

COMUNE DI MARUGGIO



CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI



REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)

PROGETTO ESECUTIVO

Progetto



Collaboratori

Dott. Ing. Giorgio Tonti
Dott. Ing. Maria Grazia Pupino
Dott. Ing. Enrico Conte

TITOLO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA
E GEOTECNICA, CON MODELLAZIONE SISMICA DI BASE

SCALA

REV.

DATA

GIUGNO
2016

TAVOLA N.

SG.RT

TUTTI I DIRITTI SONO RISERVATI. Questo documento è di proprietà dello Studio Associato ST.A.R.T. che su di esso si riserva ogni diritto. Pertanto questo documento non può essere copiato, scannerizzato, rielaborato, anche elettronicamente, riprodotto, comunicato o divulgato ad altri, o essere usato in qualsiasi maniera, nemmeno per fini non di lucro, senza autorizzazione scritta dello Studio Associato ST.A.R.T.

COMUNE DI MARUGGIO (TARANTO)



CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI

REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA
PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)

PROGETTO ESECUTIVO

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA,
IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA, CON MODELLAZIONE
SISMICA DI BASE**

ALLEGATO

SG.RT

Codice file	Commissa	Fase progettuale	Allegato	Tipo elaborato	Sezione	Revisione
	0 0	E S	S G 0 R T	R E L	G E O	A
B						
A	EMISSIONE		Gennaio 2015			
Rev.	Descrizione		Data	Redatto	Verificato	Approvato

PROGETTAZIONE



COLLABORATORI

Dott. Ing. Giorgio Tonti
Dott. Ing. Maria Grazia Pupino
Dott. Ing. Enrico Conte

CONSULENZA GEOLOGICA Dr. Geol. Cataldo Altavilla

Via Umbria, 186 - 74121 Taranto
(099)377094-7770744 geoaltavilla@email.it

COMUNE DI MARUGGIO - CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI		
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)		PROGETTO ESECUTIVO

STUDIO GEOLOGICO-TECNICO

INDICE

<u>PROLOGO</u>	pag. 2
1. <u>QUADRO GENERALE</u>	“ 2
2. <u>GEOLOGIA TECNICA</u>	
2.a. <u>Introduzione</u>	“ 6
2.b. <u>Monografie unità geologico-tecniche</u>	“ 6
2.c. <u>Elementi geoambientali</u>	“ 7
2.d. <u>Pericolosità sismica di base</u>	“ 7
3. <u>GEOLOGIA TECNICA</u>	
3.a. <u>Modello del sottosuolo</u>	“ 8
3.b. <u>Modellazione microsismica</u>	“ 10
3.c. <u>Interferenze opere-contesto geologico</u>	“ 12
3.d. <u>Modello di calcolo</u>	“ 12

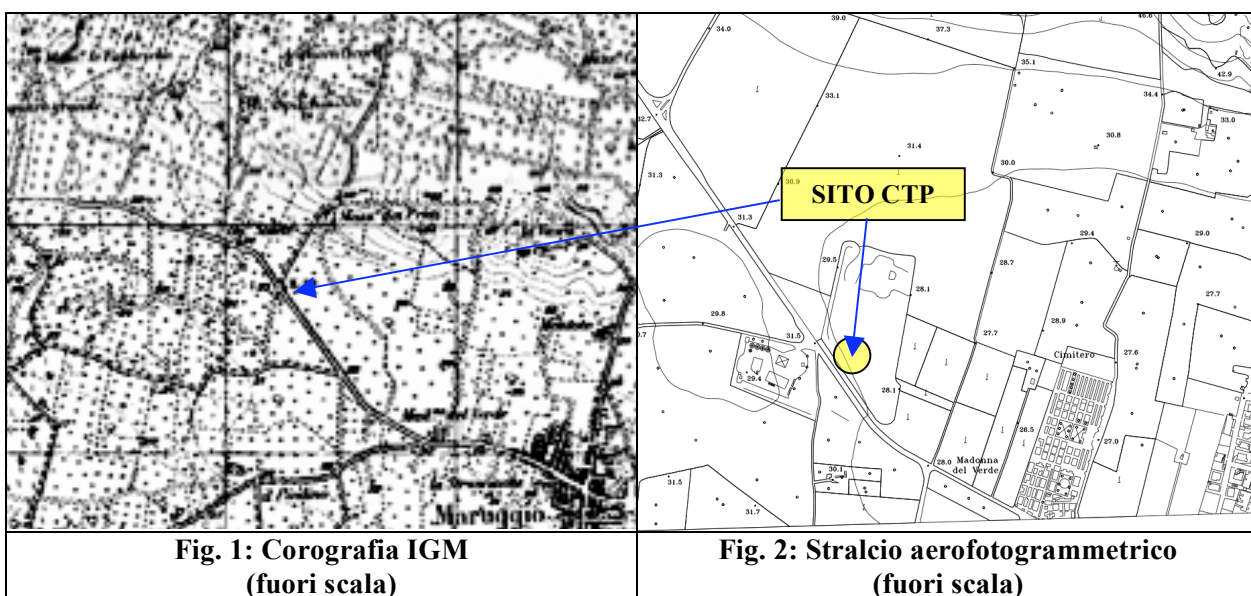
COMUNE DI MARUGGIO - CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI		
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)		PROGETTO ESECUTIVO

PROLOGO

Nel predisporre il progetto della “Palazzina Servizi” da realizzare nell’area della Soc. CTP S.p.A. inclusa nel PIP di Maruggio (Ta), è stato eseguito lo studio geologico-tecnico dei luoghi coinvolti, in ottemperanza alla normativa in vigore (D.M. Infrastrutture ed Interno 14/1/2008). Per l’entità modesta delle opere da costruire e per le peculiarità ambientali intrinseche, le indagini sono state limitate alla raccolta di informazioni disponibili, come consentito dall’Art. 6.2.2 del Decreto Ministeriale accennato e dal D.M. LL.PP. 11/3/1988, che, a motivo dell’attribuzione del territorio municipale alla “zona 4” della classifica sismica, costituisce, ai sensi dell’Art. 2.7 del precedente, il riferimento di legge precipuo. Se ne discutono, di seguito, le risultanze.

1. QUADRO GENERALE

L’ambito qui considerato, collocato poco a NW del centro abitato, è topograficamente individuato, nella Tav. 213 IV N.O. IGM, dalle coordinate geografiche di 40°19’36” N e 5°10’25” E M. Mario (Fig. 1 - Corografia, Fig. 2 - Aerofotogrammetria).



Giace, a quote prossime a m 30 slm, nella piana costiera dell’arco orientale del Golfo di Taranto, ai piedi del rilievo di M. Maciulo-M. Specchiuddo-M. Maggio, in un settore esente da qualsiasi accidentalità e da rami, sia pur effimeri, del reticolo di drenaggio. I suoi connotati sono visualizzati in Fig. 3; la Fig. 4 ne precisa l’ubicazione nella maglia PIP.



