

# WPD MONTE CIGLIANO S.r.l.

Viale Aventino 102 – 00153 Roma



## PROGETTO DEFINITIVO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO NEI TERRITORI DEI COMUNI DI TROIA, LUCERA E BICCARI (FG) IN LOCALITA' "MONTARATRO"

### NUOVA STAZIONE TERNA DI SMISTAMENTO A 150 kV AD AMPLIAMENTO DELLA STAZIONE 380/150 kV DI TROIA (FG)



#### Tecnico

ing. Danilo Pomponio

#### Collaborazioni

ing. Milena Miglionico  
ing. Antonio Crisafulli  
ing. Giulia Carella  
ing. Tommaso Mancini  
ing. Mariano Marseglia  
ing. Giuseppe Federico Zingarelli  
geom. Claudio A. Zingarelli

#### Responsabile Commessa

ing. Danilo Pomponio

Via Napoli, 363/I - 70132 Bari - Italy  
www.bfpgroup.net - info@bfpgroup.net  
tel. (+39) 0805046361 - fax (+39) 0805619384

**AZIENDA CON SISTEMA GESTIONE**  
**UNI EN ISO 9001:2015**  
**UNI EN ISO 14001:2015**  
**OHSAS 18001:2007**  
**CERTIFICATO DA CERTIQUALITY**



ELABORATO		TITOLO	COMMESSA	TIPOLOGIA	
<b>R05</b>		<b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	<b>20063</b>	<b>D</b>	
			CODICE ELABORATO		
			<b>DC20063D-R05</b>		
REVISIONE	Tutte le informazioni tecniche contenute nel presente documento sono di proprietà esclusiva della Studio Tecnico BFP S.r.l e non possono essere riprodotte, divulgate o comunque utilizzate senza la sua preventiva autorizzazione scritta. All technical information contained in this document is the exclusive property of Studio Tecnico BFP S.r.l. and may neither be used nor disclosed without its prior written consent. (art. 2575 c.c.)		SOSTITUISCE	SOSTITUITO DA	
<b>00</b>			-	-	
			NOME FILE	PAGINE	
			<b>DC20063D-R05.doc</b>	<b>22 + copertina</b>	
REV	DATA	MODIFICA	Elaborato	Controllato	Approvato
00	12/06/20	Emissione	Marseglia	Miglionico	Pomponio
01					
02					
03					
04					
05					
06					

## 1. Premessa

La presente specifica ha lo scopo di illustrare le principali caratteristiche di progetto della stazione TERNA 150 kV che verrà realizzata quale ampliamento della stazione 380/150 kV di Troia (FG). La nuova SE a 150 kV sarà connessa in antenna (mediante cavo AT interrato) alla sezione 150 kV della suddetta stazione AT/AAT.

I principali riferimenti tecnici, da cui sono derivate le scelte progettuali e costruttive, oltre a quelli elencati nel capitolo successivo, sono quindi:

- Doc. TERNA “Requisiti e caratteristiche di riferimento delle stazioni elettriche della RTN” rev. 01 del 30/10/2006;
- Tavoli tecnici indetti da Terna S.p.A. per la definizione dei contenuti e requisiti del progetto.

## 2. Modello geotecnico

La conoscenza dei i parametri fisico- meccanici dei terreni in esame è stata ottenuta dalla campagna geognostica condotta sull'area interessata dall'intervento. come descritta nella relazione geologica. I sopralluoghi effettuati non hanno inoltre evidenziato sintomi di processi franosi in atto, come ad esempio inclinazioni anomali di alberi o tralicci, lesioni nei fabbricati, crepe o avvallamenti nelle strade, caduta di massi, né forme di erosione accelerata dei versanti o di scalzamento di manufatti posti nella zona. Mediante le indagini effettuate è stato possibile ricostruire l'assetto litostratigrafico del sito e di caratterizzare i terreni dal punto di vista geotecnico. In particolare, in corrispondenza dei piani di posa delle fondazioni sono stati considerati i valori meccanici riportati nella seguente tabella.

### Parametri geotecnici per i livelli di fondazione

Livello	c	phi	gtm	Metodo	Df	Bf	Lf	Zw	qlsta	qlsis	kw
0	0,05	20,0	1850	Terzaghi	200	150	150	1000	4,1	3,9	3,4

in cui:

c:	Coesione (efficace se $\phi > 0$ , non drenata se $\phi = 0$ ) kg/cm <sup>2</sup>
phi:	Angolo di attrito gradi
gtm:	Peso medio del terreno al di sopra del p.di posa kg/m <sup>3</sup>
Metodo:	Metodo di calcolo carico limite verticale
-	-
Df:	Profondità piano di posa rispetto al p. campagna cm
Bf:	Larghezza della striscia ideale di fondazione ( $B_f \leq L_f$ ) cm
Lf:	Lunghezza della striscia ideale di fondazione ( $B_f \leq L_f$ ) cm
Zw:	Quota della falda rispetto al piano campagna cm
qlsta:	Carico limite del terreno in condizioni statiche kg/cm <sup>2</sup>
qlsis:	Carico limite del terreno in condizioni sismiche kg/cm <sup>2</sup>

kw:           Coefficiente elastico nominale terreno  
              kg/cm<sup>2</sup>

### 3. Modello sismico del sito

Si discute in questo paragrafo la caratterizzazione sismica del sito di costruzione, in relazione alla pericolosità sismica di base ed alla riposta sismica locale.

#### *Pericolosità sismica di base*

Sono stati considerati i seguenti stati limite di verifica, per i quali la normativa fissa l'azione sismica con una data probabilità di superamento, in un periodo di riferimento dipendente dal tipo e dalla classe d'uso della costruzione:

- SLO: S.l. di Operatività sismica (probabilità di superamento 81%)
- SLD: S.l. di Danno sismico (probabilità di superamento 63%)
- SLV: S.l. di Salvaguardia della vita ovvero Ultimo sismico (probabilità di superamento 10%)
- SLC: S.l. di Collasso sismico (probabilità di superamento 5%)

Per ciascuno degli stati limite indicati sono stati valutati i periodi di ritorno dell'azione sismica, tenendo conto della probabilità di superamento prescritta dalla norma e ricavando il periodo di riferimento per l'azione sismica in base al tipo di costruzione e alla classe d'uso.

In funzione dei periodi di ritorno e delle coordinate geografiche del sito, si valutano infine i parametri di pericolosità sismica per gli stati limite di interesse, estrapolando i valori dalle tabelle allegate alla normativa.

In particolare, le coordinate geografiche del sito sono: latitudine 41.342°, longitudine 15.260°.

Il tipo di costruzione è ordinario, la classe d'uso è la III (importante) e la classe di duttilità media. Le caratteristiche del suolo di fondazione corrispondono alla categoria stratigrafica C e alla categoria topografica T1.

Si valuta per l'edificio una vita nominale di 50 anni e un periodo di riferimento per l'azione sismica di 75 anni.

Per lo stato limite di Operatività sismica (SLO) sono stati considerati i seguenti parametri di pericolosità:

- Periodo di ritorno dell'azione sismica [anni]: 45
- Accelerazione orizzontale massima al suolo [g]: 0,057
- Fattore di amplificazione per spettro orizzontale: 2,48
- Periodo spettrale di riferimento [s]: 0,32

Per lo stato limite di Danno sismico (SLD) sono stati considerati i seguenti parametri di pericolosità:

- Periodo di ritorno dell'azione sismica [anni]: 75
- Accelerazione orizzontale massima al suolo [g]: 0,071
- Fattore di amplificazione per spettro orizzontale: 2,54
- Periodo spettrale di riferimento [s]: 0,35

Per lo stato limite di Salvaguardia della vita (SLV) sono stati considerati i seguenti parametri di pericolosità:

- Periodo di ritorno dell'azione sismica [anni]: 712
- Accelerazione orizzontale massima al suolo [g]: 0,177
- Fattore di amplificazione max per spettro orizzontale: 2,58
- Periodo spettrale di riferimento [s]: 0,46

Per lo stato limite di Collasso sismico (SLC) sono stati considerati i seguenti parametri di pericolosità:

- Periodo di ritorno dell'azione sismica [anni]: 1462
- Accelerazione orizzontale massima al suolo [g]: 0,231
- Fattore di amplificazione per spettro orizzontale: 2,58
- Periodo spettrale di riferimento [s]: 0,47

In base ai parametri di pericolosità sismica sono stati definiti gli spettri sismici di progetto per la componente orizzontale e verticale in corrispondenza degli stati limite di interesse.

