

COMUNE DI MOLFETTA
SPORTELLO UNICO EDILIZIA E TERRITORIO

COMMITTENZA :

GADALETA BUILDING S.r.l.
via Molfettesi D'Australia, 16 - Molfetta

PIANO DI LOTTIZZAZIONE DGC N° 76 DEL 31/10/2017
COMPARTO Ca via Terlizzi - MAGLIA B

VARIANTE

INTEGRATA CON ART. 12 D.Lgs n° 28/2011 - ART. 12 L.R. Puglia n° 13/2008

RELAZIONE GEOLOGICA

NOTE :

COMMITTENZA

GADALETA BUILDING srl
Via Molfettesi d'Australia, 16
70056 MOLFETTA (Ba)
Part. Iva: 06950760725

IMPRESA ESECUTRICE

PROGETTO ARCHITETTONICO E DIREZIONE LAVORI :

ing. Rocco Altomare



RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA :

geologo
Ignazio L. Mancini

TAVOLA / ELABORATO:

D

SCALA:

DATA: **Ottobre 2022**



AGG.:

AGG.:

AGG.:

Il progettista si riserva la proprietà del presente elaborato e ne vieta la riproduzione anche parziale.

Studio di geologia tecnica
Ignazio Luciano Mancini
Geologo
Via T. Fiore, 14 – 70056 Molfetta (Ba)
Telefax 080 3346819 - email: imancini@libero.it

OGGETTO	Progetto per la realizzazione delle Ville A1, A2, A3, A4 e A5 Comparto Ca – maglia B Via Terlizzi Comune di Molfetta (Ba)	
DENOMINAZIONE	Relazione geologica	
COMMITTENTE	GADALETA BUILDING s.r.l.	
DATA	marzo 2022	geol. 50/2022
Geologi	Geol. Ignazio L Mancini   Geol. Ivan Mancini	

Premessa

Su incarico conferito a chi scrive dalla GADALETA BUILDING s.r.l., è stato redatto il seguente studio geologico sui terreni interessati dal progetto per la realizzazione di ville unifamiliari A1, A2, A3, A4 e A5, nel Comparto Ca – Maglia B, nel comune di Molfetta (Ba).

L'area ricade nel **F° 177** della Carta Topografica d'Italia ed è posta ad una quota di circa + **41.00 m.**

Il presente studio è stato redatto in conformità **DM 17.01.2018** delle "Norme Tecniche per le Costruzioni" ed alla Circ. Min. n. 7 del 21/01/2019.

Si riportano indagini indirette di tipo geofisico eseguite nel lotto d'intervento. Per le finalità di cui all'oggetto sono stati effettuati sopralluoghi nel sito in epigrafe con raccolta dati e rilevamento geologico di dettaglio, inoltre sono state visionate le foto aeree della zona.

Il Comune di Molfetta (Ba) con Ordinanza P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 è stato classificato come zona sismica di bassa categoria ($Z = 3$), per cui particolare attenzione è stata rivolta anche a tale aspetto.

Il territorio non ricade nelle aree perimetrate dall'A.d.B./Puglia come zone a rischio di inondazione, per cui non esistono limitazioni alla realizzazione del progetto in epigrafe che, nel rispetto delle leggi vigenti non apporterà modificazioni sostanziali all' habitat esistente.

1. Ubicazione dell'intervento e caratteristiche progettuali

L'area ricade nel **F° 177** della Carta Topografica d'Italia ed è posta ad una quota di circa + **41.00 m.**

Il progetto prevede la realizzazione di cinque ville unifamiliari composte da un piano semi-interrato e da un piano rialzato.

Per quanto riguarda le fondazioni sarà realizzata una platea in c.a., quindi per il calcolo della resistenza del terreno si andrà a prendere in considerazione una striscia di larghezza unitaria ovvero avente $B= 1.0$ m.

La zona, riportata nella foto aerea che segue, viene individuata dalle seguenti coordinate UTMWGS8433T:

- 633145.00 m. lat. E;
- 4560907.00 m. long. N.

