



COMUNE DI TURI
Città Metropolitana di BARI

P.U.E.

RELAZIONE GEOLOGICA

MAGLIA
VIA CASAMASSIMA
VIA VECCHIA CASAMASSIMA
STRADE DI PUG

AGGIORNAMENTO MAGGIO 2023

Turi, Maggio 2023

Committente

Giulia Dalfino Armanini

Progettista

ing. Gisella LOZUPONE



INDICE

1.	Premessa	2
2.	Inquadramento geologico	5
3.	Fattori ambientali	7
4.	Lineamenti idrogeologici	10
5.	Descrizione dello stato dei luoghi	13
6.	Modello geologico	16
7.	Modello geomeccanico	20
8.	Terreno di fondazione	26
9.	Azione sismica di sito	28
10.	Analisi dei rischi	33
11.	Conclusioni	35

1. Premessa

La presente relazione geologica è redatta facendo seguito all'incarico professionale affidato allo scrivente, con studio tecnico in Turi alla via G. Elefante n. 10, dalla sig.ra Giulia Dalfino Armanini nell'ambito del Piano Urbanistico Esecutivo – Area tipizzata B/C – Maglia Via Casamassima Via Vecchia Casamassima Strade di P.U.G. del Comune di Turi di cui all'incarico affidato all'ing. Gisella Lozupone, con studio tecnico in Turi alla via G. Di Pinto n. 8.

In ottemperanza all'art. 6.2.1 delle N.T.C. 2018, “la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio. In funzione del tipo di opera o di intervento e della complessità del contesto geologico, specifiche indagini sono finalizzate alla documentata ricostruzione del modello geologico. Esso è sviluppato in modo da costituire utile elemento di riferimento per il progettista per inquadrare i problemi geotecnici e per definire il programma delle indagini geotecniche”.

Pertanto, sulla scorta della bibliografia scientifica, del rilevamento di superficie e dei dati di indagini geognostiche vengono descritti i principali caratteri morfologici, litostratigrafici e meccanici del sottosuolo al fine di caratterizzarlo in base alle categorie della tabella 3.2.II del D.M. 17 gennaio 2018. Si riporta altresì l'elaborazione dei parametri che definiscono la pericolosità sismica di base, in ordine alla zonazione di cui all'O.P.C.M. 3519 del 28 aprile 2006, insieme all'analisi dei rischi connessi ai caratteri peculiari della zona, tenendo conto della tendenza evolutiva o dell'eventuale insorgenza di dissesti, in atto o meno, rispetto allo stato dei luoghi. Metodi e risultati sono esaurientemente esposti e commentati nelle successive note.

Cartografia tematica

- Foglio 190 “Monopoli” della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000;
- Tavoletta 190 IV NO “Masseria Purgatorio” dell'Istituto Geografico Militare in scala 1:25.000;
- Foglio 456 “Monopoli” della Carta Idrogeomorfologica della Puglia in scala 1:25.000;
- Tavola 6.2 del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia in scala 1:200.000;
- Mappe di pericolosità e rischio del Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Puglia in WebGIS dell'Autorità di Bacino della Puglia in scale varie.

Normativa di riferimento

- D.M. 11/03/1988, “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- O.P.C.M. n.3274 del 20/03/2003, “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”;
- O.P.C.M. n.3519 del 28/04/2006, “Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”;
- D.M. del 14/01/2008, “Norme Tecniche per le Costruzioni” e Circolare esplicativa n. 617 del 02/02/2009 “Istruzioni per l'applicazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”.

Indagine in situ

- Rilevamento speditivo di superficie e ispezione visiva dei luoghi di agosto 2019.

Lavori consultati

- Studio delle condizioni di stabilità del substrato di fondazione dell'edificio scolastico di via Ginestre a Turi - Rapporto conclusivo del 14/01/2013 - D.I.C.A.T.E.Ch. del Politecnico di Bari;
- Progetto esecutivo di adeguamento di recapiti finali e realizzazione di reti di fognatura pluviale - Relazione geologica di ottobre 2010 - Dott. Geol. Franco Moccia;
- Progetto definitivo di adeguamento di recapiti finali di reti di fognatura pluviale del Comune di Turi - Relazione geologica, geotecnica, idrologica, idraulica e sismica di maggio 2007 - Dott. Geol. Giovanni B. Melchiorre.

2. Inquadramento geologico

L'abitato di Turi ricade nella porzione settentrionale del Foglio 190 "Monopoli" della Carta geologica d'Italia 1:100.000, nella zona di affioramento del gruppo dei Calcari delle Murge. Questa formazione marina comprende tutta la serie carbonatica mesozoica formata da un potente complesso sedimentario prevalentemente detritico, ben stratificato, le cui diverse caratteristiche hanno permesso una divisione in due unità litostratigrafiche. In particolare, l'area oggetto di studio è cartografata come Calcare di Bari (Turoniano-Cenomaniano) costituito da una serie di banchi o strati calcarei (Figura 1).

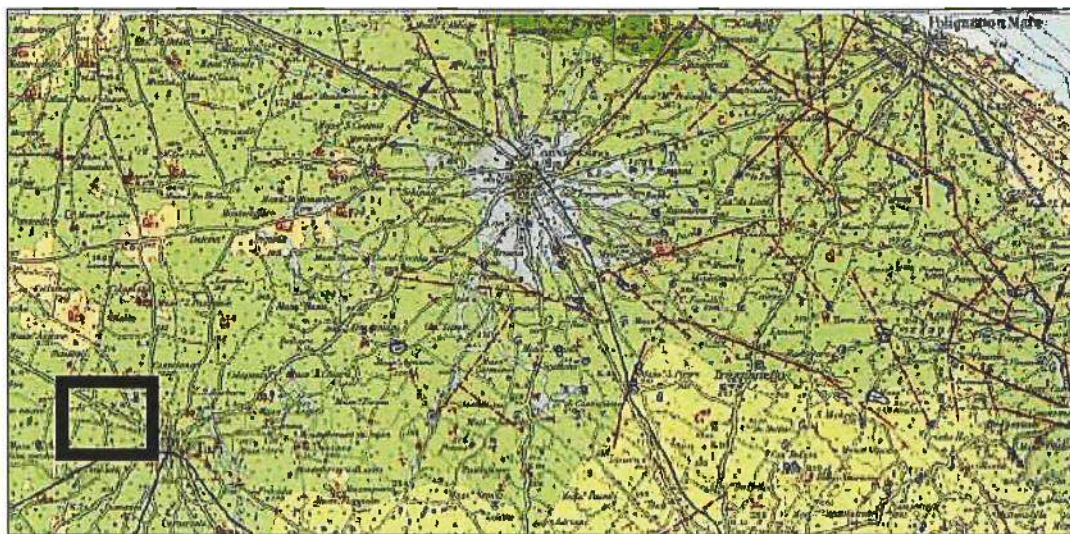


Fig. 1 Stralcio del F° 190 "Monopoli" della Carta Geologica d'Italia 1:100.000 (scala modificata)

La maggior parte dei depositi è detritica, talora assai fine, di colore biancastro, più raramente grigio chiaro, giallastro o rosato, con microforaminiferi, alghe calcaree e in qualche livello grossi lamellibranchi e gasteropodi. Subordinatamente si presentano alcuni livelli dolomitizzati.

La base di tale formazione non è affiorante ma si ritiene che la potenza totale si aggiri sui duemila metri. Al tetto, il contatto con il sovrastante Calcare di Altamura è, in molti luoghi accompagnato da una breccia calcarea, i cui elementi sono a spigoli leggermente

arrotondati, posizionata lungo tutta l'interfaccia orientale e riscontrabile in alcuni punti a sud di Turi.

Nel suo insieme, il Calcare di Bari, localmente esposto, mostra una sequenza ritmica composta da successioni detritiche a grana fine e da calcari ceroidi a rudiste dimostrando di essersi depositato in ambiente di piattaforma costiera o, in alcuni casi, presentando facies di tipo lagunare. La formazione è stata attribuita al Cretaceo superiore (Figura 2).