COMUNE DI MARUGGIO - CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI	
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)	PROGETTO ESECUTIVO

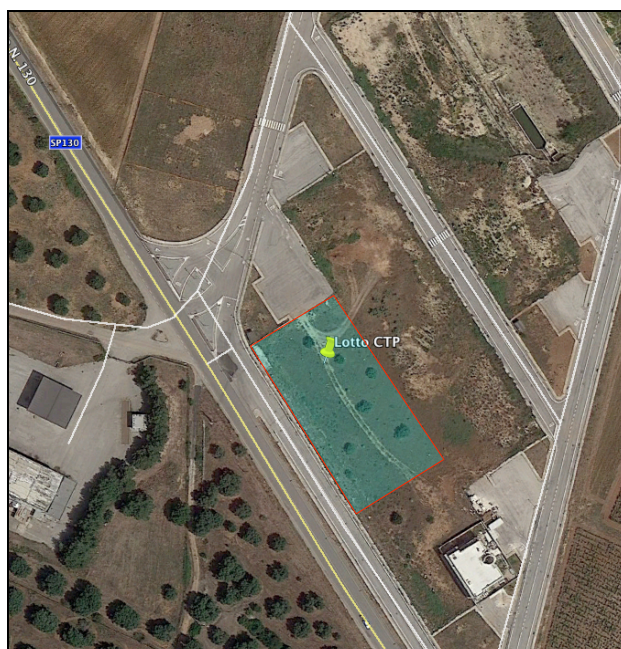
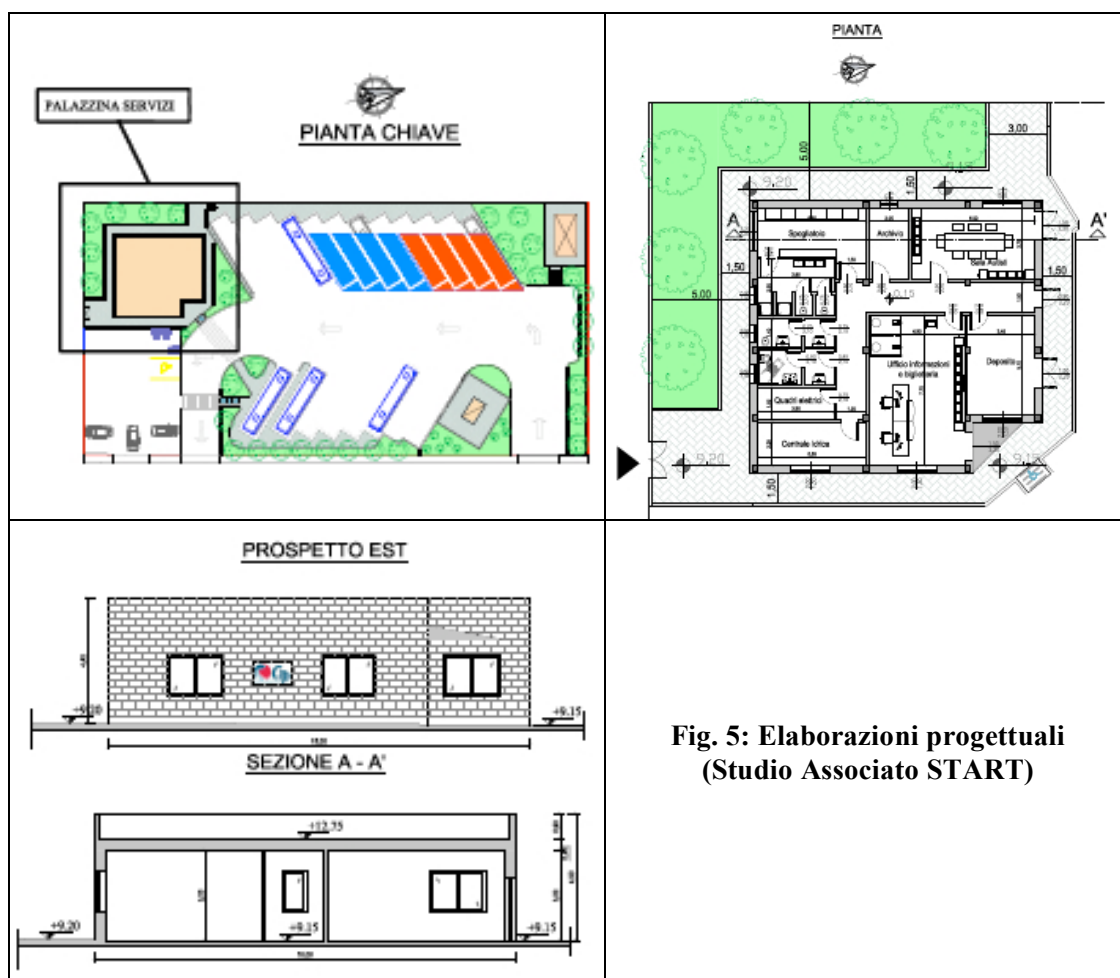


Fig. 4: Estratto satellitare

Con la proposta approntata, nello stesso sarà insediato il complesso mostrato in Fig. 5.



**Fig. 5: Elaborazioni progettuali
(Studio Associato START)**

Lo spazio sotterraneo ha composizione molto semplice, come documentato dalla Fig. 6 (stralcio F° 213 della “Carta Geologica d’Italia”, edita dal SGI).

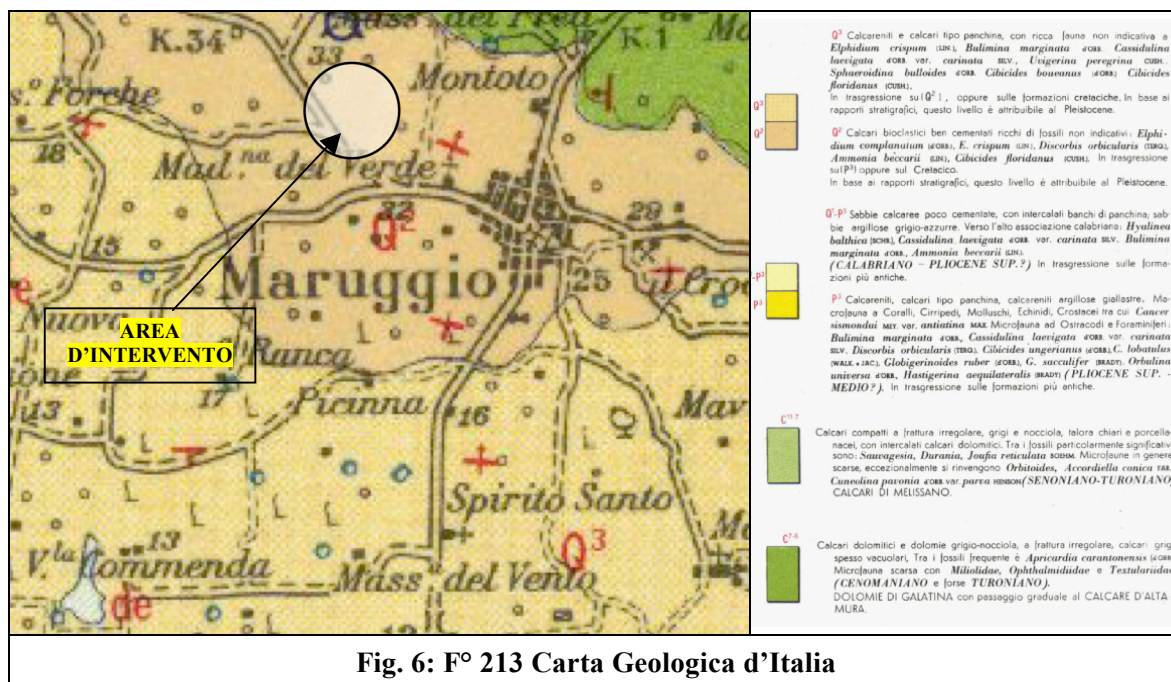
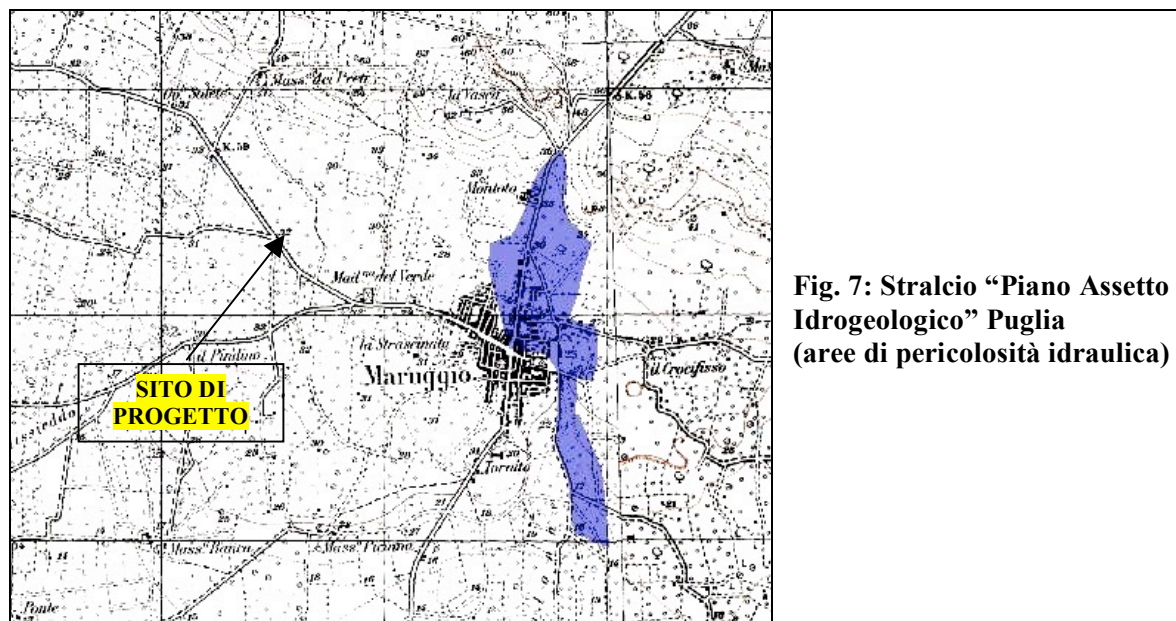


