

PREMESSA

Il presente foglio di calcolo esegue le Verifiche Geotecniche agli SLU e SLE secondo il D.M.14/01/2008 per plinti quadrati e/o rettangolari. Il programma è impostato per il calcolo di massimo 20 plinti. La stratigrafia è uguale per tutti i plinti, ma può essere variata nei files relativi ai calcoli del singolo plinto.

La figura A mostra un'ipotetica disposizione in pianta delle fondazioni, senza indicare la numerazione del singolo plinto tantomeno gli interassi poiché queste informazioni saranno personalizzabili in seguito.

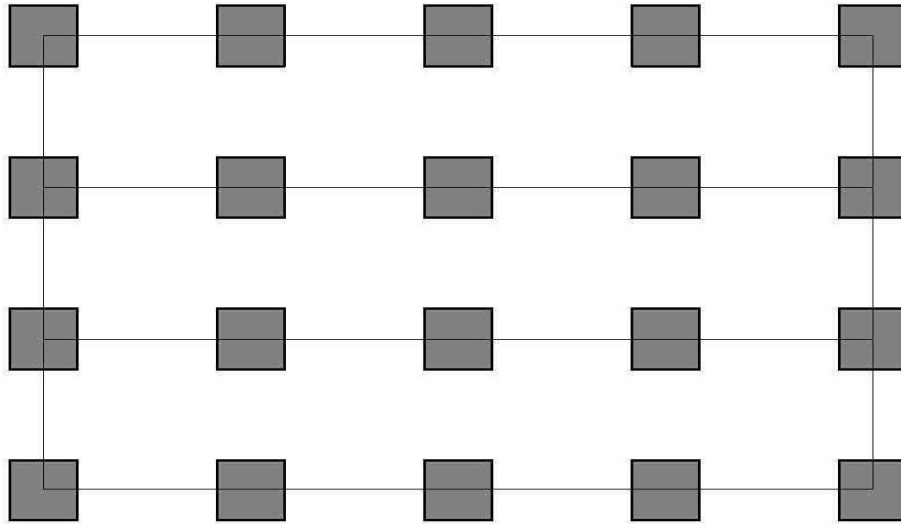
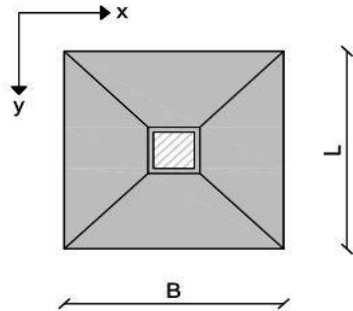


Fig. A - Disposizione planimetrica generica dei plinti oggetto delle verifiche

I sistemi di riferimento adottati nei fogli successivi e la tipologia di plinto che è possibile calcolare sono indicati nelle figure sottostanti:



B = Base
L = Lunghezza
D = profondità del piano di posa
H = altezza (spessore) fondazione

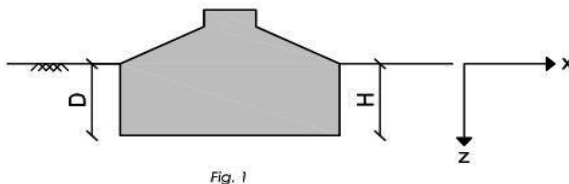


Fig. 1

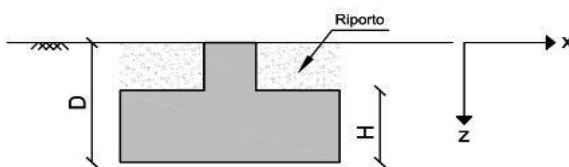


Fig. 2

Il foglio esegue calcoli corretti sia per la tipologia di plinto in Fig. 1 che in Fig. 2

GEOMETRIA DELLE FONDAZIONI

PLINTI	B	L	D	H
	m	m	m	m
PLINTO 1	2,5	2,5	2,00	0,7
PLINTO 2				
PLINTO 3				
PLINTO 4				
PLINTO 5				
PLINTO 6				
PLINTO 7				
PLINTO 8				
PLINTO 9				
PLINTO 10				
PLINTO 11				
PLINTO 12				
PLINTO 13				
PLINTO 14				
PLINTO 15				
PLINTO 16				
PLINTO 17				
PLINTO 18				
PLINTO 19				
PLINTO 20				

STRATIGRAFIA

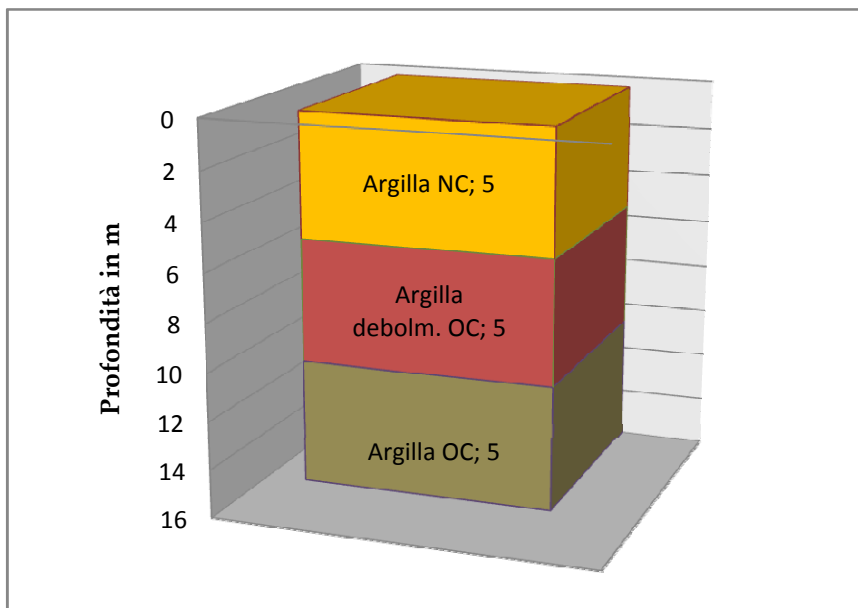
Strato	Materiale	Profondità (m)	Spessore (m)
1	Argilla NC	0,00	5,00
2	Argilla debolm. OC	5,00	5,00
3	Argilla OC	10,0	5,00
4	Substrato	15,0	-
	Falda acquifera	10,00	0,00

ω = inclinazione del piano campagna =

0 °

α = inclinazione del piano di posa fondazione =

0 °



LEGENDA

$$K_0(NC) = 1 - \sin\phi'$$

$$K_0(OC) = K_0(NC) \text{OCR}^{1-\sin\phi'}$$

RR o CR = indici o rapporti di ricomprensione o compressione dei vari strati

$$RR = c_r / (1+e_0)$$

$$CR = c_c / (1+e_0)$$

$$c_c = 1,42 \text{ IP (Correlazione di Wroth \& Wood, 1978)}$$

c_v = coefficiente di consolidazione primaria edometrica

"pedice u" = undrained = non drenato

PARAMETRI GEOTECNICI

<i>Strato</i>	<i>Materiale</i>	<i>Stress-path</i>	<i>Parametro</i>	<i>Valore</i>	<i>U.m.</i>
-	Falda	-	γ_w	10	kN/m^3
Strato 1	Argilla NC	Drenato	γ_t	18,00	kN/m^3
			c'	0,0	kPa
			ϕ'	21,0	°
			E'	13.000,0	kPa
			ν	0,32	-
		Non drenato	K_0	0,64	-
			c_u	50	kPa
			E_u	14.950	kPa
		Edometrico	ν_u	0,5	-
			OCR	1	-
			RR o CR	0,05	-
			c_v	0,000000035	m^2/sec
		$B_{Skempton}$	0,5	-	
		$A_{Skempton}$	0,75	-	
Strato 2	Argilla debolm. OC	Drenato	γ_t	20,00	kN/m^3
			c'	50,0	kPa
			ϕ'	22,0	°
			E'	14.000,0	kPa
			ν	0,31	-
		Non drenato	K_0	0,96	-
			c_u	100	kPa
			E_u	16.100	kPa
		Edometrico	ν_u	0,5	-
			OCR	3,0	-
			RR o CR	0,05	-
			c_v	0,000000003	m^2/sec
		$B_{Skempton}$	1	-	
		$A_{Skempton}$	0,5	-	
Strato 3	Argilla OC	Drenato	γ_t	21,00	kN/m^3
			c'	80,0	kPa
			ϕ'	23,0	°
			E'	15.000,0	kPa
			ν	0,3	-
		Non drenato	K_0	1,62	-
			c_u	170	kPa
			E_u	17.250	kPa
		Edometrico	ν_u	0,5	-
			OCR	5	-
			RR o CR	0,05	-
			c_v	0,000000005	m^2/sec
		$B_{Skempton}$	1	-	
		$A_{Skempton}$	0,00	-	

PARAMETRI MECCANICI DEL CALCESTRUZZO

PLINTI	γ_{cls}	R_{ck}	ν_{cls}	E_{cls}
	kN/m^3	kg/cm^2	-	kPa
PLINTO 1	25,00	250,00	0,16	2,8E+07
PLINTO 2				0,0E+00
PLINTO 3				0,0E+00
PLINTO 4				0,0E+00
PLINTO 5				0,0E+00
PLINTO 6				0,0E+00
PLINTO 7				0,0E+00
PLINTO 8				0,0E+00
PLINTO 9				0,0E+00
PLINTO 10				0,0E+00
PLINTO 11				0,0E+00
PLINTO 12				0,0E+00
PLINTO 13				0,0E+00
PLINTO 14				0,0E+00
PLINTO 15				0,0E+00
PLINTO 16				0,0E+00
PLINTO 17				0,0E+00
PLINTO 18				0,0E+00
PLINTO 19				0,0E+00
PLINTO 20				0,0E+00

VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Premessa [C.7.11.5.3.1]

L'analisi agli SLU e SLE delle fondazioni superficiali in condizioni sismiche può essere eseguita mediante metodi pseudostatici, metodi degli spostamenti e metodi di analisi dinamica. L'**analisi pseudostatica** si esegue con l'Approccio 1 o con l'Approccio 2. Nell'Approccio 1, per l'analisi di SLU per raggiungimento della resistenza del terreno (quindi SLV) si utilizza la Combinazione 2 ponendo i coefficienti parziali A2 delle azioni pari all'unità. Le **azioni sismiche**, pertanto, risultano **uguali in entrambi gli approcci** di progetto rendendo di fatto l'Approccio 1 più penalizzante dell'Approccio 2. Per le verifiche allo scorrimento sul piano di fondazione è preferibile l'impiego dell'Approccio 1.

Si avrà, pertanto:

Capacità portante SLV	A1 - C2	A2 (1;1) + M2 (1,4;1,25) + R2 (1,8)
	A2 - C1	A1 (1;1) + M1 (1;1) + R3 (2,3)
Scorrimento SLV	A1 - C2	A2 (1;1) + M2 (1,4;1,25) + R2 (1,8)

Carichi agenti [7.2.5]

In presenza di azioni sismiche, per la verifica delle fondazioni le NTC prevedono di adottare la **forza assiale** (N) trasmessa dalla base del pilastro (e/o setto) e la minore tra:

- la sollecitazione di calcolo (**M** e **T**) trasmessa alla base dal pilastro, amplificata per un coefficiente dipendente dalla classe di duttilità della sovrastruttura (1,1 in CDB e 1,3 in CDA);
- i valori resistenti di progetto di M e T (M_{Rd} e V_{Rd});
- i valori di M e T derivanti da un'analisi eseguita con $q = 1,0$.

Quando si esegue un'analisi pseudostatica l'azione sismica viene equiparata ad una forza di intensità costante nel tempo, calcolata usualmente come frazione del peso dell'opera. I coefficienti che definiscono l'aliquota di peso eccitato dal sisma vengono detti **coefficienti sismici**. Il sisma produce sulle fondazioni superficiali due effetti: quello **cinematico** e quello **inerziale**.

La Circolare 617/2009 definisce i due effetti con K_{hi} ($i=inerziale$) e K_{hk} ($k=cinematico$); il primo come ordinata dello spettro di risposta di progetto della sovrastruttura in termini di accelerazione α , in mancanza di tali dati, come rapporto tra le componenti orizzontali ($T_{sismico}$) e verticali (N) dei carichi trasmessi in fondazione; il secondo dipendente dall'azione sismica sulla fondazione mediante l'equazione [7.11.3]:

$$K_{hk} = \beta_s \alpha_{max} / g$$

PARAMETRI SIMICI su Sito di riferimento

Categoria di suolo =

B

Stato limite	T_R	a_g	a_g	F_0	T_C^*	S_s	S_T
	anni	m^2/s	g	-	s	-	-
SLD	50,00	0,57	0,06	2,54	0,25	1,50	1,00
SLV	475,00	1,36	0,14	2,49	0,28	1,49	1,00

Categoria di sottosuolo	A	B,C,D,E
$0,2 < a_g (g) \leq 0,4$	0,30	0,28
$0,1 < a_g (g) \leq 0,2$	0,27	0,24
$a_g (g) \leq 0,1$	0,20	0,20

Tab. 7.11.1 - Coefficienti di riduzione sismica β_s

Coefficienti sismici orizzontali e verticali

Stato limite	a_{max}	β_s	k_{hk}	$k_v = +0,5k_h$
	m^2/s	-	-	-
SLD	0,855	0,20	0,01743	0,00872
SLV	2,026	0,27	0,05577	0,02789

Dati della Struttura in elevazione		
Classe di duttilità	CD B	
Fattore di struttura $q =$	1,5	
$T_1 =$	0,66	secondi
$k_{hi} = S_d(T_1)$	0,02	

COMBINAZIONI DI CARICO

Le possibili **combinazioni delle azioni**, necessarie per le verifiche agli stati limite, possono essere dei seguenti tipi:

Combinazione	S.L.	Espressione
Fondamentale	SLU	$Y_{G1} G_1 + Y_{G2} G_2 + Y_P P + Y_{Q1} Q_{k1} + Y_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + Y_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots$
Frequente	SLE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$
Quasi permanente	SLE	$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$
Sismica	SLV e SLD	$E + G_1 + G_2 + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$

Ai fini del calcolo possono utilizzarsi due approcci:

APPROCCIO 1

GEO, combinazione 2: A2 + M2 + R2

APPROCCIO 2

GEO, combinazione A1 + M1 + R3

Le tabelle sottostanti (dalle NTC '08) riportano i valori dei coefficienti parziali e di combinazione per le azioni.

Tipo di carico		Coeff. γ_F	EQU	A ₁ STR	A ₂ GEO
Permanente	Favorevole	Y_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanente non strutturale	Favorevole	Y_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabile	Favorevole	Y_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

Tab. 2.6.1 - Coefficienti parziali per le Azioni

Categoria / Azione variabile		ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
CATEGORIA	A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
	B - Uffici	0,7	0,5	0,3
	C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
	D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
	E - Biblioteche, archivi, magazzini...	1,0	0,9	0,8
	F - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
	G - Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
	H - Coperture	0,0	0,0	0,0
AZIONE	Vento	0,6	0,2	0,0
	Neve a quota ≤ 1000 m s.l.m.	0,5	0,2	0,0
	Neve a quota > 1000 m s.l.m.	0,7	0,5	0,2
	Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

Tab. 2.5.1 - Valori dei coefficienti di Combinazione

Parametro	Grandezza alla quale applicare il coeff. parz.	Coeff. Parz γ_M	M_1	M_2
Tang. angolo resist. al taglio	$\tan\phi'_k$	γ_f'	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c'	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_{uk}	γ_{cu}	1,0	1,40
Peso dell'unità di volume	γ	γ_γ	1,0	1,00

Tab. 6.2.II - Materiali geotecnici

I coefficienti parziali da applicare alle Resistenze sono riportati nella tabella sottostante:

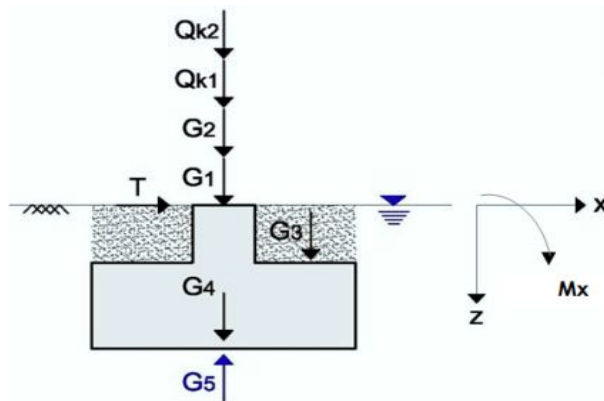
Verifica	Coefficiente parziale γ_R		
	R_1	R_2	R_3
Capacità portante	1,0	1,8	2,3
Scorrimento	1,0	1,1	1,1

Tab. 6.4.I - Coeff. parz. γ_R per le verifiche agli SLU di fondazioni superficiali

ANALISI DEI CARICHI - PLINTO 1

I coefficienti per le Azioni moltiplicano i soli carichi verticali poiché gli orizzontali (T) entrano solo nella verifica allo slittamento (dove vengono moltiplicati per il coefficiente γ a seconda dell'approccio). I momenti flettenti intervengono sulla geometria (riducendo le dimensioni planimetriche della fondazione), non dovendo essere moltiplicati per alcun coefficiente.

Azione	Categoria	Valore	U.m.
G_1 (permanente sfav.) = Carico verticale strutturale =	-	90,0	kN
G_2 (permanente sfav.) = Carico verticale non strutturale =	-	80	kN
G_3 (permanente sfav.) = Peso del terreno di riporto =	-	50	kN
G_4 (permanente sfav.) = Peso del plinto =	-	109,4	kN
G_5 (permanente fav.) = Sottospinta dell'acqua =	-	0	kN
Q_{k1} (variabile, principale sfav.) = Carico var. di lunga durata =	B	50	kN
Q_{k2} (variabile, secondario sfav.) = Carico var. di breve durata =	Neve_<	65	kN
$N^{B.T.} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + Q_{k1} + Q_{k2} =$	-	444	kN
$N^{L.T.} = G_1 + G_2 + G_3 + G_4 + Q_{k1} + Q_{k2} - G_5 =$	-	444	kN
T =	-	50	kN
$M_x =$	-	80	kNm
$M_y =$	-	50	kNm



Note

- $N^{B.T.}$ è dato dalla somma di tutti i carichi verticali
- $N^{L.T.}$ è dato dalla somma di tutti i carichi verticali meno la sottospinta dell'acqua
- La sottospinta dell'acqua è considerata nelle sole condizioni drenate (L.T.)
E' favorevole poiché si oppone ai carichi verticali verso il basso.
- Se la falda è inferiore al piano di posa della fondazione la sottospinta è assente.

CARICHI SISMICI DI PROGETTO [7.2.5] - PLINTO 1

$$T_{Sismico} = N^{L.T.} \cdot k_{hi} = 8,9 \quad kN$$

$$Y_{Rd} = 1,1$$

Carichi iniziali statici			Carichi sismici		
N	M_x	M_y	M_x sismico	M_y sismico	$T_{Sismico}$
kN	kNm	kNm	kNm	kNm	kN
444,4	80,0	50,0	88,0	55,0	8,9

COMBINAZIONE DELLE AZIONI - PLINTO 1

Nelle tabelle seguenti (una per ogni approccio) viene riportato il prodotto tra il carico e il rispettivo coefficiente. La presenza di due azioni variabili comporta due combinazioni di carico agli SLU.

A1-C2	Fondamentale				Frequente		Q. perman.	
	Y _{G1}	Y _{G2}	Y _{Q1}	Y _{Q2} Ψ ₀₂	Ψ ₁₁	Ψ ₂₂	Ψ ₂₁	Ψ ₂₂
G ₁	90,0	-	-	-	-	-	-	-
G ₂	-	104,0	-	-	-	-	-	-
G ₃	50,0	-	-	-	-	-	-	-
G ₄	109,4	-	-	-	-	-	-	-
G ₅	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Q _{k1}	-	-	65,0	45,5	25,0	-	15,0	-
Q _{k2}	-	-	84,5	42,3	-	0,0	-	0,0

APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2 A2 + M2 + R2

S.L.	Combinazione		E _d	
SLU	Fondamentale	1	460,6	kN
		2	483,4	kN
SLE	Frequente	unica	354,4	kN
SLE	Quasi permanente	unica	344,4	kN
SLD	Sismica	unica	347,4	kN
SLV	Sismica	unica	353,6	kN

A2-C1	Fondamentale				Frequente		Q. perman.	
	Y _{G1}	Y _{G2}	Y _{Q1}	Y _{Q2} Ψ ₀₂	Ψ ₁₁	Ψ ₂₂	Ψ ₂₁	Ψ ₂₂
G ₁	117,0	-	-	-	-	-	-	-
G ₂	-	120,0	-	-	-	-	-	-
G ₃	65,0	-	-	-	-	-	-	-
G ₄	142,2	-	-	-	-	-	-	-
G ₅	0,0	-	-	-	-	-	-	-
Q _{k1}	-	-	75,0	52,5	25,0	-	15,0	-
Q _{k2}	-	-	97,5	48,8	-	0,0	-	0,0

APPROCCIO 2 - COMBINAZIONE 1 A1 + M1 + R3

S.L.	Combinazione		E _d	
SLU	Fondamentale	1	567,9	kN
		2	594,2	kN
SLE	Frequente	unica	354,4	kN
SLE	Quasi permanente	unica	344,4	kN
SLD	Sismica	unica	297,4	kN
SLV	Sismica	unica	353,6	kN

CALCOLO DELLE AZIONI E_d A BREVE E LUNGO TERMINE - PLINTO 1

SLU	$E_{d,SLU}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLU}^{B.T.}$ kN	T kN
A1 - C2	483,4	483,4	50,0
A2 - C1	594,2	594,2	65,0

SLE Frequente	$E_{d,SLE}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLE}^{B.T.}$ kN
Unica	354,4	354,4

SLE Quasi permanente	$E_{d,SLE}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLE}^{B.T.}$ kN
Unica	344,4	344,4

SLD	$E_{d,SLD}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLD}^{B.T.}$ kN
Unica	347,4	347,4

SLV	$E_{d,SLV}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLV}^{B.T.}$ kN	$T_{Sismico}$ kN
Unica	353,6	353,6	8,9