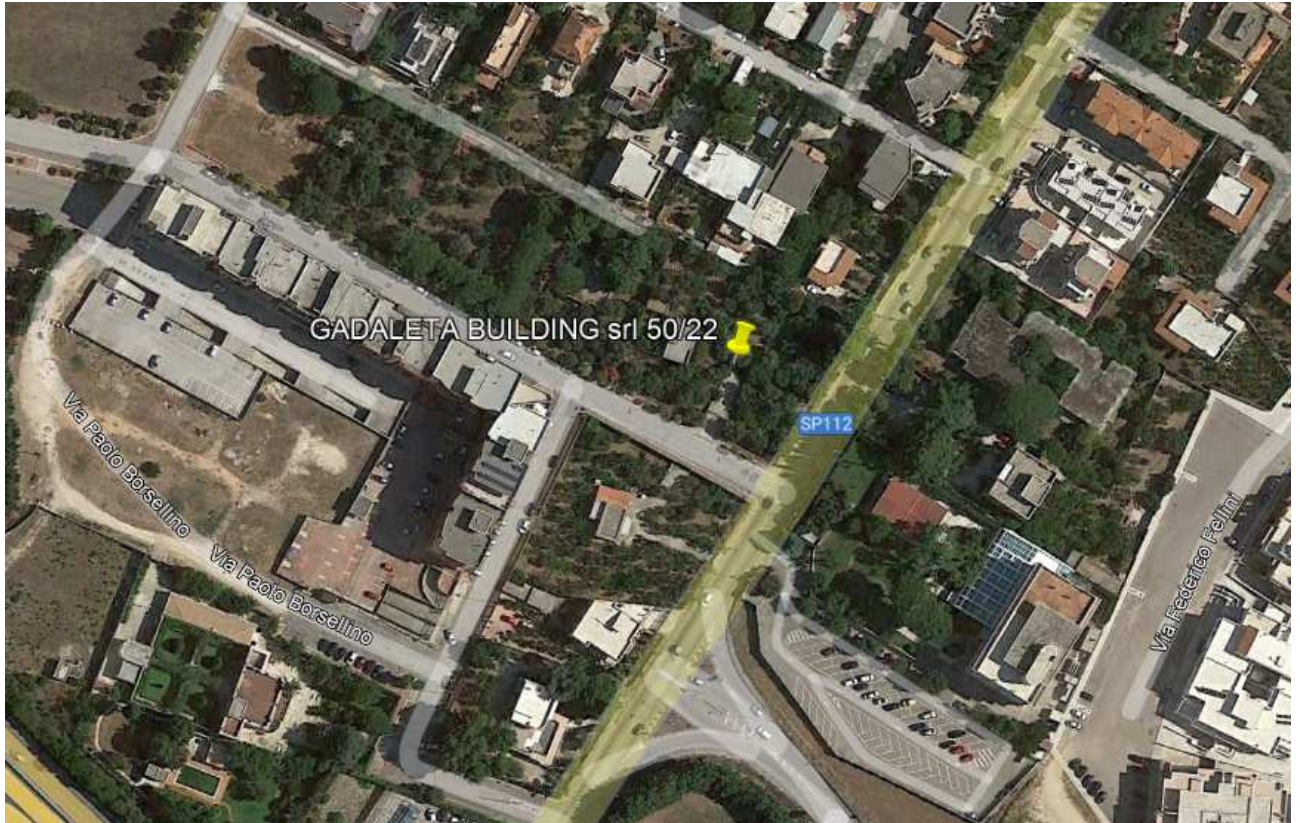
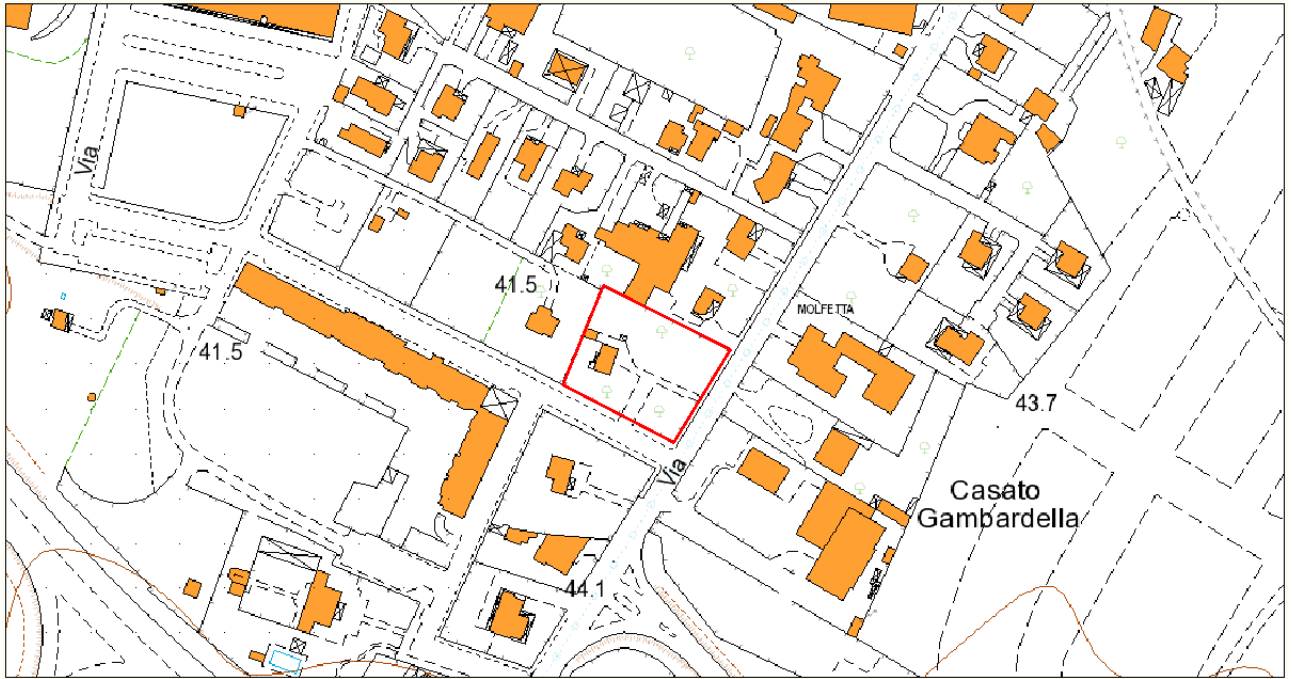