Fig. 6: F° 213 Carta Geologica d'Italia

Nei particolari, al substrato carbonatico cretatico apulo (rappresentato dalle “Dolomie di Galatina”, in transizione di facies al “Calcare di Altamura”, della letteratura ufficiale) si sovrappone la serie pleistocenica delle “Calcareniti del Salento”, con l'unico termine identificato dalla dizione di “calcari bioclastici ben cementati” (Q²). Il primo ha tetto a profondità dell'ordine di m 10 dal p.c., mentre il secondo, in giacitura subtabulare, raggiunge quasi la superficie topografica, essendo coperto solo dalla coltre pedologica, esigua.

Per l'assetto accennato, le acque meteoriche delle precipitazioni ordinarie s'infiltrano facilmente in profondità, conflueno in una falda, ospitata nel basamento mesozoico (molto permeabile per fessurazione e carsismo), che ha inviluppo piezometrico appena elevato sul livello del mare (non potendo quindi in alcun modo interagire con i lavori ipotizzati). Quelle degli eventi temporaleschi intensi ristagnano temporaneamente negli avvallamenti, per poi essere ugualmente assorbite, o disperdersi per evaporazione, non generando impatti speciali (Fig. 7: Estratto PAI Puglia).



La vincolistica (Fig. 8: P.U.T.T. regionale) non ha incidenza rilevante.

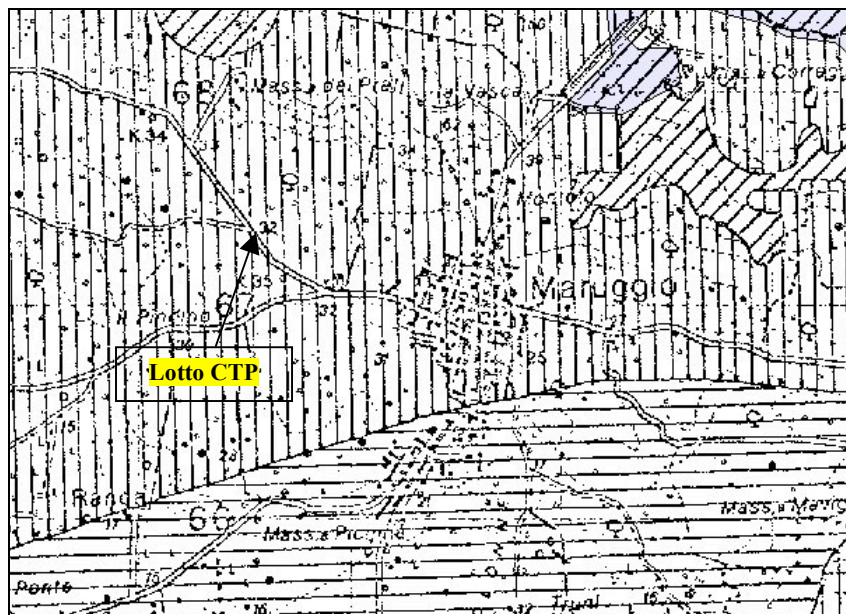


Fig. 8: P.U.T.T. Puglia

Gli elementi di rischio connaturati con la matrice geoambientale sono da addebitare unicamente alla sismicità, comunque d'intensità bassa ed assegnata in via amministrativa al tenimento comunale dall'OPCM 20/3/2003, che lo ha catalogato nella "zona 4" della classifica nazionale (recepita dalla Delibera R.P. n° 153 del 2/3/2004), non certo per un ruolo epicentrale, bensì di bersaglio per scosse telluriche del "far-field", attenuate. In circostanze del genere, l'Art. 2.7 delle N.T.C./2008 consente l'impiego, nei calcoli strutturali, di metodi "alle tensioni ammissibili", congiunti al Grado S = 5 e, per gli aspetti geotecnici, ai contenuti del D.M. LL.PP. 11/3/1988. In alternativa, se utilizzate procedure "agli stati limite", i parametri dei nodi più vicini del "reticolo di riferimento" devono essere modificati, per gli "effetti locali", in ragione della "categoria di sottosuolo" e di quella "topografica". L'ultima è indubbiamente da assimilare al tipo "T1" della Tab. 3.2.IV del disposto normativo; per pervenire all'altra, sono state utilizzate le informazioni descritte successivamente.

La Fig. 9 schematizza quanto delineato.