## *Risposta sismica locale*

Le condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera e le condizioni topografiche concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale. Gli effetti stratigrafici sono legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria dei profili di separazione fra gli strati di terreno. Gli effetti topografici sono invece legati alla configurazione topografica del piano campagna ed alla possibile amplificazione delle onde sismiche (in pendii o creste).

Nella presente progettazione l'effetto della risposta sismica locale è stato valutato individuando la categoria di sottosuolo di riferimento corrispondente alla situazione in sito e considerando le condizioni topografiche locali.

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  la caratterizzazione geotecnica condotta nel volume significativo consente di identificare il sottosuolo nella seguente categoria:

\\iCategoria C: Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti.

Per la valutazione del coefficiente di amplificazione topografica  $S_t$ , viste le condizioni in sito e l'orografia della zona, si è attribuita la seguente categoria topografica:

\\iCategoria T1: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ .

## **4. Valutazione della portanza limite**

Nel modello utilizzato, la capacità portante delle fondazioni può essere differenziata in funzione del livello a cui è posta la fondazione e per i due casi di verifica: in assenza e in presenza dell'azione sismica. I valori della portanza limite per azioni statiche e sismiche, sono state riportate nella precedente tabella per i vari livelli di fondazione.

### *Capacità portante al livello 0*

Per le fondazioni poste al livello 0 il calcolo della capacità portante limite è eseguito mediante la formulazione proposta da Terzaghi tenendo conto delle caratteristiche meccaniche del terreno di posa e delle caratteristiche morfologiche prevalenti degli elementi di fondazione.

La portanza di calcolo di una fondazione superficiale corrisponde al carico limite trasmissibile al suolo prima di arrivare alla rottura del terreno. Vari autori hanno prodotto studi sull'argomento, facendo riferimento al caso ideale di fondazione nastriforme (problema piano), con piano di posa e di campagna orizzontale, carico verticale e centrato ed definendo in queste condizioni il meccanismo di rottura e la geometria della superficie di scorrimento. In queste condizioni sono state ottenute delle formule di stima della portanza limite che condividono la stessa impostazione generale, ovvero esprimono la capacità portante limite come somma di tre contributi di resistenza:

le forze di coesione sviluppate lungo la superficie di rottura,

le forze di attrito dovute al peso proprio del terreno interno alla superficie di scorrimento,

l'effetto stabilizzante del sovraccarico agente nelle aree circostanti l'area di fondazione.

Inoltre, per tener conto delle effettive condizioni al contorno della fondazione (diverse dalla configurazione ideale ipotizzata in partenza) in ognuno dei tre termini compaiono ulteriori fattori correttivi, per tener conto della forma della fondazione, della profondità del piano di posa e degli effetti prodotti dal sisma.

La valutazione degli effetti dell'azione sismica sulla capacità portante di una fondazione costituisce un tema di ricerca attuale, che però ha già prodotto alcuni risultati operativi, che si innestano sulla corposa documentazione già prodotta per il caso statico. In particolare, partendo dall'osservazione che nei terreni sabbiosi si registra una evidente riduzione della capacità portante per effetto del sisma, alcuni studi hanno cercato di valutare l'effetto in termini di fattori correttivi alla formula trinomia della portanza. In particolare, l'effetto sismico sulle fondazioni viene generalmente distinto in un effetto inerziale (fattori correttivi  $e_i$ ), dovuto alle forze d'inerzia trasmessa dalla sovrastruttura, e in un effetto cinematico (fattori correttivi  $e_k$ ), dovuto alle forze d'inerzia agenti sulla massa del terreno.

Considerato che l'effetto inerziale produce sulla fondazione una forza orizzontale, si suggerisce per esso la possibilità di valutarlo mediante gli usuali fattori correttivi per inclinazione del carico, in funzione quindi del coefficiente sismico  $K_{hi}$  (rapporto fra le componenti orizzontale e verticale del carico), con effetti su tutti e tre i contributi di capacità portante. In presenza di sisma, per evitare di conteggiare due volte lo stesso effetto, i fattori correttivi inerziali assorbono quelli di inclinazione del carico, che per questa ragione sono impostati sul valore unitario.

Per l'effetto cinematico si introduce il coefficiente sismico  $K_{hk}$ , dipendente dall'accelerazione massima attesa per il sito e si indica un effetto correttivo riguardante il solo contributo di attrito  $N_g$ . Il coefficiente sismico  $K_{hk}$  è valutato secondo le espressioni riportate in normativa come:

$$K_{hk} = B_s a_s$$

in cui:

$K_{hk}$ :	Coefficiente sismico orizzontale (accelerazione massima attesa al suolo)	g
$B_s$ :	Coefficiente riduttivo (tabellato per categoria e accelerazione al suolo)	-
-		
$a_s$ :	Accelerazione massima attesa al sito, definita come: $a_s = S_s S_t a_g$	g
$S_s S_t$ :	Fattori di amplificazione stratigrafico e topografico	-
-		
$a_g$	Accelerazione al suolo di riferimento su roccia (Cat.A)	-
-		

La formulazione seguita per la valutazione degli effetti sismici è quella di Paolucci e Pecker (1997), che propone di valutare l'effetto inerziale in maniera analoga all'effetto di inclinazione del carico, in cui la componente orizzontale è dovuta all'accelerazione sismica agente sulle masse strutturali. L'effetto cinematico è invece valutato in funzione del coefficiente  $K_{hk}$  e dell'angolo di attrito del terreno.

L'espressione generale della portanza limite risulta quindi essere la seguente:

$$q_{lim} = c N_c s_c d_c i_c e_{ic} e_{kc} + q N_q s_q d_q i_q e_{iq} e_{kq} + 0.5 g B N_g s_g d_g i_g e_{ig} e_{kg}$$

in cui:

$c$ :	Coesione del terreno sottostante il piano di posa	
	kg/cm <sup>2</sup>	
$q$ :	Sovraccarico laterale alla quota del piano di posa	
	kg/cm <sup>2</sup>	
$g$ :	Peso volume del terreno sottostante il piano di posa	
	kg/cm <sup>3</sup>	
$B$ :	Larghezza della fondazione	
	cm	
$N_c, N_q, N_g$ :	Fattori di capacità per coesione, sovraccarico e attrito	-
-		
$s_c, s_q, s_g$ :	Fattori correttivi di forma della fondazione	-
-		
$d_c, d_q, d_g$ :	Fattori correttivi di profondità della fondazione	-
-		
$e_{ic}, e_{iq}, e_{ig}$ :	Fattori correttivi per l'effetto inerziale del sisma	-
-		
$e_{kc}, e_{kq}, e_{kg}$ :	Fattori correttivi per l'effetto cinematico del sisma	-
-		
$q_k$ :	Portanza limite	
	kg/cm <sup>2</sup>	

La capacità portante limite per il caso statico è definita dai seguenti valori:

c: 0,05  
 q: 0,37  
 g: 0,00  
 B: 150  
 Nc, Nq, Ng: 17,69 7,44 3,42  
 sc, sq, sg: 1,30 1,00 0,60  
 dc, dq, dg: 1,00 1,00 1,00  
 qk: 4,1

La capacità portante limite per il caso sismico è definita dai seguenti valori:

c: 0,05  
 q: 0,37  
 g: 0,00  
 B: 150  
 Nc, Nq, Ng: 17,69 7,44 3,42  
 sc, sq, sg: 1,30 1,00 0,60  
 dc, dq, dg: 1,00 1,00 1,00  
 eic, eiq, eig: 1,00 1,00 0,60  
 ekc, ekq, ekg: 0,98 1,00 0,60  
 qk: 3,9

## 5. Verifica di portanza delle fondazioni

Nell'ambito del sistema normativo selezionato gli involuppi delle tensioni sul terreno e la conseguente verifica della capacità portante sono eseguiti per gli stati limite selezionati, seguendo l'Approccio 2, convenzionalmente indicato nella normativa con la sigla A1+M1+R3, in cui il termine A1 rappresenta i coefficienti di combinazione delle azioni (pari a quelli considerati nel progetto strutturale), M1 i coefficienti di sicurezza sui parametri geotecnici (assunti col valore unitario) ed R3 il coefficiente parziale di sicurezza sulla capacità portante, assegnato per lo stato limite.