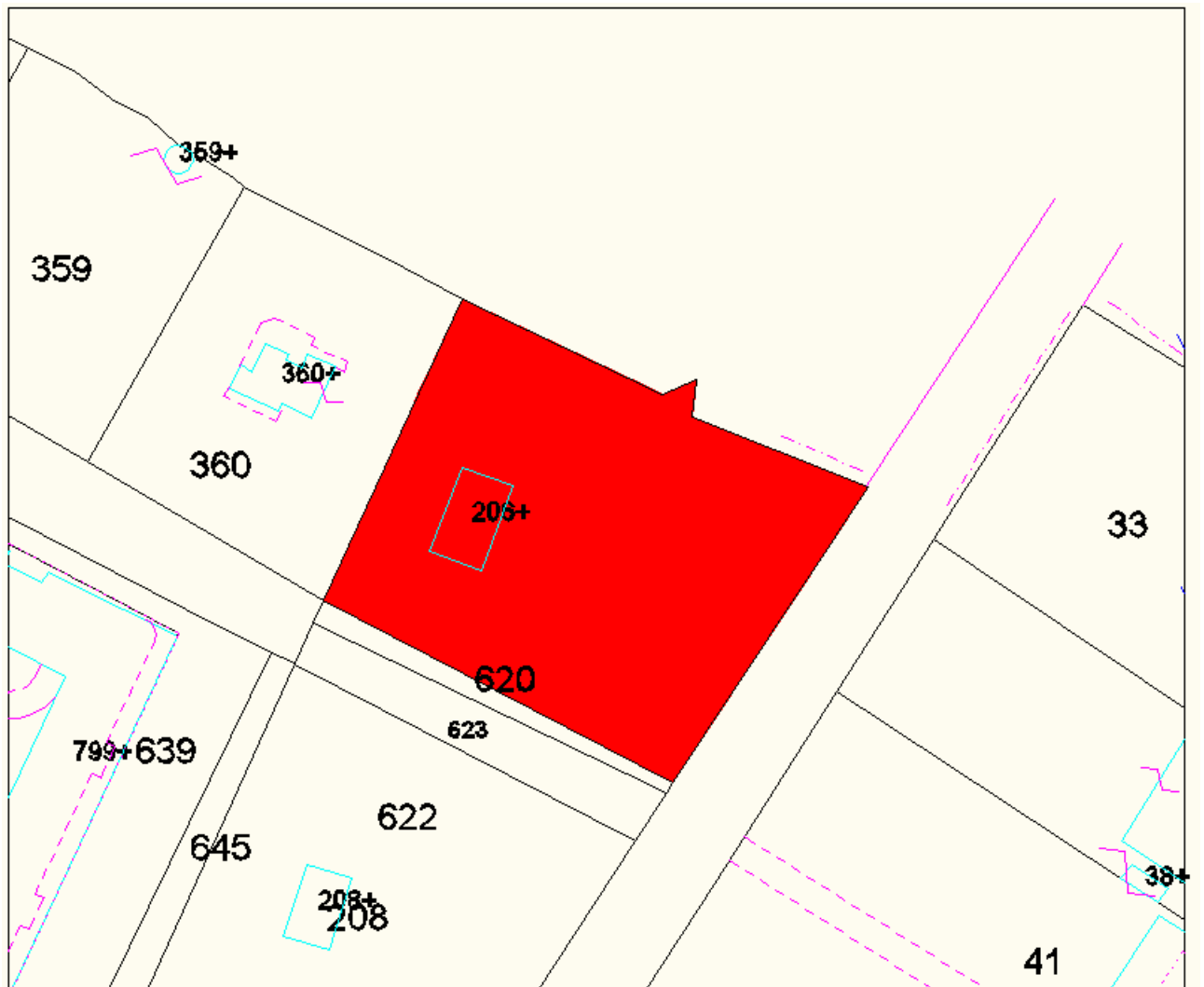
Foto aerea

Nelle figure che seguono si riportano:

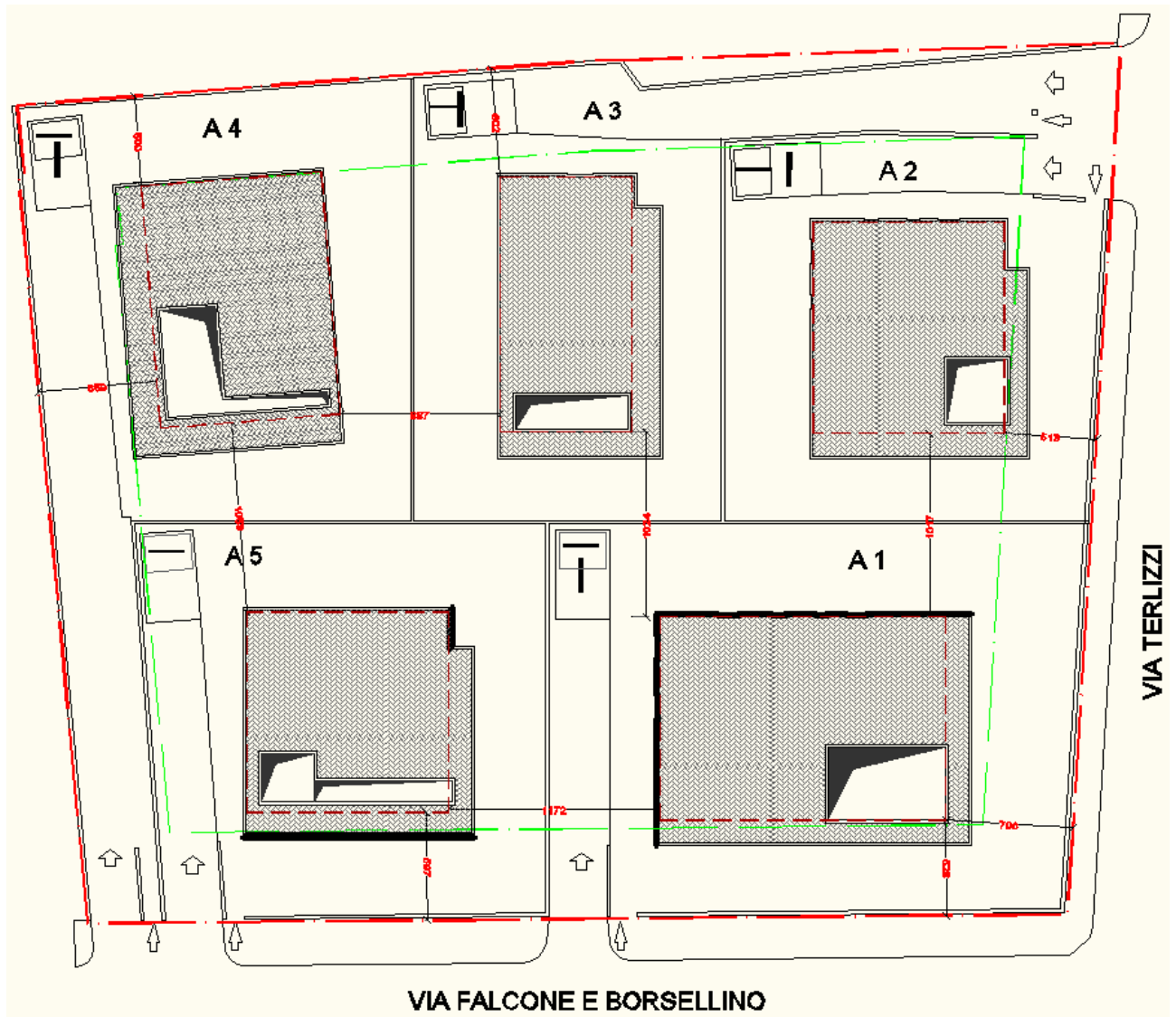
- stralcio CTR;
- stralcio catastale;
- planimetria generale;
- pianta piano rialzato A1;
- sezione A1;
- pianta piano rialzato A2;
- sezione A2;
- pianta piano rialzato A3;
- sezione A3;
- pianta piano rialzato A4;
- sezione A4;
- pianta piano rialzato A5;
- sezione A5.