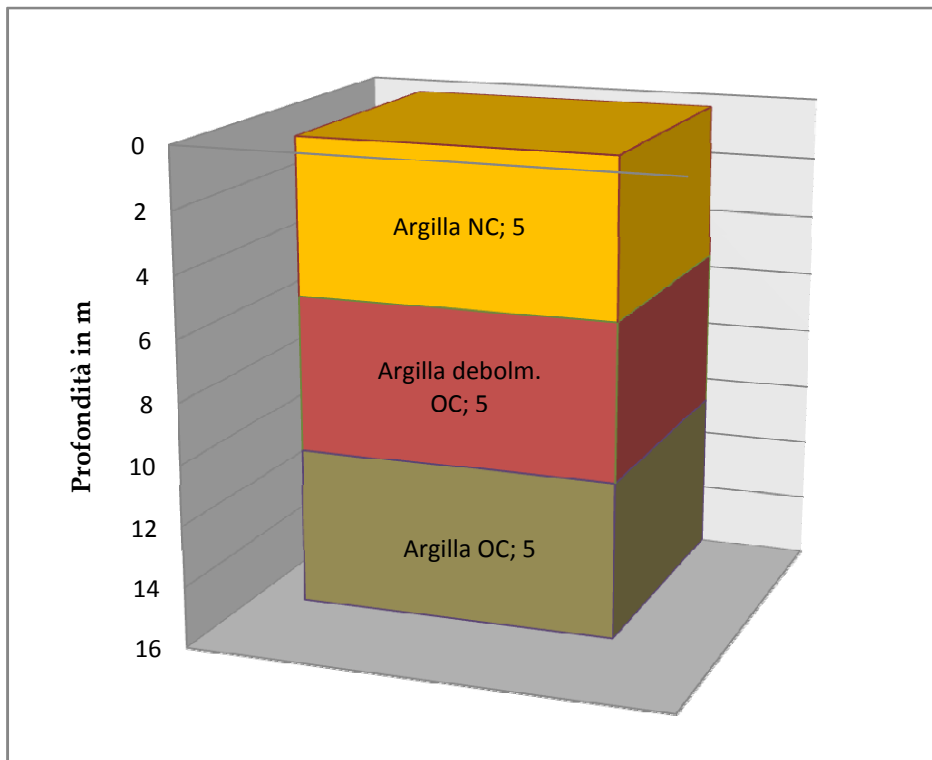
Note:

- Gli $E_d^{L.T.}$ sono dati sempre da $E_d - \gamma_{G1} G_5$ (sottospinta)
- T è considerato come carico permanente

STRATIGRAFIA - PLINTO 1

Strato	Materiale	Profondità (m)	Spessore (m)
1	Argilla NC	0,00	5,00
2	Argilla debolm. OC	5,00	5,00
3	Argilla OC	10,0	5,00
4	Substrato	15,0	-
	Falda acquifera	10,00	0,00

ω = inclinazione del piano campagna = 0 °
 α = inclinazione del piano di posa fondazione = 0 °



LEGENDA

$$K_0(NC) = 1 - \sin\phi'$$

$$K_0(OC) = K_0(NC) OCR^{1-\sin\phi'}$$

RR o CR = indici o rapporti di ricomprensione o compressione dei vari strati

$$RR = c_r / (1+e_0)$$

$$CR = c_c / (1+e_0)$$

$$c_c = 1,42 IP \text{ (Correlazione di Wroth \& Wood, 1978)}$$

c_v = coefficiente di consolidazione primaria edometrica

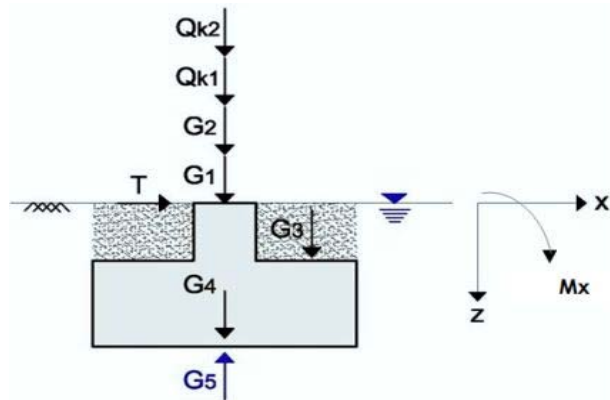
"pedice u" = undrained = non drenato

PARAMETRI GEOTECNICI

Strato	Materiale	Prova	Parametro		
-	Falda	-	Y_w	10	kN/m^3
Strato 1	Argilla NC	Drenato	Y_t	18,00	kN/m^3
			c'	0,0	kPa
			ϕ'	21,0	°
			E'	12.000,0	kPa
			v	0,32	-
			K_0	0,64	-
		Non drenato	C_u	50	kPa
			Eu	13.800	kPa
			v_u	0,5	-
		Edometrico	OCR	1	-
			RR o CR	0,05	-
			c_v	0,000000035	m^2/sec
	$B_{Skempton}$	0,5	-		
	$A_{Skempton}$	0,5	-		
Strato 2	Argilla debolm. OC	Drenato	Y_t	20,00	kN/m^3
			c'	50,0	kPa
			ϕ'	22,0	°
			E'	13.000,0	kPa
			v	0,31	-
			K_0	0,96	-
		Non drenato	C_u	100	kPa
			Eu	14.950	kPa
			v_u	0,5	-
		Edometrico	OCR	2	-
			RR o CR	0,05	-
			c_v	0,000000003	m^2/sec
	$B_{Skempton}$	1	-		
	$A_{Skempton}$	0,25	-		
Strato 3	Argilla OC	Drenato	Y_t	21,00	kN/m^3
			c'	80,0	kPa
			ϕ'	23,0	°
			E'	15.000,0	kPa
			v	0,3	-
			K_0	1,62	-
		Non drenato	C_u	170	kPa
			Eu	17.250	kPa
			v_u	0,5	-
		Edometrico	OCR	5	-
			RR o CR	0,05	-
			c_v	0,000000005	m^2/sec
	$B_{Skempton}$	1	-		
	$A_{Skempton}$	0,00	-		

ANALISI DEI CARICHI - PLINTO 1

G_1	90	kN
G_2	80	kN
G_3	50	kN
G_4	109,38	kN
G_5	0	kN
Q_{k1}	50	kN
Q_{k2}	65	kN
$N^{B.T.}$	444,4	kN
$N^{L.T.}$	444	kN
T	50	kN
M_x	80	kNm
M_y	50	kNm



- G_1 (permanente **sfav.**) = Carico verticale strutturale
- G_2 (perman. **sfav.**) = Carico verticale non strutturale
- G_3 (perman. **sfav.**) = Peso del terreno di riporto
- G_4 (perman. **sfav.**) = Peso del plinto
- G_5 (perman. **fav.**) = Sottospinta dell'acqua
- Q_{k1} (variabile. **sfav.**) = Carico variabile di lunga durata
- Q_{k2} (variabile. **sfav.**) = Carico variabile di breve durata, ad es. neve

Note

- $N^{B.T.}$ è dato dalla somma di tutti i carichi verticali
 - $N^{L.T.}$ è dato dalla somma di tutti i carichi verticali meno la sottospinta dell'acqua
 - La sottospinta dell'acqua è considerata nelle sole condizioni drenate (L.T.)
- E' favorevole poiché si oppone ai carichi verticali verso il basso

RIEPILOGO DELLE COMBINAZIONI DI CARICO e CALCOLO DELLE AZIONI E_d - PLINTO 1

SLU	$E_{d,SLU}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLU}^{B.T.}$ kN	T kN
A1 - C2	483,4	483,4	50,0
A2 - C1	594,2	594,2	65,0

SLE Frequente	$E_{d,SLE}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLE}^{B.T.}$ kN
Unica	354,4	354,4

SLE Quasi permanente	$E_{d,SLE}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLE}^{B.T.}$ kN
Unica	344,4	344,4

SLD	$E_{d,SLD}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLD}^{B.T.}$ kN
Unica	347,4	347,4

SLV	$E_{d,SLV}^{L.T.}$ kN	$E_{d,SLV}^{B.T.}$ kN	$T_{Sismico}$ kN
Unica	353,6	353,6	8,9

GEOMETRIA DELLA FONDAZIONE - PLINTO 1

B secondo x =	2,5	m
L secondo y =	2,5	m
D =	2,00	m
A =	6,25	m ²

Calcolo delle dimensioni ridotte a L.T.

Sotto condizioni sismiche si verificano due effetti che non possono essere sommati:

- 1) l'ingresso di momenti flettenti che inducono un'eccentricità dei carichi;
- 2) la degradazione della resistenza al taglio in fase di sollecitazione ciclica e/o dinamica.

Nel primo caso l'eccentricità genera uno sbilanciamento delle tensioni σ_{\max} e σ_{\min} (in entrambe le direzioni x e y), le quali possono essere ricentrate considerando la base e la lunghezza ridotte.

Pertanto le eccentricità e la conseguente area ridotta sono pari a:

$$e_x = (M_x + T D) / N_{L.T.} = 0,41 \quad m$$

$$e_y = M_y / N_{L.T.} = 0,11 \quad m$$

$$\text{Base ridotta in } x = B_r = B - 2e_x = 1,69 \quad m$$

$$\text{Lunghezza ridotta in } y = L_r = L - 2e_y = 2,27 \quad m$$

$$A_{\text{rid}} (B_r L_r) = 3,84 \quad m^2$$

→ Dimensioni ridotte per momenti statici

Calcolo delle Tensioni indotte per carichi statici

Si ricorda che la verifica $R_d \geq E_d$ deve essere riferita alle **tensioni medie**, ricentrate considerando la base e la lunghezza ridotte. Si ha, pertanto:

$$N_{L.T.} = 444 \quad kN$$

$$M_x = 80 \quad kNm$$

$$M_y = 50 \quad kNm$$

$$\sigma_N = N_{L.T.} / A = 71,1 \quad kPa$$

$$\sigma_{\max, x} = \sigma_N (1 + 6e_x/B) = 140,2 \quad kPa$$

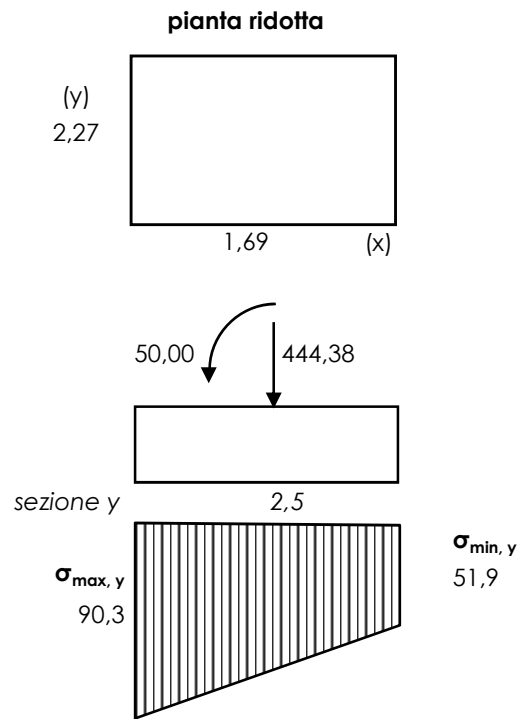
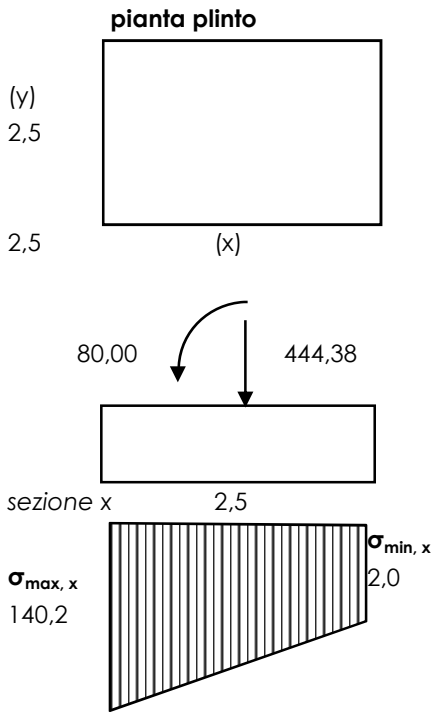
$$\sigma_{\min, x} = \sigma_N (1 - 6e_x/B) = 2,0 \quad kPa$$

$$\sigma_{\max, y} = \sigma_N (1 + 6e_y/L) = 90,3 \quad kPa$$

$$\sigma_{\min, y} = \sigma_N (1 - 6e_y/L) = 51,9 \quad kPa$$

$$\sigma_{\text{med, x}} = N_{L.T.} / (B_r L) = 105,2 \quad kPa$$

$$\sigma_{\text{med, y}} = N_{L.T.} / (B L_r) = 78,1 \quad kPa$$



Rotazione della fondazione rigida soggetta ad una coppia M_x , secondo la direzione x (gradi sessagesimali):

$$\begin{aligned} \text{A B.T.} &\rightarrow 1,5 M_x / (B^3 E_U) 180/\pi = \mathbf{0,032} \\ \text{A L.T.} &\rightarrow 1,5 M_x / (B^3 E') 180/\pi = \mathbf{0,037} \end{aligned}$$

Rotazione della fondazione rigida soggetta ad una coppia M_y , secondo la direzione y (gradi sessagesimali):

$$\begin{aligned} \text{A B.T.} &\rightarrow 1,5 M_y / (L^3 E_U) 180/\pi = \mathbf{0,020} \\ \text{A L.T.} &\rightarrow 1,5 M_y / (L^3 E') 180/\pi = \mathbf{0,023} \end{aligned}$$

Calcolo delle Tensioni indotte per carichi sismici

$N_{L.T.} =$	444	kN
$M_{x \text{ sismico}} =$	88	kNm
$M_{y \text{ sismico}} =$	55	kNm
$T_{\text{sismico}} =$	8,8875	kN
$e_x = (M_{x,\text{sismico}} + T_{\text{sismico}} D) / N_{L.T.} =$	0,24	m
$e_y = M_{y \text{ sismico}} / N_{L.T.} =$	0,12	m

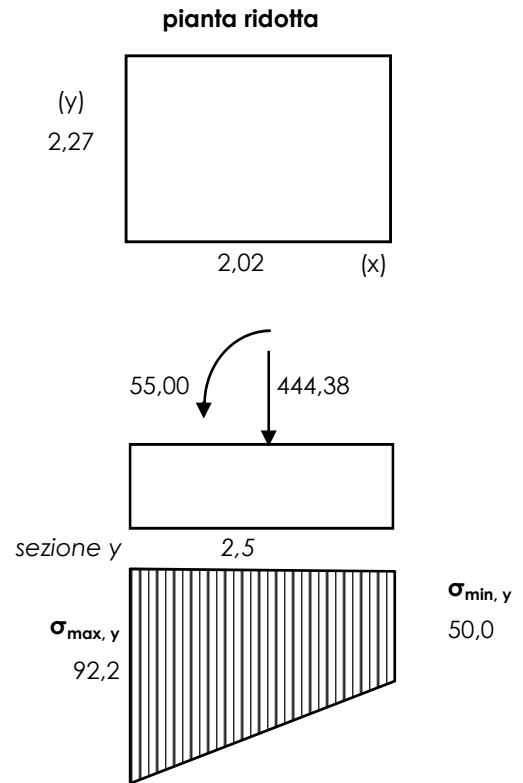
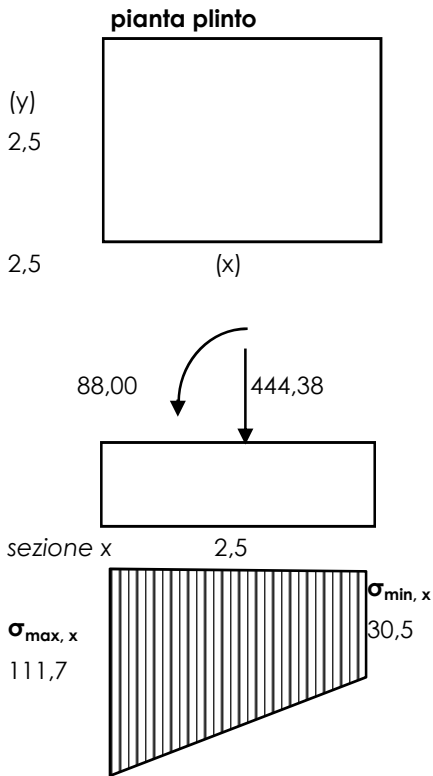
Base ridotta in x = $B_r = B - 2e_x =$	2,02	m
Lunghezza ridotta in y = $L_r = L - 2e_y =$	2,27	m
$A_{\text{rid}} (B_r L_r) =$	4,60	m²

→

Dimensioni ridotte per
momenti sismici

$\sigma_N = N_{L.T.} / A =$	71,1	kPa
$\sigma_{\text{max}, x} = \sigma_N (1 + 6e_x/B) =$	111,7	kPa
$\sigma_{\text{min}, x} = \sigma_N (1 - 6e_x/B) =$	30,5	kPa
$\sigma_{\text{max}, y} = \sigma_N (1 + 6e_y/L) =$	92,2	kPa
$\sigma_{\text{min}, y} = \sigma_N (1 - 6e_y/L) =$	50,0	kPa

$\sigma_{\text{med}, x} = N_{L.T.} / (B_r L) =$	87,8	kPa
$\sigma_{\text{med}, y} = N_{L.T.} / (B L_r) =$	78,1	kPa



Rotazione della fondazione rigida soggetta ad una coppia M_x , secondo la direzione x (gradi sessagesimali):

$$\begin{aligned} \text{A B.T.} &\rightarrow 1,5 M_x / (B^3 E_U) 180/\pi = \mathbf{0,035} \\ \text{A L.T.} &\rightarrow 1,5 M_x / (B^3 E') 180/\pi = \mathbf{0,040} \end{aligned}$$

Rotazione della fondazione rigida soggetta ad una coppia M_y , secondo la direzione y (gradi sessagesimali):

$$\begin{aligned} \text{A B.T.} &\rightarrow 1,5 M_y / (L^3 E_U) 180/\pi = \mathbf{0,022} \\ \text{A L.T.} &\rightarrow 1,5 M_y / (L^3 E') 180/\pi = \mathbf{0,025} \end{aligned}$$

VERIFICA EQU - PREMESSA

Con "verifica EQU" si intende il controllo della perdita di equilibrio della fondazione, ovvero la rotazione della stessa rispetto ad un punto. Il terreno rappresenta il piano di appoggio e viene considerato come dotato di rigidità infinita.

I presupposti che devono essere considerati in merito alla verifica EQU, al momento del dimensionamento di una fondazione superficiale, sono tre:

1. deve essere la prima verifica da eseguire, preliminarmente a tutte le altre considerazioni;
2. deve prescindere completamente dalle caratteristiche geotecniche dei terreni; la verifica deve essere basata infatti esclusivamente sul cinematismo di corpo rigido;
3. devono essere utilizzate sollecitazioni che, in campo statico, non devono essere pre-fattorizzate (ad es. dal calcolatore della sovrastruttura), poiché in tale verifica verranno impiegati i coefficienti parziali per le azioni della colonna EQU della Tab. 6.2.1 (NTC 08).

In definitiva la verifica EQU mette a confronto le azioni ribaltanti massimizzate con i momenti resistenti minimi.

Per quanto riguarda gli aspetti sismici, la verifica EQU si basa sugli stessi criteri della statica del corpo rigido, però le azioni gravanti resistenti e stabilizzanti devono essere tutte portante in conto con il coefficiente parziale pari all'unità.

Si ricorda che la falda deve essere tenuta in conto e viene considerata come carico permanente sfavorevole (6.2.3.1.1 NTC 08)

VERIFICA SLU-EQU STATICA α BREVE TERMINE

$$G_{perm} = G_1 + G_3 + G_4 = 249,38 \quad kN$$

$$G_{perm}^{fav} = 0,9 G_{perm}^{B.T.} = 224,44 \quad kN$$

$$Q_{var}^{sfav} = 1,5 M_x + 1,5 T D = 270,00 \quad kNm$$

$M_{resistente} = G_{perm}^{fav} B/2 =$	280,55	kNm
$M_{instabilizzante} = Q_{var}^{sfav} =$	270,00	kNm

→

Verifica EQU soddisfatta

VERIFICA SLU-EQU STATICA α LUNGO TERMINE

$$G_{perm} = G_1 + G_3 + G_4 = 249,38 \quad kN$$

$$G_{perm}^{fav} = 0,9 G_{perm} = 224,44 \quad kN$$

$$G_{perm}^{sfav} = 1,1 G_5 = 0,00 \quad kN$$

$$Q_{var}^{sfav} = 1,5 M_x + 1,5 T D = 270,00 \quad kNm$$

$M_{resistente} = G_{perm}^{fav} B_r/2 =$	189,64	kNm
$M_{instabilizzante} = Q_{var}^{sfav} + G_{perm}^{sfav} B_r/2 =$	270,00	kNm

→

Verifica EQU non soddisfatta

VERIFICA SLV-EQU SISMICA α BREVE TERMINE

$$G_{perm}^{fav} = G_1 + G_3 + G_4 = 249,38 \quad kN$$

$$Q_{var}^{sfav} = M_{x,sismico} + T_{sismico} D = 105,78 \quad kNm$$

$M_{resistente} = G_{perm}^{fav} B/2 =$	311,72	kNm
$M_{instabilizzante} = Q_{var}^{sfav} =$	105,78	kNm

→

Verifica EQU soddisfatta

VERIFICA SLV-EQU SISMICA α LUNGO TERMINE

$$G_{perm}^{fav} = G_1 + G_3 + G_4 = 249,38 \quad kN$$

$$G_{perm}^{sfav} = G_5 = 0,00 \quad kN$$

$$Q_{var}^{sfav} = M_{x,sismico} + T_{sismico} D = 105,78 \quad kNm$$

$M_{resistente} = G_{perm}^{fav} B_r/2 =$	252,36	kNm
$M_{instabilizzante} = Q_{var}^{sfav} + G_{perm}^{sfav} B_r/2 =$	105,78	kNm

→

Verifica EQU soddisfatta

CALCOLO DELLE RESISTENZE VERTICALI agli SLU in CONDIZIONI STATICHE

SLU in CONDIZIONI NON DRENATE

$$Q_{lim} = N_c s_c C_u + N_q q$$

con:

Fattori di capacità portante	$N_c = 2 + \pi =$	5,14
	$N_q =$	1
Coefficiente di forma	$s_c = 1 + 0,2 B/L =$	1,20
Sovraccarico agente sul bordo fondazione	$q = \gamma_t D = \sigma_{v0} =$	36,00

A1 - C2	$R_d = (N_c s_c C_u / 1,4 + q) / 1,8 =$	142,4	kPa
A2 - C1	$R_d = (N_c s_c C_u + q) / 2,3 =$	149,7	kPa