Nota la capacità portante limite  $q_k$ , si ottiene la capacità portante di calcolo  $q_d$  applicando il fattore di sicurezza assegnato R3, secondo la relazione  $q_d = q_k/R3$ .

La verifica viene eseguita secondo la relazione  $ed \leq q_d$ , controllando che le tensioni normali agenti sul terreno ( $ed$ ), ottenute dall'analisi della fondazione per le varie combinazioni di carico attivate nel modello di calcolo, siano non superiori alla capacità portante di calcolo ( $q_d$ ), coerentemente alle disposizioni relative all'Approccio 2.

Si precisa che, nel caso in esame, la verifica di portanza è eseguita col controllo puntuale delle tensioni sul terreno, che tipicamente è più gravosa di una verifica condotta in termini di forza risultante, in quanto condizionata dal primo raggiungimento della tensione di picco sul terreno, nell'area di scarico dell'elemento.

Di seguito si riportano nella seguente tabella gli stati limite attivati per le verifiche di portanza, i corrispondenti valori del fattore parziale R3 e il minimo fattore di sicurezza registrato nelle verifiche di portanza eseguite.

### Stati limite per verifiche di portanza Cabina Comando e Controllo

S.limite	R3	fs
Ultimo	2,30	1,199
S.vita s.	2,30	1,397

in cui:

R3: Fattore parziale di sicurezza sulla capacità portante

-

fs: Fattore di sicurezza minimo registrato su tutte le verifiche eseguite

### Verifica delle fondazioni Edificio Locale Consegna

set	pan	par	Area <i>m</i> <sup>2</sup>	cc	N	e <i>kg</i>	s0 <i>cm</i>	s1 <i>kg/cm</i> <sup>2</sup>	fss
1	1	1	2,79	statica	18864	1,0	0,6 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	18146	0,8	0,6 (1,0)	0,7 (1,0)	3,66
2	2	1	1,17	statica	8184	0,7	0,7 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	7772	0,5	0,6 (1,0)	0,7 (1,0)	3,66
3	3	1	1,86	statica	12129	0,7	0,6 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	11732	0,6	0,6 (1,0)	0,7 (1,0)	3,92
4	4	1	1,86	statica	12150	0,7	0,6 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	11749	0,6	0,6 (1,0)	0,7 (1,0)	3,91
5	5	1	1,35	statica	8886	0,6	0,6 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	8589	0,5	0,6 (1,0)	0,7 (1,0)	3,93
6	6	2	2,79	statica	18103	-0,8	0,7 (1,1)	0,6 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	17564	-0,7	0,7 (1,0)	0,6 (1,0)	3,89
7	7	2	1,17	statica	8228	-0,7	0,8 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	7806	-0,5	0,7 (1,0)	0,6 (1,0)	3,63
8	8	2	1,86	statica	12827	-0,9	0,8 (1,1)	0,6 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	12266	-0,7	0,7 (1,0)	0,6 (1,0)	3,61
9	9	2	1,86	statica	12828	-0,9	0,8 (1,1)	0,6 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	12267	-0,7	0,7 (1,0)	0,6 (1,0)	3,61
10	10	2	1,35	statica	8988	-0,6	0,7 (1,1)	0,6 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	8669	-0,5	0,7 (1,0)	0,6 (1,0)	3,86
11	11	3	1,82	statica	13683	-0,6	0,8 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	11195	-0,6	0,7 (1,0)	0,6 (1,0)	>10
12	12	4	1,82	statica	14013	-0,4	0,8 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	10930	-0,3	0,6 (1,0)	0,6 (1,0)	>10
13	13	5	1,82	statica	13241	0,2	0,7 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	10200	0,2	0,6 (1,0)	0,6 (1,0)	>10
14	14	6	1,82	statica	13805	0,0	0,8 (1,1)	0,8 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	10710	0,0	0,6 (1,0)	0,6 (1,0)	>10
15	15	7	1,82	statica	13312	-0,1	0,7 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	10693	-0,1	0,6 (1,0)	0,6 (1,0)	>10
16	16	8	1,82	statica	11937	0,7	0,6 (1,1)	0,7 (1,1)	-
-	-	-	-	sismica	9985	0,7	0,5 (1,0)	0,6 (1,0)	>10

## 6. Verifica di scorrimento sul piano di posa delle fondazioni

Le attuali normative dipongono che per le fondazioni superficiali vengano presi in considerazione i meccanismi di collasso per scorrimento sul piano di posa per gli stati limiti ultimi (Slu di tipo geotecnico GEO). La verifica viene effettuata secondo la combinazione di fattori parziali indicata simbolicamente come A1+M1+R3 prevista dall'Approccio 2, in cui R3 è il fattore di sicurezza sulla resistenza globale. Lo scorrimento di una fondazione rispetto al terreno di posa avviene nel momento in cui le componenti delle forze parallele al piano di contatto tra fondazione e terreno vincono l'attrito e l'adesione agente sull'interfaccia terreno-fondazione e, qualora fosse presente, la spinta passiva laterale. La verifica può essere posta nella seguente forma:

Fa < Frlim/fs

in cui:

Fa:	Forza agente orizzontale sul piano di posa, che induce lo scorrimento	
	kg	
Frlim:	Forza resistente orizzontale limite del terreno, che si oppone allo scorrimento	
	kg	
fs:	Fattore di sicurezza sulla resistenza globale (R3)	-
-		

La forza agente orizzontale Fa può ottenersi dalla seguente espressione:

$$Fah = Khk W = Bs as W$$

in cui:

W:	Peso totale dell'edificio	
	kg	
Khk:	Coefficiente sismico orizzontale (accelerazione massima attesa al suolo)	g
Bs:	Coefficiente riduttivo (tabellato per categoria e accelerazione al suolo)	-
-		
as:	Accelerazione massima attesa al sito [g], definita come: $as = Ss St ag$	g
Ss St:	Fattori di amplificazione stratigrafico e topografico	-
-		
ag	Accelerazione al suolo di riferimento su roccia (Cat.A)	g

L'accelerazione ag si intende comprensiva dell'effetto di amplificazione stratigrafica e topografica. Considerato che le fondazioni sono tutte collegate in maniera efficace, la verifica viene eseguita in termini globali, considerando le azioni gravanti sull'intera area fondale.

La forza resistente orizzontale Fr può ottenersi considerando i contributi di attrito e coesione offerti dal terreno, secondo la seguente espressione:

$$Fr = W \tan(\delta) + ca Afd$$

in cui:

W:	Peso totale dell'edificio	
	kg	
delta	Angolo di attrito tra fondazione e terreno	-
-		
ca	Adesione tra fondazione e terreno	
	kg/cmq	
Afd	Area di impronta della fondazione	
	cmq	

I valori dell'angolo di attrito delta e l'adesione ca dipendono dalle caratteristiche del terreno di posa e dalla scabrezza della suola di fondazione. In particolare si assume:

$$\delta = 0.9 \phi$$

$$ca = 0.6 c$$

Di seguito si riporta il calcolo di verifica eseguito per le combinazioni di carico richieste.



## Verifiche a scorrimento Cabina e Controllo

S.limite	V.geotecnici	medi	Area c.terra	Peso	Forze resistenti			Forza agente		F.sicurezza	
<i>cmb</i>	<i>ad</i>	<i>de</i>	<i>at</i>	<i>Wt</i>	<i>Fra</i>	<i>Frd</i>	<i>R3</i>	<i>Fr</i>	<i>as</i>	<i>Fa</i>	<i>fs</i>
<i>esito</i>											
S.vita s.	0,03	18,00	91,36	272,03	27,41	88,39	1,1	105,27	0,06	16,52	6,37

in cui:

<i>cmb</i>	Combinazione di carico considerata nella verifica	-
-		
<i>at</i>	Area totale fondazione mq	
<i>ad</i>	Adesione media fra fondazione e terreno kg/cmq	
<i>de</i>	Angolo di attrito medio fra fondazione e terreno gradi	
<i>Wt</i>	Massa sismica totale dell'edificio	t
<i>Fra</i>	Forza di scorrimento resistente limite: contributo di adesione kg	
<i>Frd</i>	Forza di scorrimento resistente limite: contributo di attrito kg	
<i>R3</i>	Fattore parziale di sicurezza sulla resistenza globale	
<i>Fr</i>	Forza di scorrimento resistente di calcolo: valore globale kg	
<i>as</i>	Accelerazione spettrale	g
<i>Fa</i>	Forza di scorrimento agente kg	
<i>fs</i>	Fattore di sicurezza (v.soddisfatta se $fs > 1$ )	-
-		
<i>esito</i>	Verifiche non soddisfatte contrassegnate con !	

