

# COMUNE DI MONTEGRANARO

PROVINCIA DI FERMO

INTERVENTO PARCHEGGIO PIAZZALE WOJTYLA  
PER CEDIMENTO SEDE STRADALE  
A SEGUITO DI CEDIMENTO DEL MURO IN C.A.

ELABORATO <b>2</b>	OGGETTO  <b>RELAZIONE GEOTECNICA</b>	SCALA
COMMITTENTE:  <b>AMMINISTRAZIONE COMUNALE DI MONTEGRANARO</b>		DATA  <b>OTTOBRE 2018</b>

IL TECNICO  
Geol. Vincenzo Otera



**STUDIO TECNICO DOTT. VINCENZO OTERA**

GEOLOGIA TECNICA ED AMBIENTALE-PROGETTAZIONE GEOLOGICA- COORDINAMENTO SICUREZZA CANTIERI  
via Garibaldi, 8 63814 Torre San Patrizio (FM) Tel. 329 6342001 e-mail: v.otera@tiscali.it P.IVA: 01322290444

# RELAZIONE

## **Premessa**

---

1

Su incarico dell'Amministrazione Comunale di Montegranaro, è stata redatta una Relazione Geotecnica relativa agli interventi di consolidamento del Piazzale Wojtyla, da tempo interessato da fenomeni di dissesto che coinvolgono la sede stradale ed il parcheggio, determinando evidenti cedimenti. Dall'analisi dello stato dei luoghi, si è constatato che il muro di contenimento in c.a. sottostante il Piazzale, si presenta vistosamente inclinato verso valle, con ogni probabilità a causa delle elevate condizioni di spinta del materiale di riporto collocato per la realizzazione del rilevato. Il muro presenta una lunghezza complessiva di circa 90 metri, un'altezza variabile fino ad un massimo di 4,5 metri ed è dotato di fondazioni su pali trivellati del diametro pari a 50 cm e profondità di imposta di circa 10 metri. Il tratto nel quale si osservano i maggiori dissesti corrisponde al tratto nel quale il muro assume la massima altezza e presenta uno sviluppo di circa 38 metri.

Gli interventi previsti consistono nella sostituzione del terreno di riempimento a tergo della struttura muraria, con materiale arido di cava dotato di migliori caratteristiche fisico-meccaniche, allo scopo di ridurre le condizioni di spinta attiva.

## ***Condizioni Geologiche e Geomorfologiche***

---

L'area oggetto di studio in esame è ubicata nella porzione centro-meridionale del Bacino Marchigiano Esterno, caratterizzato dalla presenza di depositi terrigeni marini e continentali di età pliocenico-quadernaria.

In particolare, nell'area in oggetto sono riscontrabili terreni argillosi ascrivibili alla Formazione marina delle Argille azzurre di età Pleistocenica, i quali risultano sub-affioranti.

Localmente sono riscontrabili limitati spessori di terreni colluviali e di riporto, dovuti alle attività di urbanizzazione che hanno interessato l'area.

Dal punto di vista geomorfologico, l'area non risulta interessata direttamente da movimenti franosi, i quali sono tuttavia rilevabili più a valle lungo il versante, come risulta peraltro dalla perimetrazione delle aree in dissesto del PAI, nel quale è individuato un movimento franoso a pericolosità media P.2 (codice F-19-0041) che coinvolge il versante fino al fosso sottostante.

2

## ***Stratigrafia locale e parametri geotecnici***

---

Nel piazzale Wojtyla, a ridosso del muro di contenimento, è stato eseguito un sondaggio geognostico, il quale ha evidenziato la presenza di terreni di riporto fino alla profondità di 4,5 metri, che sovrastano il substrato argilloso pleistocenico (si allega stratigrafia).

Nello specifico, il terreno di riporto presenta una composizione prevalentemente limoso-argillosa, con presenza di livelli sabbiosi, e condizioni di alta plasticità.

Il substrato mostra invece un buon grado di consistenza, con caratteristiche di bassa plasticità.

Durante l'esecuzione della perforazione non sono state riscontrate manifestazioni idriche sotterranee.

I terreni riscontrati presentano le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche medie (valori desunti da dati di repertorio):

a) Terreno di riporto:

$\gamma$  = peso di volume = 18 kN/mc

$\varphi$  = angolo di attrito interno = 22°

$c$  = coesione = 1 kPa

b) Argille limoso-marnose (Substrato):

$\gamma$  = peso di volume = 21 kN/mc

$\varphi$  = angolo di attrito interno = 25°

$c$  = coesione = 5 kPa

---

### ***Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche***

---

La velocità delle onde sismiche trasversali nel sottosuolo è stata stimata sulla base delle caratteristiche stratigrafiche e geotecniche locali, dalle quali il terreno di fondazione può essere ascritto alla Categoria C – *depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*

In base al D.M. 17/01/2018, la categoria topografica del sito oggetto d'intervento è **T1** (pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ), cui corrisponde un valore del coefficiente di amplificazione topografico  $S_T$  pari a 1,0.

**Tab. 3.2.V – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$**

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

## ***Sismicità dell'area***

Il territorio comunale di Montegranaro (FM) è classificato in "Zona sismica 2" in base all'O.P.C.M n° 3274 del 20/03/2003, ovvero *"zona in cui possono verificarsi forti terremoti"*.

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica locale viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente", determinato sulla base di un reticolo di riferimento che ricopre l'intero territorio nazionale, ai cui nodi corrisponde una accelerazione sismica massima attesa.

Alla scala della singola opera, la risposta sismica locale consente di definire le modifiche che un segnale sismico subisce (a causa delle caratteristiche topografiche e stratigrafiche dei depositi di terreno e/o degli ammassi rocciosi e dalle proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono) rispetto a quello di un sito di riferimento rigido (superficie topografica orizzontale T1, sottosuolo di categoria A).