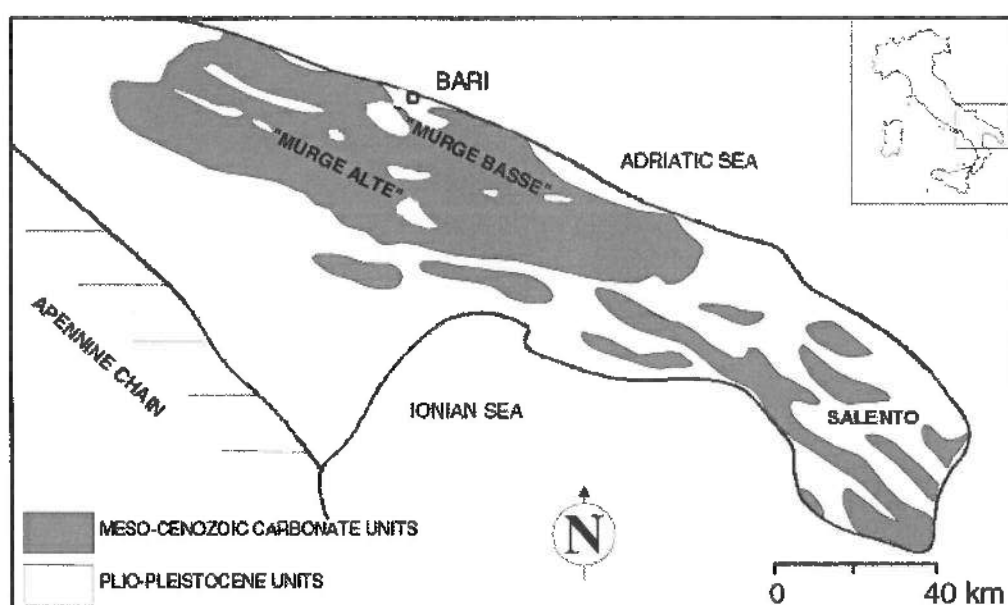


Fig. 2 Rappresentazione generale dei terreni affioranti nella Puglia centro-meridionale

Lo stile tettonico del sistema appare essenzialmente tabulare, caratterizzato da pieghe blande e da faglie a debolissimo rigetto che possono essere assimilate a fratture. Le inclinazioni sono variabili da 5° a 15° , lo spessore dei banchi non supera un metro e mezzo e quello degli strati si aggira nell'ordine di qualche decina di centimetri. Tutta quanta la superficie presenta una generale immersione a SO che la può far ritenere una estesa monoclinale. Nello specifico, gli strati delle rocce affioranti a Turi, nella parte settentrionale e occidentale della periferia del comune, risultano suborizzontali, secondo le indicazioni cartografiche.

3. Fattori ambientali

Da un punto di vista generale, l'area mostra una morfologia in stretta relazione con la composizione litologica e l'assetto strutturale dei terreni affioranti. Il grande ripiano murgiano denota una blanda pendenza a NO tanto che, all'altezza di Conversano, si trovano quote inferiori ai 200 m s.l.m. che corrispondono, grosso modo, al piede della falesia principale. La scarpata che corre parallela alla linea di costa adriatica è stata interessata nel Pleistocene da cinque ingressioni marine. Il suo regresso sarebbe dovuto alla combinazione di due sistemi trasversali di fratturazione che avrebbero contribuito allo sbloccamento dei calcari in minuti parallelepipedi, agevolando così l'azione erosiva del mare (Figura 3).

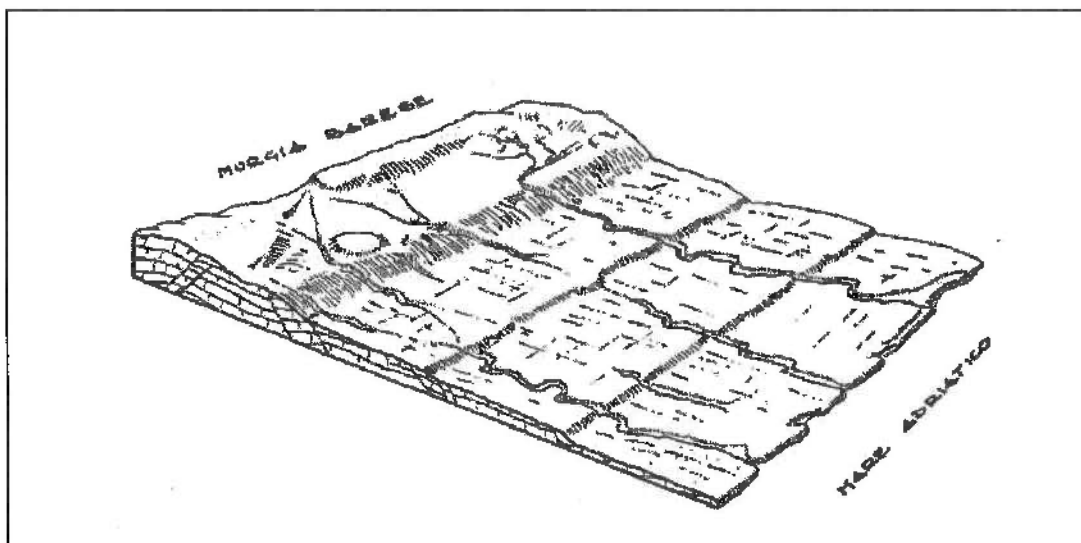


Fig. 3 Assetto geomorfologico del territorio barese

Generalmente le caratteristiche delle discontinuità (persistenza, spaziatura, ecc...) variano ma, in ogni caso, consentono l'infiltrazione delle acque meteoriche che favoriscono l'evolversi del carsismo. Il processo può talvolta assumere manifestazioni di una certa rilevanza, in relazione al volume di roccia interessato, con apertura di cavità di dimensioni variabili entro le quali è possibile rinvenire accumuli, anche cospicui, di terre rosse e/o precipitazioni di calcite o dolomite. L'impostazione di tali fenomeni è

legata alle solubilità del carbonato di calcio e del sale doppio di calcio e magnesio, che in acqua pura e a temperatura ambiente sono molto basse mentre aumentano notevolmente in soluzioni acidule fra cui, in natura, acqua e anidride carbonica di origine atmosferica o biologica.

Benché l'area sia stata sottoposta ad un lungo periodo di carsificazione, i corsi d'acqua sono ben sviluppati ed il reticolo idrografico è molto articolato. Tali corsi d'acqua non perenni, definiti lame, sono a fondo piatto e pareti verticali che verosimilmente si sono incassati fino nel substrato calcareo per processi di sovrainposizione. Si sarebbero sviluppati, talora anche con andamenti meandriiformi, su aree subpianeggianti coperte da depositi quaternari facilmente erodibili e in seguito approfonditi nei sottostanti calcari, come illustrato nel Foglio 456 "Monopoli" della Carta Idrogeomorfologica della Puglia in scala 1:25.000 (Figura 4).

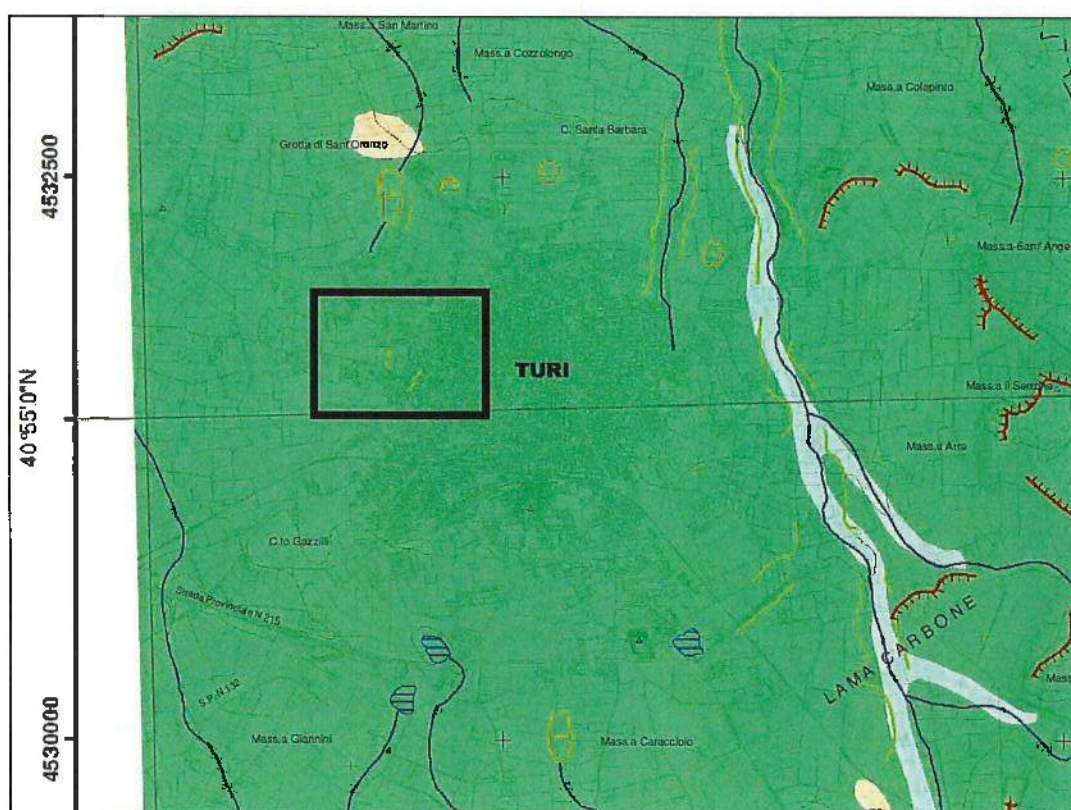


Fig. 4 Stralcio del F° 456 "Monopoli" della Carta Idrogeomorfologica della Puglia (scala modificata)

Il corso delle lame è stato condizionato anche dalla tettonica, come è dimostrato nei tratti ad andamento rettilineo in corrispondenza di zone di faglia o di intensa fratturazione, oltre che dagli interventi antropici.

Si riconoscono gli effetti del ruscellamento lungo le linee di massima pendenza, nelle aree a topografia più mossa e nelle scarpate calcaree, dove numerosi solchi di incisione torrentizia corrono in direzione N-S, collegati anche alla presenza di doline.