## Verifica a scorrimento sul piano di posa Locale Controllo

-angolo di attrito muratura-terreno medio [gradi]:	18,00
-adesione muratura-terreno media [kg/cmq]:	0,030
-area totale della fondazione controterra [mq]:	29,00
-accelerazione spettrale [g]:	0,24
-massa totale al livello di posa [t]:	139,53
-forza di scorrimento agente [t]:	33,90
-forza di scorrimento resistente [t]:	54,04
-fattore di sicurezza:	1,59

## 7. Verifica dei cedimenti e delle distorsioni in fondazione

La verifica dei cedimenti risponde all'esigenza di assicurare che le deformazioni conseguenti all'assestamento del terreno di fondazione per effetto dei carichi di esercizio della costruzione stessa o di altre vicine possano considerarsi accettabili ai fini della fruibilità dell'opera e non producano sollecitazioni incompatibili con la sicurezza strutturale.

*Cenni teorici sul calcolo dei cedimenti*

Il cedimento è uno spostamento verticale di una fondazione superficiale o profonda o di un'opera in terra, per effetto delle deformazioni del terreno sottostante dovute ad una variazione dello stato tensionale, ad esempio per effetto del carico trasmesso dalla stessa fondazione o da fondazioni vicine, o per una variazione delle pressioni neutre interstiziali.

In linea generale il cedimento  $S$  si compone di tre aliquote:

St: cedimento immediato,

Sc: cedimento di consolidazione,

Ss: cedimento viscoso.

Il cedimento immediato si verifica subito dopo l'applicazione di un carico esterno; pur essendo dovuto a deformazioni di natura sia elastica (reversibile qualora il carico venga rimosso) sia plastica (irreversibile), può essere calcolato ricorrendo alla teoria dell'elasticità, ipotizzando il terreno come un mezzo omogeneo elastico ed isotropo, anche se in alternativa sono disponibili formulazioni empiriche di uso più agevole. Il cedimento immediato coincide pressoché con il cedimento totale nei terreni granulari (ghiaie, sabbie e mescolanze di ghiaia e sabbia), mentre è generalmente una parte trascurabile del cedimento totale nel caso di terreni coesivi (argille e limi). Esso si manifesta via via che viene applicato il carico durante la costruzione dell'opera geotecnica, e pertanto spesso è poco temibile, sia perché può essere in parte recuperato in fase costruttiva, sia perché normalmente precede la messa in opera delle parti più vulnerabili (pavimentazioni, rivestimenti, finiture).

Il cedimento di consolidazione primaria è dovuto all'espulsione di una parte dell'acqua interstiziale con conseguente riduzione della pressione neutra e corrispondente aumento della pressione efficace. Nei terreni coesivi inorganici costituisce generalmente la parte più rilevante del cedimento e si sviluppa più o meno lentamente nel tempo, per effetto della bassa permeabilità di questi terreni.

Il cedimento viscoso o di compressione secondaria è dovuto a fenomeni di natura viscosa, a scorrimenti interparticellari ed alla riorientazione dei grani; è caratteristico dei terreni coesivi organici e dei terreni torbosi. Si sviluppa a tensione verticale efficace costante ed è indipendente dal processo di consolidazione primaria.

Di direzione opposta al cedimento è il rigonfiamento, dovuto ad un eventuale scarico tensionale conseguente allo scavo fino al piano di fondazione.

#### *Metodi di calcolo dei cedimenti*

Il calcolo dei cedimenti può essere affrontato con metodi basati sulla teoria dell'elasticità o con metodi empirici proposti da vari autori. In entrambi i casi le approssimazioni in gioco non sono propriamente trascurabili, essenzialmente per le differenze ineliminabili di comportamento col mezzo elastico ideale ed anche per la difficoltà di conoscere in maniera affidabile tutti i parametri meccanici che intervengono nella modellazione.

Il metodo del semispazio elastico si basa sull'ipotesi che il terreno sia un mezzo elastico e quindi sia applicabile la soluzione di Boussinesq (1885) che consente di ottenere la tensione verticale in un punto qualsiasi del semispazio elastico per una forza applicata in superficie. In genere la soluzione è considerata accettabile ai fini tecnici anche in presenza di terreni stratificati. In letteratura esistono anche soluzioni derivate per integrazione da quella di Boussinesq, per trattare i casi di carico distribuito su superficie di una data forma. Una volta nota la distribuzione delle tensioni nel mezzo, si può ottenere il cedimento in un punto integrando le deformazioni verticali lungo la verticale passante per il punto, fino ad una profondità significativa, che in genere è commisurata alla dimensioni dell'area caricata superficiale o delimitata dal raggiungimento di uno strato compatto. La procedura di calcolo prevede la discretizzazione del terreno in un certo numero di strisce orizzontali e la valutazione del cedimento complessivo come sommatoria dei cedimenti dovuti alle singole strisce, che in ultima analisi dipendono dai dal modulo di Poisson e dal modulo elastico, che devono essere lungo la profondità.

Per ovviare alla difficoltà di reperire in maniera affidabile questi valori, alcuni autori hanno proposto metodi alternativi per la stima dei cedimenti di fondazioni superficiali di tipo empirico o semi-empirico, basati cioè sull'osservazione di un certo numero di casi reali, fra i quali uno dei più accreditati è il metodo di Burland e Burbridge (1985) per terreni granulari, che utilizza i risultati di prove penetrometriche dinamiche SPT, utilizzato nel presente lavoro.

#### *Metodo di Burland e Burbridge*

La peculiarità di questo metodo sta nel fatto che è basato sui risultati di una indagine statistica di oltre 200 casi reali, tramite un indice di compressibilità correlato al risultato di prove penetrometriche dinamiche. L'espressione del cedimento è la seguente:

$$w = f_s f_h f_t B^{0.7} I_c (q - 2 s_v/3)$$

$$I_c = 1.7/N^{1.4}$$

in cui:

fs:	Fattore correttivo per la forma della fondazione	-
-		
fh:	Fattore correttivo per lo spessore dello strato compressibile	-
-		
ft:	Fattore per la componente viscosa	-
-		
B:	Larghezza della fondazione m	
Ic:	Indice di compressibilità	-
-		
L:	Lunghezza della fondazione m	
q:	Pressione verticale efficace trasmessa dalla fondazione kPa	
sv:	Pressione verticale efficace litostatica al piano di posa kPa	
N:	Valore medio degli indici NSPT corretti nella profondità	-
-		

Per l'ottenimento dei valori NSPT corretti possono essere adottate le indicazioni di Terzaghi e Peck (1948), riportate di seguito:

$$N_{spt}' = 15 + 0.5 (N_{spt} - 15) \quad \text{per sabbie limose in presenza di falda,}$$

$$N_{spt}' = 1.25 N_{spt} \quad \text{per sabbie e ghiaie.}$$

#### *Verifica dei cedimenti e delle distorsioni angolari in fondazione*

La normativa dispone che per gli stati limite di esercizio vengano valutati i cedimenti e le distorsioni angolari in fondazione dovuti all'assestamento del terreno per effetto dei carichi trasmessi dalle fondazioni. I valori delle deformazioni così valutate devono risultare compatibili con la fruibilità dell'opera e con la sicurezza strutturale.