Il moto sismico alla superficie di un sito è definito mediante l'accelerazione massima ( $a_{max}$ ) attesa in superficie ed una forma spettrale ancorata ad essa.

A partire dalla pericolosità sismica di base del sito in costruzione, vengono definite le azioni sismiche di progetto tramite un calcolo eseguito direttamente per il sito in esame, contraddistinto dalle specifiche coordinate geografiche e dalla categoria di sottosuolo.

Per il sito in esame si ottengono i seguenti valori (Geostru software):

#### Parametri sismici

Tipo di elaborazione: opere di sostegno

Muro rigido: 0

#### Sito in esame.

latitudine: 43,2382502852248

longitudine: 13,6435198329923

Classe: 2

Vita nominale: 50

#### Siti di riferimento

Sito 1 ID: 22535 Lat: 43,2349Lon: 13,6273 Distanza: 1365,267

Sito 2 ID: 22536 Lat: 43,2348Lon: 13,6959 Distanza: 4259,871

Sito 3 ID: 22314 Lat: 43,2848Lon: 13,6961 Distanza: 6698,818

Sito 4 ID: 22313 Lat: 43,2849Lon: 13,6274 Distanza: 5347,848

#### Parametri sismici

Categoria sottosuolo: C

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

#### Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,050 g

Fo: 2,414

Tc\*: 0,278 [s]

#### Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,064 g

Fo: 2,461

Tc\*: 0,290 [s]

#### Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %

Tr: 475 [anni]

ag: 0,183 g

Fo: 2,473

Tc\*: 0,313 [s]

#### Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %

Tr: 975 [anni]

ag: 0,241 g

Fo: 2,490

Tc\*: 0,322 [s]

#### Coefficienti Sismici

##### SLO:

Ss: 1,500

Cc: 1,600

St: 1,000

Kh: 0,014

	Kv:	0,007
	Amax:	0,740
	Beta:	0,180
SLD:		
	Ss:	1,500
	Cc:	1,580
	St:	1,000
	Kh:	0,017
	Kv:	0,009
	Amax:	0,942
	Beta:	0,180
SLV:		
	Ss:	1,430
	Cc:	1,540
	St:	1,000
	Kh:	0,063
	Kv:	0,031
	Amax:	2,568
	Beta:	0,240
SLC:		
	Ss:	1,340
	Cc:	1,530
	St:	1,000
	Kh:	0,100
	Kv:	0,050
	Amax:	3,167
	Beta:	0,310

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - [www.geostru.com](http://www.geostru.com)

Coordinate WGS84

latitudine: 43.237300

longitudine: 13.642600

## ***Verifica dell'idoneità degli interventi***

Al fine di verificare l'idoneità degli interventi previsti, sono state effettuate verifiche delle condizioni di spinta agenti a tergo del muro di contenimento, nelle due condizioni: stato attuale e stato modificato, nell'ipotesi di sostituzione del terreno di riporto attualmente presente, con materiale arido di cava costituito da misto granulometrico (pietrisco, ghiaie e sabbie) scevro da sostanze organiche. Per tale materiale possono essere assunte le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

$\gamma$  = peso di volume = 17 kN/mc

$\varphi$  = angolo di attrito interno = 40°

c = coesione = 0,0 kPa

In accordo a quanto disposto dalle NTC 2018 per la progettazione delle opere si sostegno, per le verifiche è stato utilizzato l'approccio 2 con Combinazione (A1+M1+R3).

Dai risultati delle verifiche, allegate alla presente relazione, si ottengono i seguenti risultati:

- a) Verifica stato attuale: risultante delle spinte applicate al muro: 106,79 kN
- b) Verifica stato modificato: risultante delle spinte applicate al muro: 59,44 kN

Dai risultati del calcolo si evince che con la sostituzione del materiale la spinta del terreno agente sul muro di contenimento si riduce a circa la metà rispetto alle condizioni attuali.

Si precisa inoltre che la presenza di acque di infiltrazione, seppur in maniera occasionale, aumenta sensibilmente le condizioni di spinta attiva. Per tale motivo gli interventi di consolidamento prevedono la realizzazione di un drenaggio a tergo del muro ed inoltre sarà ripristinata la funzionalità del sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche lungo il piazzale.

Montegranaro, ottobre 2018

Il Tecnico

Dott. Geol. Vincenzo Otera





**Verifica muro di contenimento Piazzale Wojtyla – stato attuale****Dati generali**

Zona	zona 2
Lat./Long. [WGS84]	43,2373/13,6426
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

**Dati generali muro**

Altezza muro	450,0 cm
Spessore testa muro	40,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	15,0 cm
Sporgenza mensola a monte	15,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	50,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	50,0 cm
Lunghezza dei pali	1000,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	30,0 cm
Interasse longitudinale	200,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,49	2,41	0,28
S.L.D.	50,0	0,63	2,46	0,29
S.L.V.	475,0	1,79	2,47	0,31
S.L.C.	975,0	2,36	2,49	0,32

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:	Opere di sostegno
--------	-------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,735	0,18	0,0135	0,0067
S.L.D.	0,945	0,18	0,0173	0,0087
S.L.V.	2,5588	0,24	0,0626	0,0313
S.L.C.	3,1634	0,31	0,1	0,05

## Stratigrafi a

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	450	10	18,00	22	1,00	13	No		Limo o limo con sabbia
2	1150	0	21,00	25	5,00	20	No		Argilla o argilla limosa consistente

## FATTORI DI COMBINAZIONE

## A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,4
2	Laterale compressione	1,4
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,1
5	Orizzontale	1,4
	Riduzione resistenza	Totale

## A1+M1+R3 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0626  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0313

## CALCOLO SPINTE

## Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 G Peso unità di volume (KN/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (kPa);  
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
500,0	410,0	18,0	5,0	22,0	13,0	1,0	0,0	
410,0	320,0	18,0	5,0	22,0	13,0	1,0	0,0	
320,0	230,0	18,0	5,0	22,0	13,0	1,0	0,0	
230,0	140,0	18,0	5,0	22,0	13,0	1,0	0,0	
140,0	50,0	18,0	5,0	22,0	13,0	1,0	0,0	