Tuttavia le forme del terreno sono state parzialmente attenuate o talvolta cancellate dai successivi effetti erosivo-sedimentari; su sezioni naturali o artificiali è frequente osservare nella successione verticale, nel giro di una decina di metri, la presenza di cavità, condotte e zone di collasso. Inoltre, fino ad una profondità osservabile di 30-40 m, gli effetti del processo carsico sono messi in evidenza dai tipici prodotti residuali, che spesso costituiscono il materiale di riempimento delle discontinuità che si sviluppano sia in senso verticale che suborizzontale, secondo i giunti di stratificazione.

Dunque, per quanto concerne la morfologia sotterranea, si registra la presenza di varie grotte, di entità variabile, documentate nel relativo catasto fra cui, per esempio, quella di Sant'Oronzo.

4. Lineamenti idrogeologici

L'estesa falda idrica all'interno delle rocce calcareo-dolomitiche delle Murge presenta caratteristiche variabili da punto a punto ma che, complessivamente, possono essere descritte come quelle di una falda che circola generalmente in pressione e su più livelli (soprattutto nelle zone più interne), di norma al di sotto del livello del mare. Il confinamento della falda, e il suo frazionamento su più livelli, sembra essere dovuto alla presenza di intervalli di roccia poco fratturata o massiva, o di livelli di calcari bituminosi che, a diverse altezze stratigrafiche, sono presenti all'interno della successione mesozoica.

Una sezione generale attraverso le Murge mostra che l'acquifero è in contatto, sul lato adriatico, con l'acqua marina di intrusione continentale mentre, sul lato opposto, è delimitato dal sistema di faglie che lo pone in contatto con le argille plio-pleistoceniche dell'avanfossa bradanica. Lo spartiacque idrogeologico tra il settore adriatico e quello bradanico coincide con lo spartiacque superficiale, situato nella zona più interna e topograficamente più elevata delle Murge (Figura 5).

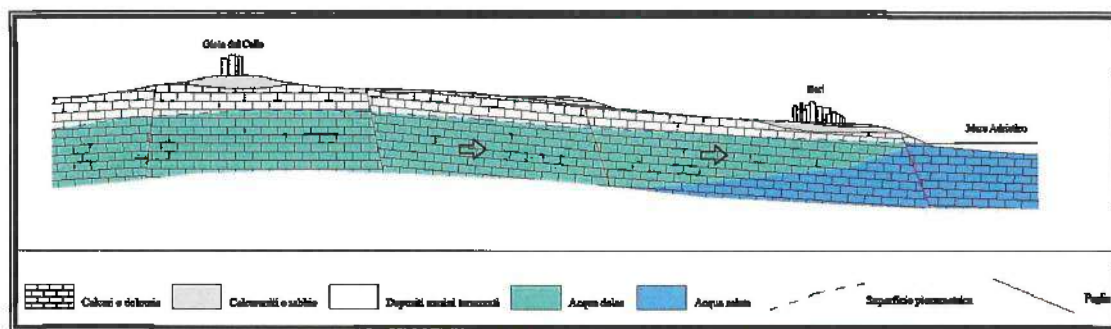


Fig. 5 Sezione schematica dell'acquifero murgiano

La parte più interna del territorio delle Murge costituisce la zona di prevalente ricarica dell'acquifero; essa si articola in una serie di bacini imbriferi di tipo endoreico, di diversa estensione, che raccolgono le acque degli eventi meteorici convogliandole, mediante inghiottitoi, verso il sistema dei reticoli carsici sotterranei. Le precipitazioni che vanno ad alimentare le risorse idriche sotterranee della Puglia sono irregolarmente

distribuite sul territorio; la distribuzione delle altezze di pioggia annua mostra valori compresi tra poco più di mille millimetri fino a valori di soli cinquecento millimetri.

Nel settore adriatico, la falda fluisce verso mare in direzione perpendicolare alla linea di costa, con gradienti piezometrici compresi tra lo 0.1% e lo 0.5%; in virtù della minore densità, l'acqua dolce è sostenuta dall'acqua salata e defluisce direttamente in mare attraverso una serie di scaturigini. Tuttavia, la relativa scarsità di apporti meteorici e soprattutto l'incontrollato sfruttamento della risorsa da una moltitudine di pozzi determinano l'esistenza di fenomeni di progressiva salinizzazione degli acquiferi.

I carichi idraulici, in corrispondenza dello spartiacque idrogeologico, raggiungono quote di 175-200 m (150 m a Gioia del Colle) per poi decrescere abbastanza regolarmente dalle aree più interne verso mare. Nell'agro di Turi, la superficie piezometrica si colloca oltre i 50 m sul livello del mare, come indicato dalla Tavola 6.2 del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia in scala 1:200.000, e la direzione di flusso della falda è in direzione NE (Figura 6).

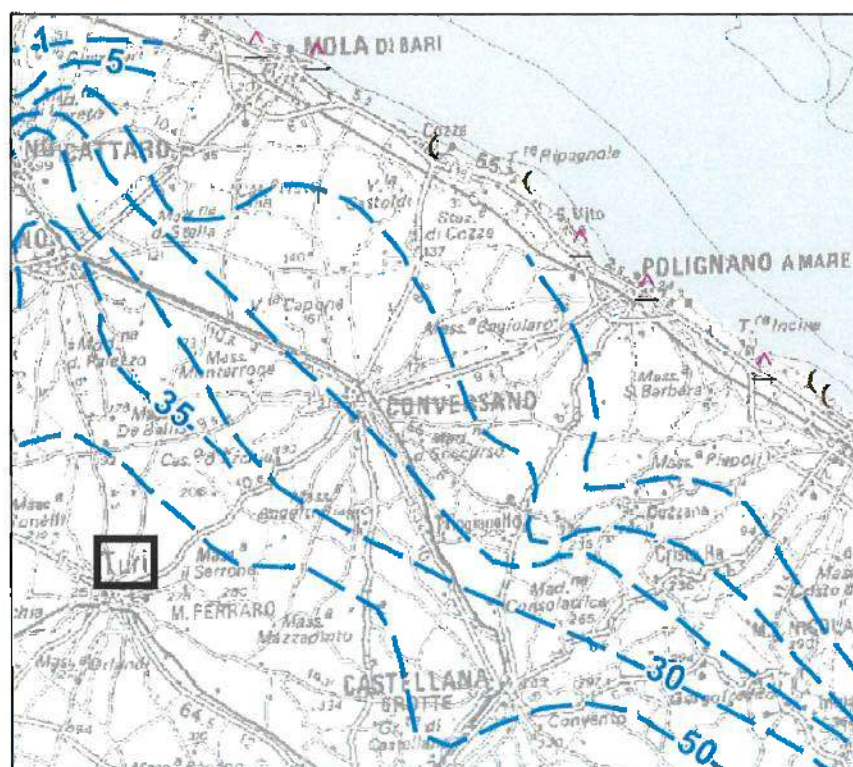


Fig. 6 Stralcio della tavola 6.2 del P.T.A. della Regione Puglia (scala modificata)

Le portate specifiche dei pozzi sulle Murge sono molto variabili da zona a zona anche se, in generale, prelievi modesti inducono depressioni ragguardevoli che, in alcuni casi, possono essere la causa dell'ingresso nel pozzo della terra rossa presente nelle fratture e nelle cavità carsiche dei calcari.

L'acquifero murgiano è caratterizzato da una porosità per fratturazione che unitamente al carsismo conferisce al sistema una spiccata anisotropia per cui la permeabilità risulta essere molto variabile sia in senso verticale che orizzontale; i valori più frequenti sono compresi tra 10^{-2} e 10^{-5} cm/s. I depositi di copertura, al contrario, mostrano una permeabilità primaria dovuta essenzialmente alla porosità che, nel complesso, risulta piuttosto bassa.

5. Descrizione dello stato dei luoghi

Il Piano Urbanistico Esecutivo – Area tipizzata B/C – Maglia Via Casamassima Via Vecchia Casamassima Strade di P.U.G. del Comune di Turi ricade nella zona occidentale dell'immediata periferia dell'abitato, lungo la direttrice per Casamassima.

L'intera estensione territoriale del P.U.E. ammonta a 1.00.88 ha le cui particelle catastali 718-720-1071-1072-1073-1074-1080-1081-1082 sono riportate nel foglio di mappa 20; al suo interno, le quote topografiche, presentano relativamente i valori più alti in direzione S, con un gradiente massimo compreso tra 240 m e 236 m sul livello del mare. Dal punto di vista morfologico, i lineamenti del paesaggio si possono definire pressoché pianeggianti, tranne una debole inclinazione, e nell'insieme la superficie del piano campagna risulta plano-altimetricamente idonea per le previsioni di progetto (Figure 7-8-9-10).