Il controllo presuppone da un lato la definizione dei valori ammessi per il cedimento e la distorsione angolare, per i quali si può fare riferimento a tabelle euristiche di letteratura, come riportato nel manuale. Dall'altro lato, si procede con il calcolo dei cedimenti nei nodi indicati dal progettista, utilizzando il metodo proposto da Burland e Burbridge, basato sui risultati di una indagine statistica di oltre 200 casi reali e correlato ai risultati ottenuti da prove penetrometriche dinamiche STP (Standard Penetration Test). Per la sua semplicità ed economicità la prova STP è una tecnica di sito molto utilizzata nella pratica professionale, che consente la stima dei principali parametri meccanici del terreno e di altre quantità di interesse, mediante un ricco assortimento di correlazioni sperimentali proposte da vari autori.

All'utente è richiesta la definizione dei nodi in cui valutare il cedimento e la distorsione, specificando per ognuno di essi alcuni parametri geotecnici, quali la quota di posa rispetto al piano campagna, lo spessore dello strato compressibile, il numero medio di colpi ottenuti dalla prova STP nello strato d'influenza immediatamente sottostante la fondazione. Sulla scorta di questi dati minimali, il programma valuta lo spessore dello strato d'influenza (utile al progettista per ricavare il numero medio di colpi STP), i fattori correttivi (dovuti ai rapporti di forma della fondazione, allo spessore dello strato compressibile, agli effetti viscosi), la tensione verticale litostatica al piano di posa, il carico trasmesso dalla fondazione ed infine il cedimento massimo calcolato.

Una volta noti i cedimenti, il programma procede col calcolo della distorsione massima, per ogni nodo soggetto a verifica. Il procedimento si svolge riconoscendo sequenze di tre nodi allineati, su ognuna delle quali si valuta:

la rotazione rigida, data dalla pendenza del diagramma dei cedimenti fra i due nodi più esterni,  
la distorsione angolare in un nodo, valutata come la tangente dell'angolo relativo formato dal diagramma dei cedimenti nel nodo e la retta della rotazione rigida.

Si tenga presente che nel nodo centrale di un allineamento, si può calcolare una distorsione per il ramo di diagramma a sinistra e una distorsione per quello di destra del nodo, fra le due viene registrata quella maggiore. Un nodo inoltre può essere compreso in altri allineamenti e quindi sono valutabili per esso altri valori distorsivi. Considerato questo, il valore finale si ottiene come valore massimo di tutte le distorsioni valutate per il nodo, essendo questa la strategia più gravosa per la verifica.

La distorsione angolare è un parametro di interesse in quanto direttamente correlabile con problematiche strutturali o con livelli di danno non compatibili con i requisiti prestazionali richiesti al fabbricato.

Di seguito si riportano i cedimenti e le distorsioni calcolate e il confronto con i valori ammessi.

### Verifiche dei cedimenti e delle distorsioni

S.limite		valori assegnati					valori calcolati					valori calcolati				
<i>cmb</i>	<i>mon</i>	<i>zf</i>	<i>hs</i>	<i>Nspt</i>	<i>cor</i>	<i>hi</i>	<i>fs</i>	<i>fh</i>	<i>ft</i>	<i>st</i>	<i>q</i>	<i>wf</i>	<i>df</i>	<i>iwf</i>	<i>idf</i>	
Q.permanente	1	1,60	9,00	20,50		no	1,68	1,00	1,00	1,50	28,24	35,69	1,58	7,66	0,03	
Q.permanente	2	1,60	9,00	20,50		no	1,88	1,00	1,00	1,50	28,24	76,84	6,07	7,66	0,12	
Q.permanente	3	1,60	9,00	20,50		no	1,87	1,00	1,00	1,50	28,24	76,61	6,03	4,16	0,12	
Q.permanente	4	1,60	9,00	20,50		no	1,87	1,00	1,00	1,50	28,24	76,61	6,03	4,16	0,12	
Q.permanente	5	1,60	9,00	20,50		no	1,88	1,00	1,00	1,50	28,24	76,84	6,07	7,66	0,12	
Q.permanente	6	1,60	9,00	20,50		no	1,68	1,00	1,00	1,50	28,24	35,69	1,58	7,66	0,03	
Q.permanente	7	1,60	9,00	20,50		no	1,68	1,00	1,00	1,50	28,24	65,34	4,36	4,15	0,09	
Q.permanente	8	1,60	9,00	20,50		no	1,68	1,00	1,00	1,50	28,24	65,34	4,36	4,15	0,09	
Q.permanente	9	1,60	9,00	20,50		no	1,68	1,00	1,00	1,50	28,24	35,69	1,58	7,66	0,03	
Q.permanente	10	1,60	9,00	20,50		no	1,88	1,00	1,00	1,50	28,24	76,84	6,07	7,66	0,12	
Q.permanente	11	1,60	9,00	20,50		no	1,87	1,00	1,00	1,50	28,24	76,61	6,03	4,16	0,12	
Q.permanente	12	1,60	9,00	20,50		no	1,87	1,00	1,00	1,50	28,24	76,61	6,03	4,16	0,12	
Q.permanente	13	1,60	9,00	20,50		no	1,88	1,00	1,00	1,50	28,24	76,84	6,07	7,66	0,12	
Q.permanente	14	1,60	9,00	20,50		no	1,68	1,00	1,00	1,50	28,24	35,69	1,58	7,66	0,03	

in cui:

<i>cmb</i>	Combinazione di carico considerata nella verifica	-
-		
<i>mon</i>	Indice del montante	-
-		
<i>zf</i>	Profondità del piano di posa	
	m	
<i>hs</i>	Spessore strato compressibile	
	m	
<i>Nspt</i>	Numero medio colpi nello strato di influenza	-
-		
<i>cor</i>	Correzione per granulometrie fini sotto falda	-
-		
<i>hi</i>	Spessore strato di influenza	
	m	
<i>fs</i>	Fattore di forma	-
-		

fh	Fattore di spessore	-
-		
ft	Fattore viscoso	-
-		
st	Pressione litostatica sul piano fondale kPa	
q	Pressione trasmessa dalla fondazione kPa	
wf	Cedimento verticale/Cedimento ammesso mm	
df	Distorsione massima/Distorsione ammessa 1/10000	
iwf	Fattore di impegno rispetto al cedimento ammesso	
idf	Fattore di impegno rispetto alla distorsione ammessa	

### Legende dei simboli utilizzati nelle tabelle

#### Dati generali di piano

Simbolo	Descrizione	Misura
Liv	Indice del livello	
Hp	Altezza di interpiano	m
c	Coesione efficace/non drenata	kg/cm <sup>2</sup>
phi	Angolo di attrito	gradi
gtm	Peso medio del terreno al di sopra del p.di posa	kg/m <sup>3</sup>
qlsta	Carico limite per condizioni statiche	kg/cm <sup>2</sup>
qlsis	Carico limite per condizioni sismiche	kg/cm <sup>2</sup>
kwt	Costante elastica del terreno (modulo di Winkler)	kg/cm <sup>3</sup>

#### Caratteristiche delle linee montanti

Simbolo	Descrizione	Misura
Mon	Indice del montante	
Xf Yf	Coordinate del filo fisso	m
ff	Tipo di filo fisso	
lf	Livello di fondazione	
alfa	Angolo di orientamento (lato H) rispetto all'asse X	gradi
sezpln	Tipo sezione del plinto	

#### Caratteristiche dei tipi di calcestruzzo

Simbolo	Descrizione	Misura
Cls	Indice del calcestruzzo	
Denominazione	Sigla di riferimento	
rck	Resistenza caratteristica cubica a compressione	kg/cm <sup>2</sup>
fck	Resistenza caratteristica cilindrica a compressione	kg/cm <sup>2</sup>
fctk	Resistenza caratteristica a trazione	kg/cm <sup>2</sup>
ftk	Resistenza caratteristica a taglio	kg/cm <sup>2</sup>
fbk	Resistenza caratteristica di aderenza	kg/cm <sup>2</sup>
ec	Prima deformazione diagramma parabola-rettangolo	%
ecu	Seconda deformazione diagramma parabola-rettangolo	%
Ec	Modulo elastico normale	kg/cm <sup>2</sup>
Gc	Modulo elastico tangenziale	kg/cm <sup>2</sup>
ps	Peso specifico	kg/m <sup>3</sup>

### Caratteristiche dei tipi di carico

Simbolo	Descrizione	Misura
Lod	Indice del carico	
Denominazione	Sigla di riferimento	
Tipo	Natura del carico	
psi0	Valore raro dell'azione	
psi1	Valore frequente dell'azione	
psi2	Valore quasi permanente	