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
13,0	0,44	0,5	0,08	0,43	0,1	0,07	0,02
13,0	0,44	0,5	0,08	0,43	0,1	0,07	0,02
13,0	0,44	0,5	0,08	0,43	0,1	0,07	0,02
13,0	0,44	0,5	0,08	0,43	0,1	0,07	0,02
13,0	0,44	0,5	0,08	0,43	0,1	0,07	0,02

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	500,0	410,0	2,61	0,6	435,58	435,58
2	410,0	320,0	9,85	2,27	359,41	359,41
3	320,0	230,0	17,19	3,97	271,8	271,8
4	230,0	140,0	24,53	5,66	182,76	182,76
5	140,0	50,0	31,87	7,36	93,27	93,27

#### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
410,0	0,55	8,83	35,0	455,0
320,0	1,11	17,65	35,0	410,0
230,0	1,66	26,48	35,0	365,0
140,0	2,21	35,31	35,0	320,0
50,0	2,76	44,14	35,0	275,0

#### Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

H	Altezza sezione di calcolo (cm);			
Quota	Fx	Fy	M	H
410,0	3,17	9,43	0,8	40,0
320,0	13,57	20,53	7,32	40,0
230,0	31,31	33,33	26,17	40,0
140,0	56,39	47,82	63,95	40,0
50,0	88,81	64,0	127,27	40,0

#### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
501,3	500,0	18,0	5,0	22,0	22,0	1,0	0,0	
500,0	410,0	18,0	5,0	22,0	22,0	1,0	0,0	
410,0	320,0	18,0	5,0	22,0	22,0	1,0	0,0	
320,0	230,0	18,0	5,0	22,0	22,0	1,0	0,0	
230,0	140,0	18,0	5,0	22,0	22,0	1,0	0,0	
140,0	50,0	18,0	5,0	22,0	22,0	1,0	0,0	
50,0	0,0	21,0	0,0	25,0	20,0	5,0	0,0	

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
22,0	0,43	0,5	0,08	0,4	0,16	0,08	0,03
22,0	0,43	0,5	0,08	0,4	0,16	0,08	0,03
22,0	0,43	0,5	0,08	0,4	0,16	0,08	0,03
22,0	0,43	0,5	0,08	0,4	0,16	0,08	0,03
22,0	0,43	0,5	0,08	0,4	0,16	0,08	0,03
22,0	0,43	0,5	0,08	0,4	0,16	0,08	0,03
20,0	0,36	0,41	0,06	0,34	0,12	0,06	0,02

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	501,3	500,0	0,0	0,0	500,43	500,43
2	500,0	410,0	2,55	1,03	436,04	436,04
3	410,0	320,0	9,37	3,79	359,47	359,47
4	320,0	230,0	16,28	6,58	271,82	271,82
5	230,0	140,0	23,2	9,37	182,77	182,77
6	140,0	50,0	30,11	12,16	93,28	93,28
7	50,0	0,0	17,48	7,13	24,51	24,56

## SPINTE IN FONDAZIONE

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50,0	0,0	21,0	180,0	25,0	20,0	5,0	180,0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
200,0	1,73	-1,62	-0,59

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50,0	0,0	-10,44	-0,12	21,6	4,58

## Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	98,99	40,07	135,79
Peso muro	2,76	44,14	-7,85
Peso fondazione	0,54	8,58	-2,87
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0

Terr. fondazione	0,76	12,17	-5,51
Spinte fondazione	-10,44	-0,12	-2,25
	<b>92,61</b>	<b>104,83</b>	<b>117,31</b>

Momento stabilizzante	-54,1 kNm
Momento ribaltante	171,41 kN m

### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	206,1 kN
Forza verticale (P)	209,9 kN
Momento	342,82 kNm

### Dati palo

Lunghezza	1000,0 cm
Diametro	50,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

### Stratigrafia palo

#### Strato N° 1

Spessore strato	1000,0 cm
Peso unità di volume	21,0 kN/m³
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	5,0 kPa
Modulo di elasticità	5000,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226,6 kN/m³

### Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	204,44 cm
Cedimento del palo	0,58 cm
Spostamento in x	1,86 cm
Rotazione in testa	0,76 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 362,32 kPa

### Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	392,64 kN
Carico limite laterale (Qs)	597,31 kN
Coefficiente di sicurezza totale (FsT)	1,6
$R=((Qp+Qs)/X_{i3})/FsT$	618,72 kN
Peso palo (W)	4909,42 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,4