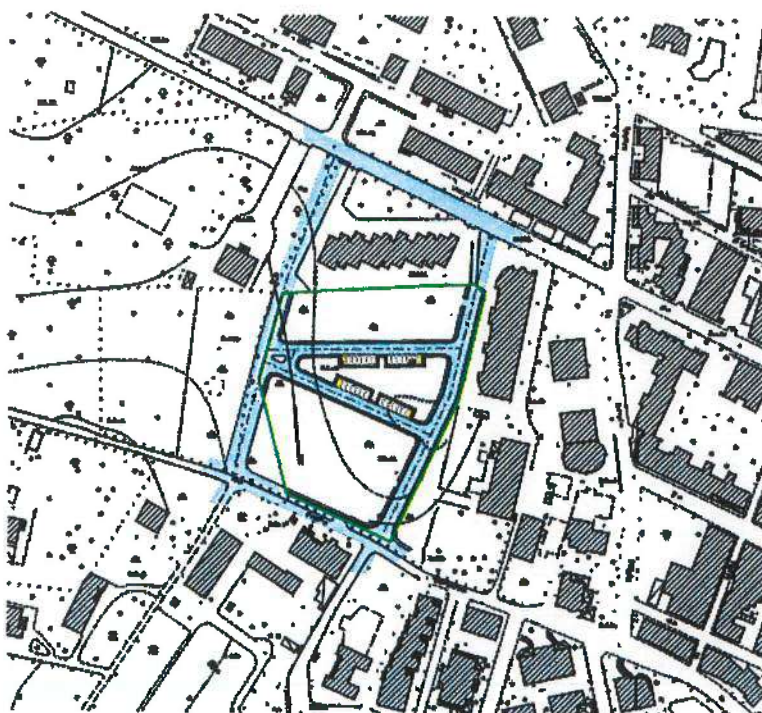


Fig. 7 Inquadramento territoriale su aerofotogrammetria del P.U.E. (scala modificata)

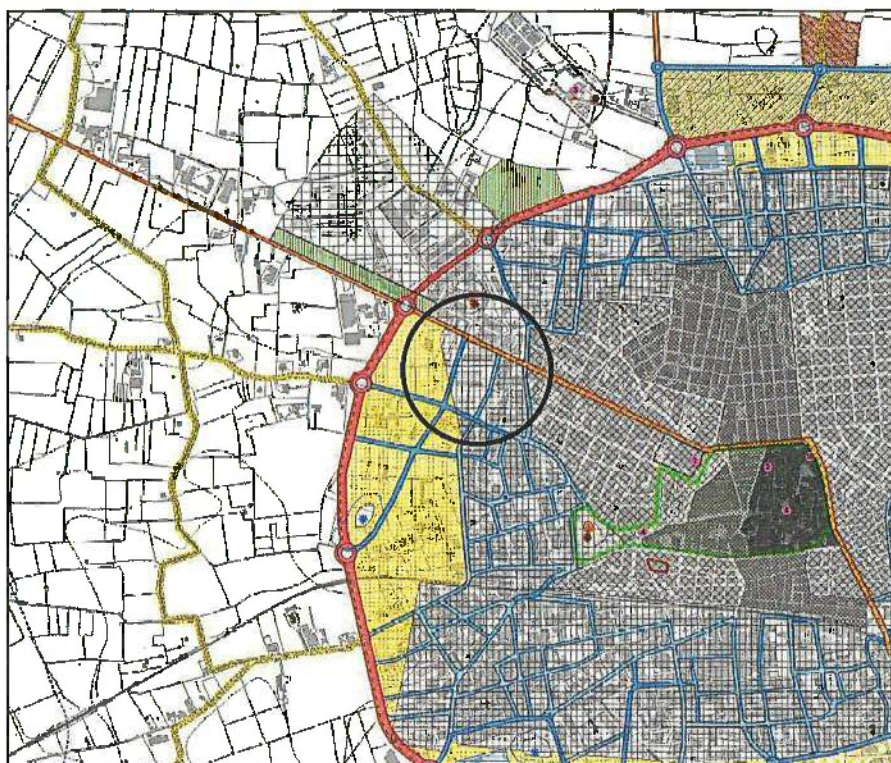


Fig. 8 Inquadramento urbanistico del P.U.E. (scala modificata)

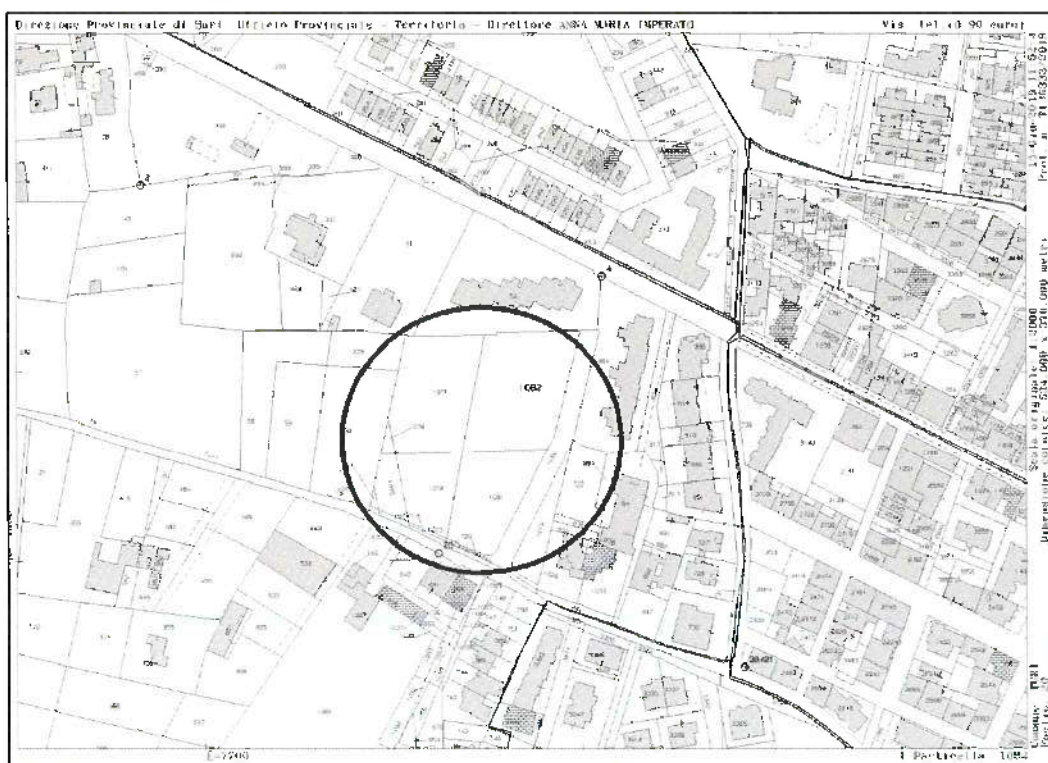


Fig. 9 Inquadramento catastale del P.U.E. (scala modificata)

<i>Proprietaria</i>	<i>Catasto</i>	<i>Foglio</i>	<i>Particella</i>	<i>Superficie (mq)</i>	<i>Tipizzazione</i>
Dalfino Armanini Giulla	Terreni	20	718	40	B/C
	Terreni	20	720	102	B/C
	Terreni	20	1071	2.516	B/C
	Terreni	20	1072	1.114	B/C
	Terreni	20	1073	30	B/C
	Terreni	20	1080	720	B/C
	Terreni	20	1081	1.848	B/C
	Terreni	20	1082	2.985	B/C
TOTALE mq 9.355					

Fig. 10 Superfici del P.U.E.

6. Modello geologico preliminare

Al fine di fornire un modello stratigrafico, sulla base del punto 6.2.2 delle NTC, nel caso di costruzioni o di interventi di modesta rilevanza, che ricadano in zone ben conosciute dal punto di vista geotecnico, la progettazione può essere basata sull'esperienza e sulle conoscenze disponibili, ferma restando la piena responsabilità del progettista su ipotesi e scelte progettuali.

Nella relazione geologica, geotecnica, idrologica, idraulica e sismica di maggio 2007, in allegato al progetto definitivo di adeguamento di recapiti finali di reti di fognatura pluviale del Comune di Turi, si legge che è stata effettuata un'indagine geoelettrica consistente nell'esecuzione di un Sondaggio Elettrico Verticale di 1000 m, ubicato in via Ginestre (Figura 11).

