabbiosi di elevata densità relativa (in condizioni drenate).
- Nei terreni fini (in condizioni non drenate, per l’ipotesi di incompressibilità del mezzo)

In altri casi (ad esempio per terreni sabbiosi molto sciolti e fondazioni profonde) può prevalere la rottura per punzonamento.

### 2.5.2 Condizioni drenate

Quando si può supporre che l’applicazione dei carichi sia così lenta da permettere la dissipazione delle pressioni interstiziali si può eseguire l’analisi di capacità portante in termini di tensioni efficaci, ossia in condizioni drenate. Un semplice modello di calcolo di riferimento si ottiene ipotizzando che una fondazione superficiale trasmetta un carico unitario, e che il terreno sotto di essa si trovi in condizioni di collasso per cui si formi una zona di equilibrio limite per spinta attiva ed una zona di equilibrio limite per spinta passiva. Tramite la teoria di Rankine si può ricavare il regime di spinta ed il valore del carico limite, ottenuto imponendo l’equilibrio tra spinta attiva e spinta passiva:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_\gamma + c' \cdot N_c + q' \cdot N_q$$

In cui compaiono  $\gamma'$  (peso per unità di volume del terreno),  $B$  (larghezza della base),  $c'$  (coesione efficace),  $q'$  (sovraccarico laterale), e  $N_\gamma$ ,  $N_c$  e  $N_q$ , detti coefficienti di capacità portante. Questa formula evidenzia come la capacità portante dipenda da tre contributi:

- Le forze d’attrito lungo la superficie di scorrimento, dovute al peso del terreno sotto la fondazione e compreso all’interno delle stesse.
- La coesione distribuita lungo le superfici di scorrimento.
- Il sovraccarico applicato in superficie ai lati della fondazione (ad esempio dovuto all’approfondimento del piano di posa rispetto al piano campagna).

### 2.5.3 Condizioni non drenate

In un terreno argilloso, l'applicazione di un carico avvia il "lento" processo di consolidazione, per cui il terreno diminuisce il proprio contenuto d'acqua, diminuiscono le pressioni neutre ed aumentano le tensioni efficaci, cioè il carico viene progressivamente trasferito allo "scheletro solido". Col trascorrere del tempo aumenta la resistenza al taglio, perciò le condizioni peggiori sono quelle iniziali. La consolidazione è un processo lento, mentre l'applicazione del carico avviene in un tempo breve, perciò la verifica viene svolta con l'ipotesi che non ci sia diminuzione di contenuto d'acqua e che le pressioni interstiziali non siano ancora dissipate, e viene svolta in termini di tensioni totali con riferimento alla resistenza al taglio non drenata  $s_u$ . In pratica si utilizza la stessa formula descritta per le condizioni drenate, in cui si impone  $\varphi' = 0$  e  $c' = s_u$ .

### 2.5.4 Rottura generale - la formula di Brinch-Hansen

Sono state sviluppate molte distinte analisi per la definizione numerica dei coefficienti di capacità portante. È pratica comune utilizzare l'equazione di Brinch-Hansen (1970) che esprime il valore della capacità portante sommando i contributi di attrito, coesione e carico ed aggiungendo dei coefficienti correttivi.

#### 2.5.4.1 Condizioni drenate

L'espressione da adottare è la seguente:

$$q_{lim} = \frac{1}{2} \gamma' \cdot B \cdot N_{\gamma} \cdot s_{\gamma} \cdot d_{\gamma} \cdot i_{\gamma} \cdot b_{\gamma} \cdot g_{\gamma} + c' \cdot N_c \cdot s_c \cdot d_c \cdot i_c \cdot b_c \cdot g_c + q' \cdot N_q \cdot s_q \cdot d_q \cdot i_q \cdot b_q \cdot g_q$$

#### 2.5.4.2 Condizioni non drenate

Per il caso non drenato, la formula generale si riduce alla seguente espressione ( $\varphi' = 0$ ):

$$q_{lim} = s_u \cdot N_c \cdot s_c^o \cdot d_c^o \cdot i_c^o \cdot b_c^o \cdot g_c^o + q + t_{\gamma}^o$$

### 2.5.5 Rottura per punzonamento

Questo tipo di rottura richiede una significativa variazione di volume del terreno, perciò non può verificarsi in condizioni non drenate, in cui per ipotesi il terreno è incomprimibile. La verifica si applica perciò soprattutto a depositi di terreni sabbiosi sciolti. Lo studio di questo fenomeno è stato approfondito da Vesic (1973), approssimando il terreno ad un mezzo elasto-plastico e la rottura all'espansione di una cavità cilindrica.