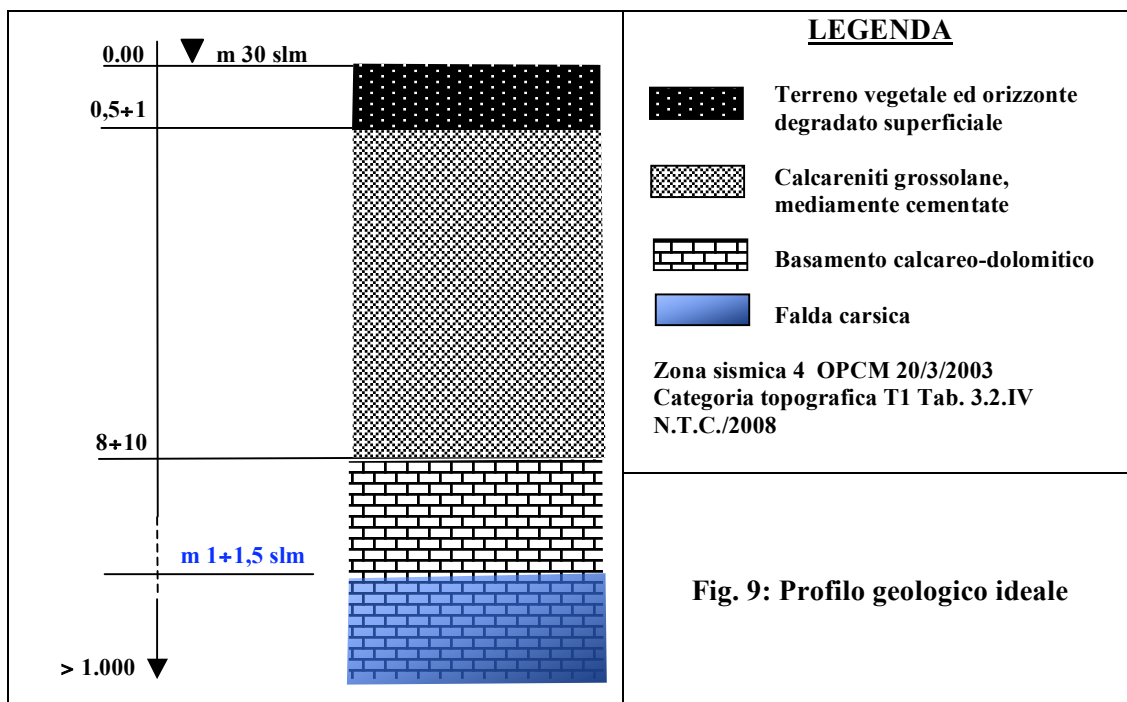


Fig. 9: Profilo geologico ideale

COMUNE DI MARUGGIO - CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI		
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)		PROGETTO ESECUTIVO

2. GEOLOGIA TECNICA

2.a. Introduzione

La lieve pendenza a NE del lotto ne impone l'adeguamento plano-altimetrico preliminare, tramite un modesto sbancamento del lembo SW ed il sopralzo da banda opposta. Per la gestione di terre e rocce da scavo, è stata quindi effettuata prodromicamente, in ossequio alla normativa di settore (D.M. 10/8/ 2012, D.L. n° 69/2013), la qualificazione relativa, tramite tre pozzetti spinti sino alle arenarie sottostanti al manto pedogenizzato (Fig. 10). Per la definizione delle proprietà fisico-meccaniche delle psammiti e del substrato calcareo, sono stati impiegati i dati dedotti da prove di laboratorio ed in situ esperite, a vario titolo, nell'ambito vasto, inerenti a termini omologhi, ottenendo il prospetto successivo.

Fig. 10: Pozzetto di campionamento



2.b. Monografie unità geologico-tecniche

BASAMENTO CARBONATICO ("Dolomie di Galatina" - "Calcare di Altamura")
Litologia. Calcarei biancastri, calcari dolomitici bianco-grigiastri e dolomie avana, a tessitura saccaroidale, in strati e banchi di potenza variabile da decimetrica ad oltre m 1,5, a luoghi vacuolarizzati, con inclusi limoso-argillosi residuali ("terre rosse").
Assetto strutturale. Fagliato, lievemente piegato, con immersione prevalente a NW ed inclinazioni non maggiori di 10°. Dissecato da due famiglie principali di giunti di fatturazione subverticali, con aperture dei labbri da millimetriche a centimetriche, ricementate da calcite spatica nella prima evenienza, libere o intasate da detriti nella seconda. Le superfici di discontinuità sono lisce e debolmente ondulate, con patine d'alterazione indurite, da grigiastre ad ocracee. La massa litologica ne viene scomposta in blocchi di volume compreso tra pochi centimetri cubi e svariati metri cubici. Casuali cavità ipogee, anche di grandi dimensioni, occasionalmente consociate in sistemi complessi. Sporadiche bande brecciate, della larghezza di alcuni metri.
Gruppo geomeccanico. Rocce lapidee fessurate e carsificate.
Parametri fisico-meccanici. Alla scala del campione privo di difetti macroscopici, il Peso di Volume è $\gamma = 2,4 \div 2,6 \text{ g/cm}^3$, con Porosità limitata, di norma, al 3%, tensioni di rottura per compressione monoassiale $\sigma_R = 500 \div 1.800 \text{ kg/cm}^2$, Modulo di Deformazione $E_s = 10^5 \div 10^6 \text{ kg/cm}^2$. In grande, ma escludendo le singolarità imponenti (fratture abnormemente aperte, sacche terrose, vuoti cavernosi, zolle frantumate), il suddetto Peso di Volume si riduce a $\gamma = 2,0 \div 2,2 \text{ g/cm}^3$, con Indice RMR ("Rock Mass Rating") della classifica CSIR mediamente pari a 41, invarianti di resistenza al taglio del "criterio Hoek-Brown" $m = 0,8511$, $s = 0,0014$, $E_s = 9.000 \div 17.000 \text{ kg/cm}^2$.
Caratteri idraulici. Permeabilità elevata, con Coefficiente $k = 10^{-2} \div 10^{-5} \text{ m/sec}$. Serbatoio di una falda profonda, d'ampiezza regionale.
Spessore. Maggiore di m 1.000.

CALCARENITI (Q² F° 213 SGI)

Litologia. Arenarie calcareo-bioclastiche grossolane bianco-grigiastre, legate da cemento calcitico tenace, a stratificazione indistinta o mal impressa, tipo “mazzaro”, con livelli organogeni più cementati (“panchina”).

Assetto strutturale. Tabulare. Fratture isolate subverticali, ampiamente spaziate, prive di organizzazione spaziale e di continuità significativa.

Gruppo geomeccanico. Rocce lapidee granulari, a grado di cementazione medio.

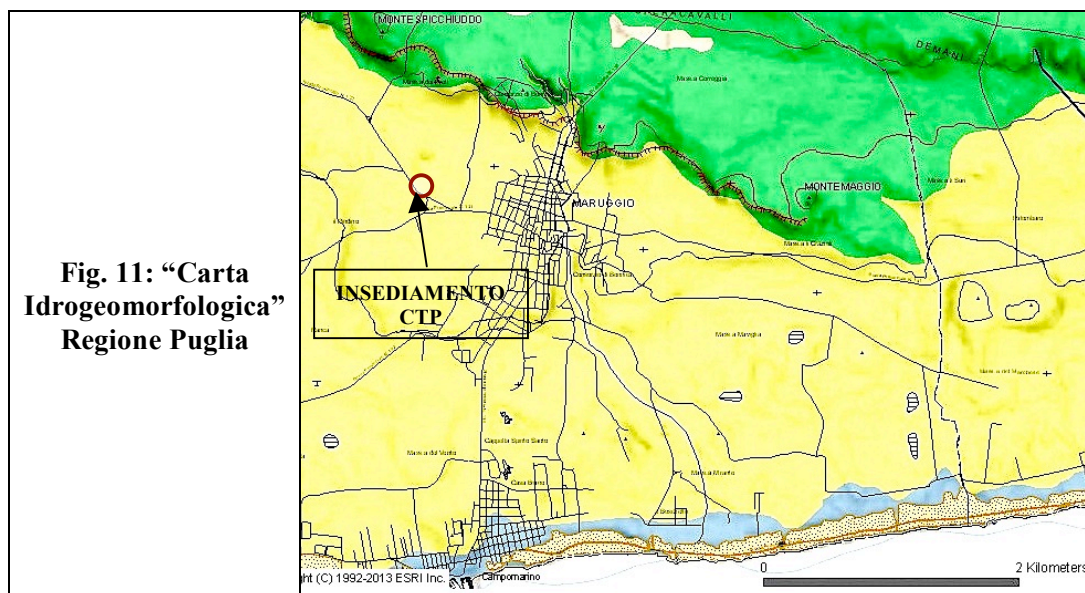
Parametri fisico-meccanici. La Porosità è $\eta = 30\% \div 35\%$, con $\gamma = 1,8 \div 2,1 \text{ g/cm}^3$, $\sigma_R = 50 \div 200 \text{ kg/cm}^2$, $E_s = 4.000 \div 9.000 \text{ kg/cm}^2$. In massa, è $\text{RMR}_{\text{Med}} = 55$, $m = 3,0069$, $s = 0,0067$.