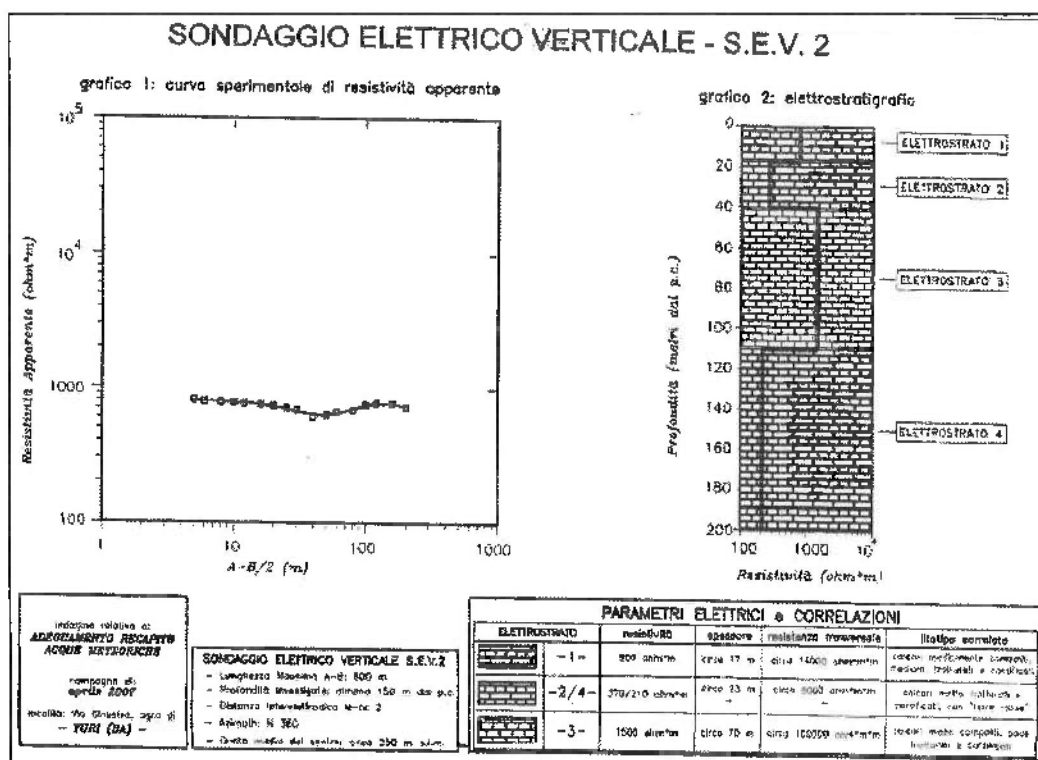


Fig. 11 Modello elettrostratigrafico del sottosuolo

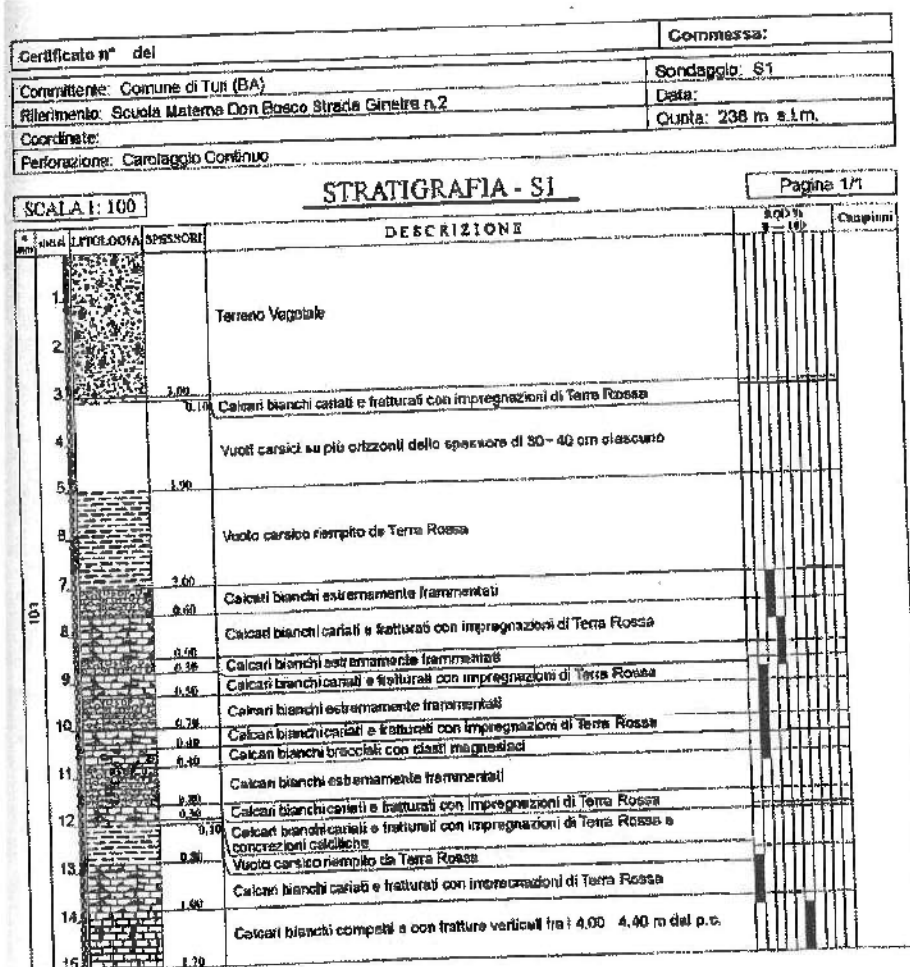
“Gli elettrostrati risultati sono i seguenti:

- un primo elettrostrato (800 ohm*m) di spessore pari a circa 20 m, correlabile ad un ammasso “prevalentemente roccioso” e riferibile a calcari fratturati e carsificati;
- un secondo elettrostrato (300 ohm*m) di spessore pari a circa 20 m, correlabile un ammasso “prevalentemente roccioso” e riferibile a calcari molto fratturati e carsificati;
- un terzo elettrostrato (2000 ohm*m) di spessore pari a circa 70 m, correlabile ad un ammasso ancora “prevalentemente roccioso” e riferibile a calcari poco fratturati e carsificati;
- un quarto elettrostrato (200 ohm*m) di spessore pari a circa 90 m, correlabile ad un ammasso ancora “prevalentemente roccioso” e riferibile a calcari molto fratturati e carsificati.

Nello studio delle condizioni di stabilità del substrato di fondazione dell’edificio scolastico di via Ginestre a Turi di gennaio 2013, si legge che sono state effettuate due perforazioni a carotaggio continuo delle profondità di 15 m cadauna, ubicate nel cortile esterno della Scuola Materna Don Bosco.

“In corrispondenza di entrambi i carotaggi, lo spessore del terreno vegetale è di circa 3 m; si passa dunque immediatamente ad attraversare la roccia calcarea che, al contatto con la copertura agraria si presenta estremamente fratturata ed alterata per uno spessore decimetrico. A partire da circa -5 m l’ammasso roccioso si presenta fratturato, con grado di fratturazione variabile, e con tracce di attività carsica che si manifesta con evidenti arrossamenti sulle superfici di fratturazione e talora con orizzonti alterati e modesti rinvenimenti di roccia argillosa frammista a roccia calcarea scompaginata. Da evidenziare, a varie profondità, alcuni vuoti, ragionevolmente di natura carsica. A intervalli, la roccia tende comunque a presentare caratteristiche fisiche che migliorano con l’aumentare della profondità, in particolare circa il grado di fratturazione che tende a diminuire e con esso la presenza di superfici e/o livelli arrossati. La percentuale di “recuperato” risulta prossima al 65÷70 % mentre l’indice RQD appare estremamente

basso, non superiore al 10%, in virtù del grado di fratturazione dell'ammasso roccioso, valore proprio di un ammasso roccioso dalle caratteristiche tecniche mediocri" (Figura 12).



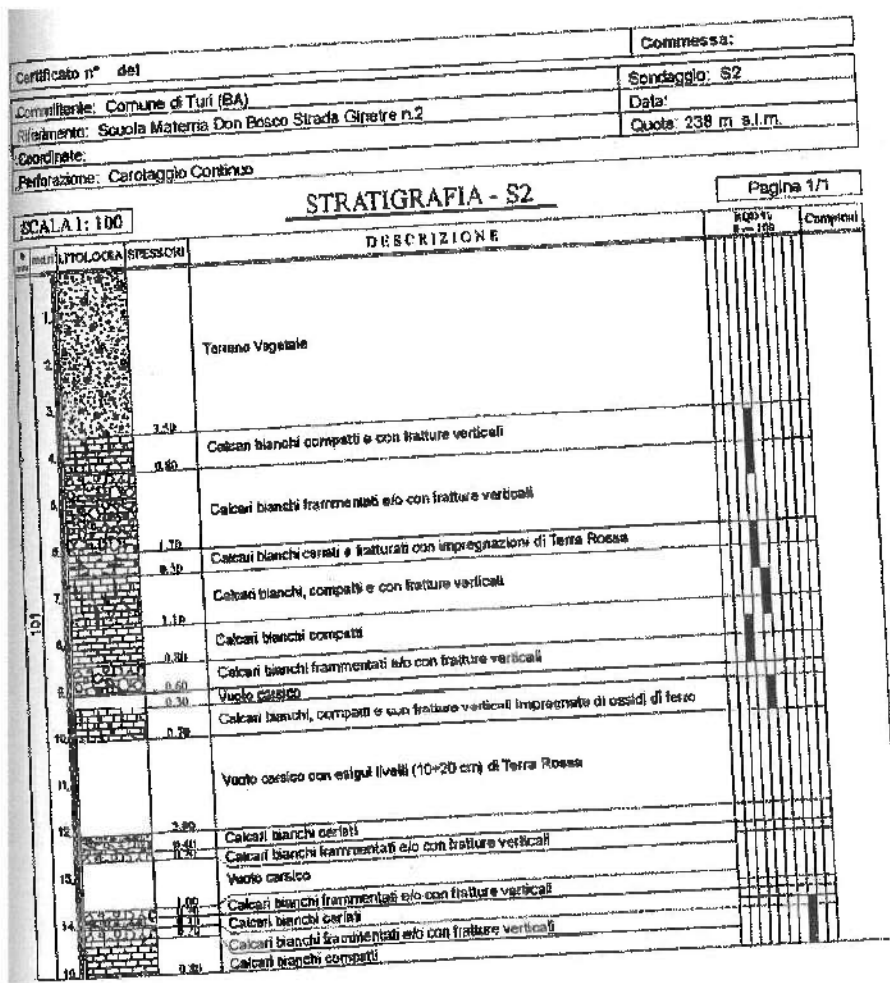


Fig. 12 Modello stratigrafico del sottosuolo

Infine, nella relazione geologica di ottobre 2010, in allegato al progetto esecutivo di adeguamento di recapiti finali e realizzazione di reti di fognatura pluviale si legge che “le prove di laboratorio svolte, in numero di 4, sono state effettuate su 4 campioni ed hanno dato valori di valori di resistenza a compressione variabili in un range relativamente ampio di valori, compreso fra 22,88 MPa e 70,45 MPa, il che evidenzia come la disomogeneità delle caratteristiche fisiche della roccia, si ripercuota chiaramente sulle sue proprietà meccaniche, evidenziando la presenza di livelli poco tenaci alternati ad altri integri, competenti e tenaci.”