SLU in CONDIZIONI DRENATE

$$Q_{lim} = 1/2 \gamma' B_r N_Y s_Y i_Y b_Y g_Y + c' N_c s_c d_c i_c b_c g_c + q' N_q s_q d_q i_q b_q g_q$$

dove $B_r = 1,69 m$

Parametri di progetto per Approccio 1		
	$\gamma'_d = \gamma'_{car} / 1$	18,00
	$\varphi'_d = \arctan [\tan(\varphi'_{car}) / 1,25]$	17,07
	$c'_d = c'_{car} / 1,25$	0,00
Coefficients di carico limite	$N_q = \tan^2 (45^\circ + \varphi'_d/2) e^{\pi \tan \varphi'_d}$	4,80
	$N_c = (N_q - 1) \cotan \varphi'_d$	12,38
	$N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \varphi'_d$	2,34
Coefficients di forma	$s_Y = 1 + 0,1 B/L (1 + \sin \varphi'_d) / (1 - \sin \varphi'_d)$	1,10
	$s_c = 1 + 0,2 B/L (1 + \sin \varphi'_d) / (1 - \sin \varphi'_d)$	1,19
	$s_q = s_Y$	1,10
Coefficients di profondità del piano di posa	D/B	0,80
	$d_q = 1 + 2 D/B \tan \varphi'_d (1 - \sin \varphi'_d)^2$ per D/B ≤ 1	1,25
	$d_q = 1 + 2 \tan \varphi'_d (1 - \sin \varphi'_d)^2 \tan^{-1}(D/B)$ per D/B > 1	1
	$d_c = d_q - [(1 - d_q) / (N_c \tan \varphi'_d)]$	1,31
Coefficients di inclinazione del carico	$m = (2 + B/L) / (1 + B/L)$	1,50
	$i_Y = 1 - (T / (N + BL c'_d \cotan \varphi'_d))^{(m+1)}$	1,00
	$i_q = 1 - (T / (N + BL c'_d \cotan \varphi'_d))^m$	0,96
	$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - \tan \varphi'_d)$	0,95
Coefficients di inclinazione del piano di posa	$b_q = (1 - a \tan \varphi'_d)^2$	1,00
	$b_Y = b_q$	1,00
	$b_c = b_q - [(1 - b_q) / (N_c \tan \varphi'_d)]$	1,00
Coefficients di inclinazione del piano campagna	$g_q = (1 - \tan \omega)^2$	1,00
	$g_Y = g_q$	1,00
	$g_c = g_q - [(1 - g_q) / (N_c \tan \varphi'_d)]$	1,00
	$q' = \gamma'_d D = \sigma'_{v0} =$	36,00 kPa

Parametri di progetto per Approccio 2		
	$\gamma'_d = \gamma'_{car} / 1$	18,00
	$\phi'_d = \arctan [\tan(\phi'_{car}) / 1]$	21,00
	$c'_d = c'_{car} / 1$	0,00
Coefficients di carico limite	$N_q = \tan^2 (45^\circ + \phi'_d/2) e^{\pi \tan \phi'_d}$	7,07
	$N_c = (N_q - 1) \cotan \phi'_d$	15,80
	$N_\gamma = 2 (N_q - 1) \tan \phi'_d$	4,66
Coefficients di forma	$s_\gamma = 1 + 0,1 B/L (1 + \sin \phi'_d)/(1 - \sin \phi'_d)$	1,14
	$s_c = 1 + 0,2 B/L (1 + \sin \phi'_d)/(1 - \sin \phi'_d)$	1,29
	$s_d = s_\gamma$	1,14
Coefficients di profondità del piano di posa	D/B	0,80
	$d_q = 1 + 2 D/B \tan \phi'_d (1 - \sin \phi'_d)^2$ per D/B ≤ 1	1,25
	$d_q = 1 + 2 \tan \phi'_d (1 - \sin \phi'_d)^2 \tan^{-1}(D/B)$ per D/B > 1	1
	$d_c = d_q - [(1 - d_q) / (N_c \tan \phi'_d)]$	1,31
Coefficients di inclinazione del carico	$m = (2 + B/L) / (1 + B/L)$	1,50
	$i_\gamma = 1 - (T / (N + BL c'_d \cotan \phi'_d))^{(m+1)}$	1,00
	$i_q = 1 - (T / (N + BL c'_d \cotan \phi'_d))^m$	0,96
	$i_c = i_q - (1 - i_q) / (N_q - \tan \phi'_d)$	0,96
Coefficients di inclinazione del piano di posa	$b_q = (1 - a \tan \phi'_d)^2$	1,00
	$b_\gamma = b_q$	1,00
	$b_c = b_q - [(1 - b_q) / (N_c \tan \phi'_d)]$	1,00
Coefficients di inclinazione del piano campagna	$g_q = (1 - \tan \omega)^2$	1,00
	$g_\gamma = g_q$	1,00
	$g_c = g_q - [(1 - g_q) / (N_c \tan \phi'_d)]$	1,00
	$q' = \gamma'_d D = \sigma'_{v0} =$	36,00 kPa

A1 - C2	$R_d = [1/2 \gamma'_d B_r N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + \dots + \dots] / 1,8 =$	147,6	kPa
A2 - C1	$R_d = [1/2 \gamma'_d B_r N_\gamma s_\gamma i_\gamma b_\gamma g_\gamma + \dots + \dots] / 2,3 =$	187,5	kPa

CALCOLO DELLE RESISTENZE ORIZZONTALI agli SLU in CONDIZIONI STATICHE

La verifica si esegue nelle sole condizioni drenate, poiché si ritiene che lo slittamento non produca condizioni non drenate.

$$F_{sli} = (W \tan \delta + c_a B) / T > 1$$

con:

c_a = coeff. di aderenza terreno - fondazione = 0 a vantaggio di sicurezza

$$\delta = 2/3 \phi' = 14,00^\circ$$

$$B = 2,5 \text{ m}$$

$$W = N^{L.T.} = 444,38 \text{ kN}$$

A1 - C2	$F_{sli} = [(W \tan \delta / 1,25) / T] / 1,1 =$	1,61	Verifica soddisfatta
A2 - C1	$F_{sli} = [W \tan \delta / T] / 1,1 =$	1,55	Verifica soddisfatta

CALCOLO DELLE RESISTENZE VERTICALI agli SLU in CONDIZIONI SISMICHE

SLV in CONDIZIONI NON DRENATE

In condizioni sismiche si assiste sempre alla co-presenza di carichi normali e di momenti flettenti, questi ultimi di entità superiore rispetto al comportamento delle strutture iperstatiche soggette ai soli carichi statici, con la conseguente modifica dell'interazione terreno-struttura; poiché, però, il comportamento delle fondazioni rispetto al breve termine risulta essere indipendente dalla geometria sarebbe opportuno introdurre nell'equazione del Q_{lim} un valore della coesione non drenata opportunamente ridotto al fine di tenere conto della degradazione ciclica in funzione delle sollecitazioni sismiche. Data l'impossibilità degli usuali laboratori geotecnici di fornire un adeguato valore della coesione non drenata ciclicamente degradata, l'unica soluzione percorribile consiste nell'introduzione del fattore di inclinazione del carico i_c , con B_r e L_r base e lunghezza ridotta per i cui dettagli si rimanda alle analisi in condizioni drenate in campo statico.

$$Q_{lim} = N_c s_c i_c C_u + N_q q \quad \text{con:}$$

i_c = fattore di inclinazione del carico (dipende dalla base e lunghezza ridotte)

$$N_c = 2 + \pi = 5,14$$

$$N_q = 1,00$$

$$B_r = 2,02 \quad m$$

$$L_r = 2,27 \quad m$$

$$s_c = 1,20$$

$$i_c = 1 - T/(B_r L_r C_u / 1,4 N_c) (2 + B_r/L_r)/(1 + B_r/L_r) = 0,900 \quad (A1 - C2)$$

$$i_c = 1 - T/(B_r L_r C_u N_c) (2 + B_r/L_r)/(1 + B_r/L_r) = 0,908 \quad (A2 - C1)$$

$$q = \gamma_t z = \sigma_{v0} = 36,00 \quad kPa$$

A1 - C2	$R_{d,sis} = (N_c i_c C_u / 1,4 s_c + q) / 1,8 =$	130,2	kPa
A2 - C1	$R_{d,sis} = (N_c i_c C_u s_c + q) / 2,3 =$	137,3	kPa

SLV in CONDIZIONI DRENATE

Dalla Formula trinomia: $Q_{lim, sis} = Q_{lim} v_h v_e v_i$

$v_h = 1 - (T / 0,85N^{L.T.})^3$ con $T =$ taglio sismico $= N K_{hi}$

$v_e = 1 - (e / 0,5B_r)^{1,8}$

$v_i = 1 - (K_{hk} / \tan\phi')^{0,35}$ con $K_{hk} =$ coeff. di accelerazione sismica orizzontale = 0,056

	A1-C2	A2-C1
$v_h =$	0,65	0,57
$v_e =$	0,31	0,31
$v_i =$	0,93	0,95

A1 - C2	$R_{d, stat} =$	147,6	kPa
	$R_{d, sis} = R_{d, stat} v_h v_e v_i =$	27,8	kPa
A2 - C1	$R_{d, stat} =$	187,5	kPa
	$R_{d, sis} = R_{d, stat} v_h v_e v_i =$	31,1	kPa

CALCOLO DELLE RESISTENZE ORIZZONTALI agli SLV in CONDIZIONI SISMICHE

La verifica si esegue nelle sole condizioni drenate, poiché si ritiene che lo slittamento non produca condizioni non drenate.

$$F_{sli} = (W \tan \delta + c_a B) / T_{Sismico} > 1$$

con:

c_a = coeff. di aderenza terreno - fondazione = 0 a vantaggio di sicurezza

$$\delta = 2/3 \varphi' = 14,00 \quad \circ$$

$$B = 2,5 \quad m$$

$$W = N^{L.T.} = 444,38 \quad kN$$

$$T_{Sismico} = 8,89 \quad kN$$

A1 - C2	$F_{sli} = [(W \tan \delta / 1,25) / T_{Sismico}] / 1,1 =$	9,07	verifica soddisfatta
A2 - C1	$F_{sli} = [W \tan \delta / T_{Sismico}] / 1,1 =$	11,33	Verifica non necessaria

SLE - Premessa

Le verifiche agli Stati Limite di Esercizio devono attenersi a 3 linee guida:

- i valori dei parametri geotecnici da inserire nei modelli di analisi sono quelli caratteristici, mentre i coefficienti parziali γ_M sui parametri sono sempre unitari;
- gli effetti delle azioni statiche da utilizzare sono quelli pertinenti alla "**combinazione frequente**" e alla combinazione "**quasi permanente**" relativi, rispettivamente, alla determinazione dei cedimenti immediati (elastici o elastoplastici) e a lungo termine (viscoelastici o di consolidazione);
- gli effetti delle azioni sismiche da utilizzare derivano dalla combinazione SLD.

SLE IN CAMPO ELASTICO

Nel caso di approccio elastico alla determinazione dei cedimenti immediati il punto di partenza è dato dall'assimilazione del sottosuolo ad un semispazio elastico per il quale il cedimento immediato è dato dall'integrale della deformazione verticale, indotta al terreno dal carico applicato, lungo z. Poiché la deformazione è data dal rapporto tra tensione e modulo elastico, si può ricorrere alle formulazioni proprie della teoria dell'elasticità per stabilire un legame tra le condizioni di sforzo impresso al semispazio e le relative deformazioni:

Teoria dell'elasticità

Deformazione verticale $\epsilon_z = (\Delta\sigma_z - 2\nu \Delta\sigma_x) / E$

Deformazione orizzontale $\epsilon_x = [\Delta\sigma_x - \nu(\Delta\sigma_y + \Delta\sigma_z)] / E$

Cedimento verticale	$s_i = \int_0^z \epsilon_z dz$	(1)
---------------------	--------------------------------	-----

dove le incognite sono rappresentate dalle tensioni indotte dalla fondazione.

Nel caso di fondazioni quadrate o rettangolari non esiste una soluzione in forma chiusa applicabile alle strutture di dimensioni finite, pertanto è necessario utilizzare l'eq. (1) previa discretizzazione del sottosuolo in un numero finito di nodi (di coordinate $x_i=0$ e z_i), in modo da ottenere:

C D	$s_i = \sum_0^z (1/E') \Delta\sigma'_z \Delta z$	(2.1)
C ND	$s_i = \sum_0^z (1/E_u) \Delta\sigma_z \Delta z$	(2.2)

Operando in questo modo è allora possibile eseguire il calcolo delle tensioni indotte ai nodi tramite l'**equazione di Steinbrenner** (1934) valida per superfici rettangolari, ma con la limitazione di fornire i risultati sotto uno spigolo della fondazione e per le sole condizioni non drenate ($\nu = 0$), equazione (3) :

$$\sigma_v = \Delta Q / 2\pi [\arctan(LB / (z \sqrt{(L^2 + B^2 + z^2)})) + (1 / (L^2 + z^2) + 1 / (B^2 + z^2)) (LBz / (\sqrt{(L^2 + B^2 + z^2)}))]$$

dove ΔQ = carico trasmesso dalla fondazione al netto della tensione verticale efficace agente alla quota del piano di posa sia secondo la direzione x sia secondo y.

Il problema può essere superato dividendo la fondazione in quattro elementi, applicando il principio di sovrapposizione degli effetti e giungendo in tal modo alla determinazione delle tensioni indotte ai nodi lungo la verticale baricentrica (**asse** della fondazione), mediante la seguente equazione (3.1) :

$$\sigma_v / 4 = \Delta Q / 2\pi [\arctan(L/2 B/2 / (z \sqrt{((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)})) + (1 / ((L/2)^2 + z^2) + 1 / ((B/2)^2 + z^2)) (L/2 B/2 z / (\sqrt{((L/2)^2 + (B/2)^2 + z^2)}))]$$

A questo punto, note le tensioni verticali σ_v indotte ai nodi, è possibile dapprima determinare le relative deformazioni ϵ_v e successivamente il cedimento elastico s_i in condizioni non drenate e drenate tramite le equazioni (2.1 e 2.2).

Il calcolo delle tensioni indotte, e relative deformazioni, può ovviamente essere esteso anche ai nodi lungo la verticale passante per gli spigoli dei plinti (per calcolare i **cedimenti differenziali**), sempre ricorrendo all'eq.(3), con la differenza sostanziale che in questo caso occorre determinare anche le deformazioni laterali, che mancavano in posizione baricentrica, per ovvie condizioni di simmetria.

Le tensioni orizzontali, indotte dal carico netto ΔQ sotto lo spigolo del plinto si calcolano mediante l'equazione:

$$\sigma_x = \Delta Q/2 [1+2\nu - 2(1+\nu) (\cos\alpha_i + \cos^3\alpha_i)] \quad (3.2)$$

dove α_i rappresenta l'angolo sotteso dalla posizione di ogni nodo (dallo spigolo rispetto all'asse baricentrico), calcolato mediante: $\alpha_i = \tan^{-1} (B_r/2 \ 1/\Delta z)$

Infine, il cedimento s_i sotto lo **spigolo** dei plinti viene ricavato dalle equazioni (2.1 e 2.2), riscritte in questo modo:

C D	$s_{i,spigolo}^{L.T.} = \sum_0^z [1/E' (\Delta\sigma'_z - 2\nu'\Delta\sigma'_x)] \Delta z$	(4.1)
C ND	$s_{i,spigolo}^{B.T.} = \sum_0^z [1/E_u (\Delta\sigma_z - 2\nu\Delta\sigma_x)] \Delta z$	(4.2)

Si riporta il calcolo dei cedimenti elastici immediati considerando il carico trasmesso dalla fondazione ΔQ dovuto alle tensioni medie agenti lungo x e lungo y.

CALCOLO CEDIMENTI ELASTICI IMMEDIATI - CARICO ΔQ_x - SLE_{freq}

Dati di calcolo:

$B_r =$	1,69	m
$L_r =$	2,27	m
$A_{rid} =$	3,84	m^2
$\sigma'_{v0} =$	36,00	kPa
$E_{d,SLE\ freq}^{L.T.} =$	354,38	kN
$\sigma'_{med,x} = E_{d,SLE\ freq}^{L.T.} / (B_r L) =$	83,9	kPa
$\sigma'_{med,y} = E_{d,SLE\ freq}^{L.T.} / (B L_r) =$	62,3	kPa
$\Delta Q_x = \sigma'_{med,x} - \sigma'_{v0} =$	47,88	kPa
$\Delta Q_y = \sigma'_{med,y} - \sigma'_{v0} =$	26,31	kPa

STRATO	γ kN/m ³	E' kPa	ν -	E_u kPa	ν_u -
1	18,00	12.000	0,32	13.800	0,5
2	20,00	13.000	0,31	14.950	0,5
3	21,00	15.000	0,3	17.250	0,5

Risultati:

Cedimento	$s_{i,asse}^{B.T.}$	$s_{i,asse}^{L.T.}$
	mm	mm
STRATO 1	1,65	1,90
STRATO 2	0,53	0,61
STRATO 3	0,16	0,19
Totale	2,3	2,7

INTERAZIONE PSEUDO-STATICA TERRENO-STRUTTURA

A questo punto è possibile valutare se la fondazione può essere considerata rigida o flessibile (sia a B.T. che a L.T.), valutando il coefficiente di rigidezza dalla seguente equazione:

$$S = B [K_r 3E_t (1-\nu_t^2) / (4E_{cls} (1-\nu_{cls}^2))]^{1/3} \quad \text{con } S = \text{spessore plinto}$$

R_{ck} kg/cm ²	E_{cls} kPa	ν_{cls} -	$E_t^{B.T.}$ kPa	$E_t^{L.T.}$ kPa	ν_u -	ν -	B m	S m
250	2,8E+07	0,16	13.800	12.000	0,5	0,32	2,5	0,7

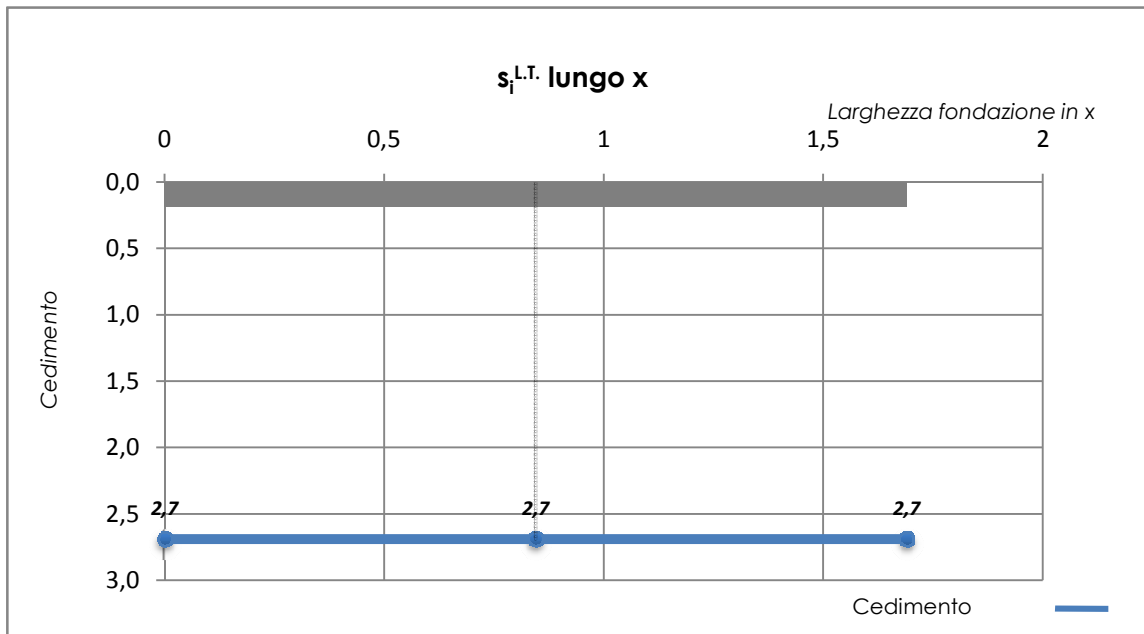
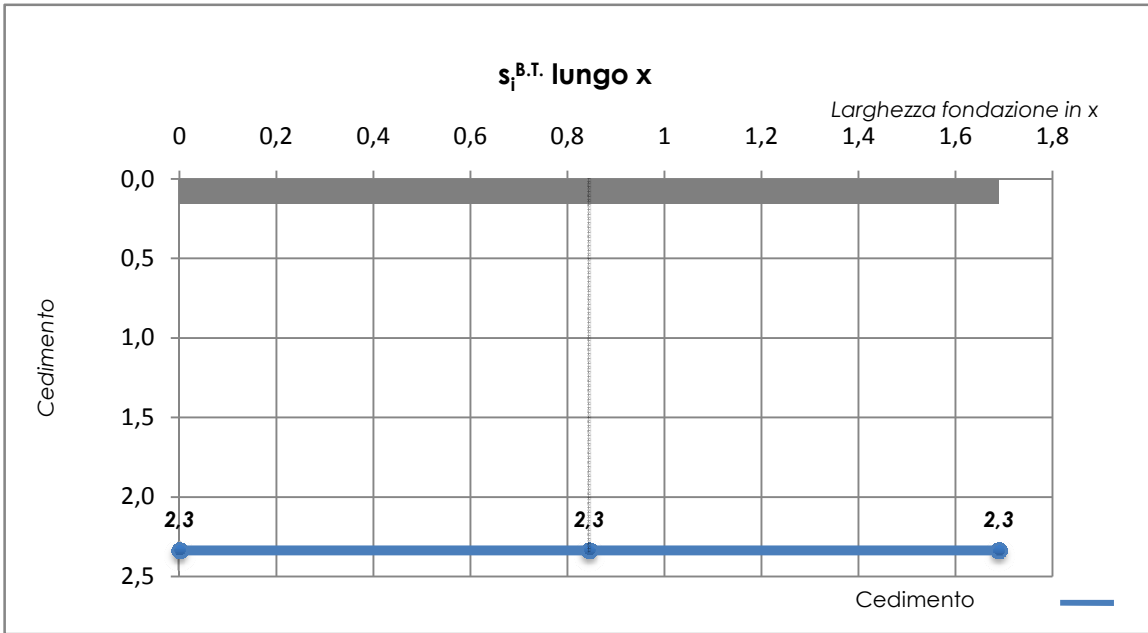
$K_r^{B.T.} = 2293 \rightarrow$ **Fondazione Rigida**

$K_r^{L.T.} = 2203 \rightarrow$ **Fondazione Rigida**

TABULATI DI CALCOLO CEDIMENTI IMMEDIATI ELASTICI - CARICO ΔQ_x

STRATO 1

z	$\Delta\sigma_{v,as}$	α_i	$S_{i,as}^{B.T.}$	$S_{i,as}^{L.T.}$
m	kPa	rad	mm	mm
0,0	-	-	-	-
0,1	47,86	1,45	0,000	0,000
0,2	47,58	1,34	0,000	0,000
0,3	46,90	1,23	0,000	0,000
0,4	45,73	1,13	0,000	0,000
0,5	44,11	1,04	0,000	0,000
0,6	42,12	0,95	0,000	0,000
0,7	39,88	0,88	0,000	0,000
0,8	37,49	0,81	0,000	0,000
0,9	35,06	0,75	0,000	0,000
1,0	32,66	0,70	0,000	0,000
1,1	30,34	0,66	0,000	0,000
1,2	28,14	0,61	0,000	0,000
1,3	26,08	0,58	0,000	0,000
1,4	24,16	0,54	0,000	0,000
1,5	22,38	0,51	0,000	0,000
1,6	20,75	0,49	0,000	0,000
1,7	19,26	0,46	0,000	0,000
1,8	17,89	0,44	0,000	0,000
1,9	16,64	0,42	0,000	0,000
2,0	15,50	0,40	0,112	0,129
2,1	14,45	0,38	0,105	0,120
2,2	13,50	0,37	0,098	0,112
2,3	12,63	0,35	0,092	0,105
2,4	11,83	0,34	0,086	0,099
2,5	11,10	0,33	0,080	0,092
2,6	10,43	0,31	0,076	0,087
2,7	9,81	0,30	0,071	0,082
2,8	9,24	0,29	0,067	0,077
2,9	8,72	0,28	0,063	0,073
3,0	8,24	0,27	0,060	0,069
3,1	7,79	0,27	0,056	0,065
3,2	7,38	0,26	0,053	0,062
3,3	7,00	0,25	0,051	0,058
3,4	6,65	0,24	0,048	0,055
3,5	6,32	0,24	0,046	0,053
3,6	6,01	0,23	0,044	0,050
3,7	5,72	0,22	0,041	0,048
3,8	5,46	0,22	0,040	0,045
3,9	5,21	0,21	0,038	0,043
4,0	4,98	0,21	0,036	0,041
4,1	4,76	0,20	0,034	0,040
4,2	4,55	0,20	0,033	0,038