Caratteri idraulici. Permeabilità primaria, per porosità, con $k = 10^{-3} \div 10^{-5} \text{ cm/sec}$.

Spessore. Massimo di m $10 \div 12$.

2.c. Elementi geoambientali

L'insussistenza di qualsiasi fattore capace di minare, nel tempo, l'equilibrio globale e puntuale del territorio, o di produrne alterazioni sensibili, è suffragata dalla “Carta Idrogeomorfologica” della Regione Puglia (estratto in Fig. 11), che non segnala, nell'area d'intervento ed in un ampio dintorno, indizi siffatti.



**Fig. 11: “Carta
Idrogeomorfologica”
Regione Puglia**

2.d. Pericolosità sismica di base

Individuata dalle medie ponderate delle entità associate ai nodi del “reticolo di riferimento” dell'All. B D.M. 14/1/2008 che comprendono l'area, è stata determinata con il software Spettri-NTCver.1.0.3 (Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici).

A) Sito in esame

A-1) Coordinate ED50

Latitudine: 40,327749 [°]

Longitudine: 17,561003 [°]

A-2) Punti della maglia All. B

Nodo	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
1	35249	40,311290	17,554960	1900,5
2	35250	40,308890	17,620410	5455,8
3	35028	40,358830	17,623570	6329,4
4	35027	40,361230	17,558100	3731,0

B) Parametri sismici

Valori dei parametri a_g , F_o , T_c^* per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
30	0,020	2,395	0,213
50	0,026	2,338	0,282
72	0,030	2,399	0,321
101	0,034	2,499	0,341
140	0,038	2,570	0,361
201	0,042	2,625	0,388
475	0,053	2,803	0,438
975	0,062	2,981	0,461
2475	0,075	3,196	0,520

LEGENDA

a_g = Accelerazione orizzontale massima del terreno

F_o = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

T_c^* = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

3. TEMI PROGETTUALI

3.a. Modello del sottosuolo

Integrando le conoscenze enunciate con le osservazioni consentite dagli affioramenti della banca arenacea visibili nei dintorni del lotto CTP, è stato approntato il prospetto di Fig. 12, fondato su criteri così esplicitati.

- 1) Il livello pedogenizzato e degradato superficiale (da asportare dall'impronta dei manufatti) è stato qualificato solo con il Peso di Volume.
- 2) Al basamento calcareo-dolomitico (posto a circa m 10 dal p.c.) è stata attribuita la funzione di "semispazio rigido", indicata da proprietà tecniche "globali".

COMUNE DI MARUGGIO - CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI		
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)		PROGETTO ESECUTIVO

3) All'orizzonte psammitico è stata assegnata una tensione di rottura per compressione monoassiale cautelativamente ridotta, rappresentativa del comportamento "in massa" e degli effetti di scala connessi, $\sigma_R^* = 5 \text{ kg/cm}^2$. Dal rilevamento con metodica CSIR delle esposizioni a giorno accennate, sono stati desunti, come da schema accluso, i fattori restanti che concorrono alla definizione dell'Indice RMR.

CLASSIFICA CSIR

(COMMONWEALTH SCIENTIFIC AND INDUSTRIAL RESEARCH ORGANIZATION)

Valori Indici $I_1 \div I_5$

LEGENDA

σ_R = Tensione di rottura per compressione monoassiale (MPa)

RQD = Indice "Rock Quality Designation"

σ_R	(I_1)	RQD	(I_2)
1÷3	0	< 25%	3
3÷10	1	25%÷50%	8
10÷25	2	50%÷75%	13
25÷50	4	75%÷90%	17
50÷100	7	> 90%	20
100÷200	12		
> 200	15		

SPAZIATURA GIUNTI (I_3)

< 50 mm	5
50÷300 mm	10
0,3÷1 m	20
1÷3 m	25
> 3 m	30

CONDIZIONI GIUNTI (I_4)

- | | |
|----|----|
| a) | 0 |
| b) | 6 |
| c) | 12 |
| d) | 20 |
| e) | 25 |
- e) Molto rugosi, discontinui, serrati, con superfici dure
d) Poco rugosi, separazione < 1 mm, con superfici dure
c) Poco rugosi, separazione < 1 mm, con superfici tenere
b) Superfici di taglio, o riempimento < 5 mm, o continui ed aperti di mm 1÷5
a) Riempimento tenero > 5 mm, o continui con apertura > 5 mm

ACQUE SOTTERRANEE (I_5)

- | | |
|----|----|
| a) | 0 |
| b) | 4 |
| c) | 7 |
| d) | 10 |
- d) Assenti
c) Solo umidità (acqua interstiziale)
b) Pressione idraulica moderata
a) Problemi idraulici gravi

COMUNE DI MARUGGIO - CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI		
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)		PROGETTO ESECUTIVO

INDICE "ROCK MASS RATING" (RMR)	
PARAMETRO	INDICE
$\sigma_R (I_1)$	0
RQD (I_2)	17
SPAZIATURA GIUNTI (I_3)	30
CONDIZIONI GIUNTI (I_4)	0
ACQUE SOTTERRANEE (I_5)	7
$RMR = \sum I_i =$	54

Le costanti dell'involuppo limite di resistenza al taglio nel piano di Mohr sono state ottenute dal "criterio di rottura Hoek-Brown" (con $m_i = 15$):

$$m = e^{(RMR - 100)/28} \cdot m_i = 2,9014;$$

$$s = e^{(RMR - 100)/9} = 0,0060.$$

Il Modulo di Deformazione è stato calcolato, con arrotondamento in difetto, dalla "correlazione Rowe-Armitage" ($E_s = \alpha \cdot 215 \cdot \sigma_R^{*0.5}$, in MPa, con α , riduttore per la fessurazione, pari ad 1), il Coefficiente di Poisson (ν) è stato assunto sulla base del "tipo litologico", il Modulo di Taglio è stato ricavato da $G = E_s / [2 \cdot (1 + \nu)]$ ("teoria dell'elasticità").

z (m dal p.c.)	Litologia	Parametri geotecnici	Zona sismica 4 N.T.C./2008
0 1	Terreno vegetale ed orizzonte degradato	$\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$	
1 10	Calcareniti	$\gamma = 1,8 \text{ t/m}^3$ $\sigma_R^* = 50 \text{ t/m}^2$ RMR = 54 m = 2,9014 s = 0,0060 $E_s = 15.000 \text{ t/m}^2$ $\nu = 0,3$ $G = 5.700 \text{ t/m}^2$	
10 > 30	Basamento calcareo (semispazio rigido)	$\gamma = 2,0 \text{ t/m}^3$ $\sigma_R^* = 2.500 \text{ t/m}^2$ $E_s = 100.000 \text{ t/m}^2$ $\nu = 0,3$ $G = 38.000 \text{ t/m}^2$	