7. Modello geomeccanico

Un ammasso roccioso può essere definito come un insieme di blocchi isolati di matrice rocciosa aventi geometria individuata dalle discontinuità di diverso tipo che li separano. La matrice rocciosa si può definire come la porzione di materiale roccia, o roccia intatta, che costituisce i blocchi separati dalle discontinuità; quest'ultime sono invece i piani di origine meccanica o sedimentaria che isolano o separano i blocchi di matrice rocciosa. Di conseguenza, considerare la matrice rocciosa oppure le discontinuità oppure l'ammasso nella sua globalità dipende dalla scala del problema da affrontare.

In generale le tensioni ammissibili sulla roccia sono spesso specificate da vari codici di costruzione autorizzati, per lo più basati o sulla descrizione della roccia in posto o sui valori della resistenza a compressione monoassiale. Nella tabella vengono riportati i valori delle pressioni ammissibili consigliati da varie norme statunitensi in uso, indicate rispettivamente:

Pressioni ammissibili sulle rocce consigliate da varie norme di costruzione [PECK, HANSON e THORNBURN, 1974].

LITOTIPO	Norme (MPa)			
	A	B	C	D
Roccia massiccia in posto (graniti, dioriti, gneiss e calcari)	10,72	10,72	0,2 q.*	1,07
Rocce laminate (scisti e ardiesie in buone condizioni)	4,28	4,28	»	0,43
Calcari stratificati in buone condizioni	4,28	1,6	»	0,43
Rocce sedimentarie includenti argiloscisti duri ed arenarie	2,67	1,6	»	0,32
Rocce debolmente resistenti in posto e degradate (esclusi gli scisti) e calcare degradato	1,07		»	
Argiloscisti soffici	0,43		»	

* q_u è la resistenza a compressione uniassiale.

A = BUILDING OFFICIALS CONFERENCE OF AMERICA (1968)

B = NATIONAL BUILDING CODE (1967)

C = UNIFORM BUILDING CODE (1964)

D = LOS ANGELES CODE (1959).

La resistenza del materiale roccia si determina indagando il comportamento a rottura di un provino integro in laboratorio. La finalità è quella di determinare il criterio di rottura ossia le espressioni analitiche che consentono di rappresentare la resistenza in funzione degli sforzi applicati e delle proprietà intrinseche, per permettere una previsione di quando e come avviene la rottura in sito. Il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, semplice ma poco realistico, esprime la relazione tra gli sforzi normali e tangenziali che agiscono al momento della rottura attraverso una funzione lineare tra i parametri di resistenza al taglio del materiale, coesione e angolo di attrito interno. Probabilmente, la resistenza della roccia base in situ è dello stesso ordine di grandezza di quella del calcestruzzo di fondazione. Ciò non è vero ovviamente se la roccia non è integra. La presenza frequente di serie di fessure può aumentare drasticamente la compressibilità delle masse rocciose che è in stretta relazione con la suddivisione e la dimensione dei giunti sia essi se sono stretti o aperti e sia se essi sono riempiti o ricoperti con sedimenti più compressibili. Per tener conto di tale possibilità, è pratica comune usare coefficienti di sicurezza elevati e, nel caso di semplice contatto tra roccia e calcestruzzo, di considerare non più della resistenza a compressione di quest'ultimo come capacità portante del terreno fondazionale.

Nella realtà, le conoscenze locali riferiscono di un sottosuolo roccioso carbonatico, stratificato e mediamente fratturato, tanto che la resistenza della matrice non corrisponde a quella dell'ammasso per cui si fa riferimento all'algoritmo di Manev al fine di tener conto delle caratteristiche di sito che cambiano sensibilmente la resistenza della roccia in termini di tensione di rottura e/o coesione intesa come contributo fornito dalla compattezza e dalla cementazione dei pori. Adottando il criterio di rottura di Mohr-Coulomb, la resistenza al taglio in presenza di sollecitazioni addotte in condizioni non drenate, dipende unicamente dalla coesione. Infatti, se il numero delle fratture in un metro di perforazione è elevato allora il primo termine dell'espressione che ingloba questa condizione diviene algebricamente ininfluente.

$$\sigma_{cs} = \sigma_{cc} (0.114e^{-0.48(f-2)} + 0.02) \cong \sigma_{cc} \times 0.02 = \rightarrow \text{Calcare di Bari} \\ = 45 \text{ MPa} \times 0.02 = 0.9 \text{ MPa} = 0.9 \text{ N/mm}^2$$

σ_{cs} = resistenza di sito dei calcari fratturati

σ_{cc} = resistenza del campione

f = frequenza delle fratture

Per determinare le pressioni ammissibili in una fondazione su roccia, non è consentito usare la capacità portante così calcolata considerando l'ammasso un continuo equivalente, in quanto ci sono elementi di incertezza legati all'esatta valutazione delle proprietà e del comportamento della roccia, alla localizzazione delle discontinuità e agli effetti di scala.

Se la roccia è interessata da giunti, il meccanismo di rottura potenziale dipende dalle dimensioni dell'area caricata, dalla distanza e dall'apertura dei giunti nonché dall'ubicazione del carico. Quando la distanza fra i giunti è una frazione della lunghezza della fondazione; se i giunti sono aperti la fondazione è sostenuta da pilastri di roccia che si comportano sostanzialmente come se fossero isolati e la capacità portante limite si avvicina alla somma delle resistenze a compressione semplice dei pilastri di roccia; tuttavia la capacità portante complessiva è sempre minore della somma delle resistenze dei singoli pilastri perché non tutti hanno la stessa rigidità e alcuni cederanno prima che gli altri raggiungano la loro capacità limite. Se i giunti sono chiusi, così che le tensioni vengono trasmesse attraverso di essi senza spostamenti, il meccanismo di rottura è essenzialmente quello descritto dall'analisi di Bell - Terzaghi. Partendo da ciò, il comportamento della roccia al di sotto della fondazione è di tipo fragile. Davis e Booker hanno proposto un'espressione per il calcolo della capacità portante partendo dall'assunzione che nell'istante che precede il superamento della stessa il materiale si trovi in condizioni di resistenza residua, che tutta la coesione sia stata distrutta e che l'angolo di attrito sia lo stesso di un materiale intatto. Su questi ipotesi, la relazione è:

$$\sigma_{amm} = 2ctg^2(45 + \varphi/2) = 2 \cdot 0.26 MPa \cdot tg^2(45 + 15.4) = 0.49 MPa = 0.49 N/mm^2.$$

Dalle diffuse classificazioni visive dell'ammasso, secondo Hoek, per ragioni operative, si può trarre un unico e mediato valore del GSI, facendo riferimento ad una tabella proposta dagli autori per ricavarne una stima tramite semplice ispezione visiva, in base alla classificazione dell'ammasso roccioso e delle sue superfici di discontinuità, nelle condizioni in esame assunto pari a 30.

GEOLOGICAL STRENGTH INDEX		DISCONTINUITY SURFACE CONDITION			
STRUCTURE		VERY GOOD Very rough, unweathered surfaces	GOOD Rough, slightly weathered, iron stained surfaces	FAIR Smooth, moderately weathered or altered surfaces	POOR Slackensided, highly weathered surfaces with compact coatings or fillings containing angular rock fragments
	BLOCKY - very well interlocked undisturbed rock mass consisting of cubical blocks formed by three orthogonal discontinuity sets	80	70		
	VERY BLOCKY - interlocked, partially distributed rock mass with multifaceted angular blocks formed by four or more discontinuity sets		60	50	
	BLOCKY/FOLDED - foliated and faulted with many intersecting discontinuities forming angular blocks			40	30
	CRUSHED - poorly interlocked, heavily broken rock mass with a mixture of angular and rounded blocks				20
					10

Poiché l'involuppo a rottura è palesemente curvilineo, in alternativa al criterio di Mohr-Coulomb si considera la legge non lineare proposta da Hoek e Brown che hanno introdotto alcuni parametri empirici per cui la resistenza a compressione monoassiale dell'ammasso di roccia diviene:

$$\sigma_{cs} = \sigma_{cc} \cdot S^n$$

mentre la resistenza monoassiale a trazione di un buon ammasso roccioso ($GSI > 25$, $n = 0,5$) è:

$$\sigma_{ts} = \sigma_{cc}.$$

σ_{ts} = resistenza a trazione di sito

Nel caso di fondazioni su roccia, la resistenza mobilitata è certamente a compressione per cui si determinano i seguenti valori.

$$s = e^{\left(\frac{GSI-100}{9}\right)} = e^{\left(\frac{30-100}{9}\right)} = e^{\left(\frac{-70}{9}\right)} = e^{-7.8} = 0.0004$$

$$\begin{cases} n = 0,5 & \text{per } GSI \geq 25 \\ n = 0,65 - \frac{GSI}{200} & \text{per } 10 \leq GSI < 25 \\ n = 0,60 & \text{per } GSI < 10 \end{cases}$$

$$\sigma_{cs} = 45 MPa \times 0.0004^{0.5} = (45 \times 0.02) MPa = 0.9 MPa = 0.9 N / mm^2$$

Nella roccia alterata e nei calcari carsificati, la superficie del fondo può essere indefinibile e le proprietà della roccia possono variare ampiamente entro brevi distanze verticali o orizzontali rendendo difficoltoso l'accertamento delle caratteristiche meccaniche della roccia di fondazione e del carico ammissibile. In particolare, nel caso di calcari carsificati, il sottosuolo può celare la presenza di grotte, strati di materiale di riempimento e detriti di origine clastica e chimica di qualità non prevedibile.