### MENSOLA A VALLE

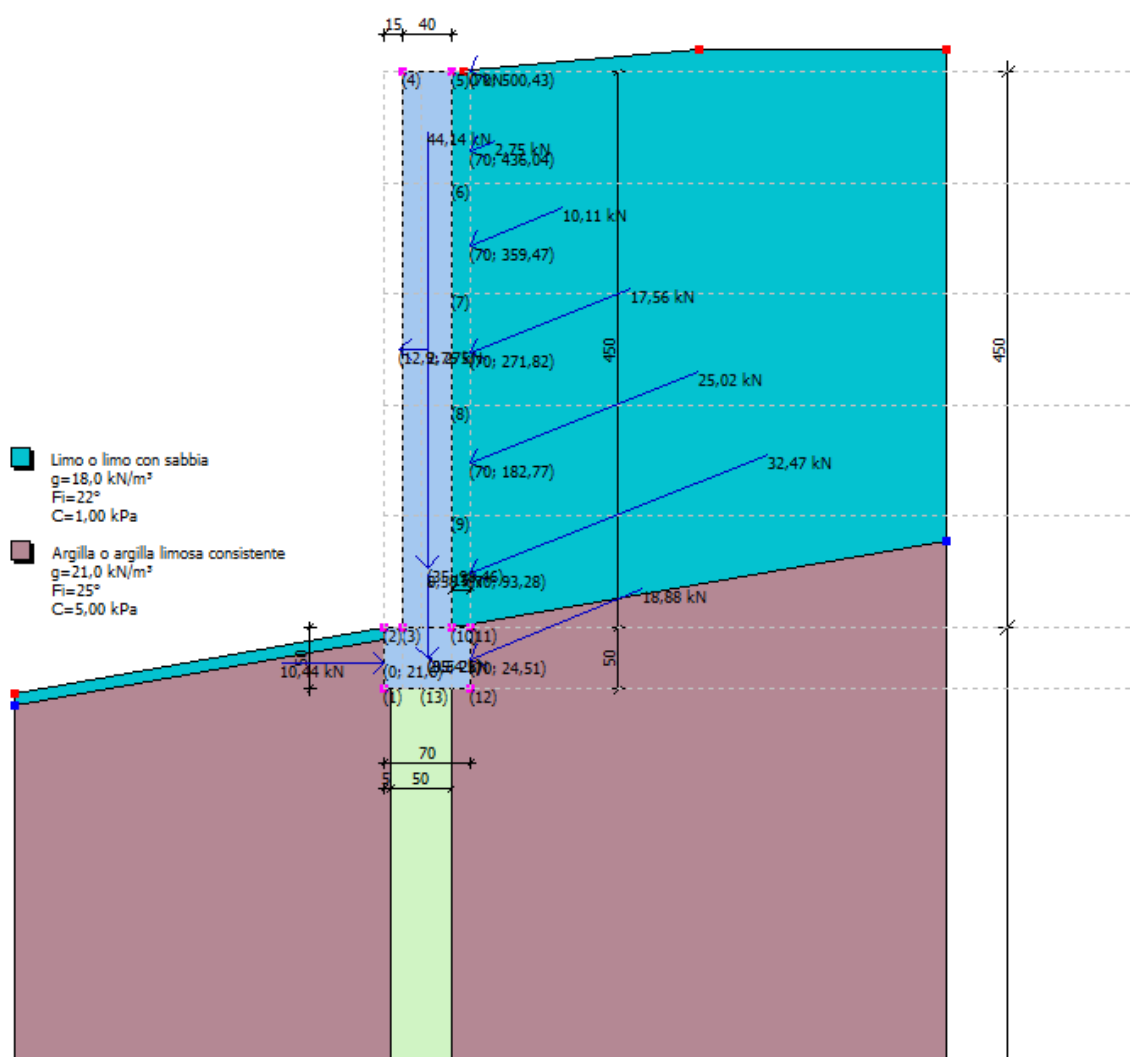
Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

H	Altezza sezione (cm);			
Xprogr.	Fx	Fy	M	H
15,0	-10,44	1,72	0,48	50,0

## MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
55,0	17,48	54,07	-7,15	50,0



**RISULTATI****DESCRIZIONE TIPOLOGIA**

Peso del muro	52,72 kN
Coordinate baricentro braccio x	0,35 m
Coordinate baricentro braccio y	2,34 m
Peso della porzione stabilizzante del terreno (A1+M1+R3)	12,17 kN
Coordinate baricentro braccio x	0,63 m
Coordinate baricentro braccio y	2,75 m

Il muro non subisce spostamenti relativi rispetto al terreno

Il muro non è libero di ruotare e traslare rispetto al piede

Quota del piano di falda rispetto alla base del muro 0,00 m

Angolo di inclinazione del terreno alle spalle del muro 5,00 °

Angolo di inclinazione dell'estradosso del muro 90,00 °

Altezza del muro	450 cm
Larghezza della fondazione a valle del muro	15 cm
Larghezza della fondazione a monte del muro	15 cm
Larghezza della fondazione	70 cm

Calcestruzzo utilizzato C20/25

Acciaio utilizzato B450C

Armatura compressa sezione di attacco mensola in elevazione 4,52 cm<sup>2</sup>

Armatura tesa sezione di attacco mensola in elevazione 9,05 cm<sup>2</sup>

Sezione 40 m

Copriferro 3 cm

Armatura compressa sezione di attacco fondazione lato monte 5,65 cm<sup>2</sup>

Armatura tesa sezione di attacco fondazione lato monte 10,18 cm<sup>2</sup>

Sezione 50 m

Copriferro 3 cm

Coefficiente sismico orizzontale utilizzato per le verifiche SLU Kh 0,0626

Coefficiente sismico verticale utilizzato per le verifiche SLU kv 0,0313

Nome combinazione A1+M1+R3

Tipo combinazione GEO-STRU

COEFFICIENTI PARZIALI M: (Fi, c, cu, Peso) 1, 1, 1, 1

**COEFFICIENTI PARZIALI FORZE (A)**

Peso muro 1

Spinta terreno 1

Peso terreno mensola 1

Spinta falda 1

Spinta sismica in x 1

Spinta sismica in y 1

Risultante delle spinte applicate al muro 106,79 kN

Braccio della risultante delle spinte applicate al muro 165,51 cm



**Verifica muro di contenimento Piazzale Wojtyla – stato modificato****Dati generali**

Zona	zona 2
Lat./Long. [WGS84]	43,2373/13,6426
Normativa GEO	NTC 2018
Normativa STR	NTC 2018
Spinta	Mononobe e Okabe [M.O. 1929]

**Dati generali muro**

Altezza muro	450,0 cm
Spessore testa muro	40,0 cm
Risega muro lato valle	0,0 cm
Risega muro lato monte	0,0 cm
Sporgenza mensola a valle	15,0 cm
Sporgenza mensola a monte	15,0 cm
Svaso mensola a valle	0,0 cm
Altezza estremità mensola a valle	50,0 cm
Altezza estremità mensola a monte	50,0 cm
Pali	
Sezione dei pali	50,0 cm
Lunghezza dei pali	1000,0 cm
Distanza asse da estremità mensola	30,0 cm
Interasse longitudinale	200,0 cm
Disposizione in pianta	Allineati