LEGENDA

z = Profondità

γ = Peso di Volume

σ_R^* = Tensione di rottura per compressione monoassiale “nominale in massa”

RMR = Indice “Rock Mass Rating” (classifica CSIR)

m, s = Invarianti di resistenza al taglio (“criterio Hoek-Brown”)

E_s = Modulo di Deformazione

ν = Coefficiente di Poisson

G = Modulo di Taglio

Fig. 12: Profilo concettuale

3.b. Modellazione microsismica

Qualora il Progettista intenda avvalersi dell'Art. 2.7 del D.M. 14/1/2008, potrà adottare l'accelerazione orizzontale $a = (S - 2)/100 = (5 - 2)/100 = 0,03 \cdot g$, con Coefficiente di Fondazione $\epsilon = 1$ (per la bassa deformabilità d'insieme dello spazio sotterraneo). Diversamente, le entità del Par. 2.d. devono essere modificate per gli "effetti locali". Pur in mancanza di dati strumentali, la "categoria di sottosuolo" è deducibile dalle diciture in corsivo della Tab. 3.2.II del Decreto menzionato.

COMUNE DI MARUGGIO - CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI		
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)		PROGETTO ESECUTIVO

Tabella 3.2.II - Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

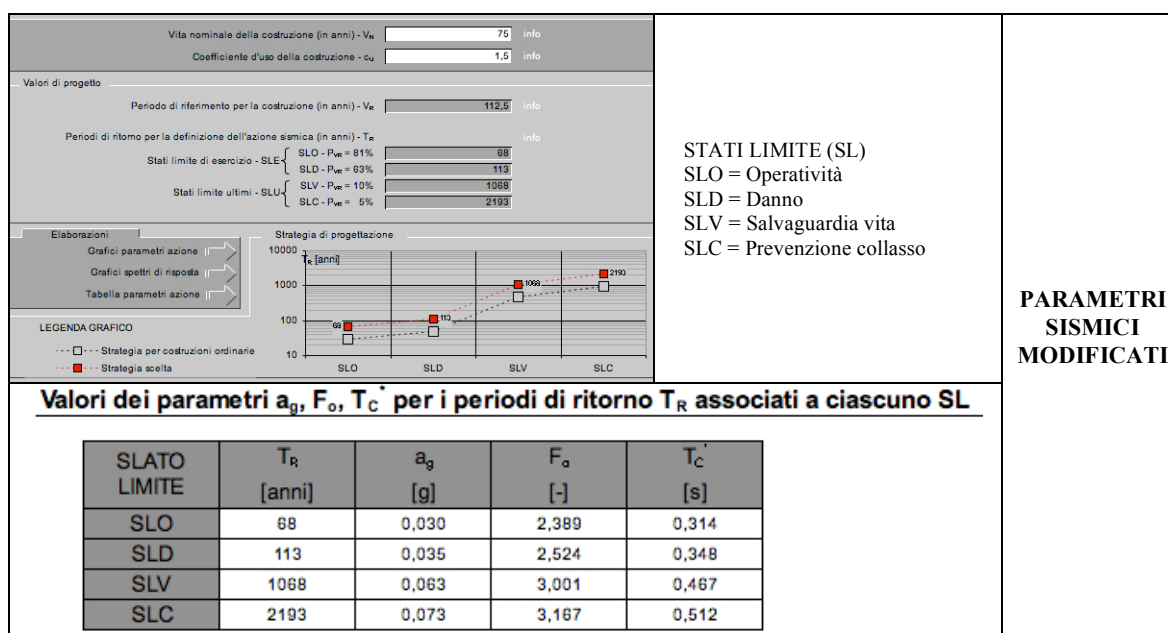
Per la costituzione lapidea complessiva, la categoria predetta è inequivocabilmente del tipo “A”; per la conformazione pianeggiante del settore territoriale (vedasi Fig. 2), quella “topografica”, come già accennato, è la “T1” della Tab. 3.2.IV.

Tabella 3.2.IV - Categorie topografiche

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

A titolo esemplificativo e per caratteri “di massima” dell’edificio da erigere, con il codice automatico Spettri-NTCver1.0.3 si giunge al quadro successivo.

- Classe d'uso: III (Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l’ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d’uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso).
- Vita nominale: 75 anni.
- Categoria sottosuolo: A.
- Categoria topografica: T1.
- Periodo di riferimento: 112,5 anni.
- Coefficiente c_u : 1,5.



COMUNE DI MARUGGIO - CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI		
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)		PROGETTO ESECUTIVO

Per la validazione dei risultati, poiché il Consiglio Superiore LL.PP. demanda all'utente la responsabilità dell'impiego del programma di calcolo, è stato fatto ricorso al confronto con un prodotto commerciale ("GEOSTRU").

Stati limite	Prob. superamento [%]	T _r [anni]	a _g [g]	F _o [-]	T _c * [s]
Operatività (SLO)	81	68	0,029	2,382	0,314
Danno (SLD)	63	113	0,035	2,515	0,348
Salvaguardia della vita (SLV)	10	1068	0,063	2,989	0,468
Prevenzione dal collasso (SLC)	5	2193	0,073	3,154	0,512
Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC	
Ss	1,000	1,000	1,000	1,000	
Cc	1,000	1,000	1,000	1,000	
St	1,000	1,000	1,000	1,000	
kh	0,006	0,007	0,013	0,015	
kv	0,003	0,004	0,006	0,007	
Amax [m/s ²]	0,287	0,345	0,620	0,717	
Beta	0,200	0,200	0,200	0,200	
ESTRATTO GEOSTRU					
Parametri e Coefficienti sismici					
DIFFERENZE PERCENTUALI PARAMETRI SISMICI {[(Spettri-NTCver1.0.3) - (GEOSTRU)] / (Spettri-NTCver1.0.3)} x 100					
STATO LIMITE	Δ(a _g) %	Δ(F ₀) %	Δ(T _c *) %	CONFRONTO Spettri-NTCver1.0.3/GEOSTRU	
SLO	3,33	0,29	0		
SLD	0	0,36	0		
SLV	0	0,40	-0,21		
SLC	0	0,41	0		

Gli scarti minimi (non superiori al 3,4%) assicurano l'attendibilità della procedura utilizzata. Ovviamente, il Progettista potrà variare l'input, per adeguarlo alla casistica reale analizzata.

3.c. Interferenze opere-contesto geologico

Riguardano solo l'interfacciamento reciproco, che potrà essere senz'altro assolto da membrature dirette, purché continue o collegate, per il rispetto dei principi antisismici generali, ed attestate a non meno di m 1 dal p.c. esistente, per il superamento dell'orizzonte superficiale degradato. Pertanto, l'unica componente significativa cointeressata è la bancata arenacea.

3.d. Modello di calcolo

Per il dimensionamento e le verifiche degli elementi di fondazione, i parametri geotecnici del Par. 3.a. devono essere modificati preliminarmente, per il termine stratigrafico citato, penalizzando la tensione di rottura per compressione monoassiale "in massa", σ_R^* , con il "Coefficiente parziale" γ_{qu} dell'Art. 6.2.3.1.2 N.T.C./2008 ($\sigma_{Rk}^* = \sigma_R^* / \gamma_{qu} = 0,49 / 1,6 = 0,306$ MPa).