CALCOLO CEDIMENTI ELASTICI SISMICI IMMEDIATI - CARICO ΔQ_x - SLD

Dati di calcolo:

$B_r =$	2,02	m
$L_r =$	2,27	m
$A_{vid} =$	4,60	m^2
$\sigma'_{v0} =$	36,00	kPa
$E_{d,SLD}^{L.T.} =$	347,38	kN
$\sigma'_{med,x} = E_{d,SLD}^{L.T.} / (B_r L) =$	68,7	kPa
$\sigma'_{med,y} = E_{d,SLD}^{L.T.} / (B L_r) =$	61,1	kPa
$\Delta Q_x = \sigma'_{med,x} - \sigma'_{v0} =$	32,65	kPa
$\Delta Q_y = \sigma'_{med,y} - \sigma'_{v0} =$	25,08	kPa

STRATO	γ kN/m ³	E' kPa	ν -	E_u kPa	ν_u -
1	18,00	12.000	0,32	13.800	0,5
2	20,00	13.000	0,31	14.950	0,5
3	21,00	15.000	0,3	17.250	0,5

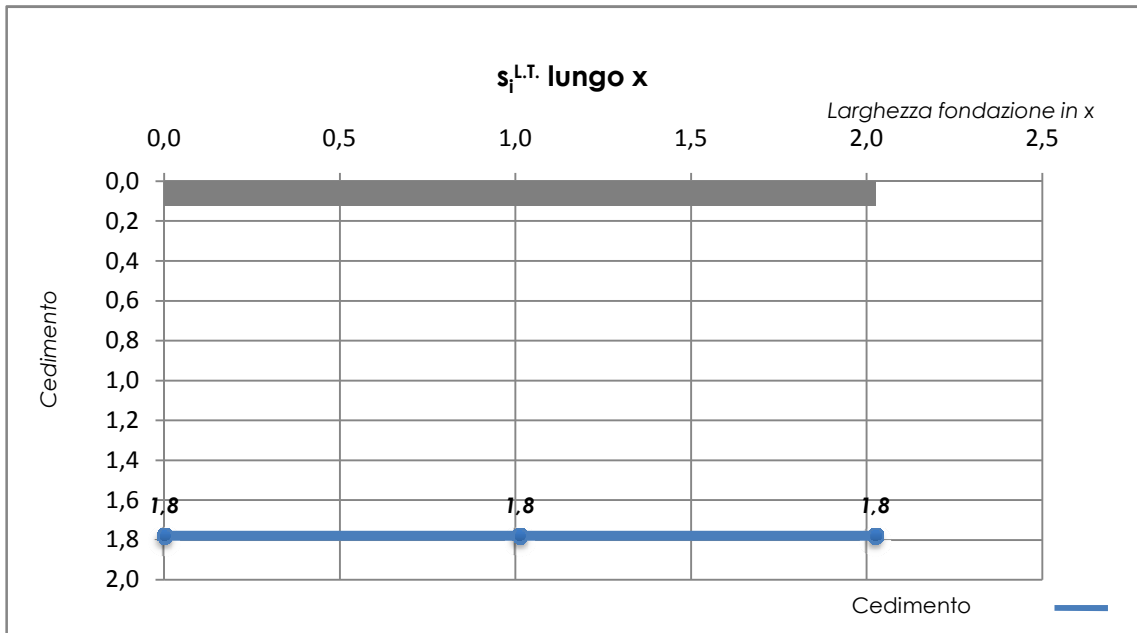
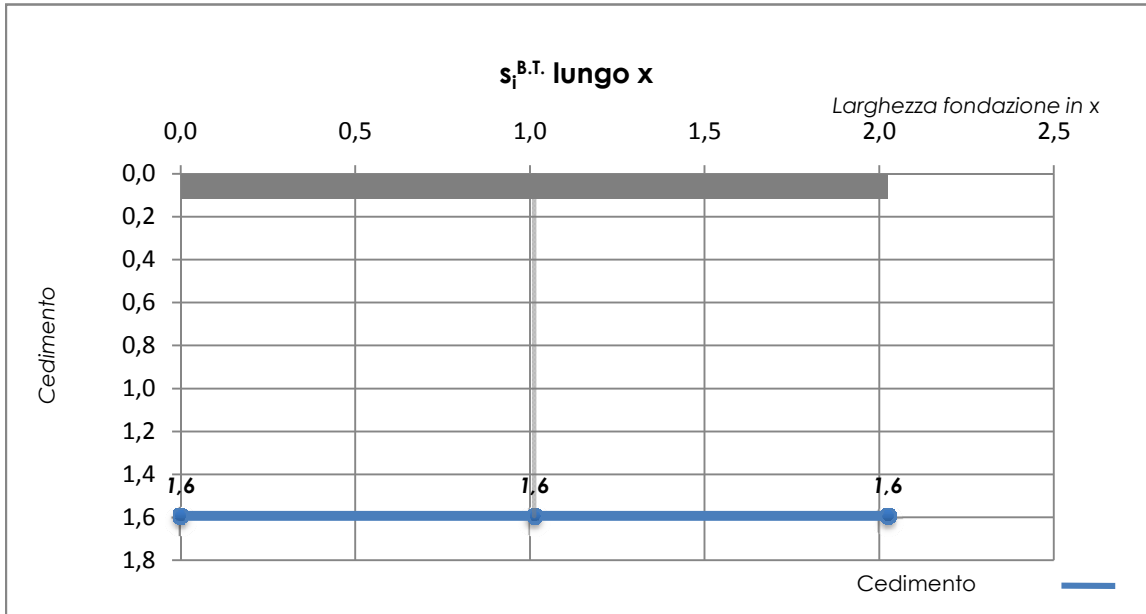
Risultati:

Cedimento	$s_{i,asse}^{B.T.}$	$s_{i,asse}^{L.T.}$
	mm	mm
STRATO 1	1,1	1,3
STRATO 2	0,4	0,4
STRATO 3	0,1	0,1
Totale	1,6	1,8

TABULATI DI CALCOLO CEDIMENTI SISMICI ELASTICI - CARICO ΔQ_x

STRATO 1

z	$\Delta\sigma_{vas}$	α_i	$S_{i,as}$ B.T.	$S_{i,as}$ L.T.
m	kPa	rad	mm	mm
0,0	-	-	-	-
0,1	32,64	1,45	0,0000	0,0000
0,2	32,45	1,34	0,0000	0,0000
0,3	31,98	1,23	0,0000	0,0000
0,4	31,19	1,13	0,0000	0,0000
0,5	30,08	1,04	0,0000	0,0000
0,6	28,72	0,95	0,0000	0,0000
0,7	27,19	0,88	0,0000	0,0000
0,8	25,57	0,81	0,0000	0,0000
0,9	23,91	0,75	0,0000	0,0000
1,0	22,27	0,70	0,0000	0,0000
1,1	20,69	0,66	0,0000	0,0000
1,2	19,19	0,61	0,0000	0,0000
1,3	17,78	0,58	0,0000	0,0000
1,4	16,47	0,54	0,0000	0,0000
1,5	15,26	0,51	0,0000	0,0000
1,6	14,15	0,49	0,0000	0,0000
1,7	13,13	0,46	0,0000	0,0000
1,8	12,20	0,44	0,0000	0,0000
1,9	11,35	0,42	0,0000	0,0000
2,0	10,57	0,40	0,0766	0,0881
2,1	9,86	0,38	0,0714	0,0821
2,2	9,21	0,37	0,0667	0,0767
2,3	8,61	0,35	0,0624	0,0718
2,4	8,07	0,34	0,0585	0,0672
2,5	7,57	0,33	0,0548	0,0631
2,6	7,11	0,31	0,0515	0,0593
2,7	6,69	0,30	0,0485	0,0558
2,8	6,30	0,29	0,0457	0,0525
2,9	5,95	0,28	0,0431	0,0496
3,0	5,62	0,27	0,0407	0,0468
3,1	5,31	0,27	0,0385	0,0443
3,2	5,03	0,26	0,0365	0,0419
3,3	4,77	0,25	0,0346	0,0398
3,4	4,53	0,24	0,0328	0,0378
3,5	4,31	0,24	0,0312	0,0359
3,6	4,10	0,23	0,0297	0,0342
3,7	3,90	0,22	0,0283	0,0325
3,8	3,72	0,22	0,0270	0,0310
3,9	3,55	0,21	0,0257	0,0296
4,0	3,39	0,21	0,0246	0,0283
4,1	3,24	0,20	0,0235	0,0270



CALCOLO CEDIMENTI ELASTICI IMMEDIATI - CARICO ΔQ_y - SLE_{freq}

Dati di calcolo:

$B_r =$	1,69	m
$L_r =$	2,27	m
$A_{vid} =$	3,84	m^2
$\sigma'_{v0} =$	36,00	kPa
$E_{d,SLE\ freq}^{L.T.} =$	354,38	kN
$\sigma'_{med,x} = E_{d,SLE\ freq}^{L.T.} / (B_r L) =$	83,9	kPa
$\sigma'_{med,y} = E_{d,SLE\ freq}^{L.T.} / (B L_r) =$	62,3	kPa
$\Delta Q_x = \sigma'_{med,x} - \sigma'_{v0} =$	47,88	kPa

$\Delta Q_y = \sigma'_{med,y} - \sigma'_{v0} =$	26,31	kPa
---	--------------	------------

STRATO	γ kN/m ³	E' kPa	ν -	E_u kPa	ν_u -
1	18,00	12.000	0,32	13.800	0,5
2	20,00	13.000	0,31	14.950	0,5
3	21,00	15.000	0,3	17.250	0,5

Risultati:

Cedimento	$s_{i,asse}^{B.T.}$	$s_{i,asse}^{L.T.}$
	mm	mm
STRATO 1	0,91	1,04
STRATO 2	0,29	0,33
STRATO 3	0,09	0,10
Totale	1,3	1,5

INTERAZIONE PSEUDO-STATICA TERRENO-STRUTTURA

A questo punto è possibile valutare se la fondazione può essere considerata rigida o flessibile (sia a B.T. che a L.T.), valutando il coefficiente di rigidezza dalla seguente equazione:

$$S = B [K_r 3E_t (1-\nu_t^2) / (4E_{cls} (1-\nu_{cls}^2))]^{1/3} \quad \text{con } S = \text{spessore plinto}$$

R_{ck} kg/cm ²	E_{cls} kPa	ν_{cls} -	$E_t^{B.T.}$ kPa	$E_t^{L.T.}$ kPa	ν_u -	ν -	B m	S m
250	2,8E+07	0,16	13.800	12.000	0,5	0,32	2,5	0,7

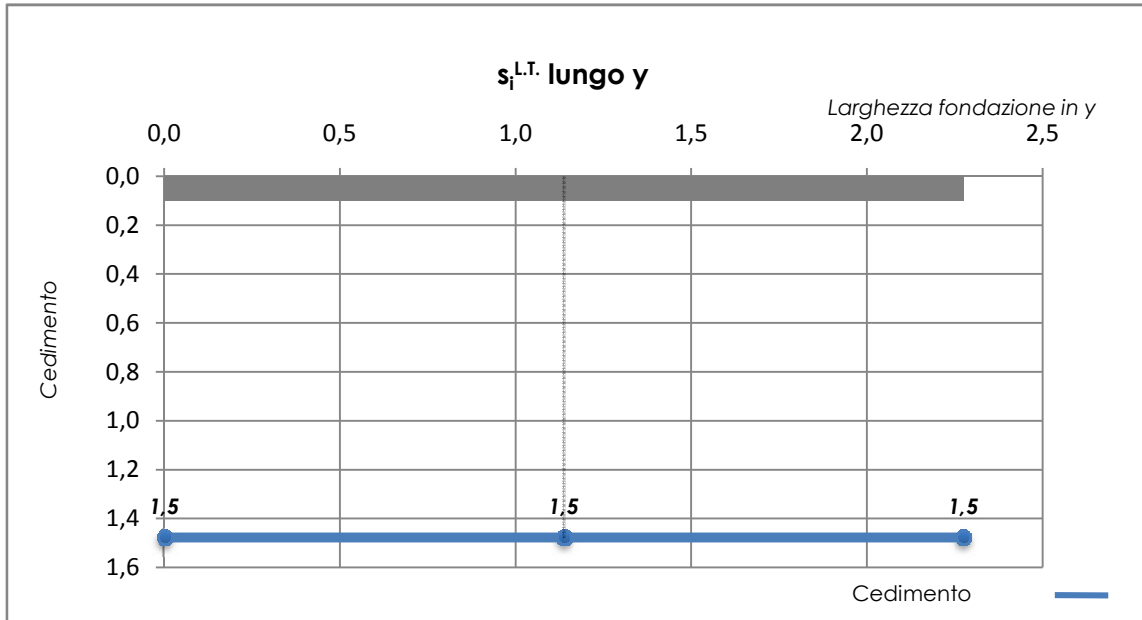
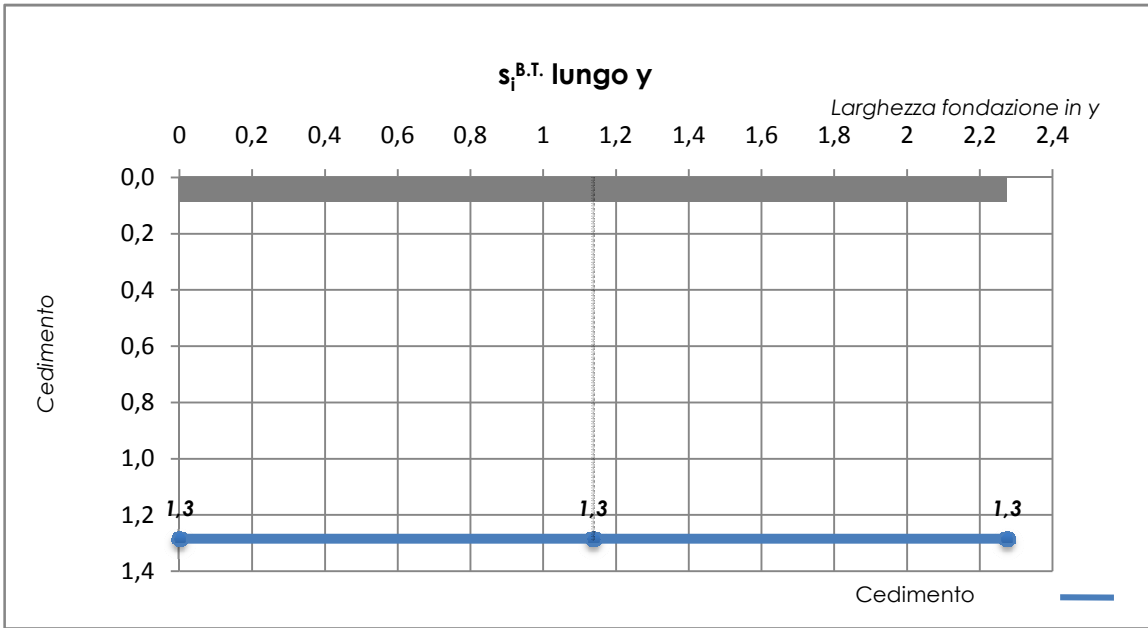
$K_r^{B.T.} = 2293 \rightarrow$ **Fondazione Rigida**

$K_r^{L.T.} = 2203 \rightarrow$ **Fondazione Rigida**

TABULATI DI CALCOLO CEDIMENTI IMMEDIATI ELASTICI - CARICO ΔQ_y

STRATO 1

z m	$\Delta\sigma_{v,as}$ kPa	C_i rad	$S_{i,as}$ ^{B.T.} mm	$S_{i,as}$ ^{L.T.} mm
0,0	-	-	-	-
0,1	26,30	1,48	0,000	0,000
0,2	26,15	1,40	0,000	0,000
0,3	25,77	1,31	0,000	0,000
0,4	25,13	1,23	0,000	0,000
0,5	24,23	1,16	0,000	0,000
0,6	23,14	1,09	0,000	0,000
0,7	21,91	1,02	0,000	0,000
0,8	20,60	0,96	0,000	0,000
0,9	19,26	0,90	0,000	0,000
1,0	17,95	0,85	0,000	0,000
1,1	16,67	0,80	0,000	0,000
1,2	15,46	0,76	0,000	0,000
1,3	14,33	0,72	0,000	0,000
1,4	13,27	0,68	0,000	0,000
1,5	12,30	0,65	0,000	0,000
1,6	11,40	0,62	0,000	0,000
1,7	10,58	0,59	0,000	0,000
1,8	9,83	0,56	0,000	0,000
1,9	9,14	0,54	0,000	0,000
2,0	8,51	0,52	0,062	0,071
2,1	7,94	0,50	0,058	0,066
2,2	7,42	0,48	0,054	0,062
2,3	6,94	0,46	0,050	0,058
2,4	6,50	0,44	0,047	0,054
2,5	6,10	0,43	0,044	0,051
2,6	5,73	0,41	0,042	0,048
2,7	5,39	0,40	0,039	0,045
2,8	5,08	0,39	0,037	0,042
2,9	4,79	0,37	0,035	0,040
3,0	4,53	0,36	0,033	0,038
3,1	4,28	0,35	0,031	0,036
3,2	4,06	0,34	0,029	0,034
3,3	3,85	0,33	0,028	0,032
3,4	3,65	0,32	0,026	0,030
3,5	3,47	0,31	0,025	0,029
3,6	3,30	0,31	0,024	0,028
3,7	3,14	0,30	0,023	0,026
3,8	3,00	0,29	0,022	0,025
3,9	2,86	0,28	0,021	0,024
4,0	2,73	0,28	0,020	0,023
4,1	2,61	0,27	0,019	0,022
4,2	2,50	0,26	0,018	0,021
4,3	2,40	0,26	0,017	0,020
4,4	2,30	0,25	0,017	0,019



CALCOLO CEDIMENTI ELASTICI SISMICI IMMEDIATI - CARICO ΔQ_y - SLD

Dati di calcolo:

$B_r =$	2,02	m
$L_r =$	2,27	m
$A_{vid} =$	4,60	m^2
$\sigma'_{v0} =$	36,00	kPa
$E_{d,SLD}^{L.T.} =$	347,38	kN
$\sigma'_{med,x} = E_{d,SLD}^{L.T.} / (B_r L) =$	68,7	kPa
$\sigma'_{med,y} = E_{d,SLD}^{L.T.} / (B L_r) =$	61,1	kPa
$\Delta Q_x = \sigma'_{med,x} - \sigma'_{v0} =$	32,65	kPa
$\Delta Q_y = \sigma'_{med,y} - \sigma'_{v0} =$	25,08	kPa

STRATO	γ kN/m ³	E' kPa	ν -	E_u kPa	ν_u -
1	18,00	12.000	0,32	13.800	0,5
2	20,00	13.000	0,31	14.950	0,5
3	21,00	15.000	0,3	17.250	0,5

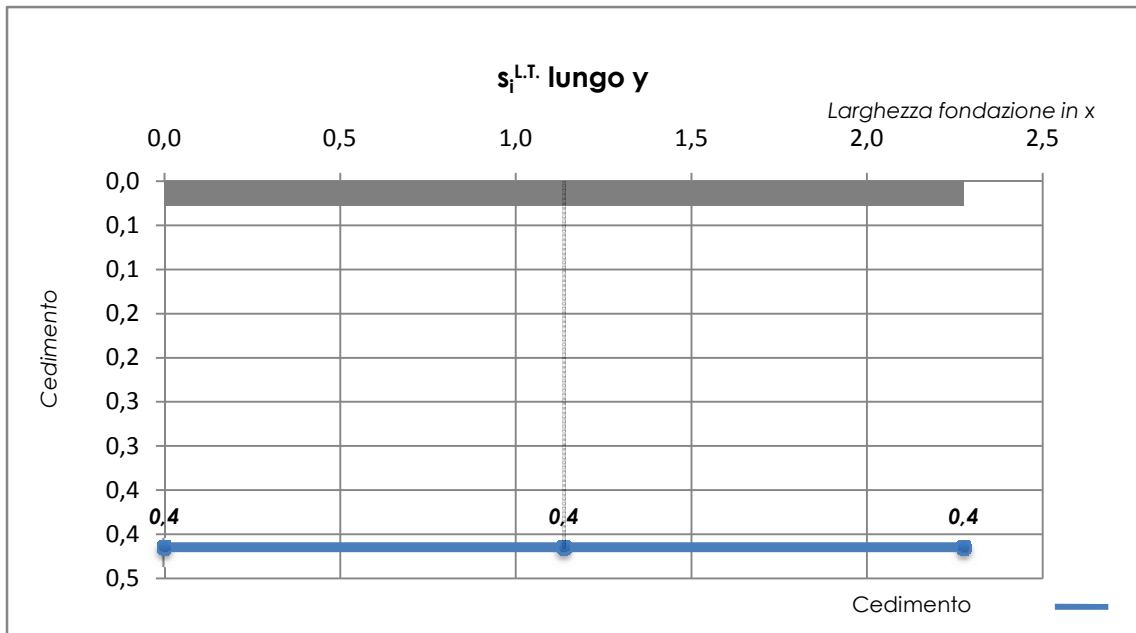
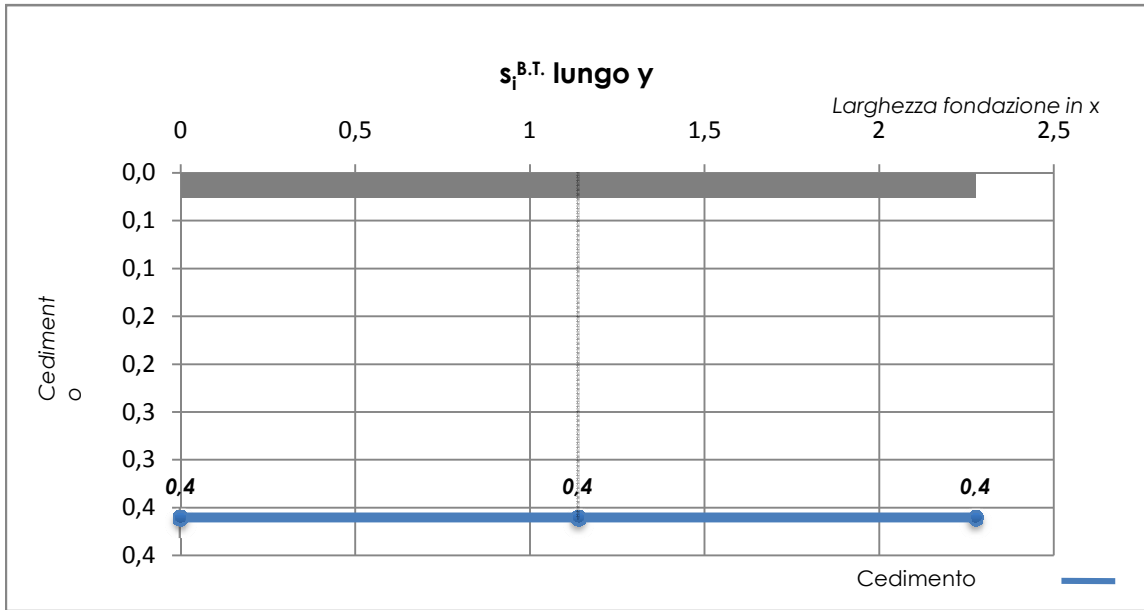
Risultati:

Cedimento	$s_{i,asse}^{B.T.}$	$s_{i,asse}^{L.T.}$
	mm	mm
STRATO 1	0,0	0,0
STRATO 2	0,3	0,3
STRATO 3	0,1	0,1
Totale	0,4	0,4

TABULATI DI CALCOLO CEDIMENTI SISMICI ELASTICI - CARICO ΔQ_y

STRATO 1

z	$\Delta\sigma_{vas}$	α_i	$S_{i,as}$ B.T.	$S_{i,as}$ L.T.
m	kPa	rad	mm	mm
0,0	-	-	-	-
0,1	25,07	1,48	0,00	0,0000
0,2	24,92	1,40	0,00	0,0000
0,3	24,56	1,31	0,00	0,0000
0,4	23,95	1,23	0,00	0,0000
0,5	23,10	1,16	0,00	0,0000
0,6	22,06	1,09	0,00	0,0000
0,7	20,89	1,02	0,00	0,0000
0,8	19,64	0,96	0,00	0,0000
0,9	18,36	0,90	0,00	0,0000
1,0	17,11	0,85	0,00	0,0000
1,1	15,89	0,80	0,00	0,0000
1,2	14,74	0,76	0,00	0,0000
1,3	13,66	0,72	0,00	0,0000
1,4	12,65	0,68	0,00	0,0000
1,5	11,72	0,65	0,00	0,0000
1,6	10,87	0,62	0,00	0,0000
1,7	10,09	0,59	0,00	0,0000
1,8	9,37	0,56	0,00	0,0000
1,9	8,71	0,54	0,00	0,0000
2,0	8,12	0,52	0,06	0,0676
2,1	7,57	0,50	0,05	0,0631
2,2	7,07	0,48	0,05	0,0589
2,3	6,61	0,46	0,05	0,0551
2,4	6,20	0,44	0,04	0,0516
2,5	5,81	0,43	0,04	0,0484
2,6	5,46	0,41	0,04	0,0455
2,7	5,14	0,40	0,04	0,0428
2,8	4,84	0,39	0,04	0,0403
2,9	4,57	0,37	0,03	0,0381
3,0	4,32	0,36	0,03	0,0360
3,1	4,08	0,35	0,03	0,0340
3,2	3,87	0,34	0,03	0,0322
3,3	3,67	0,33	0,03	0,0306
3,4	3,48	0,32	0,03	0,0290
3,5	3,31	0,31	0,02	0,0276
3,6	3,15	0,31	0,02	0,0262
3,7	3,00	0,30	0,02	0,0250
3,8	2,86	0,29	0,02	0,0238
3,9	2,73	0,28	0,02	0,0227
4,0	2,61	0,28	0,02	0,0217
4,1	2,49	0,27	0,02	0,0208
4,2	2,38	0,26	0,02	0,0199
4,3	2,28	0,26	0,02	0,0190



SLE IN CAMPO VISCOELASTICO

Premessa

Il calcolo dei cedimenti agli SLE in campo elastico riguarda la sola determinazione dei cedimenti immediati e pertanto può essere utilizzato solo per problemi geotecnici di limitata importanza, oppure nel caso di terreni a grana grossa, dotati di elevata rigidità, per valutarne l'immediata risposta elastica. Risulta necessario, pertanto, esplorare il comportamento del terreno dal punto di vista dei cedimenti nelle sue fasi iniziali (cedimenti immediati), intermedie (cedimenti di consolidazione primaria), e finali (cedimenti viscosi o di consolidazione secondaria). Pertanto il cedimento globale è dato dalle tre componenti: $s = s_i + s_c + s_v$.

Procedura di calcolo

La Teoria della consolidazione monodimensionale di Terzaghi permette di calcolare i cedimenti di consolidazione primaria e secondaria assimilando il sottosuolo ad un mezzo trasversalmente isotropo caratterizzato da un asse di simmetria verticale con un piano di isotropia ortogonale. L'analisi richiede inoltre la **discretizzazione** del sottosuolo in strati di spessore fittizio Δz , pertanto l'intera metodologia di analisi, nel calcolo delle tre componenti del cedimento, può essere così riassunta:

Tipo di Cedimento	Operazioni da eseguire	Equazioni da utilizzare
s_i	Calcolo del cedimento elastico (immediato)	2.1 - 2.2
	Calcolo delle tensioni indotte nel sottosuolo mediante le equazioni di Steinbrenner per plinti quadrati o rettangolari	3 - 3.1 - 3.2
s_c	Calcolo delle sovrappressioni interstiziali a seconda del grado di consolidazione U	Equazione di Skempton $\Delta u_{i(U)} = B [\Delta \sigma_{x,i} + A (\Delta \sigma_{z,i} - \Delta \sigma_{x,i})] (100 - U_i)/100$
	Calcolo del cedimento di consolidazione primaria monodimensionale al di sotto del baricentro della fondazione	$s_{c,i/as} = \sum_0^z [\Delta z RR \log((\sigma'_{v,as} + \Delta \sigma_{v,as})/\sigma'_{v,as})]$ $s_{c,i/sp} = s_{c,i/as}$ per plinto rigido
	Correzione dei cedimenti di consolidazione primaria monodimensionali per tener conto degli effetti pseudo-3D	$s_{c,3D/as} = \mu s_{c,i/as}$ e $s_{c,3D/sp} = \mu s_{c,i/sp}$ $\mu = A + a (1-A)$ $a = \sum \Delta \sigma_x / \sum \Delta \sigma_z$
	Correzione dei cedimenti di consolidazione primaria pseudo 3D per tener conto della rigidità del plinto	$s_{c,3D,r} = 1/3 (2 s_{c,3D/as} + s_{c,3D/sp})$
s_v	Calcolo del cedimento di consolidazione secondaria (viscoso)	$s_v = c_{\alpha \xi} \Delta z \log(t/t_{100}) \approx c_{\alpha \xi} \Delta z \log(1,5)$
s	Calcolo del Cedimento Totale dato dai tre contributi Per Plinto rigido:	$s = s_i + s_{c,3D,r} + s_v$

L'intera procedura deve essere eseguita due volte: una considerando il carico agente ΔQ_x , l'altra considerando il carico agente ΔQ_y .

CEDIMENTI VISCOELASTICI - CARICO ΔQ_x

CEDIMENTI di CONSOLIDAZIONE PRIMARIA

strato	MONODIMENSIONALE		CEDIMENTI CORRETTI per L'EFFETTO 3D				FINALE
	$s_{c,i/asse}$	$s_{c,i/spig}$	coeff. α	coeff. μ	$s_{c,3D/asse}$	$s_{c,3D/spig}$	$s_{c,3D,r}$
1	10,03	10,03	0,24	0,62	6,23	6,23	6,23
2	1,16	1,16	0,0024	0,25	0,292	0,292	0,29
3	0,24	0,24	0,0007	0,00	0,000	0,000	0,00
totale mm	11,43	11,43			6,52	6,52	6,52

CEDIMENTI DI CONSOLIDAZIONE SECONDARIA

$$s_v = c_{\alpha\xi} \Delta z \log(t/t_{100}) \approx c_{\alpha\xi} \Delta z \log(1,5)$$

con $c_{\alpha\xi} = 0,04$ CR e t_{100} che esprime il tempo necessario per l'esaurimento del processo di consolidazione primaria e, pertanto, il passaggio verso la fase puramente viscosa (inizio della consolidazione secondaria)

strato	spessore	$c_{\alpha\xi}$	s_v
1	5,00	0,0020	1,76
2	5,00	0,0020	1,76
3	5,00	0,0020	1,76
totale mm			5,28

3,49

CEDIMENTO TOTALE

Per Plinto rigido:

$$s = s_i^{L.T.} + s_{c,3D,r} + s_v$$

14,49

mm

CEDIMENTI VISCOELASTICI - CARICO ΔQ_y

CEDIMENTI di CONSOLIDAZIONE PRIMARIA

strato	MONODIMENSIONALE		CEDIMENTI CORRETTI per L'EFFETTO 3D				FINALE
	$s_{c,i/asse}$	$s_{c,i/spig}$	coeff. α	coeff. μ	$s_{c,3D/asse}$	$s_{c,3D/spig}$	$s_{c,3D,r}$
1	5,67	5,67	0,32	0,66	3,75	3,75	3,75
2	0,63	0,63	0,0077	0,26	0,16	0,16	0,16
3	0,13	0,13	0,0024	0,00	0,00	0,00	0,00
totale mm	6,43	6,43			3,91	3,91	3,91

CEDIMENTI DI CONSOLIDAZIONE SECONDARIA

$$s_v = c_{\alpha\xi} \Delta z \log(t/t_{100}) \approx c_{\alpha\xi} \Delta z \log(1,5)$$

con $c_{\alpha\xi} = 0,04$ CR e t_{100} che esprime il tempo necessario per l'esaurimento del processo di consolidazione primaria e, pertanto, il passaggio verso la fase puramente viscosa (inizio della consolidazione secondaria)

strato	spessore	$c_{\alpha\xi}$	s_v
1	5,00	0,0020	1,76
2	5,00	0,0020	1,76
3	5,00	0,0020	1,8
totale mm			5,28

CEDIMENTO TOTALE

Per Plinto rigido:

$$s = s_r^{L.T.} + s_{c,3D,r} + s_v \quad \mathbf{10,67} \quad \text{mm}$$

STUDIO DELL'EVOLUZIONE TEMPORALE DEI CEDIMENTI

L'evoluzione temporale della consolidazione viene studiata mediante l'equazione classica della consolidazione monodimensionale:

$$c_v \delta^2 u / \delta z^2 = \delta u / \delta t$$

la cui soluzione può essere cercata introducendo due variabili adimensionali:

$$Z = z/H$$

$$T_v = c_v t/H^2$$

espresse in funzione di H che rappresenta il massimo percorso di drenaggio della fase fluida.

Secondo tale soluzione l'applicazione di un carico induce una sovrappressione interstiziale nel terreno (condizioni iniziali: $t=0, u_{(0)}=0$ per $0 < Z < H$) la quale si annulla rapidamente in corrispondenza delle superfici di drenaggio (condizioni al contorno: $t > 0, u_{(z=H)}=0$), generando un'isocrona il cui ventre coincide con la mezzeria dello strato in consolidazione che a sua volta può essere considerata una superficie impermeabile (Fig. 1a); ciò comporta che la soluzione può essere estesa anche ai casi con drenaggio a una sola estremità ponendo attenzione all'individuazione del valore corretto di H (Fig. 1b).

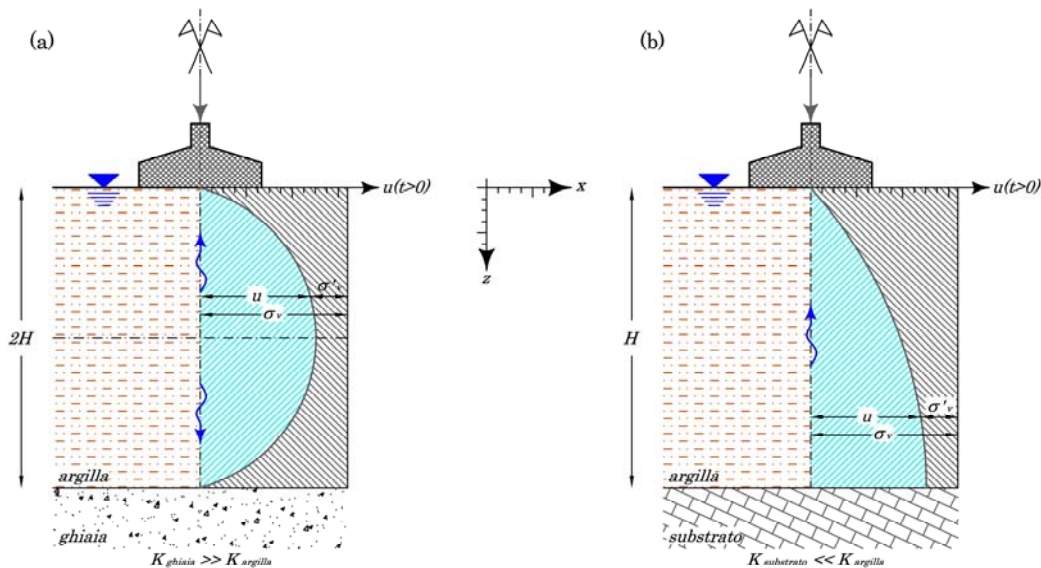


Fig. 1 - Definizione dello spessore drenante e relativa isocrona della sovrappressione interstiziale, in funzione delle permeabilità relative tra strati a contatto.

Poiché il drenaggio conseguente alla consolidazione conduce allo sviluppo di **cedimenti** del terreno è anche possibile definire il grado di consolidazione medio U in funzione di T_v . I valori sono riportati nella tabella sottostante (da Taylor, 1948):

U (%)	T_v
0	0
5	0,00017
10	0,0077
15	0,0177
20	0,0314
25	0,0491
30	0,0707
35	0,0962
40	0,126
45	0,159
50	0,197
55	0,238
60	0,286
65	0,342
70	0,404
75	0,477
80	0,567
85	0,684
90	0,848
95	1,129
100	-

Si giunge pertanto alla determinazione del tempo di esaurimento della consolidazione primaria t , per ogni strato di spessore H , mediante la seguente equazione:

$$t = T_v H^2 / c_v$$

Ad ogni tempo t così ricavato corrisponde un valore del cedimento temporale dato da:

$$s(t) = (s_{c,3D/r} U/100) + s_i$$

Le tabelle sottostanti riepilogano i cedimenti ottenuti fin'ora, compreso il cedimento $s_{c,3D/r}$ necessario per il calcolo del cedimenti di consolidazione per quanto detto sopra.

Riepilogo cedimenti - carico ΔQ_x			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
$s_i^{L.T. \text{ asse}}$	1,90	0,61	0,19
$s_{c,3D,r}$	6,23	0,29	0,00
s_v	1,76	1,76	1,76
s_{totale}	9,89	2,66	1,95

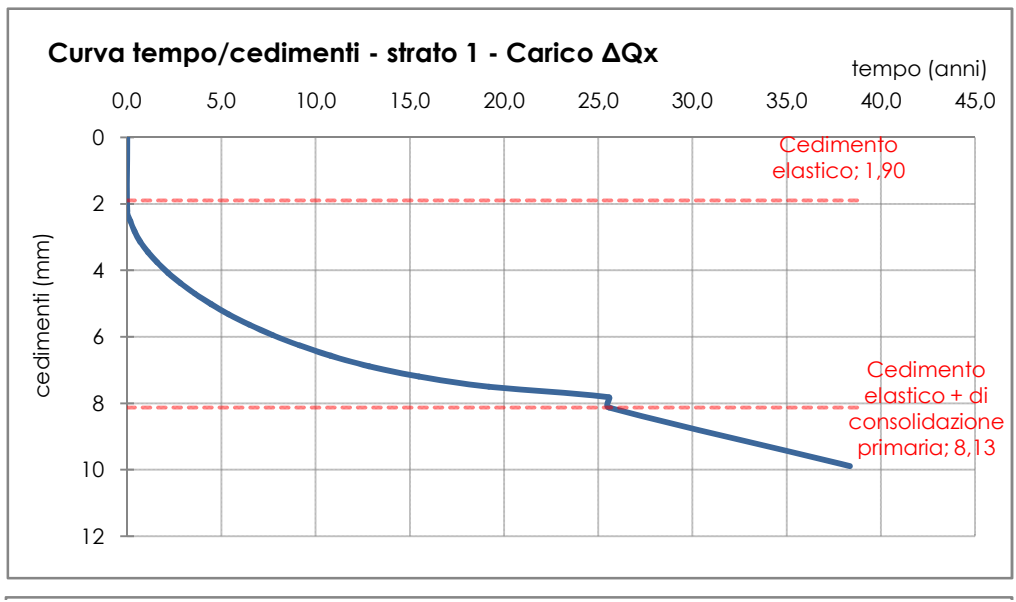
Riepilogo cedimenti - carico ΔQ_y			
	Strato 1	Strato 2	Strato 3
$s_i^{L.T. \text{ asse}}$	1,04	0,33	0,10
$s_{c,3D,r}$	3,75	0,16	0,00
s_v	1,76	1,76	1,76
s_{totale}	6,55	2,25	1,86

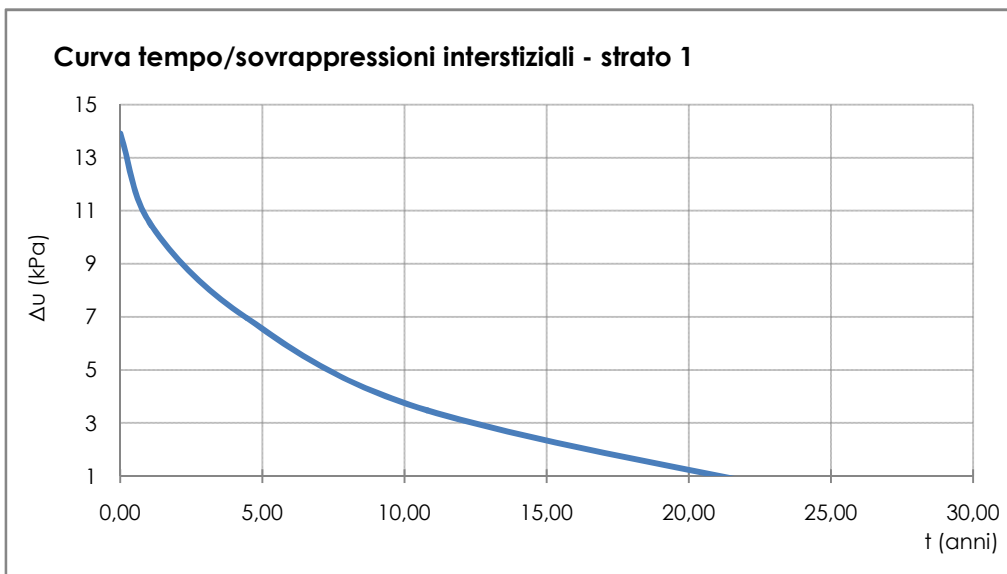
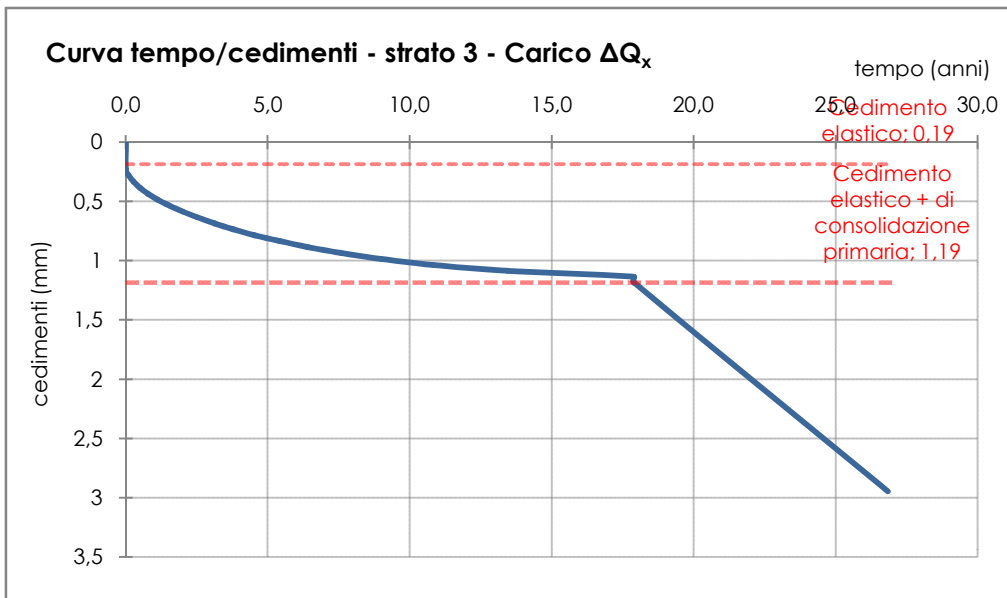
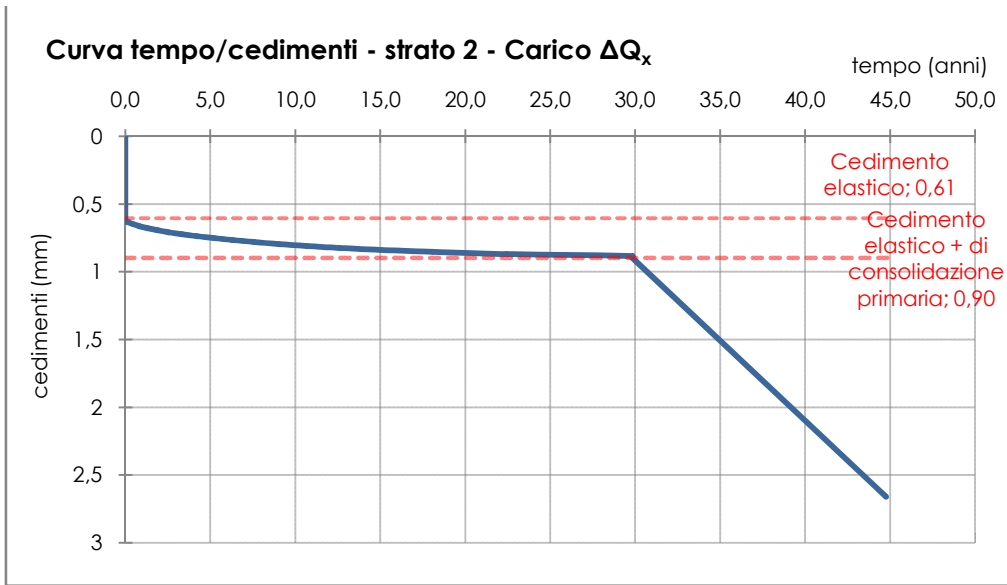
SINTESI DELL'EVOLUZIONE TEMPORALE DELLA CONSOLIDAZIONE - CARICO ΔQ_x