### 2.5.6 Rottura locale

Questo tipo di rottura costituisce un caso intermedio fra i due precedenti, e come per il punzonamento non si verifica in condizioni non drenate, per l'ipotesi di terreno incomprimibile. La capacità portante  $q_{lim}$  può essere calcolata con la stessa espressione utilizzata per la rottura generale, introducendovi però un angolo di resistenza al taglio corretto.

### 2.5.7 Collasso per slittamento

Il collasso per slittamento è scongiurato se il contributo dell'attrito e della coesione sull'area efficace della fondazione più il contributo della resistenza passiva laterale è maggiore delle forze orizzontali sollecitanti,  $V < F + E$ .



## 2.6 Metodo di calcolo dalle stabilità globale

### 2.6.1 Teoria

All'interno di un pendio molto esteso e sottoposto a deformazione piana si isola un volume mediante una superficie cilindrica. Il terreno è in equilibrio limite quando viene soddisfatta la condizione di rottura, che nell'ipotesi del criterio di Mohr - Coulomb è funzione della coesione, dell'angolo di resistenza al taglio e della pressione interstiziale:

$$\tau = c' + (\sigma - u) \cdot \operatorname{tg} \phi$$

In cui:

$\tau$  = tensione tangenziale mobilitata

$c'$  = coesione efficace intercetta

$u$  = pressione idrostatica

$\phi$  = angolo di resistenza al taglio

Se lungo la superficie la tensione tangenziale applicata, detta resistenza mobilitata, è minore della resistenza a rottura disponibile, si può determinare una condizione di equilibrio limite tramite un coefficiente di sicurezza, che rappresenta il fattore per cui dividere i parametri di resistenza del terreno ed avere la rottura del pendio lungo la superficie considerata.

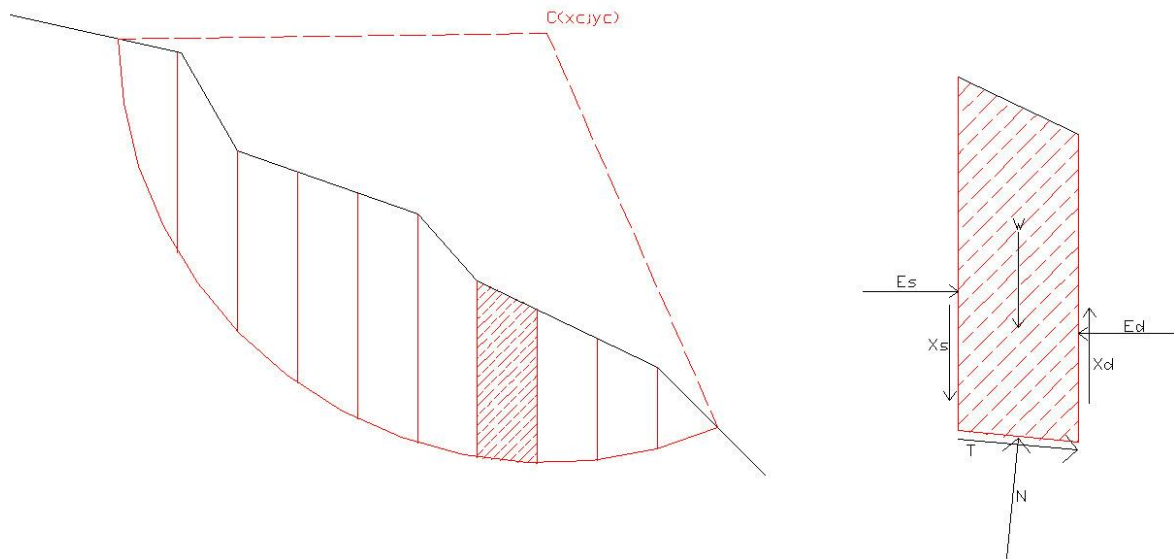
$$\tau = \frac{c'}{F} + \frac{1}{F} (\sigma - u) \cdot \operatorname{tg} \phi$$

Questo valore è utilizzato per determinare la sicurezza del pendio nei confronti della rottura per taglio e viene assunto costante lungo tutta la superficie, in modo che in ogni punto di essa venga mobilitata la stessa aliquota di resistenza al taglio. Si ricava che il fattore di sicurezza è dato dal rapporto tra la resistenza disponibile e quella mobilitata. Per determinare tale valore si utilizzano le equazioni dell'equilibrio dei corpi rigidi ossia le equazioni di equilibrio alla traslazione orizzontale e verticale ed alla rotazione rispetto ad un punto del piano delle forze.