**Coefficienti sismici [N.T.C.]****Dati generali**

Tipo opera:	2 - Opere ordinarie
Classe d'uso:	Classe II
Vita nominale:	50,0 [anni]
Vita di riferimento:	50,0 [anni]

**Parametri sismici su sito di riferimento**

Categoria sottosuolo:	C
Categoria topografica:	T1

S.L. Stato limite	TR Tempo ritorno [anni]	ag [m/s <sup>2</sup> ]	F0 [-]	TC* [sec]
S.L.O.	30,0	0,49	2,41	0,28
S.L.D.	50,0	0,63	2,46	0,29
S.L.V.	475,0	1,79	2,47	0,31
S.L.C.	975,0	2,36	2,49	0,32

**Coefficienti sismici orizzontali e verticali**

Opera:	Opere di sostegno
--------	-------------------

S.L. Stato limite	amax [m/s <sup>2</sup> ]	beta [-]	kh [-]	kv [sec]
S.L.O.	0,735	0,18	0,0135	0,0067
S.L.D.	0,945	0,18	0,0173	0,0087
S.L.V.	2,5588	0,24	0,0626	0,0313
S.L.C.	3,1634	0,31	0,1	0,05

## Stratigrafia

Ns	Spessore strato (cm)	Inclinazione dello strato. (°)	Peso unità di volume (KN/m³)	Angolo di resistenza a taglio (°)	Coesione (kPa)	Angolo di attrito terra muro (°)	Presenza di falda (Si/No)	Litologia	Descrizione
1	450	10	18,00	40	0,00	27	No		Misto granulometrico
2	1150	0	21,00	25	5,00	20	No		Argilla o argilla limosa consistente

## FATTORI DI COMBINAZIONE

## A1+M1+R3

Nr.	Azioni	Fattore combinazione
1	Peso muro	1,00
2	Spinta terreno	1,00
3	Peso terreno mensola	1,00
4	Spinta falda	1,00
5	Spinta sismica in x	1,00
6	Spinta sismica in y	1,00

Nr.	Parametro	Coefficienti parziali
1	Tangente angolo res. taglio	1
2	Coesione efficace	1
3	Resistenza non drenata	1
4	Peso unità volume	1

Nr.	Carico limite	Coefficienti resistenze
1	Punta	1,4
2	Laterale compressione	1,4
3	Coefficiente totale	1,6
4	Laterale (trazione)	1,1
5	Orizzontale	1,4
	Riduzione resistenza	Totale

## A1+M1+R3 [GEO+STR]

Coefficiente sismico orizzontale Kh 0,0626  
 Coefficiente sismico verticale Kv 0,0313

## CALCOLO SPINTE

## Discretizzazione terreno

Qi Quota iniziale strato (cm);  
 Qf Quota finale strato  
 G Peso unità di volume (KN/m³);  
 Eps Inclinazione dello strato. (°);  
 Fi Angolo di resistenza a taglio (°);  
 Delta Angolo attrito terra muro;  
 c Coesione (kPa);  
 β Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);  
 Note Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	$\beta$	Note
500,0	410,0	18,0	5,0	40,0	27,0	0,0	0,0	
410,0	320,0	18,0	5,0	40,0	27,0	0,0	0,0	
320,0	230,0	18,0	5,0	40,0	27,0	0,0	0,0	
230,0	140,0	18,0	5,0	40,0	27,0	0,0	0,0	
140,0	50,0	18,0	5,0	40,0	27,0	0,0	0,0	

### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

$\mu$	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

$\mu$	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
27,0	0,21	0,25	0,05	0,19	0,1	0,04	0,02
27,0	0,21	0,25	0,05	0,19	0,1	0,04	0,02
27,0	0,21	0,25	0,05	0,19	0,1	0,04	0,02
27,0	0,21	0,25	0,05	0,19	0,1	0,04	0,02
27,0	0,21	0,25	0,05	0,19	0,1	0,04	0,02

### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	500,0	410,0	1,66	0,85	440,0	440,0
2	410,0	320,0	4,98	2,54	360,0	360,0
3	320,0	230,0	8,3	4,23	272,0	272,0
4	230,0	140,0	11,63	5,92	182,86	182,86
5	140,0	50,0	14,95	7,62	93,33	93,33

### CARATTERISTICHE MURO (Peso, Baricentro, Inerzi a)

Py	Peso del muro (kN);
Px	Forza inerziale (kN);
Xp, Yp	Coordinate baricentro dei pesi (cm);

Quota	Px	Py	Xp	Yp
410,0	0,55	8,83	35,0	455,0
320,0	1,11	17,65	35,0	410,0
230,0	1,66	26,48	35,0	365,0
140,0	2,21	35,31	35,0	320,0
50,0	2,76	44,14	35,0	275,0

### Sollecitazioni sul muro

Quota	Origine ordinata minima del muro (cm).
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

H	Altezza sezione di calcolo (cm);			
Quota	Fx	Fy	M	H
410,0	2,21	9,67	0,58	40,0
320,0	7,75	21,04	4,3	40,0
230,0	16,61	34,1	14,17	40,0
140,0	28,78	48,85	33,16	40,0
50,0	44,29	65,29	64,27	40,0

#### Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
501,3	500,0	18,0	5,0	40,0	40,0	0,0	0,0	
500,0	410,0	18,0	5,0	40,0	40,0	0,0	0,0	
410,0	320,0	18,0	5,0	40,0	40,0	0,0	0,0	
320,0	230,0	18,0	5,0	40,0	40,0	0,0	0,0	
230,0	140,0	18,0	5,0	40,0	40,0	0,0	0,0	
140,0	50,0	18,0	5,0	40,0	40,0	0,0	0,0	
50,0	0,0	21,0	0,0	25,0	20,0	5,0	0,0	

#### Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Ka	Coefficiente di spinta attiva.
Kd	Coefficiente di spinta dinamica.
Dk	Coefficiente di incremento dinamico.
Kax, Kay	Componenti secondo x e y del coefficiente di spinta attiva.
Dkx, Dky	Componenti secondo x e y del coefficiente di incremento dinamico.