Strato 1		03:50			03:51	3.40+3.42	
U	T_v	c_v	H	t	t	$S_{(t) asse}$	Δu
%	-	m^2/s	m	gg	anni	mm	kPa
0	0,0000	0,000000035	5,00	0	0,00	0,00	13,92
5	0,00017	0,000000035	5,00	1,4	0,00	2,21	
10	0,008	0,000000035	5,00	63,7	0,17	2,52	
15	0,018	0,000000035	5,00	146,3	0,40	2,83	
20	0,031	0,000000035	5,00	259,6	0,71	3,14	
25	0,049	0,000000035	5,00	405,9	1,11	3,45	
30	0,071	0,000000035	5,00	584,5	1,60	3,77	
35	0,096	0,000000035	5,00	795,3	2,18	4,08	
40	0,126	0,000000035	5,00	1041,7	2,85	4,39	
45	0,159	0,000000035	5,00	1314,5	3,60	4,70	
50	0,197	0,000000035	5,00	1628,6	4,46	5,01	
55	0,238	0,000000035	5,00	1967,6	5,39	5,32	
60	0,286	0,000000035	5,00	2364,4	6,48	5,64	
65	0,342	0,000000035	5,00	2827,4	7,75	5,95	
70	0,404	0,000000035	5,00	3339,9	9,15	6,26	
75	0,477	0,000000035	5,00	3943,5	10,80	6,57	
80	0,567	0,000000035	5,00	4687,5	12,84	6,88	
85	0,684	0,000000035	5,00	5654,8	15,49	7,19	
90	0,848	0,000000035	5,00	7010,6	19,21	7,51	
95	1,129	0,000000035	5,00	9333,7	25,57	7,82	
100	1,129	0,000000035	5,00	9333,7	25,57	8,13	
consolidazione secondaria →					38,36	9,89	

Strato 2		03:50			03:51	3.40+3.42	
U	T_v	c_v	H	t	t	$S_{(t) asse}$	Δu
%	-	m^2/s	m	gg	anni	mm	kPa
0	0,000	0,000000003	5,00	0,0	0,00	0,00	0,66
5	0,00017	0,000000003	5,00	1,6	0,00	0,62	
10	0,008	0,000000003	5,00	74,3	0,20	0,64	
15	0,018	0,000000003	5,00	170,7	0,47	0,65	
20	0,031	0,000000003	5,00	302,9	0,83	0,66	
25	0,049	0,000000003	5,00	473,6	1,30	0,68	
30	0,071	0,000000003	5,00	681,9	1,87	0,69	
35	0,096	0,000000003	5,00	927,9	2,54	0,71	
40	0,126	0,000000003	5,00	1215,3	3,33	0,72	
45	0,159	0,000000003	5,00	1533,6	4,20	0,74	
50	0,197	0,000000003	5,00	1900,1	5,21	0,75	
55	0,238	0,000000003	5,00	2295,5	6,29	0,77	
60	0,286	0,000000003	5,00	2758,5	7,56	0,78	
65	0,342	0,000000003	5,00	3298,6	9,04	0,80	
70	0,404	0,000000003	5,00	3896,6	10,68	0,81	
75	0,477	0,000000003	5,00	4600,7	12,60	0,82	
80	0,567	0,000000003	5,00	5468,8	14,98	0,84	
85	0,684	0,000000003	5,00	6597,2	18,07	0,85	
90	0,848	0,000000003	5,00	8179,0	22,41	0,87	
95	1,129	0,000000003	5,00	10889,3	29,83	0,88	
100	1,129	0,000000003	5,00	10889,3	29,83	0,90	

consolidazione secondaria →					44,75	2,66	
Strato 3							
U	T_v	C_v	H	t	t	$S_{(t) asse}$	ΔU
%	-	m^2/s	m	gg	anni	mm	kPa
0	0,000	0,00000005	5,00	0,0	0,00	0,00	0,00
5	0,00017	0,00000005	5,00	1,0	0,00	0,24	
10	0,008	0,00000005	5,00	44,6	0,12	0,29	
15	0,018	0,00000005	5,00	102,4	0,28	0,34	
20	0,031	0,00000005	5,00	181,7	0,50	0,39	
25	0,049	0,00000005	5,00	284,1	0,78	0,44	0,00
30	0,071	0,00000005	5,00	409,1	1,12	0,49	
35	0,096	0,00000005	5,00	556,7	1,53	0,54	
40	0,126	0,00000005	5,00	729,2	2,00	0,59	
45	0,159	0,00000005	5,00	920,1	2,52	0,64	
50	0,197	0,00000005	5,00	1140,0	3,12	0,69	0,00
55	0,238	0,00000005	5,00	1377,3	3,77	0,74	
60	0,286	0,00000005	5,00	1655,1	4,53	0,79	
65	0,342	0,00000005	5,00	1979,2	5,42	0,84	
70	0,404	0,00000005	5,00	2338,0	6,41	0,89	
75	0,477	0,00000005	5,00	2760,4	7,56	0,94	0,00
80	0,567	0,00000005	5,00	3281,3	8,99	0,99	
85	0,684	0,00000005	5,00	3958,3	10,84	1,04	
90	0,848	0,00000005	5,00	4907,4	13,44	1,09	
95	1,129	0,00000005	5,00	6533,6	17,90	1,14	
100	1,129	0,00000005	5,00	6533,6	17,90	1,19	0,00
consolidazione secondaria →					26,85	2,95	



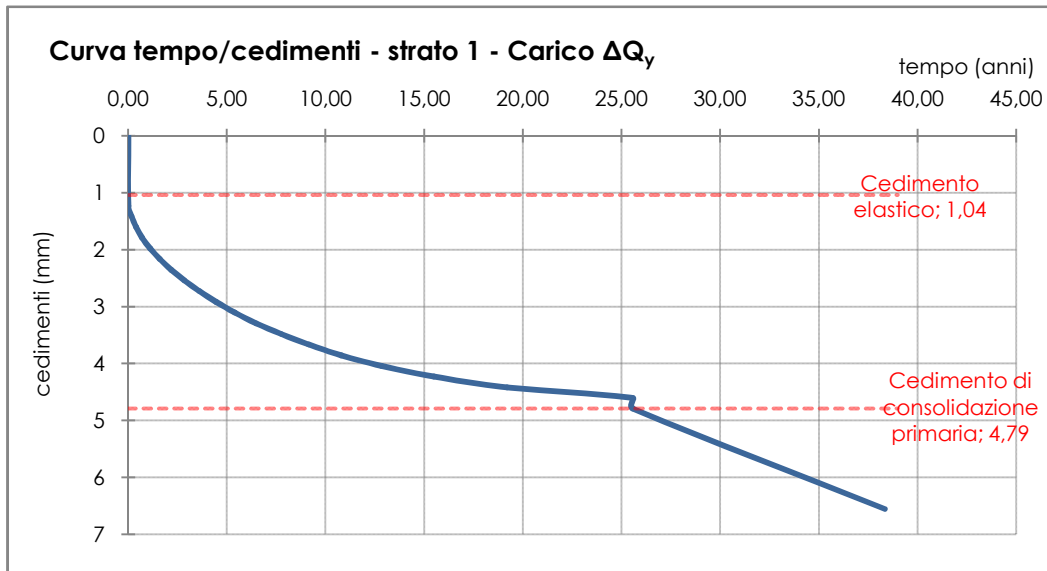


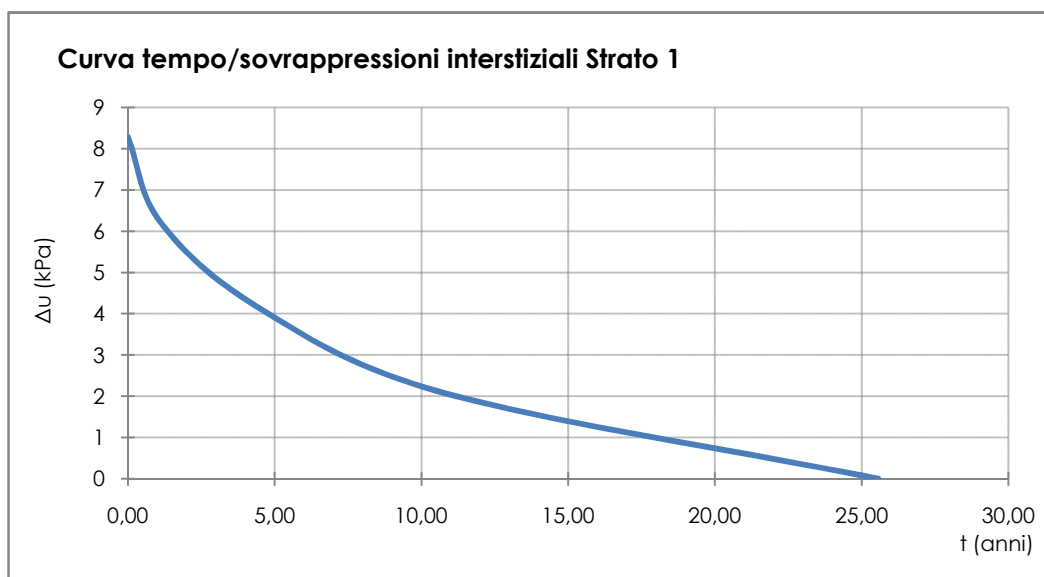
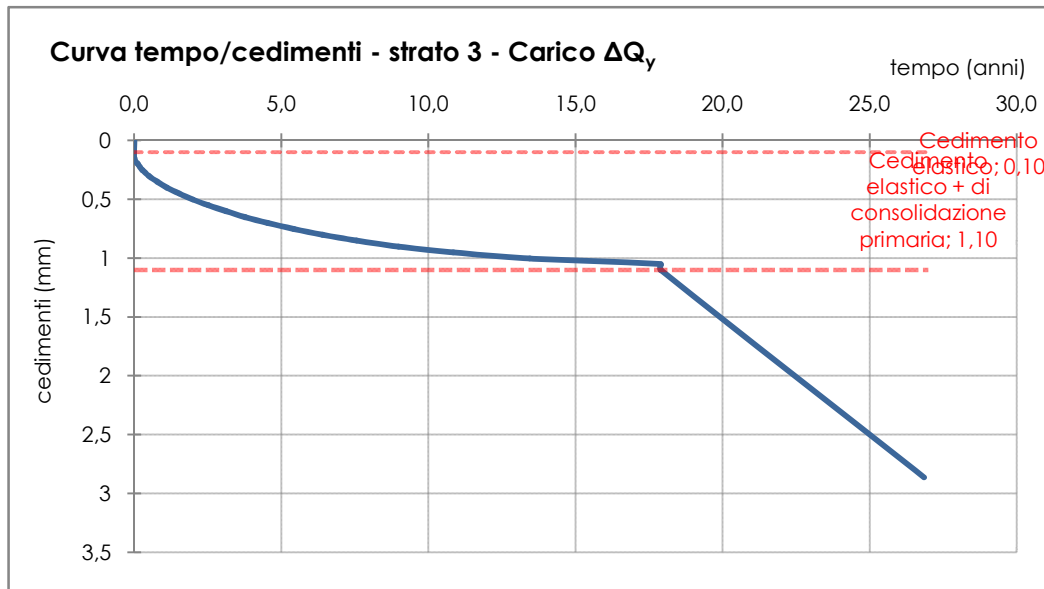
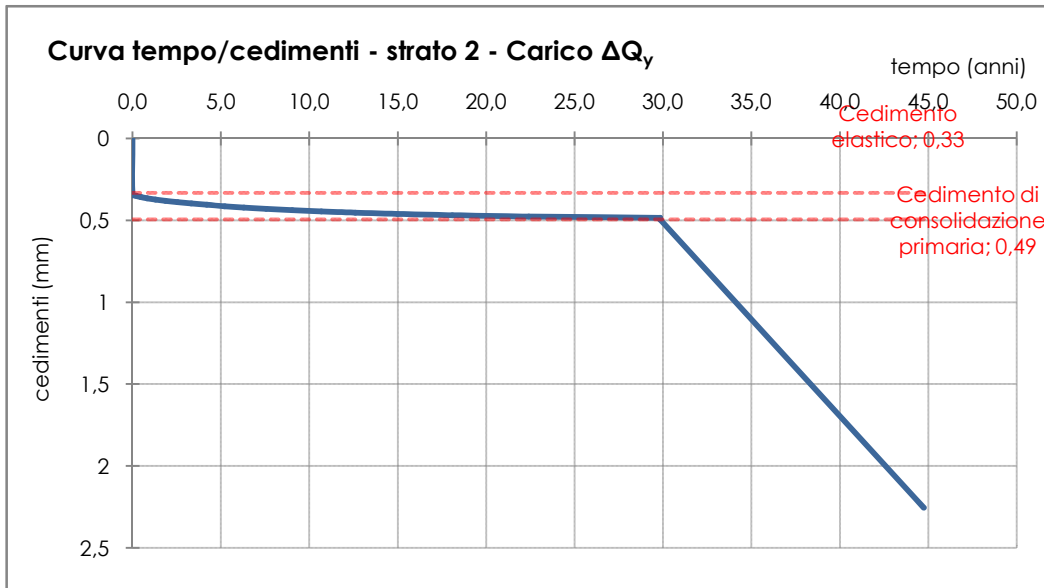
SINTESI DELL'EVOLUZIONE TEMPORALE DELLA CONSOLIDAZIONE - CARICO ΔQ_y

Strato 1							
U	T_v	c_v	H	t	t	$S_{(t) \text{ asse}}$	Δu
%	-	m^2/s	m	gg	anni	mm	kPa
0	0	0,000000035	5,00	0	0,00	0,00	8,29
5	0,00017	0,000000035	5,00	1,4	0,00	1,23	
10	0,0077	0,000000035	5,00	63,7	0,17	1,42	
15	0,0177	0,000000035	5,00	146,3	0,40	1,60	
20	0,0314	0,000000035	5,00	259,6	0,71	1,79	
25	0,0491	0,000000035	5,00	405,9	1,11	1,98	
30	0,0707	0,000000035	5,00	584,5	1,60	2,17	
35	0,0962	0,000000035	5,00	795,3	2,18	2,35	
40	0,126	0,000000035	5,00	1041,7	2,85	2,54	
45	0,159	0,000000035	5,00	1314,5	3,60	2,73	
50	0,197	0,000000035	5,00	1628,6	4,46	2,92	
55	0,238	0,000000035	5,00	1967,6	5,39	3,10	
60	0,286	0,000000035	5,00	2364,4	6,48	3,29	
65	0,342	0,000000035	5,00	2827,4	7,75	3,48	
70	0,404	0,000000035	5,00	3339,9	9,15	3,67	
75	0,477	0,000000035	5,00	3943,5	10,80	3,85	
80	0,567	0,000000035	5,00	4687,5	12,84	4,04	
85	0,684	0,000000035	5,00	5654,8	15,49	4,23	
90	0,848	0,000000035	5,00	7010,6	19,21	4,42	
95	1,129	0,000000035	5,00	9333,7	25,57	4,60	
100	1,129	0,000000035	5,00	9333,7	25,57	4,79	
consolidazione secondaria →					38,36	6,55	

Strato 2							
U	T_v	c_v	H	t	t	$S_{(t) \text{ asse}}$	Δu
%	-	m^2/s	m	gg	anni	mm	kPa
0	0,0000	0,000000003	5,00	0,0	0,00	0,00	0,36
5	0,00017	0,000000003	5,00	1,6	0,00	0,34	
10	0,008	0,000000003	5,00	74,3	0,20	0,35	
15	0,018	0,000000003	5,00	170,7	0,47	0,36	
20	0,031	0,000000003	5,00	302,9	0,83	0,37	
25	0,049	0,000000003	5,00	473,6	1,30	0,37	
30	0,071	0,000000003	5,00	681,9	1,87	0,38	
35	0,096	0,000000003	5,00	927,9	2,54	0,39	
40	0,126	0,000000003	5,00	1215,3	3,33	0,40	
45	0,159	0,000000003	5,00	1533,6	4,20	0,41	
50	0,197	0,000000003	5,00	1900,1	5,21	0,41	
55	0,238	0,000000003	5,00	2295,5	6,29	0,42	
60	0,286	0,000000003	5,00	2758,5	7,56	0,43	
65	0,342	0,000000003	5,00	3298,6	9,04	0,44	
70	0,404	0,000000003	5,00	3896,6	10,68	0,45	
75	0,477	0,000000003	5,00	4600,7	12,60	0,45	
80	0,567	0,000000003	5,00	5468,8	14,98	0,46	
85	0,684	0,000000003	5,00	6597,2	18,07	0,47	
90	0,848	0,000000003	5,00	8179,0	22,41	0,48	
95	1,129	0,000000003	5,00	10889,3	29,83	0,49	

100	1,129	0,00000003	5,00	10889,3	29,83	0,49	0,00
consolidazione secondaria →					44,75	2,25	
Strato 3							
U	T_v	c_v	H	t	t	$s_{(t) \text{ asse}}$	Δu
%	-	m^2/s	m	gg	anni	mm	kPa
0	0	0,00000005	5,00	0,0	0,00	0,00	0,00
5	0,00017	0,00000005	5,00	1,0	0,00	0,15	
10	0,0077	0,00000005	5,00	44,6	0,12	0,20	
15	0,0177	0,00000005	5,00	102,4	0,28	0,25	
20	0,0314	0,00000005	5,00	181,7	0,50	0,30	
25	0,0491	0,00000005	5,00	284,1	0,78	0,35	0,00
30	0,0707	0,00000005	5,00	409,1	1,12	0,40	
35	0,0962	0,00000005	5,00	556,7	1,53	0,45	
40	0,126	0,00000005	5,00	729,2	2,00	0,50	
45	0,159	0,00000005	5,00	920,1	2,52	0,55	
50	0,197	0,00000005	5,00	1140,0	3,12	0,60	0,00
55	0,238	0,00000005	5,00	1377,3	3,77	0,65	
60	0,286	0,00000005	5,00	1655,1	4,53	0,70	
65	0,342	0,00000005	5,00	1979,2	5,42	0,75	
70	0,404	0,00000005	5,00	2338,0	6,41	0,80	
75	0,477	0,00000005	5,00	2760,4	7,56	0,85	0,00
80	0,567	0,00000005	5,00	3281,3	8,99	0,90	
85	0,684	0,00000005	5,00	3958,3	10,84	0,95	
90	0,848	0,00000005	5,00	4907,4	13,44	1,00	
95	1,129	0,00000005	5,00	6533,6	17,90	1,05	
100	1,129	0,00000005	5,00	6533,6	17,90	1,10	0,00
consolidazione secondaria →					26,85	2,86	





SLE VISCOELASTICI - TABULATI DI CALCOLO

Il foglio calcola le tensioni indotte al terreno mediante le formule di Steinbrenner, come per il caso elastico ma utilizzando $E_{d,SLE\ q,p}$. Viene quindi calcolato il **cedimento di consolidazione primaria** monodimensionale (edometrico) che sarà successivamente corretto per tener conto degli effetti pseudo-3D e della rigidità del plinto. Infine vengono calcolate le sovrappressioni Δu_i generate dal carico applicato, necessarie per la costruzione della curva di dissipazione delle sovrappressioni interstiziali.

Il calcolo viene eseguito prima per il carico ΔQ_x e poi per il carico ΔQ_y

Dati di calcolo:

$$B_r = 1,69 \quad m$$

$$L_r = 2,27 \quad m$$

$$\gamma_w = 10 \quad kN/m^3$$

$$\sigma'_{med,x} = E_{d,SLE\ q,p}^{L.T.} / (B_r L) = 81,5 \quad kPa$$

$$\Delta Q'_x = \sigma'_{med,x} - \sigma'_{v0} = \mathbf{45,51} \quad kPa$$

$$\sigma'_{med,y} = E_{d,SLE\ q,p}^{L.T.} / (B L_r) = 60,6 \quad kPa$$

$$\Delta Q'_y = \sigma'_{med,y} - \sigma'_{v0} = \mathbf{24,55} \quad kPa$$

STRATO 1	
$\gamma =$	18,00 kN/m^3
$A =$	0,5 -
$B =$	0,5 -
$RR =$	0,05 -

STRATO 2	
$\gamma =$	20,00 kN/m^3
$A =$	0,25 -
$B =$	1 -
$RR =$	0,05 -

STRATO 3	
$\gamma =$	21,00 kN/m^3
$A =$	0,00 -
$B =$	1 -
$RR =$	0,05 -

U = 0 %

ΔQ_x

STRATO 1

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	9,0	0	0,0	9,00	11,24	41,93	1,04	13,75	13,92	28,01	0,00
1,0	18,0	0	0,0	18,00	10,48	31,05	0,70	3,51	8,64	22,41	0,00
1,5	27,0	0	0,0	27,00	9,20	21,28	0,51	1,08	5,59	15,69	0,00
2,0	36,0	0	0,0	36,00	7,76	14,73	0,40	0,41	3,79	10,94	2,88
2,5	45,0	0	0,0	45,00	6,44	10,55	0,33	0,19	2,68	7,87	1,75
3,0	54,0	0	0,0	54,00	5,32	7,83	0,27	0,09	1,98	5,85	1,12
3,5	63,0	0	0,0	63,00	4,41	6,00	0,24	0,05	1,51	4,49	0,75
4,0	72,0	0	0,0	72,00	3,68	4,73	0,21	0,03	1,19	3,54	0,52
4,5	81,0	0	0,0	81,00	3,10	3,81	0,19	0,02	0,96	2,85	0,38
5,0	90,0	0	0,0	90,00	2,64	3,13	0,17	0,01	0,79	2,35	0,28
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
Totale											7,67
STRATO 2											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,5	110,00	0	0,0	110,00	2,26	2,62	0,15	0,01	0,66	1,96	0,191
6,0	120,00	0	0,0	120,00	1,96	2,22	0,14	0,01	0,56	1,66	0,149
6,5	130,00	0	0,0	130,00	1,71	1,90	0,13	0,00	0,48	1,42	0,118
7,0	140,00	0	0,0	140,00	1,50	1,65	0,12	0,00	0,42	1,23	0,095
7,5	150,00	0	0,0	150,00	1,33	1,44	0,11	0,00	0,36	1,08	0,078
8,0	160,00	0	0,0	160,00	1,18	1,27	0,11	0,00	0,32	0,95	0,064
8,5	170,00	0	0,0	170,00	1,06	1,13	0,10	0,00	0,28	0,85	0,054
9,0	180,00	0	0,0	180,00	0,95	1,01	0,09	0,00	0,25	0,76	0,046
9,5	190,00	0	0,0	190,00	0,86	0,91	0,09	0,00	0,23	0,68	0,039
10,0	200,00	0	0,0	200,00	0,78	0,82	0,08	0,00	0,21	0,62	0,033
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
Totale										0,87	
STRATO 3											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,5	220,5	9,81	4,9	215,6	0,71	0,75	0,08	0,00	0,00	0,75	0,038
11,0	231,0	9,81	9,8	221,2	0,65	0,68	0,08	0,00	0,00	0,68	0,033
11,5	241,5	9,81	14,7	226,8	0,60	0,62	0,07	0,00	0,00	0,62	0,030
12,0	252,0	9,81	19,6	232,4	0,55	0,57	0,07	0,00	0,00	0,57	0,027
12,5	262,5	9,81	24,5	238,0	0,51	0,53	0,07	0,00	0,00	0,53	0,024
13,0	273,0	9,81	29,4	243,6	0,48	0,49	0,06	0,00	0,00	0,49	0,022
13,5	283,5	9,81	34,3	249,2	0,44	0,45	0,06	0,00	0,00	0,45	0,020
14,0	294,0	9,81	39,2	254,8	0,41	0,42	0,06	0,00	0,00	0,42	0,018
14,5	304,5	9,81	44,1	260,4	0,39	0,39	0,06	0,00	0,00	0,39	0,016
15,0	315,0	9,81	49,1	266,0	0,36	0,37	0,06	0,00	0,00	0,37	0,015
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i}/asse$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0