### Caratteristiche delle sezioni tipo

Simbolo	Descrizione	Misura
Sez	Indice della sezione	
Forma	Forma della sezione	
Denominazione	Sigla di riferimento	
B	Larghezza o diametro	cm
H	Altezza o diametro	cm
Bd Hd Bs Hs	Dimensioni ala sinistra e destra	cm
Ix Iy	Momenti di inerzia attorno agli assi locali X e Y	dm <sup>4</sup>
A	Area della sezione	cm <sup>2</sup>
Ax Ay	Aree ridotte a taglio	cm <sup>2</sup>

### Caratteristiche dei solai tipo

Simbolo	Descrizione	Misura
Sol	Indice del tipo solaio	
Denominazione	Sigla di riferimento	
Tipo	Tipo di nervature	
Materiale	Materiale assegnato alla tipologia	
rt	Fattore di ripartizione trasversale	%
ss	Fattore di semiincastrato solai	%
st	Fatt. rid. rig. torsionale travi supporto solai	%
rd	Fatt. rid. rig. dinamica solai	%
rr	Fatt. rid. rig. torsionale solai	%
Bp Lp Hp	Larghezza, lunghezza ed altezza pignatta	cm
Pp	Peso proprio della singola pignatta	kg
Bt	Larghezza del travetto	cm
Hm	Spessore del massetto	cm
Pp	Peso proprio del solaio	kg/m <sup>2</sup>

### Caratteristiche dei solai

Simbolo	Descrizione	Misura
Sol	Indice del solaio	
Sequenza vertici	Sequenza dei montanti sul perimetro	
Livelli scarico	Livelli di scarico per ogni montante	
cra	Coefficiente riduzione carichi accidentali per combinazione sismica	%
crm	Coefficiente riduzione carichi accidentali per masse dinamiche	%
dir	Angolo di orditura travetti o armatura platee rispetto all'asse X	gradi
area	Area lorda del solaio	m <sup>2</sup>
rt	Fattore di ripartizione trasversale degli scarichi	%
Pp	Peso proprio del solaio	kg/m <sup>2</sup>
idv	Indice condizione di carico variabile applicata	
Sp	Sovraccarico permanente	kg/m <sup>2</sup>
Sv	Sovraccarico variabile	kg/m <sup>2</sup>

### Caratteristiche delle travi

Simbolo	Descrizione	Misura
Trv	Indice della trave	
Sezione	Sigla della sezione	
i-j	Montanti di incidenza	
dp	Salto di piani nel nodo j	n.livelli
Lt	Luce totale (comprensiva dei tratti rigidi nodali)	m
Pdz	Pendenza della trave	%
Dt	Distorsione termica	C°
idv	Indice condizione di carico variabile applicata	
Fep Fev	Carichi verticali esterni permanente e variabile	kg/m
Mep Mev	Momenti torcenti esterni permanente ed variabile	kg/m
idt	Indice condizione di carico per i carichi trasversali su parete	
ftt ftb	Forza trasversale in testa e al piede distribuita sull'area della parete	kg/mq

### Caratteristiche dei pilastri

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil	Indice del pilastro	
Sezione	Sigla della sezione	
li-ls	Livelli inferiore e superiore	
Dt	Distorsione termica	C°
idv	Indice condizione di carico variabile applicata	
Fpx Fpy Fpz	Forza esterna permanente lungo X, Y, Z	t
Fvx Fvy Fvz	Forza esterna variabile lungo X, Y, Z	t
Mpx Mpy	Momento esterno permanente in dir. X e Y	tm
Mvx Mvy	Momento esterno variabile in dir. X e Y	tm
idt	Indice condizione di carico per i carichi trasversali distribuiti	
ftx fty	Forza trasversale in dir. X e Y distribuita sulla luce del pilastro	t/m

### Spettri di risposta sismici

Simbolo	Descrizione	Misura
S.limite	Stato limite di riferimento	
ag	Accelerazione al suolo	g
Tb Tc Td	Periodi spettrali Tb Tc Td	s
F	Fattore di amplificazione spettrale max	
Ss	Fattore di amplificazione stratigrafica	
St	Fattore di amplificazione topografica	
eta	Fattore di smorzamento viscoso	
q	Fattore di struttura	

### Parametri di pericolosità sismica

Simbolo	Descrizione	Misura
S.limite	Stato limite di riferimento	
Pr	Periodo di ritorno dell'azione sismica	anni
ago	Accelerazione orizzontale massima al suolo	g
Fo	Fattore di amplificazione per spettro orizzontale	
Tc*	Periodo spettrale di riferimento	s

### Masse sismiche di piano

Simbolo	Descrizione	Misura
Liv	Indice del livello	
Qp	Quota rispetto allo spiccato delle fondazioni	m
Ws	Massa sismica	t

CmX CmY      Coordinate del baricentro delle masse      m

### Risultati dell'analisi spettrale

Simbolo	Descrizione	Misura
Modo	Indice del modo	
Tslu	Periodo per stato limite ultimo	sec
Tsld	Periodo per stato limite di danno	sec
Tslo	Periodo per stato limite di operatività	sec
mx	Percentuale di massa eccitata dal modo in dir. X	
my	Percentuale di massa eccitata dal modo in dir. Y	
mz	Percentuale di massa eccitata dal modo in dir. Z	
mch	Percentuale di massa eccitata cumulata per sisma orizzontale	
mcv	Percentuale di massa eccitata cumulata per sisma verticale	
Forma	Forma prevalente degli spostamenti	
aso asv	Accelerazione spettrale orizzontale e verticale	g

### Rigidezze di interpiano

Simbolo	Descrizione	Misura
Liv	Livello di base e di testa dell'interpiano	
Mtot	Massa totale	t
Xm, Ym	Coordinate x, y del baricentro delle masse	m
dirK1	Direzione principale di rigidezza (angolo antiorario rispetto ad x)	°
Xr, Yr	Coordinate x, y del baricentro delle rigidezze	m
K1	Rigidezza traslazionale principale	t/cm
K2	Rigidezza traslazionale secondaria	t/cm
Kt	Rigidezza torsionale	t cm

teta      Parametro di sensibilità a non linearità geometriche (trascurabili se teta<0.1)

### Analisi Pushover

Simbolo	Descrizione	Misura
id	Indice scansione	
dir	Direzione angolare del sisma (antioraria rispetto x)	°
	Distribuzione accelerazioni (Costante/Lineare)	C/D
mta	Massa totale attivata	t
heq	Altezza della risultante sismica dallo spiccato	m
trv	Numero di travi plasticizzate	
pil	Numero di pilastri plasticizzati	
ae	Accelerazione al limite elastico	g
au	Accelerazione max raggiunta	g
au/ae	Fattore di sovraresistenza (au/ae)	
q_r	Fattore di struttura corrispondente alla sovraresistenza	
pga_r	Accelerazione di picco al suolo corrispondente a q_r	g

### Verifica Pushover

Simbolo	Descrizione	Misura
id	Indice della scansione sismica	
dir	Direzione angolare del sisma (antioraria rispetto x)	°
	Distribuzione accelerazioni (Costante/Lineare)	C/D
hs	Altezza della risultante sismica dallo spiccato	m
SL	Stato limite a cui si riferisce la verifica	
Te	Periodo proprio del sistema bilineare equivalente	secondi
Ud	Domanda di spostamento	cm



Uc	Capacità di spostamento	cm
Pgad	Domanda di Pga normalizzata per suolo di classe A	g
Pgac	Capacità di Pga normalizzata per suolo di classe A	g
Trd	Domanda in termini di periodo di ritorno	anni
Trc	Capacità in termini di periodo di ritorno	anni

### Rotazioni limite per analisi pushover nelle travi

Simbolo	Descrizione	Misura
Trv	Indice della trave	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
rys+ rys-	Rotazioni di snervamento +/- all'estremo di sinistra	rad
ryc+ ryc-	Rotazioni di snervamento +/- nella sezione centrale	rad
ryd+ ryd-	Rotazioni di snervamento +/- all'estremo di destra	rad
rus+ rus-	Rotazioni di collasso +/- all'estremo di sinistra	rad
ruc+ ruc-	Rotazioni di collasso +/- nella sezione centrale	rad
rud+ rud-	Rotazioni di collasso +/- all'estremo di destra	rad
Convenzione	Rotazioni r+ tendono le fibre superiori	
Convenzione	Rotazioni r- tendono le fibre inferiori	