μ	Ka	Kd	Dk	Kax	Kay	Dkx	Dky
40,0	0,22	0,27	0,05	0,17	0,14	0,04	0,03
40,0	0,22	0,27	0,05	0,17	0,14	0,04	0,03
40,0	0,22	0,27	0,05	0,17	0,14	0,04	0,03
40,0	0,22	0,27	0,05	0,17	0,14	0,04	0,03
40,0	0,22	0,27	0,05	0,17	0,14	0,04	0,03
40,0	0,22	0,27	0,05	0,17	0,14	0,04	0,03
20,0	0,36	0,41	0,06	0,34	0,12	0,06	0,02

#### Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	501,3	500,0	0,0	0,0	500,43	500,43
2	500,0	410,0	1,57	1,32	440,42	440,42
3	410,0	320,0	4,62	3,88	360,05	360,05
4	320,0	230,0	7,68	6,44	272,02	272,02
5	230,0	140,0	10,73	9,0	182,87	182,87
6	140,0	50,0	13,78	11,57	93,34	93,34
7	50,0	0,0	6,73	6,49	23,72	24,52

## SPINTE IN FONDAZIONE

## Discretizzazione terreno

Qi	Quota iniziale strato (cm);
Qf	Quota finale strato
G	Peso unità di volume (KN/m³);
Eps	Inclinazione dello strato. (°);
Fi	Angolo di resistenza a taglio (°);
Delta	Angolo attrito terra muro;
c	Coesione (kPa);
β	Angolo perpendicolare al paramento lato monte (°);
Note	Nelle note viene riportata la presenza della falda

Qi	Qf	G	Eps	Fi	Delta	c	β	Note
50,0	0,0	21,0	180,0	25,0	20,0	5,0	180,0	

## Coefficienti di spinta ed inclinazioni

μ	Angolo di direzione della spinta.
Kp	Coefficiente di resistenza passiva.
Kpx, Kpy	Componenti secondo x e y del coefficiente di resistenza passiva.

μ	Kp	Kpx	Kpy
200,0	1,73	-1,62	-0,59

## Spinte risultanti e punto di applicazione

Qi	Quota inizio strato.
Qf	Quota inizio strato.
Rpx, Rpy	Componenti della spinta nella zona j-esima (kN);
Z(Rpx)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);
Z(Rpy)	Ordinata punto di applicazione risultante spinta (cm);

	Qi	Qf	Rpx	Rpy	z(Rpx)	z(Rpy)
1	50,0	0,0	-10,44	-0,12	21,6	4,58

## Sollecitazioni total i

Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

	Fx	Fy	M
Spinta terreno	45,11	38,7	51,44
Peso muro	2,76	44,14	-7,85
Peso fondazione	0,54	8,58	-2,87
Sovraccarico	0,0	0,0	0,0

Terr. fondazione	0,76	12,17	-5,51
Spinte fondazione	-10,44	-0,12	-2,25
	<b>38,74</b>	<b>103,47</b>	<b>32,96</b>

Momento stabilizzante	-53,15 kNm
Momento ribaltante	86,11 kN m

#### Verifica palo max sollecitato

Forza orizzontale	98,35 kN
Forza verticale (P)	207,17 kN
Momento	172,22 kNm

#### Dati palo

Lunghezza	1000,0 cm
Diametro	50,0 cm
Copriferro	3,0 cm
Palo trivellato	

#### Stratigrafia palo

##### Strato N° 1

Spessore strato	1000,0 cm
Peso unità di volume	21,0 kN/m <sup>3</sup>
Angolo di attrito	25,0 °
Coesione	5,0 kPa
Modulo di elasticità	5000,0 kPa
Modulo di reaz. orizzontale	39226,6 kN/m <sup>3</sup>

#### Spostamenti e rotazioni in testa al palo

Lunghezza d'onda	204,44 cm
Cedimento del palo	0,57 cm
Spostamento in x	0,91 cm
Rotazione in testa	0,37 °

Pressione limite orizzontale in corrispondenza della lunghezza d'onda 362,32 kPa

#### Carico limite verticale

Carico limite di punta (Qp)	392,64 kN
Carico limite laterale (Qs)	597,31 kN
Coefficiente di sicurezza totale (FsT)	1,6
$R=((Qp+Qs)/Xi3)/FsT$	618,72 kN
Peso palo (W)	4909,42 Kg
Fattore di sicurezza $Fs=R/(P+W)$	2,42