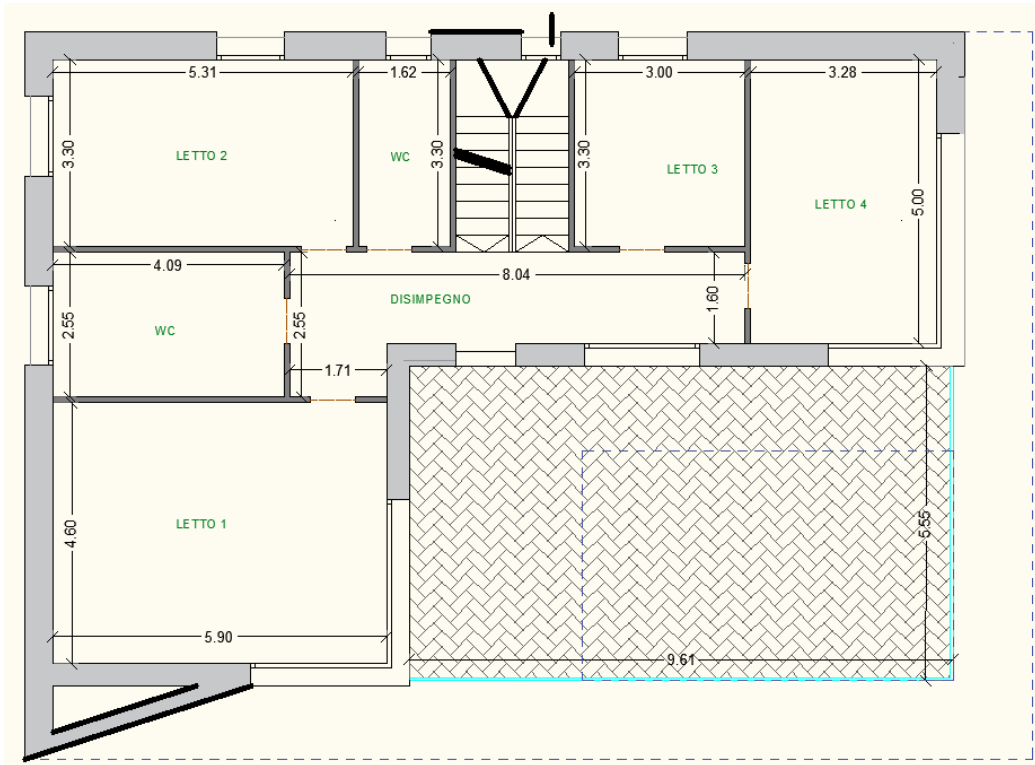
Stralcio CTR



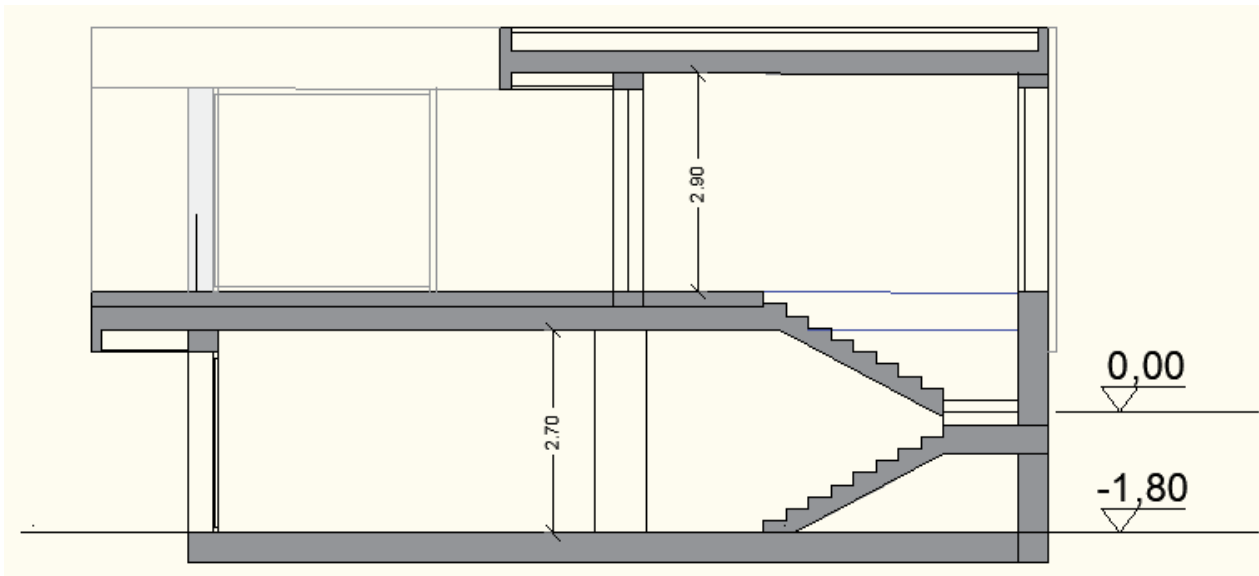
Stralcio catastale



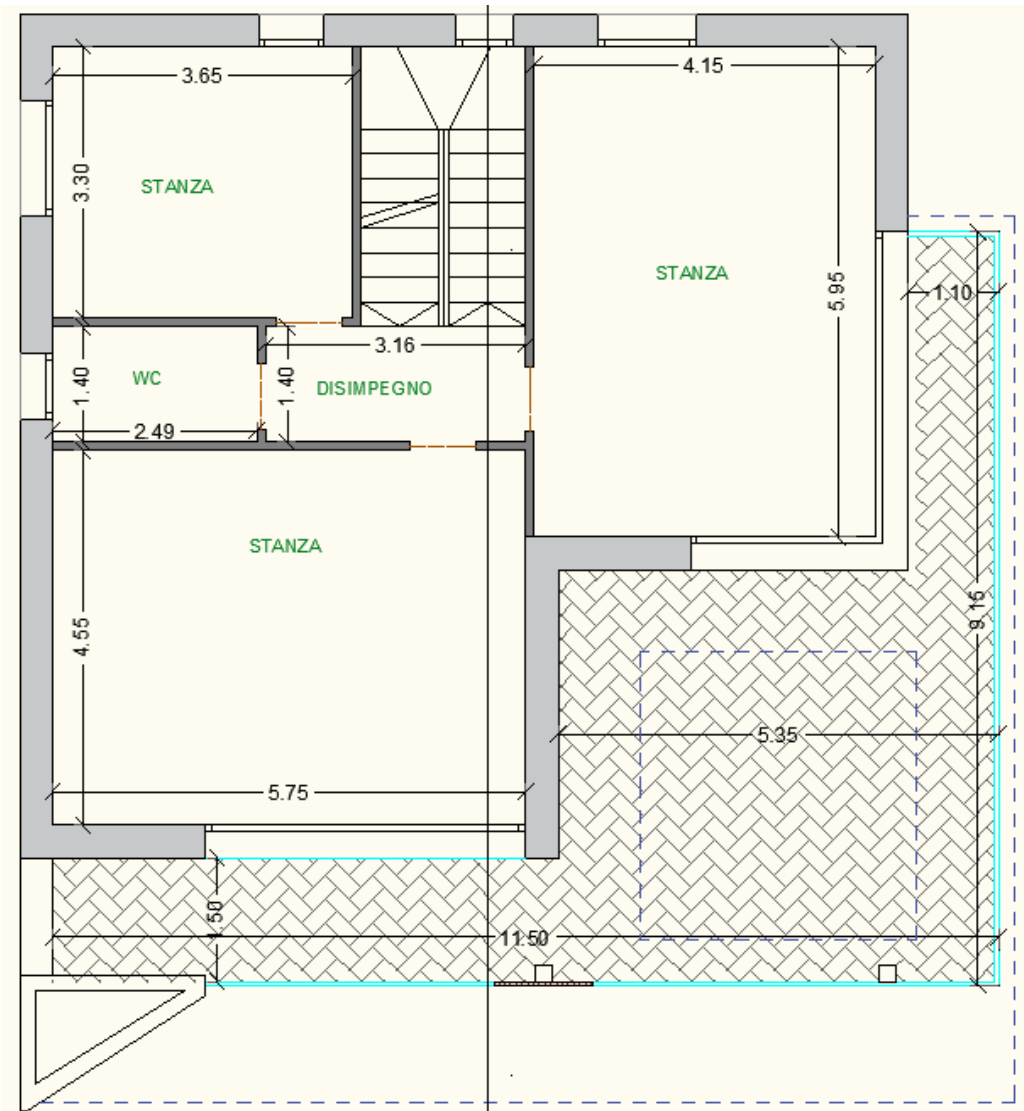
Planimetria generale



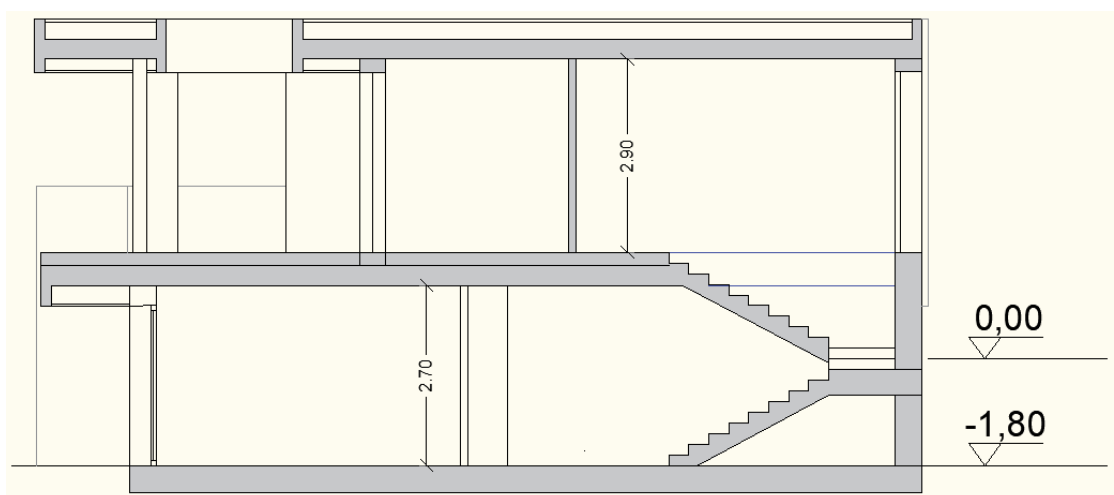
Pianta piano rialzato A1



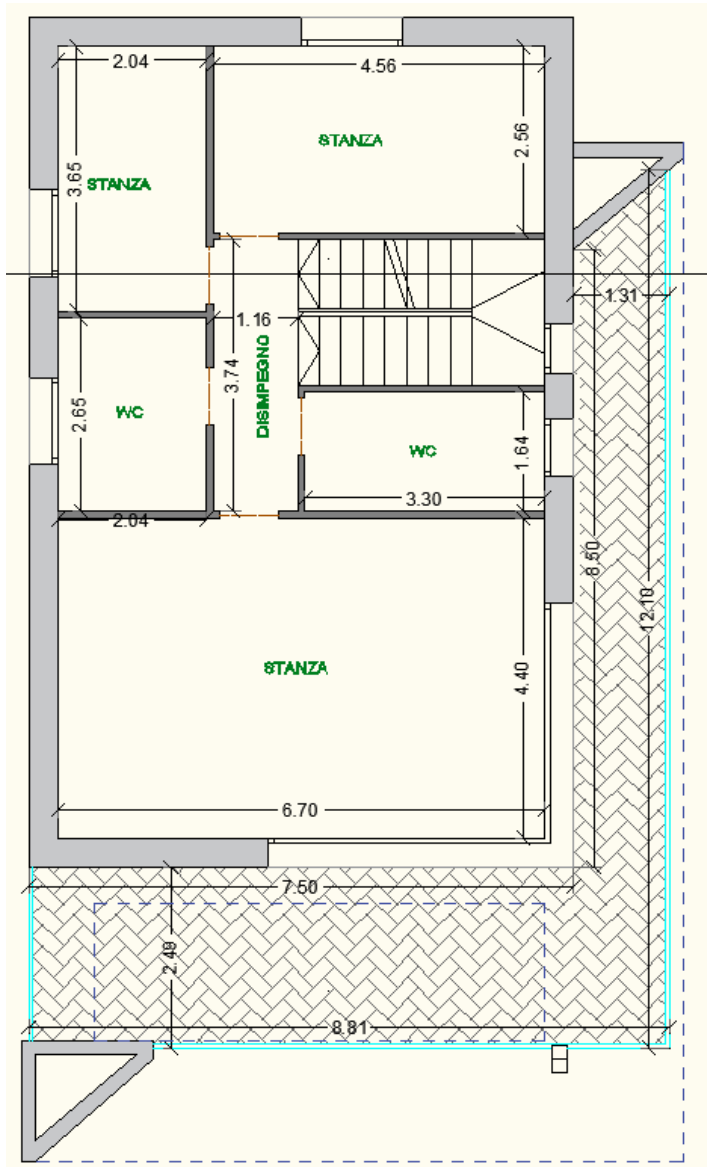
Sezione A1



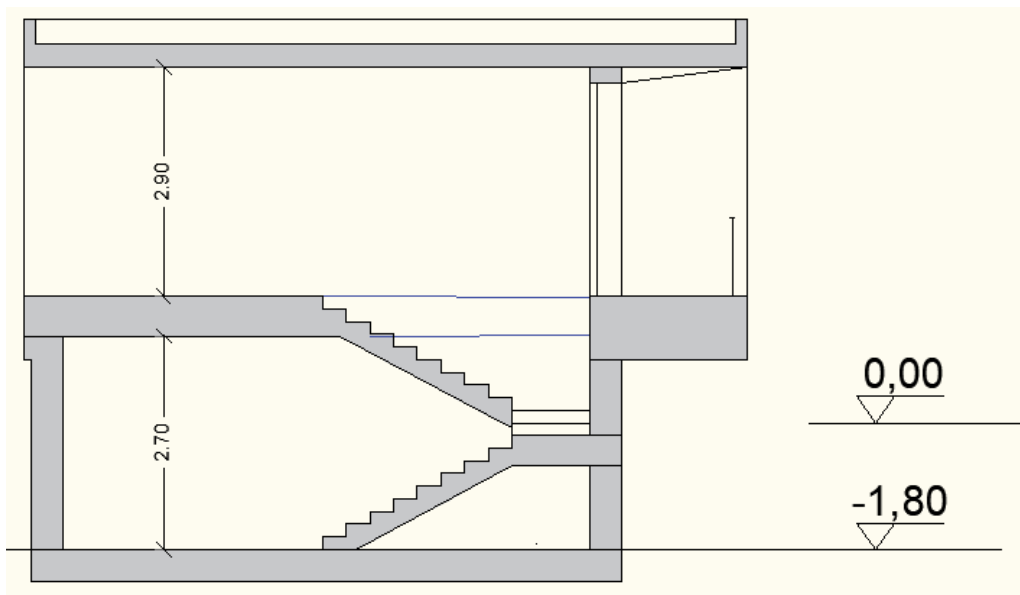
Pianta piano rialzato A2



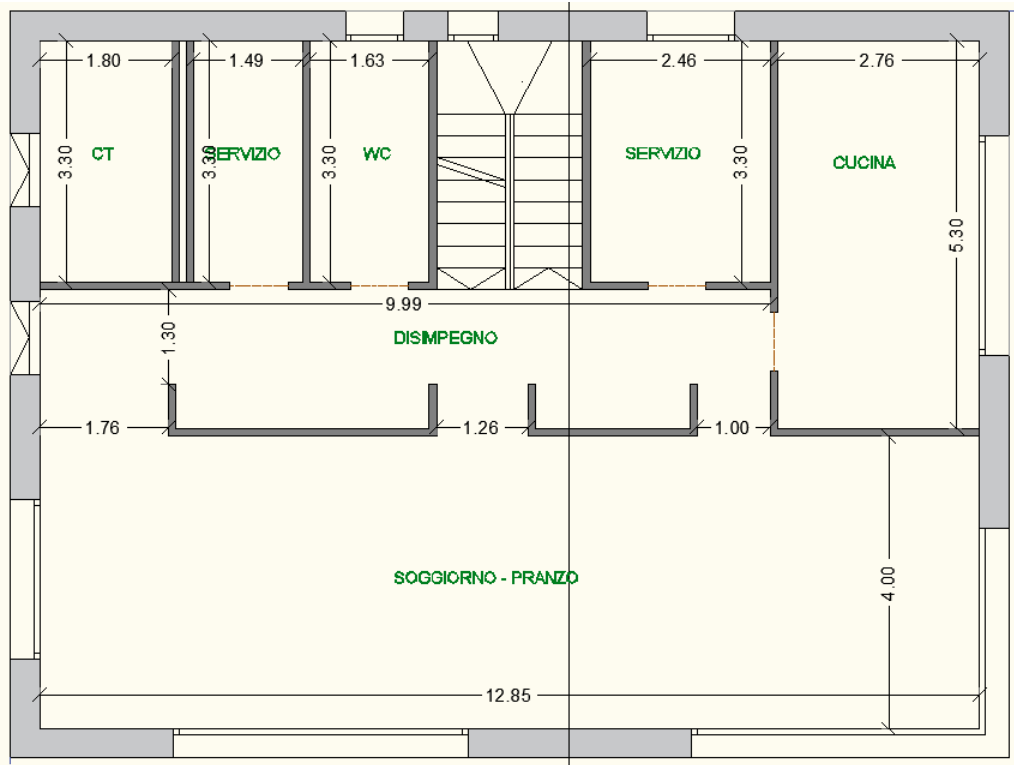
Sezione A2



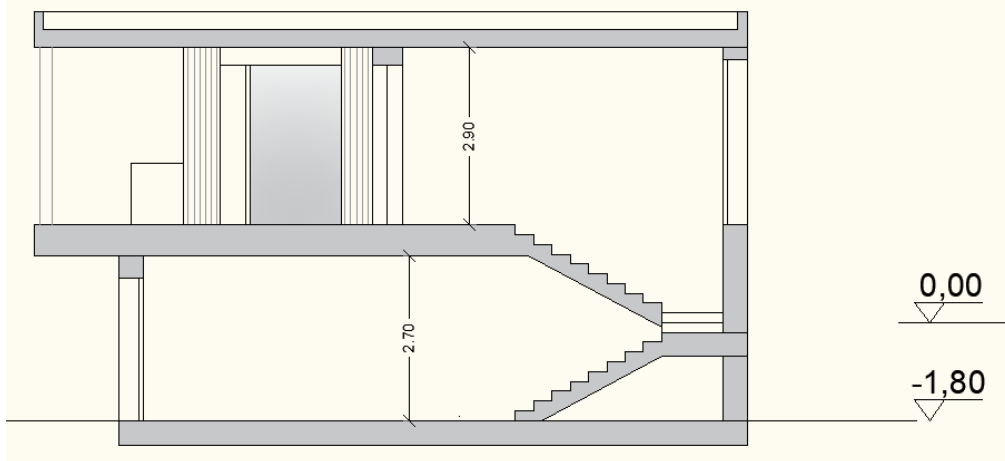
Pianta piano rialzato A3



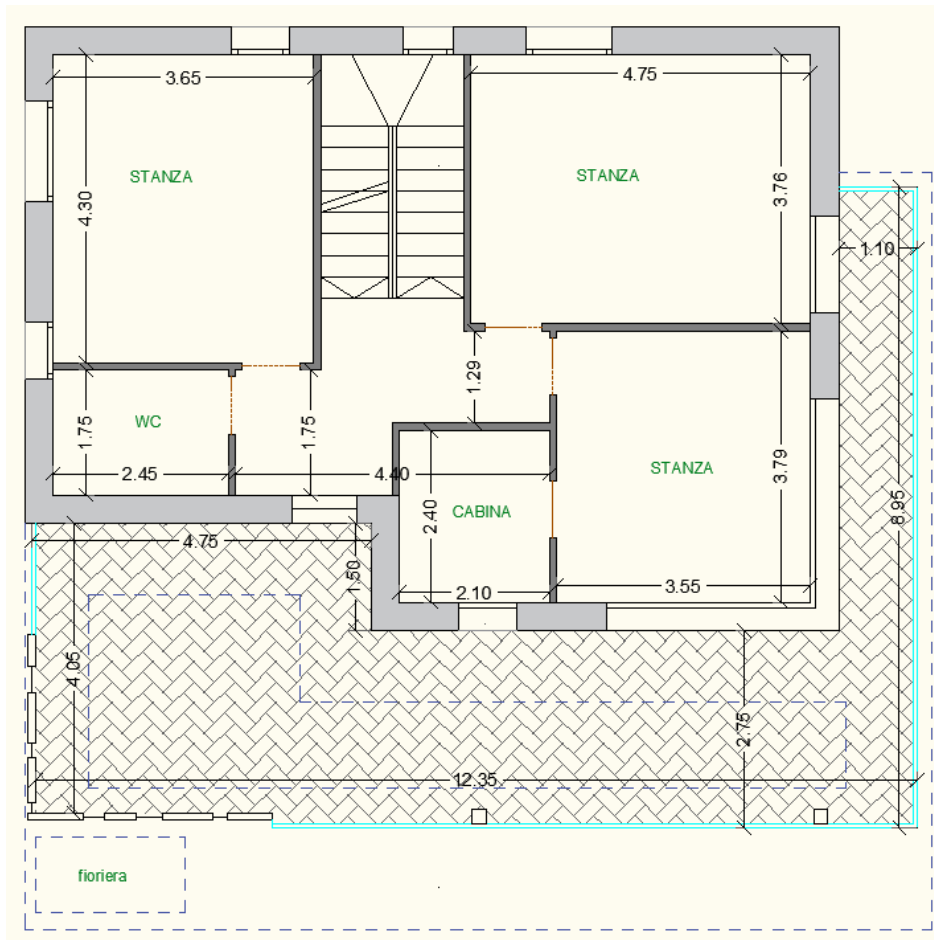
Sezione A3



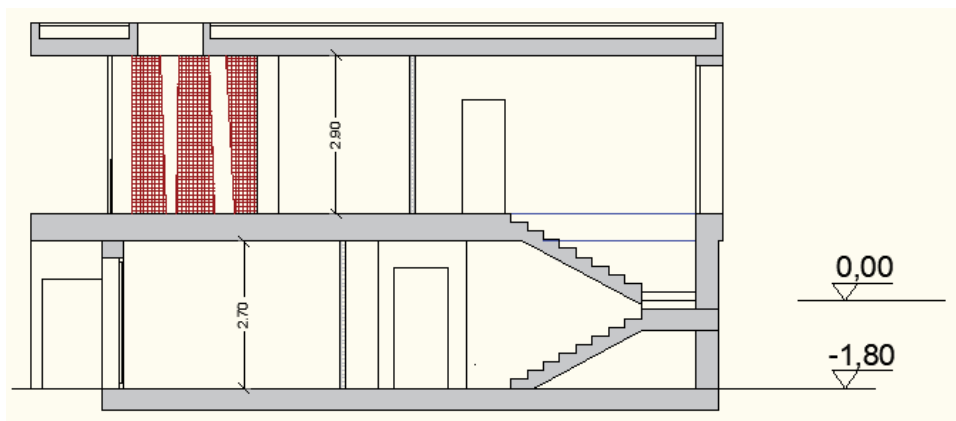
Pianta piano rialzato A4



Sezione A4



Pianta piano rialzato A5



Sezione A5

2. Caratteri geomorfologici