### Resistenze limite per analisi pushover nelle travi

Simbolo	Descrizione	Misura
Trv	Indice della trave	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
mrs+ mrs-	Momento ultimo resistente +/- all'estremo di sinistra	tm
mrc+ mrc-	Momento ultimo resistente +/- nella sezione centrale	tm
mrđ+ mrđ-	Momento ultimo resistente +/- all'estremo di destra	tm
trs trđ	Taglio ultimo resistente a sin/des	t
vrs vrđ	Taglio ultimo resistente a sin/des in condizioni cicliche	t
ts45 td45	Taglio ultimo limitante a sin/des per i valori ciclici (hp: teta=45°)	t
Riferimenti	Taglio ciclico in accordo con: Ntc18/C8.7.2.3.5, EC8/P3/A.3.3.1	

### Rotazioni limite per analisi pushover nei pilastri

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil	Indice del pilastro	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
alfa	Angolo di orientamento del lato H rispetto all'asse X	gradi
zona	Zona di riferimento per i valori limite (piede/testa)	
ryh+ ryh-	Rotazioni di snervamento +/- per inflessione lungo lato h	rad
ryb+ ryb-	Rotazioni di snervamento +/- per inflessione lungo lato b	rad
ruh+ ruh-	Rotazioni di collasso +/- per inflessione lungo lato h	rad
rub+ rub-	Rotazioni di collasso +/- per inflessione lungo lato b	rad
Convenzione	Rotazioni rh+ producono compressione in direzione alfa	
Convenzione	Rotazioni rh- producono trazione in direzione alfa	
Convenzione	Rotazione rb+ producono compressione in direzione alfa+90	
Convenzione	Rotazione rb- producono trazione in direzione alfa+90	

### Resistenze limite per analisi pushover nei pilastri

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil	Indice del pilastro	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
alfa	Angolo di orientamento del lato H rispetto all'asse X	gradi
zona	Zona di riferimento per i valori limite (piede/testa)	
mrh+ mrh-	Momento ultimo resistente +/- per inflessione lungo lato h	tm
mrđ+ mrđ-	Momento ultimo resistente +/- per inflessione lungo lato b	tm

trh trb	Taglio ultimo resistente in h/b	t
vrh vrb	Taglio ultimo resistente in condizioni cicliche in h/b	t
th45 tb45	Taglio ultimo limitante in h/b per i valori ciclici (hp: teta=45°)	t
Riferimenti	Taglio ciclico in accordo con: Ntc18/C8.7.2.3.5, EC8/P3/A.3.3.1	

### Elementi a maggiore impegno in analisi pushover

Simbolo	Descrizione	Misura
Analisi	Direzione sismica e distribuzione accelerazioni sull'altezza Direzione sismica: antioraria rispetto all'asse X Distribuzione accelerazioni sull'altezza: C=Costante, L=Lineare	
Tipo	Tipo di elemento (trave/pilastro)	
id	Indice dell'elemento	
liv	Livello dell'elemento	
imp	Impegno dell'elemento al raggiungimento dello stato limite indicato:	
mc	Meccanismo di crisi a cui si riferisce l'impegno: SI: Spostamento relativo di interpiano RF: Rotazione presso flessionale RT: Resistenza a taglio RN: Resistenza nodo	

### Masse eccitate dall'analisi pushover sui modi di vibrazione fondamentali

Simbolo	Descrizione	Misura
Analisi	Direzione sismica e distribuzione accelerazioni sull'altezza Direzione sismica: antioraria rispetto all'asse X Distribuzione accelerazioni sull'altezza: C=Costante, L=Lineare	
M	Masse eccitate sui modi di vibrare indicati	%

### Fattori di combinazione per l'involuppo delle sollecitazioni

Simbolo	Descrizione	Misura
min max	Fattore minimo e massimo con cui sono involuppate le azioni di carico	

### Involuppo sollecitazioni plinti

Simbolo	Descrizione	Misura
Pln	Indice del plinto	
dir	Direzione di orientazione della sezione	
lf	Livello di fondazione	
BxH	Dimensioni B ed H delle mensole di verifica all'attacco col pilastro	cm
L	Luce di inflessione delle mensole di verifica	cm
Mdes Tdes ...	Momento e taglio max per il lembo corrispondente	tm t

### Involuppo sollecitazioni travi

Simbolo	Descrizione	Misura
Trv	Indice della trave	
i-j	Indici dei due montanti di estremità	
Ln	Luce netta della trave	m
Mx Mn	Momenti flettenti max e min per zona di sinistra, di mezzeria e di destra	tm
Tx Tn	Tagli max e min per zona di sinistra, di mezzeria e di destra	t
Mt	Momenti torcenti max per zona di sinistra e di destra	tm

### Involuppo sollecitazioni pilastri

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil	Indice del pilastro	

luce	Luce lorda del pilastro (tratti rigidi compresi)	cm
alfa	Angolo di orientamento del lato H rispetto all'asse X	gradi
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
liv	Livelli della zona di piede e della zona di testa	
dir	Direzione di inflessione per momento M1: lato H o lato B	
zn	Zona di riferimento per la verifica: testa o piede	
N	Sforzo normale	t
M1 M2	Momenti flettenti nella direzione indicata e ortogonale	t m
Mtx Mtn	Momenti torcenti massimo e minimo	t m
Tx Tn	Tagli massimo e minimo nella direzione indicata	t

#### Area ferri nelle travi

Simbolo	Descrizione	Misura
Trv	Indice della trave	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
As Ap Ai	Area di armatura superiore, di parete, inferiore	
Staffe	N.bracci, diametro, passo, lunghezza zona di staffatura	

#### Area ferri nei pilastri

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil	Indice del pilastro	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
Ades Asin ...	Area di armatura posta sul lembo	
Af/Ac	Rapporto medio Area di ferro/Area di calcestruzzo	%
Staffe estremi	N.bracci (in dir.H/B), diametro, passo, lunghezza zona di infittimento	
Staffe mezzeria	N.bracci (in dir.H/B), diametro, passo, lunghezza zona centrale	

#### Area ferri nei plinti

Simbolo	Descrizione	Misura
Pln	Indice del plinto	
Sezione	Sigla della sezione in pianta	
dir	Direzione di orientazione della sezione	
lf	Livello di fondazione	
BxH	Dimensioni B ed H delle mensole di verifica all'attacco col pilastro	cm
L	Luce di inflessione delle mensole di verifica	cm
Ai As	Area armatura inferiore e superiore	cmq

#### Verifiche tensionali nelle travi

Simbolo	Descrizione	Misura
Trv	Indice della trave	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
Sfs	Tensione di trazione nei ferri superiori	kg/cm <sup>2</sup>
Sfi	Tensione di trazione nei ferri inferiori	kg/cm <sup>2</sup>
Scs	Tensione di compressione nel cls superiore	kg/cm <sup>2</sup>
Sci	Tensione di compressione nel cls inferiore	kg/cm <sup>2</sup>
Sst	Tensione di trazione nelle staffe	kg/cm <sup>2</sup>
Tc	Tensione tangenziale nel cls	kg/cm <sup>2</sup>

#### Verifiche tensionali nei pilastri

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil	Indice del pilastro	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
li-ls	Livelli inferiore e superiore del pilastro	

Zona	Zona di riferimento per i valori tensionali (testa/piede)	
sf	Tensione di trazione nei ferri al lembo indicato	kg/cm <sup>2</sup>
sc	Tensione di compressione nel cls al lembo indicato	kg/cm <sup>2</sup>
sst	Tensione di trazione nelle staffe	kg/cm <sup>2</sup>
tauc	Tensione tangenziale nel cls	kg/cm <sup>2</sup>

### Verifiche tensionali nei plinti

Simbolo	Descrizione	Misura
Pln	Indice del plinto	
Sezione	Dimensioni del plinto	cm
P	Punzonamento agente	t
Plim	Punzonamento resistente limite	t
lmb	Lembo di verifica	
BxH	Dimensioni BxH della sezione verticale resistente	cm
sf	Tensione di trazione nei ferri longitudinali	kg/cm <sup>2</sup>
sc	Tensione di compressione nel calcestruzzo	kg/cm <sup>2</sup>
tc	Tensione tangenziale nel cls	kg/cm <sup>2</sup>
sfo	Tensione massima sul terreno	kg/cm <sup>2</sup>