#### MENSOLA A VALLE

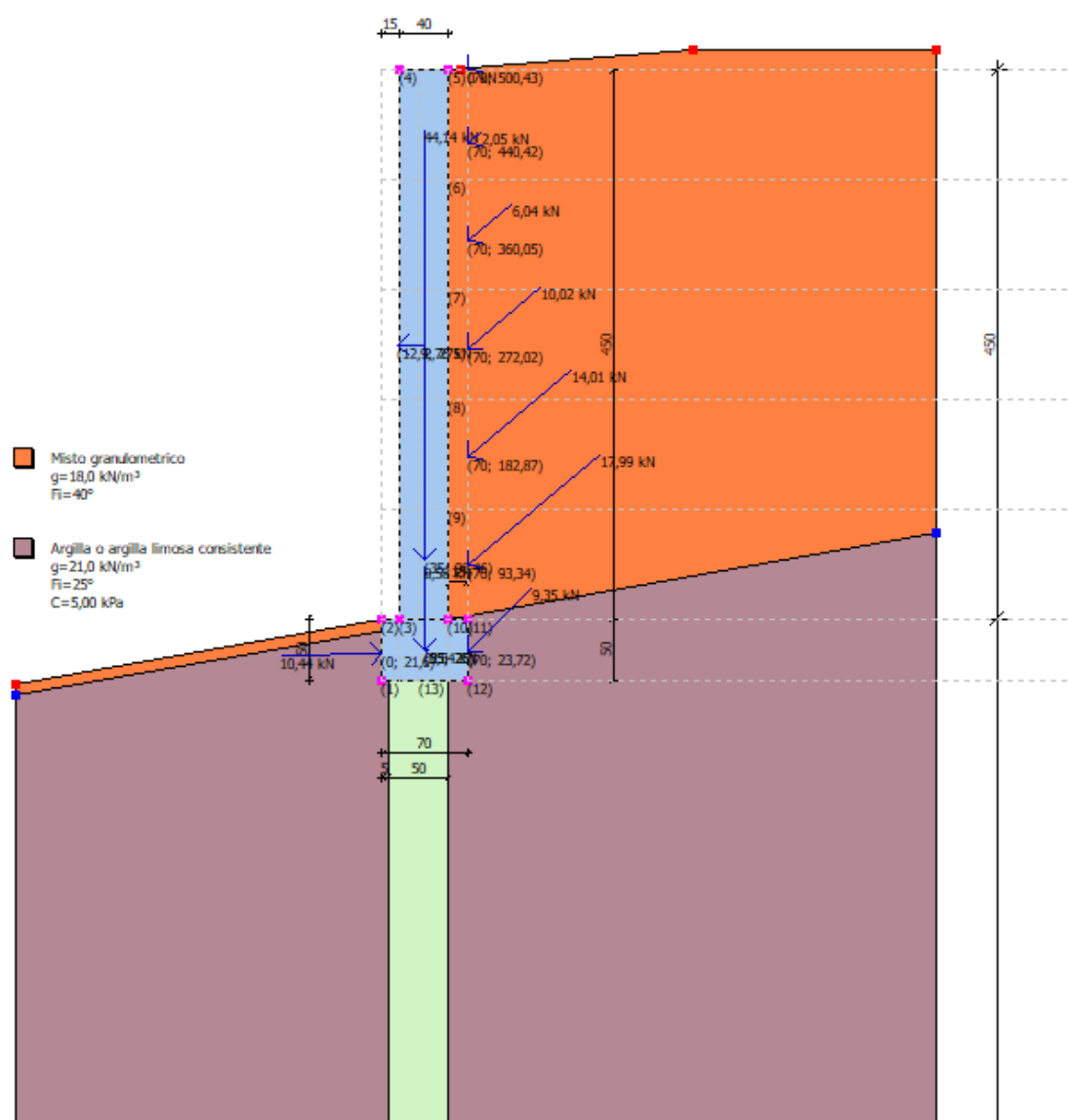
Xprogr.	Ascissa progressiva (cm);
Fx	Forza in direzione x (kN);
Fy	Forza in direzione y (kN);
M	Momento (kNm);

H	Altezza sezione (cm);			
Xprogr.	Fx	Fy	M	H
15,0	-10,44	1,72	0,48	50,0

## MENSOLA A MONTE

Xprogr. Ascissa progressiva (cm);  
 Fx Forza in direzione x (kN);  
 Fy Forza in direzione y (kN);  
 M Momento (kNm);  
 H Altezza sezione (cm);

Xprogr.	Fx	Fy	M	H
55,0	6,73	52,71	-6,94	50,0



**RISULTATI****DESCRIZIONE TIPOLOGIA**

Peso del muro	52,72 kN
Coordinate baricentro braccio x	0,35 m
Coordinate baricentro braccio y	2,34 m
Peso della porzione stabilizzante del terreno (A1+M1+R3)	12,17 kN
Coordinate baricentro braccio x	0,63 m
Coordinate baricentro braccio y	2,75 m

Il muro non subisce spostamenti relativi rispetto al terreno

Il muro non è libero di ruotare e traslare rispetto al piede

Quota del piano di falda rispetto alla base del muro 0,00 m

Angolo di inclinazione del terreno alle spalle del muro 5,00 °

Angolo di inclinazione dell'estradosso del muro 90,00 °

Altezza del muro 450 cm

Larghezza della fondazione a valle del muro 15 cm

Larghezza della fondazione a monte del muro 15 cm

Larghezza della fondazione 70 cm

Calcestruzzo utilizzato C20/25

Acciaio utilizzato B450C

Armatura compressa sezione di attacco mensola in elevazione 4,52 cm<sup>2</sup>

Armatura tesa sezione di attacco mensola in elevazione 9,05 cm<sup>2</sup>

Sezione 40 m

Copriferro 3 cm

Armatura compressa sezione di attacco fondazione lato monte 5,65 cm<sup>2</sup>

Armatura tesa sezione di attacco fondazione lato monte 10,18 cm<sup>2</sup>

Sezione 50 m

Copriferro 3 cm

Coefficiente sismico orizzontale utilizzato per le verifiche SLU Kh 0,0626

Coefficiente sismico verticale utilizzato per le verifiche SLU kv 0,0313

Nome combinazione A1+M1+R3

Tipo combinazione GEO-STRU

COEFFICIENTI PARZIALI M: (Fi, c, cu, Peso) 1, 1, 1, 1

**COEFFICIENTI PARZIALI FORZE (A)**

Peso muro 1

Spinta terreno 1

Peso terreno mensola 1

Spinta falda 1

Spinta sismica in x 1


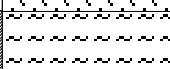
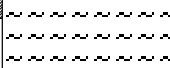
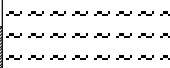
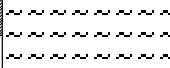
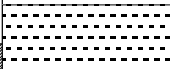