L'area in oggetto, ubicata nel Comune di **Molfetta**, è caratterizzata in affioramento da rocce carbonatiche di età Cretacea, il “**Calcarea di Bari**”. Localmente, la serie calcarea è costituita da un'alternanza monotona di strati calcarei bianco-grigiastri e subordinatamente da calcari dolomitici di colore grigio-avana, dello spessore variabile da qualche decimetro fino al metro, a tessitura omogenea, di norma tenaci e compatti. A tratti, nell'ambito di ciascuno strato sono evidenti veli argillosi di terra bruno-rossastra. La roccia mostra di aver subito, in passato, sollecitazioni di compressione e di trazione che hanno sconvolto l'originaria tessitura e struttura tabulare. Sono presenti talora, con mancanza assoluta di continuità areale, come materiale di interstrato o come riempimento di microcavità e fratture, modesti depositi di argille verdastre e sedimenti calcarenitici dotati di discreti caratteri di compressibilità. A luoghi, gli strati si distinguono per l'interposizione di livelli millimetrici di materiale detritico a differente colorazione ed imputabile ad apporti diversificati e leggere variazioni sinsedimentarie delle caratteristiche microambientali. La continuità spaziale degli strati viene interrotta dalla presenza di piani di fratturazione ad andamento subverticale e a differente orientazione. Sul terreno si evidenziano almeno due sistemi principali di fratturazione ed altrettanti secondari. Le caratteristiche di tali superfici (persistenza, spaziatura, orientazione ecc.) sono elementi geometrici fortemente variabili da zona a zona.