Inoltre, RMR deve essere corretto in rapporto alla giacitura delle discontinuità (tabella annessa), con peso "indifferente", per i litotipi di che trattasi, motivato dalla distribuzione spaziale dei giunti.

CORREZIONE ORIENTAZIONE GIUNTI

	GALLERIE	FONDAZIONI	PENDII
a)	0	0	0
b)	-2	-2	-5
c)	-5	-7	-25
d)	-10	-15	-50
e)	-12	-25	-60

- a) Molto favorevole b) Favorevole
c) Indifferente d) Sfavorevole
e) Molto sfavorevole

INDICE RMR CORRETTO
RMR _{cf} = 54 - 7 = 47

Gli invarianti di resistenza al taglio diventano:

- m_{cf} = 2,2596;
- s_{cf} = 0,0028.

La stessa resistenza è data, in funzione della tensione principale maggiore σ_1 , da (Fig. 13 - R² = Coefficiente di determinazione):

$$\tau_{cfk} = 0,0068 + 0,8459 \cdot \sigma_1 - 0,434 \cdot \sigma_1^2 \quad (\text{MPa}).$$

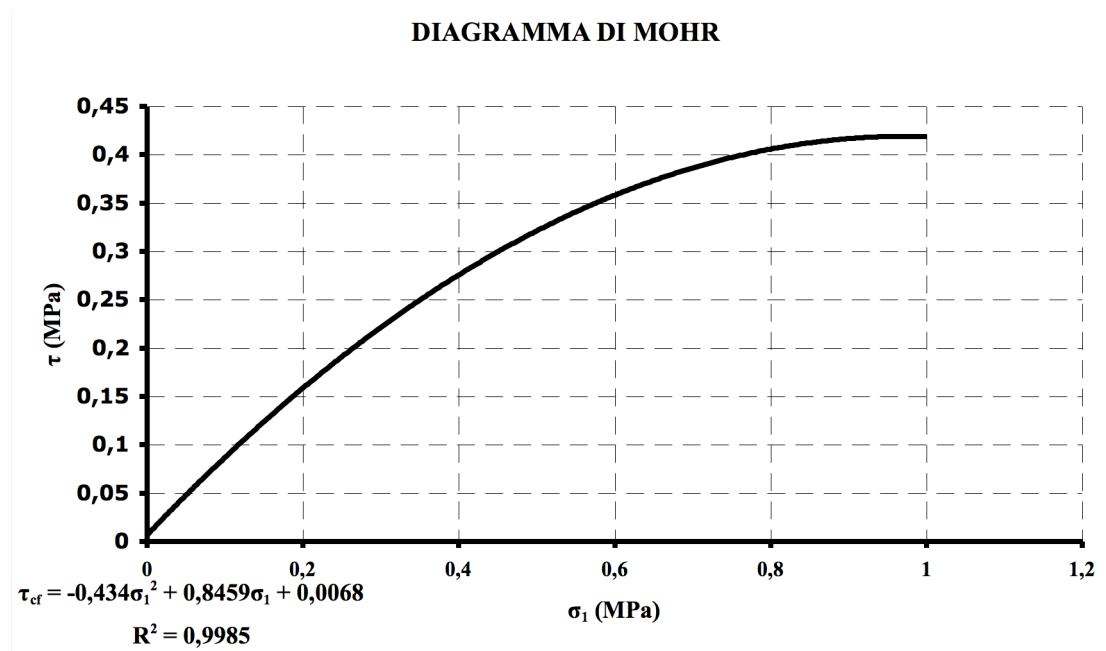


Fig. 13: Resistenza al taglio corretta

In formato Mohr-Coulomb, più usuale in campo ingegneristico, i parametri “istantanei” Coesione ed Angolo d’Attrito Interno sono espressi da (Fig. 14):

$$C_{cfk} = 0,0033 + 0,2774 \cdot \sigma_1 - 0,112 \cdot \sigma_1^2 \quad (\text{MPa});$$

$$\varphi_{cfk} = 1/(0,0151 + 0,1356 \cdot \sigma_1 - 0,0795 \cdot \sigma_1^2) \quad (^\circ).$$

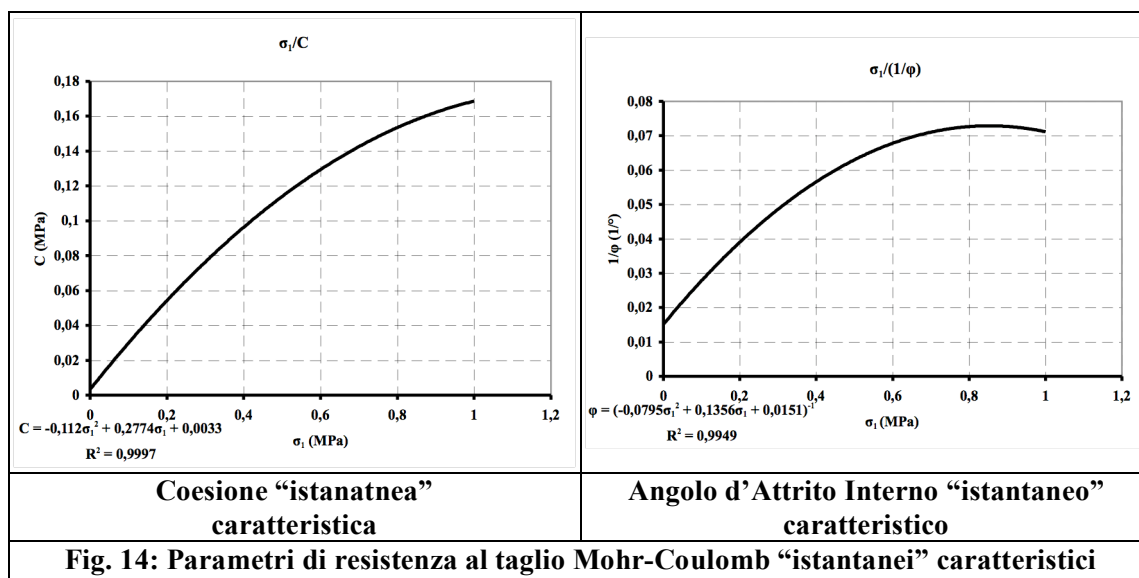


Fig. 14: Parametri di resistenza al taglio Mohr-Coulomb “istantanei” caratteristici

COMUNE DI MARUGGIO - CTP S.p.A. TRASPORTI PUBBLICI LOCALI		
REALIZZAZIONE DI STRUTTURA OPERATIVA DEL CTP ALL'INTERNO DELL'AREA PIP DEL COMUNE DI MARUGGIO (TA)		PROGETTO ESECUTIVO

Linearizzati nei campi tensionali di possibile interesse pratico per le strutture ipotizzate ($\sigma_1 = 0,6 \div 1,2 \text{ kg/cm}^2$, per travi rovesce o platea, $\sigma_1 = 3 \div 5 \text{ kg/cm}^2$, per plinti collegati), è:

A) Appoggi continui

$$C_{\text{cfkMed}} = 0,37 \text{ kg/cm}^2;$$

$$\varphi_{\text{cfkMed}} = 38^\circ.$$

B) Membrature isolate

$$C_{\text{cfkMed}} = 1,34 \text{ kg/cm}^2;$$

$$\varphi_{\text{cfkMed}} = 18^\circ;$$

In sintesi, lo schema consigliato per lo svolgimento dei computi è riprodotto a seguire.