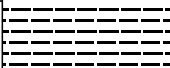

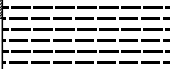
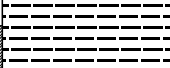







Spinta sismica in y 1

Risultante delle spinte applicate al muro 59,44 kN

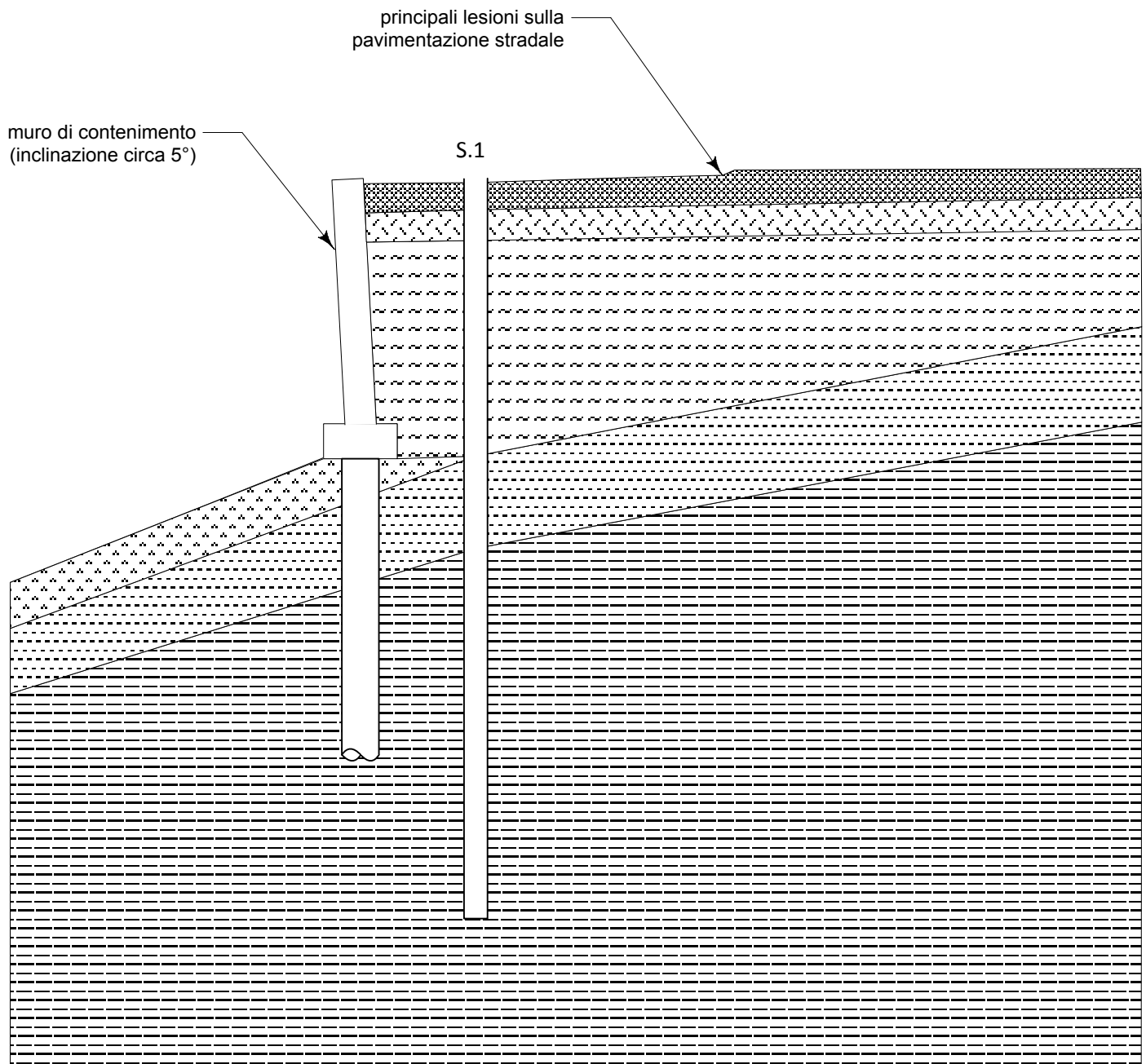
Braccio della risultante delle spinte applicate al muro 174,07 cm



località: MONTEGRANARO	n° sondaggio: 1
cantiere: Piazzale Vojtyla	metodo perforaz.: rotaz. Ø=200 mm
committente: Amministrazione Comunale di Montegranaro	data: 10.08.2017

scala grafica 1:100	S T R A T I G R A F I A				campioni	Rp (Kg/cm²)	osservazioni
	simbolo grafico	prof. dal p.c. (m)	potenza (m)	descrizione litologica			
1		0,5	0,5	Asfalto e sottofondo stradale			
2		1,0	0,5	Terreno di riporto sabbioso			
3				Terreno di riporto sabbioso e limoso-argilloso di colore marrone e grigiastro			aumento di plasticità
4							
5		4,5	3,5	Argille limose grigio-avana (substrato alterato)			buona consistenza
6		6,0	1,5				
7							
8							
9				Argille marnose di colore grigio con livelli di sabbie fini (substrato)			ottima consistenza
10							
11							
12							
13							
14							
15							
16							
17							
18							
19							
20							
				DURANTE LA PERFORAZIONE NON SONO STATE RILEVATE MANIFESTAZIONI IDRICHE			

## SEZIONE STRATIGRAFICA Scala 1:100



### LEGENDA



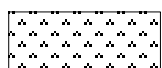
Astalto e sottofondo stradale



Terreno di riporto sabbioso



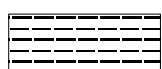
Terreno di riporto sabbioso e limoso-argilloso plastico



Limi argillosi (coltre colluviale)



Argille limose grigio-avana (Substrato alterato)



Argille marnose grigie (Substrato integro)