Comunque, le terre rosse hanno dal punto di vista granulometrico frazione argillosa compresa tra il 66% e il 87%, frazione limosa compresa tra il 7% e il 22% ed una frazione sabbiosa compresa tra il 4% e il 15%. Quindi può classificarsi come deposito limoso-argilloso. Dal punto di vista mineralogico, la frazione sabbiosa di tale materiale

risulta costituita da quarzo, miche, minerali di ferro e vetro, mentre la frazione limoso-argillosa, in cui si rinviene caolinite e subordinatamente, montmorillonite, risulta costituita da grumi informi chimicamente caratterizzati dalla presenza di ossidi ferro e alluminio. Sinteticamente, si possono assumere i valori di $1.8-2.0 \text{ g/cm}^3$ e $1.45-1.65 \text{ g/cm}^3$ per il peso di volume ed il peso di volume secco.

La consistenza delle terre rosse può variare notevolmente in funzione delle condizioni di giacitura e di esposizione del deposito; si possono rinvenire in tal modo sia depositi normal consolidati, sia depositi in regime capillare o fortemente essiccati, e quindi notevolmente sovraconsolidati, sia, infine, depositi addirittura diagenizzati a seguito di precipitazione carbonatica. In ogni caso, il contrasto di rigidità rispetto ai vicini calcari, e la loro maggiore erodibilità, determina, salvo situazioni particolari, una spiccata anisotropia.

8. Terreno di fondazione

Sebbene il territorio sia caratterizzato da uno schema geologico-strutturale e idrogeologico alquanto semplice, il comportamento fisico-meccanico dei terreni affioranti e le problematiche geotecniche che ne derivano risultano piuttosto articolate.

Per la ricostruzione del modello geofisico del sito è stata eseguita un'indagine di sismica superficiale caratterizzata dalla combinazione tra la tecnica di sismica a rifrazione con onde di volume longitudinali (o onde P) e il metodo di analisi spettrale delle onde di superficie (Rayleigh) con tecnica MASW che permette di determinare l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali.

L'indagine in loco è consistita nella realizzazione di n.1 rilievo sismico a rifrazione in onda P (sigla: AA'), con interpretazione tomografica dei dati di velocità delle onde P e nell'esecuzione di n.1 prospezione sismica con metodo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves) sulla stessa traccia del rilievo sismico a rifrazione AA', al fine di ottenere il profilo verticale delle onde S (Vs) nella posizione baricentrica dell'allineamento (Figura 13).

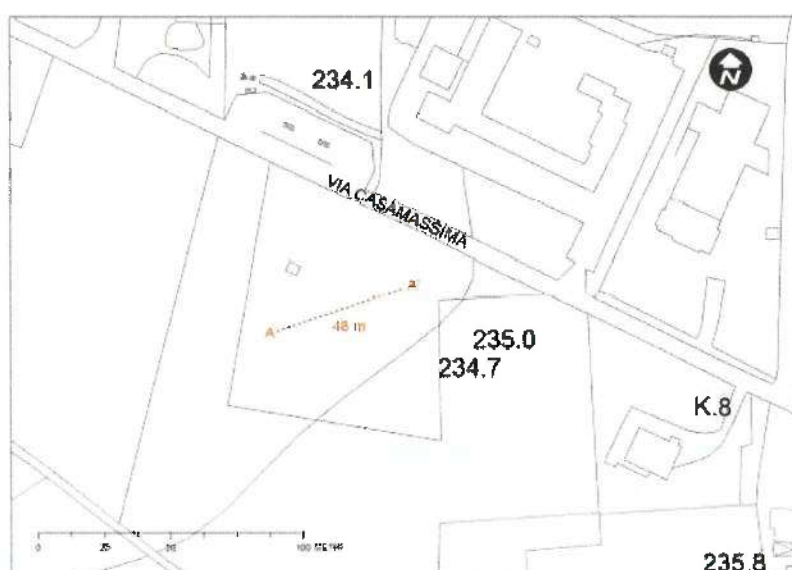


Fig. 13 Ubicazione dello stendimento sismico su stralcio planimetrico

Dal risultato dell'analisi sismica eseguita è possibile rilevare essenzialmente la presenza di tre sismostrati con differenti valori di velocità delle onde sismiche longitudinali P. Nel primo sismostrato, che dal piano campagna si spinge sino a circa 4.0m di profondità, si sono riscontrati valori di velocità di propagazione delle onde longitudinali P comprese tra 300 m/s e 1500 m/s (Sismostrato I). Nel secondo sismostrato (Sismostrato II) che raggiunge la profondità di circa 15 m, i valori delle onde P registrati sono compresi tra 1500 m/s e 3000 m/s. Nel terzo sismostrato (Sismostrato III) infine, caratterizzato da un aumento delle velocità sismiche, i valori delle onde P registrati da 3000 m/s raggiungono valori superiori a 4500 m/s (alle profondità indagate). Assimilando i valori delle velocità di propagazione delle onde P alle litologie presenti nell'area come da indagini pregresse, in prima analisi si può affermare che il sismostrato superficiale (Sismostrato I) è riferibile a terreni di riporto di natura calcarea e/o roccia in posto, il secondo invece a calcari fratturati (Sismostrato II) mentre il terzo sismostrato può essere ricondotto al substrato calcareo mesozoico da fratturato a compatto (Sismostrato III).

In pratica, masse di rocce compatte esenti da zone alterate, fessure o altri difetti si incontrano raramente. Spesso accade che l'esistenza e l'ubicazione di difetti o accidenti rimangono ignoti fino al momento dello scavo o finché non si manifestano comportamenti inaspettati nelle fondazioni.

Secondo le Norme Tecniche di Costruzione 2018, il terreno appartiene alla categoria di sottosuolo A (ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi) con la velocità delle onde S entro i primi trenta metri di profondità superiore a 800 m/s.

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1..n} \frac{h_i}{V_{S,i}}} = 952 \text{ m/s} > 800 \text{ m/s}$$

9. Azione sismica di sito

La sismicità dell'area in esame è da considerarsi alla luce delle disposizioni stabilite dall'Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 n. 3274, modificata in un primo momento dall'OPCM 2 ottobre 2003 n. 3316 e successivamente dall'OPCM 3 maggio 2005 n. 3431, tutte riguardanti le normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. Sulla base di studi elaborati in considerazione di dati storici e di rilevazioni strumentali acquisite nell'arco di circa venti anni dall'Osservatorio sismologico dell'Università di Bari, il territorio di Turi(Ba), in passato non considerato nel novero dei comuni a rischio, è stato definito zona 3 nella classificazione sismica d'ambito nazionale. L'area in oggetto è, pertanto, sottoposta alla normativa antisismica come peraltro confermato con deliberazione di G. R. n. 153 del 2 marzo 2004. Detta classificazione si basa sul valore dell'accelerazione orizzontale massima del suolo con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, corrispondente a eventi sismici con tempi di ritorno di 475 anni.

Le Norme Tecniche per le Costruzioni e l'OPCM del 28 aprile 2006 n. 3519 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo mirati criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante una analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle categorie di sottosuolo e della definizione di una pericolosità di base fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali parametri spettrali riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T_c^*). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. Secondo le NTC la zona in questione è caratterizzata da un'accelerazione compresa tra 0.050 - 0.075 g, come evidenziato nella mappa di pericolosità sismica per il sito con probabilità di

eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli rigidi (categoria A, $V_{s,eq} > 800$ m/sec), ad un periodo di ritorno $T_r = 475$, corrispondente ad una vita nominale dell'opera $V_N = 50$ anni e ad un coefficiente d'uso $C_u = 1$ (struttura ordinaria) ovvero tutti parametri legati tra loro dalla seguente formula $T_r = -V_R / \lg(1 - P_{VR})$ dove $V_R = V_N \cdot C_u$.

Valori dei parametri per la definizione del periodo di ritorno

P_{v_k} (Stato Limite)	C_u	V_N [anni]
81% Operatività (SLO)	0.7 (I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1.0 (II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della vita (SLV)	1.5 (III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2.0 (IV. Strutture strategiche)	

L'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, è definita a partire dalla pericolosità sismica di base che, con l'entrata in vigore del D.M. del 14 gennaio 2008, deve essere stimata alla scala dell'intervento e non più in termini di macrozone.