### Verifiche di resistenza nelle travi

Simbolo	Descrizione	Misura
Trv	Indice della trave	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
Valori	Tipo dei valori riportati sulla riga: agenti o resistenti	
M+ M- T	Momento massimo, momento minimo, taglio	tm t

### Verifiche resistenza a pressoflessione nei pilastri

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil	Indice del pilastro	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
liv	Livelli inferiore e superiore del pilastro	
dir	Direzione di inflessione del momento M1: lato H o lato B	
zn	Zona di riferimento per la verifica: testa o piede	
N	Sforzo normale	t
M1 M2	Momenti agenti nella direzione indicata ed ortogonale	t m
Mr1 Mr2	Momenti resistenti a pressoflessione retta nelle due direzioni	t m
fd	Fattore impegno a pressoflessione deviata: soddisfatta se $fd \leq 1$	

### Verifiche resistenza a taglio nei pilastri

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil	Indice del pilastro	
alfa	Angolo di orientamento del lato H rispetto all'asse X	gradi
luce	Luce lorda del pilastro (tratti rigidi compresi)	cm
li-ls	Livelli inferiore e superiore del pilastro	cm
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
T1 Tr1	Taglio e taglio resistente in direzione H	t
T2 Tr2	Taglio e taglio resistente in direzione B	t

### Verifiche di resistenza nei plinti

Simbolo	Descrizione	Misura
Pln	Indice del plinto	
Sezione	Dimensioni del plinto	cm

P	Punzonamento agente	t
Plim	Punzonamento resistente limite	t
lmb	Lembo di verifica	
BxH	Dimensioni BxH della sezione verticale resistente	cm
M	Momento agente	t m
Mu	Momento resistente limite	t m
T	Taglio agente	t
Tu	Taglio resistente limite	t

### Verifiche alla fessurazione delle travi

Simbolo	Descrizione	Misura
Trv	Indice della trave	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
wss	Ampiezza fessure zona sinistra lembo superiore	mm
wsi	Ampiezza fessure zona sinistra lembo inferiore	mm
wcs	Ampiezza fessure zona centrale lembo superiore	mm
wci	Ampiezza fessure zona centrale lembo inferiore	mm
wds	Ampiezza fessure zona destra lembo superiore	mm
wdi	Ampiezza fessure zona destra lembo inferiore	mm
!	Verifica non soddisfatta	
w limite	Limite massimo ammissibile per le fessure	mm

### Verifiche alla fessurazione dei pilastri

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil	Indice del pilastro	
alfa	Angolo di orientamento del lato H rispetto all'asse X	gradi
luce	Luce lorda del pilastro (tratti rigidi compresi)	cm
li-ls	Livelli inferiore e superiore del pilastro	cm
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
wdes wsin	Ampiezza fessure ai lembi des/sin (inflexione in H)	mm
wsup winf	Ampiezza fessure ai lembi sup/inf (inflexione in B)	mm
w limite	Limite massimo ammissibile per le fessure	mm

### Verifiche resistenza a taglio-scorrimento nelle pareti

Simbolo	Descrizione	Misura
Pil/Par	Indice del pilastro o dei due montanti della parete	
alfa	Angolo di orientamento del lato H rispetto all'asse X	gradi
li-ls	Livelli inferiore e superiore dell'elemento	
BxH	Dimensioni BxH della sezione	cm
Zona	Zona di verifica: piede/testa	
As	Area ferro verticale totale intersecante il piano di scorrimento	cmq
Ne Me	Sforzo normale e momento agente per inflessione in dir. del lato H	t tm
Ve Vr	Taglio agente e taglio resistente a scorrimento in dir. del lato H	t
	Esito verifica: non soddisfatta se viene riportato il simbolo !	

### Verifiche tensioni sul terreno di fondazione plinti

Simbolo	Descrizione	Misura
Pln	Indice del plinto	
Sezione	Sigla della sezione in pianta	
dir	Direzione di orientazione della sezione	
lf	Livello di fondazione	
fs	Fattore di sicurezza per la resistenza del terreno	
tk	Resistenza caratteristica del terreno	kg/cmq
td	Resistenza di calcolo del terreno	kg/cmq

N M	Sforzo normale e momento scaricato sul terreno	t tm
Sdes Ssin ...	Tensioni sul terreno al lembo corrispondente	kg/cmq
!	Verifica non soddisfatta	

#### Verifiche cedimenti in fondazione

Simbolo	Descrizione	Misura
mon	Indice del montante	
zf	Profondità del piano di posa	m
hs	Spessore strato compressibil	m
Nspt	Numero medio colpi nello strato di influenza	
cor	Correzione per granulometrie fini sotto falda	
hi	Spessore strato di influenza	m
fs	Fattore di forma	
fh	Fattore di spessore	
ft	Fattore viscoso	
st	Pressione litostatica sul piano fondale	kPa
q	Pressione trasmessa dalla fondazione	kPa
wf	Cedimento verticale/Cedimento ammesso	mm
df	Distorsione massima/Distorsione ammessa	1/10000
iwf	Fattore di impegno rispetto al cedimento ammesso	
idf	Fattore di impegno rispetto alla distorsione ammessa	

#### Verifiche a scorrimento sul piano di fondazione

Simbolo	Descrizione	Misura
cmb	Combinazione di carico considerata nella verifica	--
at	Area totale fondazione	mq
ad	Adesione media fra fondazione e terreno	kg/cmq
de	Angolo di attrito medio fra fondazione e terreno	gradi
Wt	Massa sismica totale dell'edificio	t
Fra	Forza di scorrimento resistente limite: contributo di adesione	kg
Frd	Forza di scorrimento resistente limite: contributo di attrito	kg
R3	Fattore parziale di sicurezza sulla resistenza globale	
Fr	Forza di scorrimento resistente di calcolo: valore globale	kg
as	Accelerazione spettrale	g
Fa	Forza di scorrimento agente	kg
fs	Fattore di sicurezza (v.soddisfatta se fs>1)	--
esito	Verifiche non soddisfatte contrassegnate con !	--

#### Verifica degli scorrimenti di interpiano ai piani

Simbolo	Descrizione	Misura
Cam	Indice della campata di verifica	
i-j	Nodi di estremità della campata	
sr	Scorrimento relativo	% H di
piano		
sr lim	Scorrimento relativo limite	% H di
piano		
!	Verifica non soddisfatta	

#### Verifiche degli spostamenti orizzontali ai piani

Simbolo	Descrizione	Misura
Mon	Indice del montante di verifica	
sax	Spostamento assoluto in dir X	% Q di
piano		

say piano	Spostamento assoluto in dir Y	% Q di
sx	Spostamento assoluto in dir X	cm
sy	Spostamento assoluto in dir Y	cm
sa lim piano	Scorrimento assoluto limite	% Q di
!	Verifica non soddisfatta	

### Quadro complessivo dei fattori di sicurezza minimi delle verifiche

Simbolo	Descrizione	Misura
Stato limite	Stato limite di verifica	
Fs ten	Fattore di sicurezza su verifiche tensionali	
Fs fes	Fattore di sicurezza su verifiche fessurazione	
Fs res	Fattore di sicurezza su verifiche resistenza ultima	
Fs sre	Fattore di sicurezza su verifiche spostamenti relativi	
Fs sas	Fattore di sicurezza su verifiche spostamenti assoluti	
Fs fnd	Fattore di sicurezza su verifiche terreno di fondazione	
	Verifica soddisfatta se $F_s \geq 1$	

### Fattori di sicurezza e capacità sismica (A.pushover)

Simbolo	Descrizione	Misura
Meccanismo di crisi		
	Deformazione di danno	
Slo: Ze, PgaC, TrC		
	Resistenza a taglio	
Sld: Ze, PgaC, TrC		
	Resistenza nodo	
Slv: Ze, PgaC, TrC		
	Resistenza p.flessione/Rotazione	
Slc: Ze, PgaC, TrC	Portanza fondazioni	