Parametro (e simbolo)	Valore	Unità di misura
Peso di Volume (γ_n)	1,8	t/m ³
Tensione di rottura per compressione monoassiale “nominale in massa” (σ_R)	5 0,49	kg/cm ² MPa
Tensione di rottura per compressione monoassiale “di calcolo” ($\sigma_R^* \cdot k$) ^(§)	3,12 0,306	kg/cm ² MPa
Angolo d'Attrito Interno (per tensione principale maggiore $\sigma_1 = 0,6 \div 1,2 \text{ kg/cm}^2$) (φ_{cfkMed})	38	°
Coesione (per tensione principale maggiore $\sigma_1 = 0,6 \div 1,2 \text{ kg/cm}^2$) (C_{cfkMed})	0,37 0,036	kg/cm ² MPa
Angolo d'Attrito Interno (per tensione principale maggiore $\sigma_1 = 3 \div 5 \text{ kg/cm}^2$) (φ_{cfkMed})	18	°
Coesione (per tensione principale maggiore $\sigma_1 = 3 \div 5 \text{ kg/cm}^2$) (C_{cfkMed})	1,34 0,13	kg/cm ² MPa
Modulo di Deformazione (E_s)	1.500 147,1	kg/cm ² MPa
Coefficiente di Poisson (ν)	0,3	/
Modulo di Taglio (G)	570 55,9	kg/cm ² Mpa

^(§) Con coefficiente parziale $\gamma_{\text{qu}} = 1,6$ Par. 6.2.3.1.2 D.M. 14/1/2008

NOTE:

- 1) Le due bande di riferimento della resistenza al taglio possono essere eventualmente interpolate per valori intermedi della tensione principale maggiore;
- 2) Poiché già applicata a σ_R^* la penalizzazione prescritta dalla normativa, Coesione ed Angolo d'Attrito Interno non vanno ridotti ulteriormente.

La capacità portante ultima netta è deducibile da (il pedice k, da sopprimere in metodi che facciano capo alle “tensioni ammissibili” dell'Art. 2.7 D.M. 14/1/2008, indica l'entità “caratteristica” della proprietà generica, ai sensi delle N.T.C./2008):

$$q_{\text{uk}} = C_k \cdot N_c \cdot \zeta_c \cdot \zeta_{\text{ci}} + \gamma_k \cdot t \cdot N_q \cdot \zeta_q \cdot \zeta_{\text{qi}} + \gamma_k \cdot b' \cdot N_\gamma \cdot \zeta_\gamma \cdot \zeta_{\gamma i} / 2 - \gamma_k \cdot t,$$

con:

- C_k = Coesione;
- N_c , N_q , N_γ = Fattori di capacità portante;
- ζ_c , ζ_q , ζ_γ = “ “ forma;
- ζ_{ci} , ζ_{qi} , $\zeta_{\gamma i}$ = “ “ d'inclinazione;
- t = Profondità d'interramento;
- b' = Larghezza effettiva d'impronta.

Nell'uguaglianza precedente, è:

$$N_c = (N_q - 1) \text{ctg} \varphi_k;$$

$$\varphi_k = \text{Angolo d'Attrito Interno};$$

$$N_q = e^{\pi \text{tg} \varphi_k} \text{tg}^2(45^\circ + \varphi_k/2);$$

$$N_\gamma = 2(N_q + 1) \text{tg} \varphi_k;$$

$$\xi_c = 1 + (b'/L')(N_q/N_c);$$

L' = Lunghezza effettiva d'impronta;

$$\zeta_q = 1 + (b'/L') \operatorname{tg} \varphi_k;$$

$$\xi_y = 1 - 0,4b'/L';$$

$$\zeta_{ci} = \zeta_{qi} - (1 - \zeta_{qi})/N_c \tan \varphi_k;$$

$$\zeta_{qi} = [1 - R_{XY}/(R_Z + b' \cdot L' \cdot C_k \cdot \text{ctg} \varphi_k)]^m;$$

R_{XY} = Componente orizzontale del carico;

R_Z = Risultante verticale;

$b' = b - 2e_b$ ("b" è la larghezza reale ed " e_b " l'eccentricità in direzione di "b");

$L' = L - 2e_L$ (“L” = lunghezza reale, “ e_L ” = eccentricità in direzione di “L”);

$$\xi_{yi} = [1 - R_{XY}/(R_Z + b' \cdot L' \cdot C_k \cdot \text{ctg} \varphi_k)]^{m+1};$$

$$m = m_L \cos^2 \theta + m_b \sin^2 \theta;$$

$$m_L = (2 + L'/b')/(1 + L'/b');$$

$$m_b = (2 + b'/L')/(1 + b'/L');$$

$$\theta = \text{artg}(R_X / R_Y);$$

R_X, R_Y = Componenti di " R_{XY} " in direzione di "L" e di "b".

Le verifiche saranno svolte controllando che sia, per procedure “agli stati limite”:

1. $q_{uk} \cdot b' \cdot L' / R_Z \geq E_d$,
2. $[C_k + (R_Z / b' \cdot L') \cdot \operatorname{tg} \varphi_k] / (R_Y / b' \cdot L') \geq E_d$,

ove E_d è il valore di progetto dell'azione generica, comprensivo dei "coefficienti parziali" della normativa (tralasciando, nel secondo caso, il tributo stabilizzante dell'interramento).

Per metodiche “alle tensioni ammissibili”, dovrà risultare $F_s = q_u/E_d \geq 3$, essendo F_s il “Coefficiente di Sicurezza” del D.M. LL.PP. 11/3/1988.

Gli esiti saranno accettati se tollerabili, per le elevazioni, gli spostamenti, definiti per le deflessioni "elastiche", in un punto "caratteristico" (baricentro dell'area ridotta $b' \cdot L'$), da:

$$w = q_e \cdot b' \cdot (1 - v_k^2) \cdot I_w / E_{sk};$$

- q_e = Tensione d'esercizio equivalente ($= R_z/b' \cdot L'$);
- ν_k = Coefficiente di Poisson;
- I_w = Coefficiente d'Influenza ($= 0,82 + 0,5592 \cdot \ln L'/b'$);
- E_{sk} = Modulo di Deformazione.

Le rotazioni saranno desunte da:

$$\text{tg}\theta_L = (M_L/L'^2 \cdot b') \cdot [(1 - v_k^2)/E_{sk}] \cdot I_m;$$

$$\text{tg}\theta_b = (M_b/b'^2 \cdot L') \cdot [(1 - \nu_k^2)/E_{sk}] \cdot I_m;$$

- θ_L = Angolo di rotazione del piano di posa, sull'orizzontale, in direzione di L (rad.);
- θ_b = " " " " " " " " " " " " " " " " b " " ;
- M_L, M_b = Momenti lungo L e b;
- $I_m = 5,0773 - 1/1,3132 \cdot (L'/b')$ (Coefficiente d'Influenza per la rotazione).

Ai fini dei calcoli statici, il Modulo di Sottofondo verticale sarà ottenuto da $k_s = E_{sk}/[b \cdot (1 - \nu_k^2) \cdot I_w]$ (in unità di misura congruenti), ponendo, per il corrispettivo orizzontale, $k_h = k_v/1,1$.

Per sopperire alle incognite residue, connaturate con il sottosuolo locale, in sede cantieristica precoce la D.L. porrà particolare cura nell'individuare difetti accidentali delle rocce di supporto del fabbricato, ricorrendo, se necessario, ad indagini integrative dedicate a determinare le salvaguardie da intraprendere.

Dr. Geol. Cataldo Altavilla