I parametri relativi all'opera in progetto e indispensabili per la stima della pericolosità sismica di base, secondo quanto prescritto dalle NTC 2008, sono:

- tipo di costruzione;
- vita nominale (V_N);
- classe d'uso;
- coefficiente d'uso (C_u);
- periodo di riferimento per l'azione sismica ($V_r = V_N \times C_u$);
- categoria topografica (T_n).

I parametri sismici per definire le forme spettrali per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale sono:

- accelerazione orizzontale massima al sito (a_g);
- valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_0);

- periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T_c^*).

L'individuazione dei coefficienti sismici di cui si riportano i valori è stata effettuata tramite software.

Parametri sismici

Tipo di elaborazione: Stabilità dei pendii

Sito in esame.

latitudine: 40,919906

longitudine: 17,013888

Classe: 2

Vita nominale: 50

Siti di riferimento

Sito 1 ID: 32576 Lat: 40,9307 Lon: 16,9980 Distanza: 1791,375

Sito 2 ID: 32577 Lat: 40,9286 Lon: 17,0641 Distanza: 4325,020

Sito 3 ID: 32799 Lat: 40,8786 Lon: 17,0613 Distanza: 6080,139

Sito 4 ID: 32798 Lat: 40,8807 Lon: 16,9953 Distanza: 4631,830

Categoria sottosuolo: A

Categoria topografica: T1

Periodo di riferimento: 50anni

Coefficiente cu: 1

Operatività (SLO):

Probabilità di superamento: 81 %

Tr: 30 [anni]

ag: 0,025 g

Fo: 2,385

T_c^* : 0,224 [s]

Danno (SLD):

Probabilità di superamento: 63 %

Tr: 50 [anni]

ag: 0,032 g

Fo: 2,419
Tc*: 0,279 [s]

Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento: 10 %
Tr: 475 [anni]
ag: 0,065 g
Fo: 2,686
Tc*: 0,502 [s]

Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento: 5 %
Tr: 975 [anni]
ag: 0,083 g
Fo: 2,663
Tc*: 0,536 [s]

Coefficienti Sismici

SLO:

Ss: 1,000

Cc: 1,000

St: 1,000

Kh: 0,005

Kv: 0,003

Amax: 0,247

Beta: 0,200

SLD:

Ss: 1,000

Cc: 1,000

St: 1,000

Kh: 0,006

Kv: 0,003
 Amax: 0,313
 Beta: 0,200
 SLV:
 Ss: 1,000
 Cc: 1,000
 St: 1,000
 Kh: 0,013
 Kv: 0,006
 Amax: 0,636
 Beta: 0,200
 SLC:
 Ss: 1,000
 Cc: 1,000
 St: 1,000
 Kh: 0,017
 Kv: 0,008
 Amax: 0,815
 Beta: 0,200

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Geostru software - www.geostru.com

Coordinate WGS84

latitudine: 40.918928

longitudine: 17.013078

10. Analisi dei rischi

- Dati i rapporti strutturali tra gli strati e le loro caratteristiche intrinseche e d'ammasso, è appurata l'inesistenza di dissesti in atto a piccola scala per cui i terreni appaiono esenti da fenomeni di instabilità anche se, in sede di scavo, occorre tener conto dei prodotti dell'alterazione e del carsismo.
- Al fine di preservare le condizioni drenate, bisogna provvedere ad un efficace sistema di raccolta e smaltimento delle acque meteoriche in linea con gli adempimenti del R.R. 26/2013.
- Si evidenziano gli effetti del modellamento idraulico quali solchi di incisione o depressioni con probabilità di inondazione connessi ad eventi meteorici di portata eccezionale che restano delimitati e siti a debita distanza.
- L'area in esame non ricade in zone perimetrate a pericolosità idraulica e/o a rischio idraulico o a pericolosità geomorfologica come evinto dagli elaborati grafici del Piano di Assetto Idrogeologico aggiornato (Figura 14).



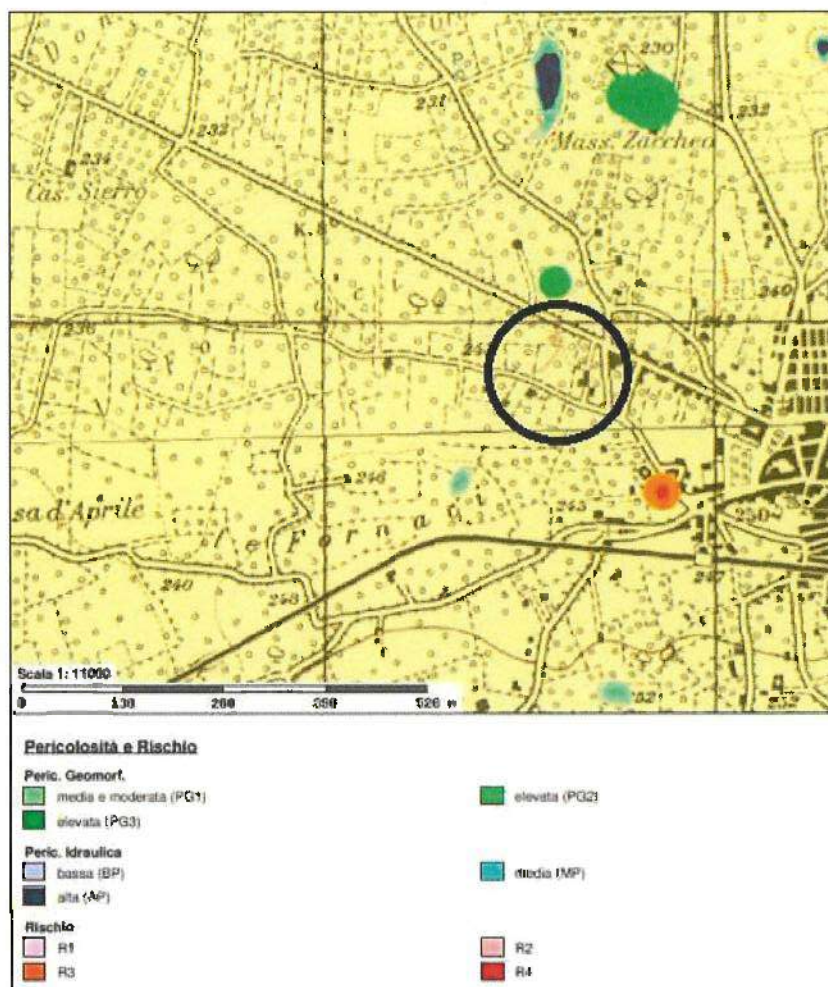


Fig. 14 Stralcio del PAI su ortofoto e IGM (scale modificate)

11. Conclusioni

Tutti gli aspetti esposti nella relazione permettono di delineare la seguente sintesi del quadro geologico, geomorfologico, idrogeologico e geomeccanico relativo al Piano Urbanistico Esecutivo – Area tipizzata B/C – Maglia Via Casamassima Via Vecchia Casamassima Strade di P.U.G. del Comune di Turi.

- Il sedime su cui deve insistere la struttura sarebbe costituito esclusivamente da un unico litotipo riferibile alla formazione del Calcere di Bari che presenterebbe un andamento suborizzontale degli strati ed una consistenza dell'ammasso da fratturata a compatta, al di sotto della copertura superficiale di riporto, terre agrarie e residuali.
- Dati i rapporti strutturali tra gli strati e le loro caratteristiche intrinseche e d'ammasso, è appurata l'inesistenza di dissesti in atto a piccola scala per cui i terreni appaiono esenti da fenomeni di instabilità anche se, in sede di scavo, occorre tener conto dei prodotti dell'alterazione e del carsismo.
- Considerando la massima escursione piezometrica, le ulteriori variazioni legate alla ricarica stagionale, le tendenze dell'innalzamento eustatico nei prossimi anni e l'altezza di risalita capillare, la falda idrica sotterranea non interferisce con il piano di posa delle fondazioni.
- Il sottosuolo di fondazione, in merito a quanto espresso dall'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003, recepita dalla Regione Puglia nel marzo 2004 con DGR Puglia 2 marzo 2004, dalle modifiche allo stesso apportate dal Consiglio dei ministri con ordinanza n. 3431 del 03.05.2005, dal D. M. del 17/01/2018 e relativa circolare esplicativa dell'anno seguente, è riferibile alla Categoria A ($V_{s,eq} > 800$ m/s) della classificazione di cui alla tabella n. 3.2.II delle Norme Tecniche di Costruzione vigenti.

- In relazione alle possibili strutture, è idonea l'impostazione di fondazioni superficiali di tipo continuo fermo restando l'asportazione del materiale terroso e la bonifica del piano di posa mediante getto di calcestruzzo magro.
- Visti i valori di resistenza del terreno, non si porrebbero problemi di cedimenti qualora le fondazioni trasmettano carichi di esercizio cautelativamente fino a 0.4 MPa.

Tanto in virtù dell'incarico conferito dalla committenza, sottolineando e ribadendo che il materiale lapideo in sito è da considerarsi un mezzo anisotropo ossia caratterizzato da sensibili variazioni reologiche sia in senso orizzontale sia in senso verticale, sebbene le soluzioni prescritte risultino accettabili in rapporto a tali limiti.

Pertanto non si segnalano limitazioni di natura geologica alla pianificazione in essere però si ritiene necessaria la verifica di quanto sopra, durante le successive fasi di progettazione.

Turi, agosto 2019

dott. geol. Fabio Luparelli