Nel pendio viene definito un numero elevato di superfici di scorrimento, ad ognuna di queste è possibile associare un fattore di sicurezza. Il fattore di sicurezza minore definisce la cosiddetta superficie critica e viene assunto come rappresentativo delle condizioni di stabilità del pendio.

Nell'ambito della teoria dell'equilibrio limite sono stati sviluppati numerosi metodi per il calcolo del fattore di sicurezza. Fra questi vi sono i cosiddetti metodi delle strisce, che prevedono di suddividere il volume di terreno considerato in blocchi di spessore finito, ma piccolo, di cui è possibile scrivere le equazioni di equilibrio. Si riescono a considerare, grazie all'efficacia ed alla flessibilità di questi metodi, pendii di forma complessa e costituiti da terreni aventi caratteristiche fisiche e meccaniche diverse.

Per mantenere le strisce in condizione di equilibrio bisogna applicare sui lati e sulla base le risultanti degli sforzi efficaci e delle pressioni interstiziali, che si trasmettono mutuamente tra i blocchi. Per il volume suddiviso in  $n$  strisce si ha che il problema è  $n-2$  volte iperstatico e le incognite sono le forze di interazione tra le strisce ( $X_i$  ed  $E_i$ ), i bracci di queste, valutate rispetto al limite inferiore del lato considerato, e le forze normali alla base ( $N_i$ ). Complessivamente si hanno  $4n-2$  incognite. Avendo a disposizione  $3n$  equazioni di equilibrio, ossia 3 per ciascuna striscia, il problema risulta affetto da un alto grado di indeterminazione.



**Figura 1. 1** Suddivisione della superficie in strisce e forze agenti su una di esse

I metodi di calcolo vengono suddivisi in due grandi gruppi: i metodi “semplificati” ed i metodi “rigorosi”. Nei primi si adottano semplificazioni che trascurano alcune forze che agiscono sulle strisce o fissano la loro direzione ed il loro punto di applicazione. La soluzione che si ricava non consente di soddisfare tutte le condizioni di equilibrio delle strisce. Per quanto riguarda il secondo tipo di metodi si ricercano le n-2 equazioni mancanti, rispettando così l'equilibrio globale delle strisce.

## 2.6.2 Metodi implementati

I metodi di calcolo implementati da **IS Muri** sono:

Fellenius (1927)

Bishop (1955)

### 2.6.2.1 Metodo di Fellenius

Il metodo calcola l'equilibrio alla traslazione in direzione normale alla base della striscia. L'ipotesi semplificativa prevede di assumere che la risultante delle forze, agente sui lati di ogni striscia, non abbia componenti in direzione normale alla base di questa, oppure si trascurano le forze interstriscia ( $X_i = E_i = 0$ ).

La formula per valutare il fattore di sicurezza risulta quindi:

$$F = \frac{\sum [c' \cdot l_i + (W_i \cdot \cos \alpha_i - U_{bi}) \cdot \operatorname{tg} \phi]}{\sum W_i \cdot \operatorname{sen} \alpha_i}$$

In cui:

$c'$  = coesione efficace

$l_i$  = lunghezza della base della striscia i-esima

$W_i$  = peso della striscia i-esima

$\alpha_i$  = inclinazione della base della striscia

$U_{bi}$  = pressione interstiziale agente alla base della striscia i-esima

$\phi$  = angolo di resistenza al taglio

La formula per valutare il fattore di sicurezza in presenza di sisma risulta:

$$F = \frac{\sum [c' \cdot l_i + [W_i(1 + K_v) \cdot \cos \alpha_i - K_H \cdot W_i \cdot \sin \alpha_i - U_{bi}(1 + K_v)] \cdot \tan \phi]}{\sum W_i \cdot \left[ (1 + K_v) \cdot \sin \alpha_i + K_H \left( \frac{d_G}{R} \right) \right]}$$

In cui:

$R$  = raggio della superficie circolare

$d_G$  = distanza tra il baricentro della striscia  $i$ -esima ed il centro della superficie circolare

Il calcolo in presenza di sisma vale solo per le superfici di forma circolare, per quelle generiche è applicabile solo il caso statico.