Totale 0,24

U = 25 %

ΔQ_x

STRATO 1

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i}/asse$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	9,0	0	0,00	9,00	11,24	41,93	1,04	13,75	10,4	31,5	0,0
1,0	18,0	0	0,00	18,00	10,48	31,05	0,70	3,51	6,5	24,6	0,0
1,5	27,0	0	0,00	27,00	9,20	21,28	0,51	1,08	4,2	17,1	0,0
2,0	36,0	0	0,00	36,00	7,76	14,73	0,40	0,41	2,8	11,9	3,1
2,5	45,0	0	0,00	45,00	6,44	10,55	0,33	0,19	2,0	8,5	1,9
3,0	54,0	0	0,00	54,00	5,32	7,83	0,27	0,09	1,5	6,3	1,2
3,5	63,0	0	0,00	63,00	4,41	6,00	0,24	0,05	1,1	4,9	0,8
4,0	72,0	0	0,00	72,00	3,68	4,73	0,21	0,03	0,9	3,8	0,6
4,5	81,0	0	0,00	81,00	3,10	3,81	0,19	0,02	0,7	3,1	0,4
5,0	90,0	0	0,00	90,00	2,64	3,13	0,17	0,01	0,6	2,5	0,3
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
0	0,0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,0	0
Totale										8,27	
STRATO 2											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,5	110,00	0	0,00	110,00	2,26	2,62	0,15	0,01	0,50	2,12	0,207
6,0	120,00	0	0,00	120,00	1,96	2,22	0,14	0,01	0,42	1,80	0,162
6,5	130,00	0	0,00	130,00	1,71	1,90	0,13	0,00	0,36	1,54	0,128
7,0	140,00	0	0,00	140,00	1,50	1,65	0,12	0,00	0,31	1,34	0,103
7,5	150,00	0	0,00	150,00	1,33	1,44	0,11	0,00	0,27	1,17	0,084
8,0	160,00	0	0,00	160,00	1,18	1,27	0,11	0,00	0,24	1,03	0,070
8,5	170,00	0	0,00	170,00	1,06	1,13	0,10	0,00	0,21	0,92	0,058
9,0	180,00	0	0,00	180,00	0,95	1,01	0,09	0,00	0,19	0,82	0,049
9,5	190,00	0	0,00	190,00	0,86	0,91	0,09	0,00	0,17	0,74	0,042
10,0	200,00	0	0,00	200,00	0,78	0,82	0,08	0,00	0,15	0,67	0,036
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

Totale **0,94****STRATO 3**

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,5	220,5	9,81	4,9	215,60	0,71	0,75	0,08	0,00	0,00	0,75	0,038
11,0	231,0	9,81	9,8	221,19	0,65	0,68	0,08	0,00	0,00	0,68	0,033
11,5	241,5	9,81	14,7	226,79	0,60	0,62	0,07	0,00	0,00	0,62	0,030
12,0	252,0	9,81	19,6	232,38	0,55	0,57	0,07	0,00	0,00	0,57	0,027
12,5	262,5	9,81	24,5	237,98	0,51	0,53	0,07	0,00	0,00	0,53	0,024
13,0	273,0	9,81	29,4	243,57	0,48	0,49	0,06	0,00	0,00	0,49	0,022
13,5	283,5	9,81	34,3	249,17	0,44	0,45	0,06	0,00	0,00	0,45	0,020
14,0	294,0	9,81	39,2	254,76	0,41	0,42	0,06	0,00	0,00	0,42	0,018
14,5	304,5	9,81	44,1	260,36	0,39	0,39	0,06	0,00	0,00	0,39	0,016
15,0	315,0	9,81	49,1	265,95	0,36	0,37	0,06	0,00	0,00	0,37	0,015
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

Totale **0,24**

U = 50 % ΔQ_x											
STRATO 1											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	9,00	0	0,00	9,00	11,24	41,93	1,04	13,75	6,96	34,97	0,000
1,0	18,00	0	0,00	18,00	10,48	31,05	0,70	3,51	4,32	26,73	0,000
1,5	27,00	0	0,00	27,00	9,20	21,28	0,51	1,08	2,80	18,48	0,000
2,0	36,00	0	0,00	36,00	7,76	14,73	0,40	0,41	1,89	12,84	3,311
2,5	45,00	0	0,00	45,00	6,44	10,55	0,33	0,19	1,34	9,21	2,021
3,0	54,00	0	0,00	54,00	5,32	7,83	0,27	0,09	0,99	6,84	1,295
3,5	63,00	0	0,00	63,00	4,41	6,00	0,24	0,05	0,76	5,25	0,869
4,0	72,00	0	0,00	72,00	3,68	4,73	0,21	0,03	0,60	4,13	0,606
4,5	81,00	0	0,00	81,00	3,10	3,81	0,19	0,02	0,48	3,33	0,438
5,0	90,00	0	0,00	90,00	2,64	3,13	0,17	0,01	0,39	2,74	0,326
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0,00	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

Totale 8,87

STRATO 2

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,5	110,00	0	0,00	110,00	2,26	2,62	0,15	0,01	0,33	2,29	0,223
6,0	120,00	0	0,00	120,00	1,96	2,22	0,14	0,01	0,28	1,94	0,174
6,5	130,00	0	0,00	130,00	1,71	1,90	0,13	0,00	0,24	1,66	0,138
7,0	140,00	0	0,00	140,00	1,50	1,65	0,12	0,00	0,21	1,44	0,111
7,5	150,00	0	0,00	150,00	1,33	1,44	0,11	0,00	0,18	1,26	0,091
8,0	160,00	0	0,00	160,00	1,18	1,27	0,11	0,00	0,16	1,11	0,075
8,5	170,00	0	0,00	170,00	1,06	1,13	0,10	0,00	0,14	0,99	0,063
9,0	180,00	0	0,00	180,00	0,95	1,01	0,09	0,00	0,13	0,88	0,053
9,5	190,00	0	0,00	190,00	0,86	0,91	0,09	0,00	0,11	0,80	0,045
10,0	200,00	0	0,00	200,00	0,78	0,82	0,08	0,00	0,10	0,72	0,039
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
STRATO 2											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,5	110,00	0	0,00	110,00	1,22	1,41	0,20	0,02	0,36	1,05	0,103
6,0	120,00	0	0,00	120,00	1,06	1,20	0,19	0,01	0,31	0,89	0,080
6,5	130,00	0	0,00	130,00	0,92	1,03	0,17	0,01	0,26	0,76	0,064
7,0	140,00	0	0,00	140,00	0,81	0,89	0,16	0,01	0,23	0,66	0,051
7,5	150,00	0	0,00	150,00	0,72	0,78	0,15	0,00	0,20	0,58	0,042
8,0	160,00	0	0,00	160,00	0,64	0,69	0,14	0,00	0,17	0,51	0,035
8,5	170,00	0	0,00	170,00	0,57	0,61	0,13	0,00	0,15	0,46	0,029
9,0	180,00	0	0,00	180,00	0,51	0,55	0,13	0,00	0,14	0,41	0,025
9,5	190,00	0	0,00	190,00	0,47	0,49	0,12	0,00	0,12	0,37	0,021
10,0	200,00	0	0,00	200,00	0,42	0,44	0,11	0,00	0,11	0,33	0,018
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
Totale											0,28
STRATO 3											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,5	220,5	9,81	4,9	215,60	0,39	0,40	0,11	0,00	0,00	0,40	0,020
11,0	231,0	9,81	9,8	221,19	0,35	0,37	0,10	0,00	0,00	0,37	0,018
11,5	241,5	9,81	14,7	226,79	0,32	0,34	0,10	0,00	0,00	0,34	0,016
12,0	252,0	9,81	19,6	232,38	0,30	0,31	0,09	0,00	0,00	0,31	0,014
12,5	262,5	9,81	24,5	237,98	0,28	0,29	0,09	0,00	0,00	0,28	0,013
13,0	273,0	9,81	29,4	243,57	0,26	0,26	0,09	0,00	0,00	0,26	0,012
13,5	283,5	9,81	34,3	249,17	0,24	0,25	0,08	0,00	0,00	0,24	0,011
14,0	294,0	9,81	39,2	254,76	0,22	0,23	0,08	0,00	0,00	0,23	0,010
14,5	304,5	9,81	44,1	260,36	0,21	0,21	0,08	0,00	0,00	0,21	0,009
15,0	315,0	9,81	49,1	265,95	0,19	0,20	0,08	0,00	0,00	0,20	0,008
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm

Totale 0,13

U = 25 %											ΔQ_y
STRATO 1											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	9	0	0,00	9,00	6,06	22,62	1,16	10,53	6,22	16,40	0,000
1,0	18	0	0,00	18,00	5,65	16,75	0,85	3,77	3,85	12,90	0,000
1,5	27	0	0,00	27,00	4,96	11,48	0,65	1,42	2,42	9,06	0,000
2,0	36	0	0,00	36,00	4,19	7,95	0,52	0,60	1,60	6,34	1,762
2,5	45	0	0,00	45,00	3,47	5,69	0,43	0,29	1,12	4,57	1,050
3,0	54	0	0,00	54,00	2,87	4,22	0,36	0,15	0,82	3,40	0,664
3,5	63	0	0,00	63,00	2,38	3,24	0,31	0,09	0,62	2,61	0,442
4,0	72	0	0,00	72,00	1,99	2,55	0,28	0,05	0,49	2,06	0,307
4,5	81	0	0,00	81,00	1,67	2,06	0,25	0,03	0,39	1,66	0,221
5,0	90	0	0,00	90,00	1,42	1,69	0,22	0,02	0,32	1,37	0,164
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

Totale **4,61**

STRATO 2

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,5	110,00	0	0,00	110,00	1,22	1,41	0,20	0,02	0,27	1,14	0,112
6,0	120,00	0	0,00	120,00	1,06	1,20	0,19	0,01	0,23	0,97	0,087
6,5	130,00	0	0,00	130,00	0,92	1,03	0,17	0,01	0,20	0,83	0,069
7,0	140,00	0	0,00	140,00	0,81	0,89	0,16	0,01	0,17	0,72	0,056
7,5	150,00	0	0,00	150,00	0,72	0,78	0,15	0,00	0,15	0,63	0,045
8,0	160,00	0	0,00	160,00	0,64	0,69	0,14	0,00	0,13	0,56	0,038
8,5	170,00	0	0,00	170,00	0,57	0,61	0,13	0,00	0,12	0,49	0,032
9,0	180,00	0	0,00	180,00	0,51	0,55	0,13	0,00	0,10	0,44	0,027
9,5	190,00	0	0,00	190,00	0,47	0,49	0,12	0,00	0,09	0,40	0,023
10,0	200,00	0	0,00	200,00	0,42	0,44	0,11	0,00	0,08	0,36	0,019
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
Totale											0,51
STRATO 3											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,5	220,5	9,81	4,9	215,60	0,39	0,40	0,11	0,00	0,00	0,40	0,020
11,0	231,0	9,81	9,8	221,19	0,35	0,37	0,10	0,00	0,00	0,37	0,018
11,5	241,5	9,81	14,7	226,79	0,32	0,34	0,10	0,00	0,00	0,34	0,016
12,0	252,0	9,81	19,6	232,38	0,30	0,31	0,09	0,00	0,00	0,31	0,014
12,5	262,5	9,81	24,5	237,98	0,28	0,29	0,09	0,00	0,00	0,29	0,013
13,0	273,0	9,81	29,4	243,57	0,26	0,26	0,09	0,00	0,00	0,26	0,012
13,5	283,5	9,81	34,3	249,17	0,24	0,25	0,08	0,00	0,00	0,24	0,011
14,0	294,0	9,81	39,2	254,76	0,22	0,23	0,08	0,00	0,00	0,23	0,010
14,5	304,5	9,81	44,1	260,36	0,21	0,21	0,08	0,00	0,00	0,21	0,009
15,0	315,0	9,81	49,1	265,95	0,19	0,20	0,08	0,00	0,00	0,20	0,008
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/cs}$	α	$\Delta\sigma_{x/cs}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0,00	0,00	0

Totale 0,13

U = 50 %

ΔQ_y

STRATO 1

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/cs}$	α	$\Delta\sigma_{x/cs}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	9,00	0	0,00	9,00	6,06	22,62	1,16	10,53	4,14	18,47	0,000
1,0	18,00	0	0,00	18,00	5,65	16,75	0,85	3,77	2,56	14,18	0,000
1,5	27,00	0	0,00	27,00	4,96	11,48	0,65	1,42	1,61	9,87	0,000
2,0	36,00	0	0,00	36,00	4,19	7,95	0,52	0,60	1,07	6,88	1,898
2,5	45,00	0	0,00	45,00	3,47	5,69	0,43	0,29	0,75	4,94	1,132
3,0	54,00	0	0,00	54,00	2,87	4,22	0,36	0,15	0,55	3,68	0,715
3,5	63,00	0	0,00	63,00	2,38	3,24	0,31	0,09	0,42	2,82	0,476
4,0	72,00	0	0,00	72,00	1,99	2,55	0,28	0,05	0,33	2,23	0,331
4,5	81,00	0	0,00	81,00	1,67	2,06	0,25	0,03	0,26	1,80	0,238
5,0	90,00	0	0,00	90,00	1,42	1,69	0,22	0,02	0,21	1,48	0,177
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/cs}$	α	$\Delta\sigma_{x/cs}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

Totale 4,97

STRATO 2

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/cs}$	α	$\Delta\sigma_{x/cs}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,5	110,00	0	0,00	110,00	1,22	1,41	0,20	0,02	0,18	1,23	0,121
6,0	120,00	0	0,00	120,00	1,06	1,20	0,19	0,01	0,15	1,04	0,094
6,5	130,00	0	0,00	130,00	0,92	1,03	0,17	0,01	0,13	0,90	0,075
7,0	140,00	0	0,00	140,00	0,81	0,89	0,16	0,01	0,11	0,78	0,060
7,5	150,00	0	0,00	150,00	0,72	0,78	0,15	0,00	0,10	0,68	0,049
8,0	160,00	0	0,00	160,00	0,64	0,69	0,14	0,00	0,09	0,60	0,041
8,5	170,00	0	0,00	170,00	0,57	0,61	0,13	0,00	0,08	0,53	0,034
9,0	180,00	0	0,00	180,00	0,51	0,55	0,13	0,00	0,07	0,48	0,029
9,5	190,00	0	0,00	190,00	0,47	0,49	0,12	0,00	0,06	0,43	0,024
10,0	200,00	0	0,00	200,00	0,42	0,44	0,11	0,00	0,06	0,39	0,021
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
Totale											0,55
STRATO 3											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
10,5	220,50	9,81	4,9	215,60	0,39	0,40	0,11	0,00	0,00	0,40	0,020
11,0	231,00	9,81	9,8	221,19	0,35	0,37	0,10	0,00	0,00	0,37	0,018
11,5	241,50	9,81	14,7	226,79	0,32	0,34	0,10	0,00	0,00	0,34	0,016
12,0	252,00	9,81	19,6	232,38	0,30	0,31	0,09	0,00	0,00	0,31	0,014
12,5	262,50	9,81	24,5	237,98	0,28	0,29	0,09	0,00	0,00	0,29	0,013
13,0	273,00	9,81	29,4	243,57	0,26	0,26	0,09	0,00	0,00	0,26	0,012
13,5	283,50	9,81	34,3	249,17	0,24	0,25	0,08	0,00	0,00	0,24	0,011
14,0	294,00	9,81	39,2	254,76	0,22	0,23	0,08	0,00	0,00	0,23	0,010
14,5	304,50	9,81	44,1	260,36	0,21	0,21	0,08	0,00	0,00	0,21	0,009
15,0	315,00	9,81	49,1	265,95	0,19	0,20	0,08	0,00	0,00	0,20	0,008
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

Totale **0,13**

<p>U = 75 % ΔQ_y</p>											
STRATO 1											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	9,00	0	0,00	9,00	6,06	22,62	1,16	10,53	2,07	20,54	0,000
1,0	18,00	0	0,00	18,00	5,65	16,75	0,85	3,77	1,28	15,46	0,000
1,5	27,00	0	0,00	27,00	4,96	11,48	0,65	1,42	0,81	10,67	0,000
2,0	36,00	0	0,00	36,00	4,19	7,95	0,52	0,60	0,53	7,41	2,032
2,5	45,00	0	0,00	45,00	3,47	5,69	0,43	0,29	0,37	5,32	1,212
3,0	54,00	0	0,00	54,00	2,87	4,22	0,36	0,15	0,27	3,95	0,767
3,5	63,00	0	0,00	63,00	2,38	3,24	0,31	0,09	0,21	3,03	0,510
4,0	72,00	0	0,00	72,00	1,99	2,55	0,28	0,05	0,16	2,39	0,354
4,5	81,00	0	0,00	81,00	1,67	2,06	0,25	0,03	0,13	1,93	0,255
5,0	90,00	0	0,00	90,00	1,42	1,69	0,22	0,02	0,11	1,58	0,189
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
Totale											5,32
STRATO 2											
z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
5,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,5	110,00	0	0,00	110,00	1,22	1,41	0,20	0,02	0,09	1,32	0,130
6,0	120,00	0	0,00	120,00	1,06	1,20	0,19	0,01	0,08	1,12	0,101
6,5	130,00	0	0,00	130,00	0,92	1,03	0,17	0,01	0,07	0,96	0,080
7,0	140,00	0	0,00	140,00	0,81	0,89	0,16	0,01	0,06	0,83	0,064
7,5	150,00	0	0,00	150,00	0,72	0,78	0,15	0,00	0,05	0,73	0,053
8,0	160,00	0	0,00	160,00	0,64	0,69	0,14	0,00	0,04	0,64	0,044
8,5	170,00	0	0,00	170,00	0,57	0,61	0,13	0,00	0,04	0,57	0,036
9,0	180,00	0	0,00	180,00	0,51	0,55	0,13	0,00	0,03	0,51	0,031
9,5	190,00	0	0,00	190,00	0,47	0,49	0,12	0,00	0,03	0,46	0,026
10,0	200,00	0	0,00	200,00	0,42	0,44	0,11	0,00	0,03	0,42	0,023
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,00	0	0	0	0	0	0,00	0

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0
0	0	0	0	0,0	0	0	0	0	0	0,00	0

Totale 0,13

U = 100 %

ΔQ_y

STRATO 1

z	σ_v	γ_w	u	σ'_v	$\Delta\sigma_{v/sp}$	$\Delta\sigma_{v/as}$	α	$\Delta\sigma_{x/as}$	Δu_i	$\Delta\sigma'_v$	$s_{c,i/asse}$
m	kPa	kN/mc	kPa	kPa	kPa	kPa	rad	kPa	kPa	kPa	mm
0,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
0,5	9,00	0	0,00	9,00	6,06	22,62	1,16	10,53	0,00	22,62	0,000
1,0	18,00	0	0,00	18,00	5,65	16,75	0,85	3,77	0,00	16,75	0,000
1,5	27,00	0	0,00	27,00	4,96	11,48	0,65	1,42	0,00	11,48	0,000
2,0	36,00	0	0,00	36,00	4,19	7,95	0,52	0,60	0,00	7,95	2,165
2,5	45,00	0	0,00	45,00	3,47	5,69	0,43	0,29	0,00	5,69	1,293
3,0	54,00	0	0,00	54,00	2,87	4,22	0,36	0,15	0,00	4,22	0,818
3,5	63,00	0	0,00	63,00	2,38	3,24	0,31	0,09	0,00	3,24	0,544
4,0	72,00	0	0,00	72,00	1,99	2,55	0,28	0,05	0,00	2,55	0,378
4,5	81,00	0	0,00	81,00	1,67	2,06	0,25	0,03	0,00	2,06	0,272
5,0	90,00	0	0,00	90,00	1,42	1,69	0,22	0,02	0,00	1,69	0,202

COEFFICIENTE α - TABULATI DI CALCOLO

Nelle tabelle sottostanti gli strati vengono discretizzati ogni decimetro per garantire un corretto valore del coefficiente α , dato che deve essere espresso in forma discreta. Le tensioni indotte sono valutate con le formule di Steinbrenner.