### 2.6.2.2 Metodo di Bishop

Si suppone che le forze interstriscia abbiano direzione orizzontale e che le forze di taglio siano nulle, questo è alla base del metodo di Bishop semplificato, che non presenta svantaggi rispetto al metodo rigoroso. Dall'equazione d'equilibrio alla traslazione in direzione normale alla base della striscia si ricava l'espressione del fattore di sicurezza:

$$F = \frac{\sum [c' \cdot b_i + (W_i - u_{bi} \cdot b) \cdot \tan \phi] \left[ \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \cdot \frac{\tan \phi}{F}} \right]}{\sum W_i \cdot \sin \alpha_i}$$

In cui:

$b_i$  = larghezza della base della striscia  $i$ -esima

$c'$  = coesione efficace

$W_i$  = peso della striscia  $i$ -esima

$\alpha_i$  = inclinazione della base della striscia

$U_{bi}$  = pressione interstiziale agente alla base della striscia  $i$ -esima

$\phi$  = angolo di resistenza al taglio

Il calcolo segue una procedura iterativa, partendo, come primo tentativo, dal valore del fattore di sicurezza calcolato con il metodo di Fellenius.

Questo metodo non tiene conto dell'equilibrio alla traslazione orizzontale della striscia, che, quindi, non è verificato. Nonostante ciò il metodo dà risultati molto simili a quelli ottenuti con i cosiddetti metodi "rigorosi".

La formula per valutare il fattore di sicurezza in presenza di sisma risulta:

$$F = \frac{\sum [c' \cdot b_i + W_i(1 + K_v) \cdot \tan \phi - u_{bi} \cdot b \cdot \tan \phi] \left[ \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \cdot \frac{\tan \phi}{F}} \right]}{\sum W_i \cdot \left[ (1 + K_v) \cdot \sin \alpha_i + K_H \left( \frac{d_G}{R} \right) \right]}$$

In cui:

$R$  = raggio della superficie circolare

$d_G$  = distanza tra il baricentro della striscia  $i$ -esima ed il centro della superficie circolare

**Il calcolo in presenza di sisma vale solo per le superfici di forma circolare, per quelle generiche è applicabile solo il caso statico.**

## **2.7 Metodo di calcolo per le Verifiche Strutturali**

L'analisi meccanica della sezione è condotta con riferimento alle leggi costitutive definite per il materiale impiegato, stabilite dalla normativa selezionata. La sezione può essere composta di materiali differenti, ed il progettista ha la possibilità di agire sui parametri che definiscono la legge costitutiva di ciascuno dei materiali, ma la procedura adottata dal codice di calcolo è generica e può essere in ogni caso. La verifica a presso-flessione o presso-tensione (eventualmente deviata), viene svolta utilizzando il seguente diagramma di flusso:

1. suddivisione della sezione in aree elementari
  - a. definizione delle proprietà lineari elastiche di ciascuna area elementare secondo le proprietà del materiale di cui è composta
2. calcolo iterativo fino a convergenza (attivazione della condizione di "non verifica" se questa non viene raggiunta)
  - a. calcolo della deformazione corrispondente alle sollecitazioni applicate
  - b. integrazione delle tensioni all'interno di ciascuna area secondo la legge costitutiva (in genere non lineare) del materiale corrispondente
  - c. confronto tra la reazione risultante e le sollecitazioni applicate
  - d. aggiornamento delle lineari elastiche di ciascuna area elementare e passaggio alla successiva iterazione
3. ottenuta la convergenza, confronto tra le deformazioni calcolate e gli eventuali limiti deformativi imposti dalla normativa secondo il materiale utilizzato (attivazione della condizione di "non verifica" se questi non sono rispettati)

Questa procedura conduce alla calcolo di una configurazione equilibrata e congruente, corrispondente alla condizione di "verifica superata", oppure all'attivazione della condizione di "non verifica".