Dati di calcolo:

$$B_r = 1,69 \quad m$$

$$L_r = 2,27 \quad m$$

$$\Delta Q'_x = \sigma'_{med,x} - \sigma'_{v0} = 45,51 \quad kPa$$

$$\Delta Q'_y = \sigma'_{med,y} - \sigma'_{v0} = 24,55 \quad kPa$$

STRATO 1		
A =	0,5	kPa
B =	0,5	kPa
RR =	0,05	kPa

STRATO 2		
A =	0,25	kPa
B =	1	kPa
RR =	0,05	kPa

STRATO 3		
A =	0,00	kPa
B =	1	kPa
RR =	0,05	kPa

CARICO ΔQ_x

STRATO 1			
z	$\Delta\sigma_{v\ asse}$	α_i	$\Delta\sigma_{x\ asse}$
m	kPa	rad	kPa
0,0	45,50	-	37,53
0,1	45,50	1,45	37,53
0,2	45,23	1,34	30,07
0,3	44,58	1,23	23,52
0,4	43,47	1,13	18,09
0,5	41,93	1,04	13,75
0,6	40,04	0,95	10,40
0,7	37,90	0,88	7,87
0,8	35,64	0,81	5,97
0,9	33,33	0,75	4,56
1,0	31,05	0,70	3,51
1,1	28,84	0,66	2,72
1,2	26,75	0,61	2,13
1,3	24,79	0,58	1,69
1,4	22,96	0,54	1,34
1,5	21,28	0,51	1,08
1,6	19,73	0,49	0,88
1,7	18,31	0,46	0,72
1,8	17,00	0,44	0,59
1,9	15,82	0,42	0,49
2,0	14,73	0,40	0,41
2,1	13,74	0,38	0,35
2,2	12,83	0,37	0,30
2,3	12,00	0,35	0,25
2,4	11,24	0,34	0,22
2,5	10,55	0,33	0,19
2,6	9,91	0,31	0,16
2,7	9,33	0,30	0,14

STRATO 2			
z	$\Delta\sigma_{v\ asse}$	α_i	$\Delta\sigma_{x\ asse}$
m	kPa	rad	kPa
5,0	0	0	0
5,1	3,02	0,16	0,01
5,2	2,91	0,16	0,01
5,3	2,81	0,16	0,01
5,4	2,71	0,16	0,01
5,5	2,62	0,15	0,01
5,6	2,53	0,15	0,01
5,7	2,45	0,15	0,01
5,8	2,37	0,14	0,01
5,9	2,29	0,14	0,01
6,0	2,22	0,14	0,01
6,1	2,15	0,14	0,01
6,2	2,08	0,14	0,01
6,3	2,02	0,13	0,01
6,4	1,96	0,13	0,01
6,5	1,90	0,13	0,00
6,6	1,85	0,13	0,00
6,7	1,80	0,13	0,00
6,8	1,74	0,12	0,00
6,9	1,70	0,12	0,00
7,0	1,65	0,12	0,00
7,1	1,60	0,12	0,00
7,2	1,56	0,12	0,00
7,3	1,52	0,12	0,00
7,4	1,48	0,11	0,00
7,5	1,44	0,11	0,00
7,6	1,41	0,11	0,00
7,7	1,37	0,11	0,00

z m	$\Delta\sigma_{v\text{ asse}}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\text{ asse}}$ kPa
2,8	8,79	0,29	0,12
2,9	8,29	0,28	0,11
3,0	7,83	0,27	0,09
3,1	7,41	0,27	0,08
3,2	7,02	0,26	0,07
3,3	6,65	0,25	0,07
3,4	6,32	0,24	0,06
3,5	6,00	0,24	0,05
3,6	5,71	0,23	0,05
3,7	5,44	0,22	0,04
3,8	5,19	0,22	0,04
3,9	4,95	0,21	0,03
4,0	4,73	0,21	0,03
4,1	4,52	0,20	0,03
4,2	4,33	0,20	0,03
4,3	4,15	0,19	0,02
4,4	3,97	0,19	0,02
4,5	3,81	0,19	0,02
4,6	3,66	0,18	0,02
4,7	3,52	0,18	0,02
4,8	3,38	0,17	0,02
4,9	3,25	0,17	0,01
5,0	3,13	0,17	0,01
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

z m	$\Delta\sigma_{v\text{ asse}}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\text{ asse}}$ kPa
7,8	1,34	0,11	0,00
7,9	1,30	0,11	0,00
8,0	1,27	0,11	0,00
8,1	1,24	0,10	0,00
8,2	1,21	0,10	0,00
8,3	1,18	0,10	0,00
8,4	1,16	0,10	0,00
8,5	1,13	0,10	0,00
8,6	1,11	0,10	0,00
8,7	1,08	0,10	0,00
8,8	1,06	0,10	0,00
8,9	1,03	0,09	0,00
9,0	1,01	0,09	0,00
9,1	0,99	0,09	0,00
9,2	0,97	0,09	0,00
9,3	0,95	0,09	0,00
9,4	0,93	0,09	0,00
9,5	0,91	0,09	0,00
9,6	0,89	0,09	0,00
9,7	0,87	0,09	0,00
9,8	0,86	0,09	0,00
9,9	0,84	0,09	0,00
10,0	0,82	0,08	0,00
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

z	$\Delta\sigma_{v\ asse}$	α_i	$\Delta\sigma_{x\ asse}$
m	kPa	rad	kPa

z	$\Delta\sigma_{v\ asse}$	α_i	$\Delta\sigma_{x\ asse}$
m	kPa	rad	kPa

STRATO 3

z	$\Delta\sigma_{v\ asse}$	α_i	$\Delta\sigma_{x\ asse}$
m	kPa	rad	kPa
10,0	0,81	0,08	0,00
10,1	0,81	0,08	0,00
10,2	0,79	0,08	0,00
10,3	0,78	0,08	0,00
10,4	0,76	0,08	0,00
10,5	0,75	0,08	0,00
10,6	0,73	0,08	0,00
10,7	0,72	0,08	0,00
10,8	0,71	0,08	0,00
10,9	0,69	0,08	0,00
11,0	0,68	0,08	0,00
11,1	0,67	0,08	0,00
11,2	0,66	0,08	0,00
11,3	0,65	0,07	0,00
11,4	0,64	0,07	0,00
11,5	0,62	0,07	0,00
11,6	0,61	0,07	0,00
11,7	0,60	0,07	0,00
11,8	0,59	0,07	0,00
11,9	0,58	0,07	0,00
12,0	0,57	0,07	0,00
12,1	0,56	0,07	0,00
12,2	0,56	0,07	0,00
12,3	0,55	0,07	0,00
12,4	0,54	0,07	0,00
12,5	0,53	0,07	0,00
12,6	0,52	0,07	0,00
12,7	0,51	0,07	0,00
12,8	0,51	0,07	0,00
12,9	0,50	0,07	0,00
13,0	0,49	0,06	0,00
13,1	0,48	0,06	0,00
13,2	0,48	0,06	0,00
13,3	0,47	0,06	0,00
13,4	0,46	0,06	0,00
13,5	0,45	0,06	0,00
13,6	0,45	0,06	0,00
13,7	0,44	0,06	0,00
13,8	0,44	0,06	0,00
13,9	0,43	0,06	0,00
14,0	0,42	0,06	0,00
14,1	0,42	0,06	0,00

z m	$\Delta\sigma_{v\ asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\ asse}$ kPa
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

z m	$\Delta\sigma_{v\ asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\ asse}$ kPa
----------	---------------------------------	-------------------	---------------------------------

z	$\Delta\sigma_{v\ asse}$	α_i	$\Delta\sigma_{x\ asse}$
m	kPa	rad	kPa

z	$\Delta\sigma_{v\ asse}$	α_i	$\Delta\sigma_{x\ asse}$
m	kPa	rad	kPa

CARICO ΔQ_y

STRATO 1

z	$\Delta\sigma_{v\ asse}$	α_i	$\Delta\sigma_{x\ asse}$
m	kPa	rad	kPa
0,0	24,54	-	21,33
0,1	24,54	1,48	21,33
0,2	24,40	1,40	18,24
0,3	24,04	1,31	15,36
0,4	23,45	1,23	12,78
0,5	22,62	1,16	10,53
0,6	21,60	1,09	8,62
0,7	20,45	1,02	7,02
0,8	19,22	0,96	5,70
0,9	17,98	0,90	4,63
1,0	16,75	0,85	3,77
1,1	15,56	0,80	3,07
1,2	14,43	0,76	2,52
1,3	13,37	0,72	2,07
1,4	12,39	0,68	1,71
1,5	11,48	0,65	1,42
1,6	10,64	0,62	1,18
1,7	9,87	0,59	0,99
1,8	9,17	0,56	0,84
1,9	8,53	0,54	0,71
2,0	7,95	0,52	0,60
2,1	7,41	0,50	0,51
2,2	6,92	0,48	0,44
2,3	6,47	0,46	0,38
2,4	6,07	0,44	0,33
2,5	5,69	0,43	0,29
2,6	5,35	0,41	0,25
2,7	5,03	0,40	0,22
2,8	4,74	0,39	0,19
2,9	4,47	0,37	0,17
3,0	4,22	0,36	0,15
3,1	4,00	0,35	0,14
3,2	3,78	0,34	0,12
3,3	3,59	0,33	0,11
3,4	3,41	0,32	0,10
3,5	3,24	0,31	0,09
3,6	3,08	0,31	0,08
3,7	2,93	0,30	0,07
3,8	2,80	0,29	0,06

STRATO 2

z	$\Delta\sigma_{v\ asse}$	α_i	$\Delta\sigma_{x\ asse}$
m	kPa	rad	kPa
5,0	0	0	0
5,1	1,63	0,22	0,02
5,2	1,57	0,22	0,02
5,3	1,51	0,21	0,02
5,4	1,46	0,21	0,02
5,5	1,41	0,20	0,02
5,6	1,36	0,20	0,01
5,7	1,32	0,20	0,01
5,8	1,28	0,19	0,01
5,9	1,24	0,19	0,01
6,0	1,20	0,19	0,01
6,1	1,16	0,18	0,01
6,2	1,12	0,18	0,01
6,3	1,09	0,18	0,01
6,4	1,06	0,18	0,01
6,5	1,03	0,17	0,01
6,6	1,00	0,17	0,01
6,7	0,97	0,17	0,01
6,8	0,94	0,17	0,01
6,9	0,91	0,16	0,01
7,0	0,89	0,16	0,01
7,1	0,87	0,16	0,01
7,2	0,84	0,16	0,01
7,3	0,82	0,15	0,01
7,4	0,80	0,15	0,00
7,5	0,78	0,15	0,00
7,6	0,76	0,15	0,00
7,7	0,74	0,15	0,00
7,8	0,72	0,14	0,00
7,9	0,70	0,14	0,00
8,0	0,69	0,14	0,00
8,1	0,67	0,14	0,00
8,2	0,65	0,14	0,00
8,3	0,64	0,14	0,00
8,4	0,62	0,13	0,00
8,5	0,61	0,13	0,00
8,6	0,60	0,13	0,00
8,7	0,58	0,13	0,00
8,8	0,57	0,13	0,00

z m	$\Delta\sigma_{v,asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x,asse}$ kPa
3,9	2,67	0,28	0,06
4,0	2,55	0,28	0,05
4,1	2,44	0,27	0,05
4,2	2,33	0,26	0,04
4,3	2,24	0,26	0,04
4,4	2,14	0,25	0,04
4,5	2,06	0,25	0,03
4,6	1,97	0,24	0,03
4,7	1,90	0,24	0,03
4,8	1,82	0,23	0,03
4,9	1,76	0,23	0,02
5,0	1,69	0,22	0,02
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

z m	$\Delta\sigma_{v,asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x,asse}$ kPa
8,9	0,56	0,13	0,00
9,0	0,55	0,13	0,00
9,1	0,53	0,12	0,00
9,2	0,52	0,12	0,00
9,3	0,51	0,12	0,00
9,4	0,50	0,12	0,00
9,5	0,49	0,12	0,00
9,6	0,48	0,12	0,00
9,7	0,47	0,12	0,00
9,8	0,46	0,12	0,00
9,9	0,45	0,11	0,00
10,0	0,44	0,11	0,00
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

z m	$\Delta\sigma_{v\ asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\ asse}$ kPa
11,1	0,36	0,10	0,00
11,2	0,35	0,10	0,00
11,3	0,35	0,10	0,00
11,4	0,34	0,10	0,00
11,5	0,34	0,10	0,00
11,6	0,33	0,10	0,00
11,7	0,33	0,10	0,00
11,8	0,32	0,10	0,00
11,9	0,31	0,10	0,00
12,0	0,31	0,09	0,00
12,1	0,30	0,09	0,00
12,2	0,30	0,09	0,00
12,3	0,29	0,09	0,00
12,4	0,29	0,09	0,00
12,5	0,29	0,09	0,00
12,6	0,28	0,09	0,00
12,7	0,28	0,09	0,00
12,8	0,27	0,09	0,00
12,9	0,27	0,09	0,00
13,0	0,26	0,09	0,00
13,1	0,26	0,09	0,00
13,2	0,26	0,09	0,00
13,3	0,25	0,09	0,00
13,4	0,25	0,08	0,00
13,5	0,25	0,08	0,00
13,6	0,24	0,08	0,00
13,7	0,24	0,08	0,00
13,8	0,23	0,08	0,00
13,9	0,23	0,08	0,00
14,0	0,23	0,08	0,00
14,1	0,22	0,08	0,00
14,2	0,22	0,08	0,00
14,3	0,22	0,08	0,00
14,4	0,22	0,08	0,00
14,5	0,21	0,08	0,00
14,6	0,21	0,08	0,00
14,7	0,21	0,08	0,00
14,8	0,20	0,08	0,00
14,9	0,20	0,08	0,00
15,0	0,20	0,08	0,00
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

z m	$\Delta\sigma_{v\ asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\ asse}$ kPa
--------	---------------------------------	-------------------	---------------------------------

z m	$\Delta\sigma_{v\ asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\ asse}$ kPa
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

z m	$\Delta\sigma_{v\ asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\ asse}$ kPa
----------	---------------------------------	-------------------	---------------------------------

z m	$\Delta\sigma_{v\ asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\ asse}$ kPa
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0
0	0	0	0

15,17 0,04

$$\alpha = \frac{\sum\Delta\sigma_x}{\sum\Delta\sigma_z} = \mathbf{0,0024}$$

z m	$\Delta\sigma_{v\ asse}$ kPa	α_i rad	$\Delta\sigma_{x\ asse}$ kPa
--------	---------------------------------	-------------------	---------------------------------

CALCOLO DEI COEFFICIENTI DI WINKLER

Noti i cedimenti immediati e di consolidazione è ora possibile stimare i coefficienti di Winkler iniziale e finale.

Bisogna distinguere il calcolo in 2 situazioni:

- Si è in possesso dei dati di una **Prova Edometrica**: in questo caso è possibile il calcolo del cedimento globale, composto dal cedimento immediato e dai cedimenti di consolidazione primaria e secondaria, tutti calcolati con $E_{d, SL, q, p}$.

- Non si è in possesso dei dati di una Prova Edometrica, pertanto il Coefficiente di Winkler sarà calcolato mediante il solo cedimento immediato.

Tensione agente lungo x - Carico ΔQ_x	
Senza Prova Edometrica - Cedimenti Elastici immediati	$K_{w,i} = \Delta Q_x / s_i^{B.T.} = 20.481,28 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{2,05 \text{ kg/cm}^3}$
	$K_{w,f} = \Delta Q_x / s_i^{L.T.} = 17.809,81 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{1,78 \text{ kg/cm}^3}$

Tensione agente lungo y - Carico ΔQ_y	
Senza Prova Edometrica - Cedimenti Elastici immediati	$K_{w,i} = \Delta Q_y / s_i^{B.T.} = 20.481,28 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{2,05 \text{ kg/cm}^3}$
	$K_{w,f} = \Delta Q_y / s_i^{L.T.} = 17.809,81 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{1,78 \text{ kg/cm}^3}$

Tensione agente lungo x - Carico ΔQ_x	
Con Prova Edometrica - Cedimenti Elastici e Viscoelastici	$K_{w,f} = \Delta Q_x / (s_i^{L.T.} + s_c + s_v) = 3.140,12 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{0,31 \text{ kg/cm}^3}$

Tensione agente lungo y - Carico ΔQ_y	
Con Prova Edometrica - Cedimenti Elastici e Viscoelastici	$K_{w,f} = \Delta Q_y / (s_i^{L.T.} + s_c + s_v) = 2.301,01 \text{ kN/m}^3 = \mathbf{0,23 \text{ kg/cm}^3}$

ESITO DELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE ULTIMI E DI ESERCIZIO - PLINTO 1

Tensione agente lungo la direzione x - CARICO ΔQ_x

APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2

CONDIZIONI NON DRENATE - B.T.

VERIFICHE SLU			VERIFICHE SLE _{freq}	
Carichi verticali			Cedimenti elastici	
R _d	E _{d,SLU} ^{B.T.}	R _d / E _d	s _i ^{B.T.}	K _{w,i}
142,4	77,3	1,84	2,34	2,05

Verifica SLU soddisfatta

VERIFICHE SLV			VERIFICHE SLD	
Carichi verticali			Cedimenti elastici	
R _d	E _{d,SLV} ^{B.T.}	R _d / E _d	s _i ^{B.T.}	
130,2	56,6	2,30	1,59	

Verifica SLV soddisfatta

CONDIZIONI DRENATE - L.T.

VERIFICHE SLU				
Carichi verticali			Carichi orizzontali	
R _d	E _{d,SLU} ^{L.T.}	R _d / E _d	T	R _{d,slt} / T
147,6	125,7	1,17	50,0	1,6

Verifica SLU soddisfatta

Verifica SLU scorrimento soddisfatta

VERIFICHE SLE _{freq}		VERIFICHE SLE _{q.p.}		
Cedimenti elastici		Cedimenti viscoelastici		
s _i ^{L.T.}	K _{w,f}	s _c	s _v	K _{w,f}
2,69	1,78	6,52	5,28	0,31

VERIFICHE SLV				
Carichi verticali			Carichi orizzontali	
R _{d,sls}	E _{d,SLV} ^{L.T.}	R _d / E _d	T _{sismico}	R _{d,slt} / T
27,8	56,6	0,49	8,9	9,07

Verifica SLV non soddisfatta

Verifica SLV scorrimento soddisfatta

VERIFICHE SLD
Cedimenti elastici
s _i ^{L.T.}
1,78

K_{w,i} = costante di Winkler verticale iniziale [kg/cm³]

K_{w,f} = costante di Winkler verticale finale [kg/cm³]

s_i = cedimento verticale immediato in asse [mm]

R_d e E_d in kPa

T in kN

Tensione agente lungo la direzione x - CARICO ΔQ_x

APPROCCIO 2 - COMBINAZIONE 1

CONDIZIONI NON DRENATE - B.T.

VERIFICHE SLU			VERIFICHE SLE _{freq}	
Carichi verticali			Cedimenti elastici	
R _d	E _{d,SLU} ^{B.T.}	R _d / E _d	s _i ^{B.T.}	K _{w,i}
149,7	95,1	1,58	2,34	2,05

Verifica SLU soddisfatta

VERIFICHE SLV			VERIFICHE SLD	
Carichi verticali			Cedimenti elastici	
R _d	E _{d,SLV} ^{B.T.}	R _d / E _d	s _i ^{B.T.}	
130,2	56,6	2,30	1,59	

Verifica SLV soddisfatta

CONDIZIONI DRENATE - L.T.

VERIFICHE SLU				
Carichi verticali			Carichi orizzontali	
R _d	E _{d,SLU} ^{L.T.}	R _d / E _d	T	R _{d,slf} / T
187,5	154,6	1,21	65,0	1,5

Verifica SLU soddisfatta

Verifica SLU scorrimento soddisfatta

VERIFICHE SLE _{freq}		VERIFICHE SLE _{q.p.}		
Cedimenti elastici		Cedimenti visco elastici		
s _i ^{L.T.}	K _{w,f}	s _c	s _v	K _{w,f}
2,69	1,78	6,52	5,28	0,31

VERIFICHE SLV				
Carichi verticali			Carichi orizzontali	
R _{d,sls}	E _{d,SLV} ^{L.T.}	R _d / E _d	T _{sismico}	R _{d,slf} / T
31,1	76,8	0,41	8,9	11,33

Verifica SLV non soddisfatta

Verifica SLV scorrimento soddisfatta

VERIFICHE SLD
Cedimenti elastici
s _i ^{L.T.}
1,78

K_{w,i} = costante di Winkler verticale iniziale [kg/cm³]

K_{w,f} = costante di Winkler verticale finale [kg/cm³]

s_i = cedimento verticale immediato in asse [mm]

R_d e E_d in kPa

T in kN

Tensione agente lungo la direzione y - CARICO ΔQ_y

APPROCCIO 1 - COMBINAZIONE 2

CONDIZIONI NON DRENATE - B.T.

VERIFICHE SLU			VERIFICHE SLE _{freq}	
Carichi verticali			Cedimenti elastici	
R _d	E _{d,SLU} ^{B.T.}	R _d / E _d	s _i ^{B.T.}	K _{w,i}
142,4	77,3	1,8	1,28	2,05

Verifica SLU soddisfatta

VERIFICHE SLV			VERIFICHE SLD	
Carichi verticali			Cedimenti elastici	
R _d	E _{d,SLV} ^{B.T.}	R _d / E _d	s _i ^{B.T.}	
130,2	56,6	2,30	0,36	

Verifica SLV soddisfatta

CONDIZIONI DRENATE - L.T.

VERIFICHE SLU				
Carichi verticali			Carichi orizzontali	
R _d	E _{d,SLU} ^{L.T.}	R _d / E _d	T	R _{d,slt} / T
147,6	125,7	1,17	50,0	1,6

Verifica SLU soddisfatta

Verifica SLU scorrimento soddisfatta

VERIFICHE SLE _{freq}		VERIFICHE SLE _{q.p.}		
Cedimenti elastici		Cedimenti visco elastici		
s _i ^{L.T.}	K _{w,f}	s _c	s _v	K _{w,f}
1,48	2,05	3,91	5,28	0,23

VERIFICHE SLV				
Carichi verticali			Carichi orizzontali	
R _{d,sls}	E _{d,SLV} ^{L.T.}	R _d / E _d	T _{Sismico}	R _{d,slt} / T
27,8	56,6	0,49	8,9	9,07

Verifica SLV non soddisfatta

Verifica SLV scorrimento soddisfatta

VERIFICHE SLD
Cedimenti elastici
s _i ^{L.T.}
0,41

K_{w,i} = costante di Winkler verticale iniziale [kg/cm³]

K_{w,f} = costante di Winkler verticale finale [kg/cm³]

s_i = cedimento verticale immediato in asse [mm]

R_d e E_d in kPa

T in kN

Tensione agente lungo la direzione y - CARICO ΔQ_y

APPROCCIO 2 - COMBINAZIONE 1

CONDIZIONI NON DRENATE - B.T.

VERIFICHE SLU			VERIFICHE SLE _{freq}	
Carichi verticali			Cedimenti elastici	
R _d	E _{d,SLU} ^{B.T.}	R _d / E _d	s _i ^{B.T.}	K _{w,i}
149,7	95,1	1,58	1,28	2,05

Verifica SLU soddisfatta

VERIFICHE SLV			VERIFICHE SLD	
Carichi verticali			Cedimenti elastici	
R _d	E _{d,SLV} ^{B.T.}	R _d / E _d	s _i ^{B.T.}	
137,3	56,6	2,43	0,36	

Verifica SLV soddisfatta

CONDIZIONI DRENATE - L.T.

VERIFICHE SLU				
Carichi verticali			Carichi orizzontali	
R _d	E _{d,SLU} ^{L.T.}	R _d / E _d	T	R _{d,slt} / T
187,5	154,6	1,21	65,0	1,5

Verifica SLU soddisfatta

Verifica SLU scorrimento soddisfatta

VERIFICHE SLE _{freq}		VERIFICHE SLE _{q.p.}		
Cedimenti elastici		Cedimenti visco elastici		
s _i ^{L.T.}	K _{w,f}	s _c	s _v	K _{w,f}
1,48	1,78	3,91	5,28	0,23

VERIFICHE SLV				
Carichi verticali			Carichi orizzontali	
R _{d,sls}	E _{d,SLV} ^{L.T.}	R _d / E _d	T _{Sismico}	R _{d,slt} / T
31,1	76,8	0,41	8,9	11,33

Verifica SLV non soddisfatta

Verifica SLV scorrimento soddisfatta

VERIFICHE SLD
Cedimenti elastici
s _i ^{L.T.}
0,41

K_{w,i} = costante di Winkler verticale iniziale [kg/cm³]

K_{w,f} = costante di Winkler verticale finale [kg/cm³]

s_i = cedimento verticale immediato in asse [mm]

R_d e E_d in kPa

T in kN