Tali piani, unitamente ai giunti di strato, suddividono la roccia in poliedri grossolanamente irregolari che, formando vie preferenziali per l'acqua, hanno favorito l'esplicarsi del fenomeno carsico epigeo ed ipogeo. L'acqua con la sua azione ha compromesso le porzioni più superficiali, già fratturate, realizzando, in concentrazioni modeste, lembi terroso-argillosi verdastri che possono svilupparsi anche in profondità, interessando maggiori porzioni rocciose. E' da porre in essere come talora i calcari, a seguito dell'intervento combinato dell'alterazione chimica, della dissoluzione carsica, della microtettonica, possano risultare intensamente fratturati e con caratteristiche geomeccaniche non confacenti ai materiali lapidei. Inoltre, nella zona, stante la natura carsica dei terreni, non si esclude la presenza di soluzioni verticali a minor continuità (capivento, fratture imbutiformi, ecc.). L'andamento generale degli strati calcarei è **N45W** con immersione a SE di circa 5° - 10° gradi; gli strati sono caratterizzati da deboli piegamenti che hanno comportato la formazione di sabbie giallastre. La stratificazione, fitta nelle parti alte (con strati dell'ordine del decimetro, le “chiancarelle”) si fa più importante con l'aumentare della profondità (si riscontrano “mani” superiori al metro). La roccia appare nel complesso come mediamente tenace.

Sui calcari si rinviene terreno vegetale dello spessore di circa **80 cm** e quindi strati calcarei intensamente fratturati.

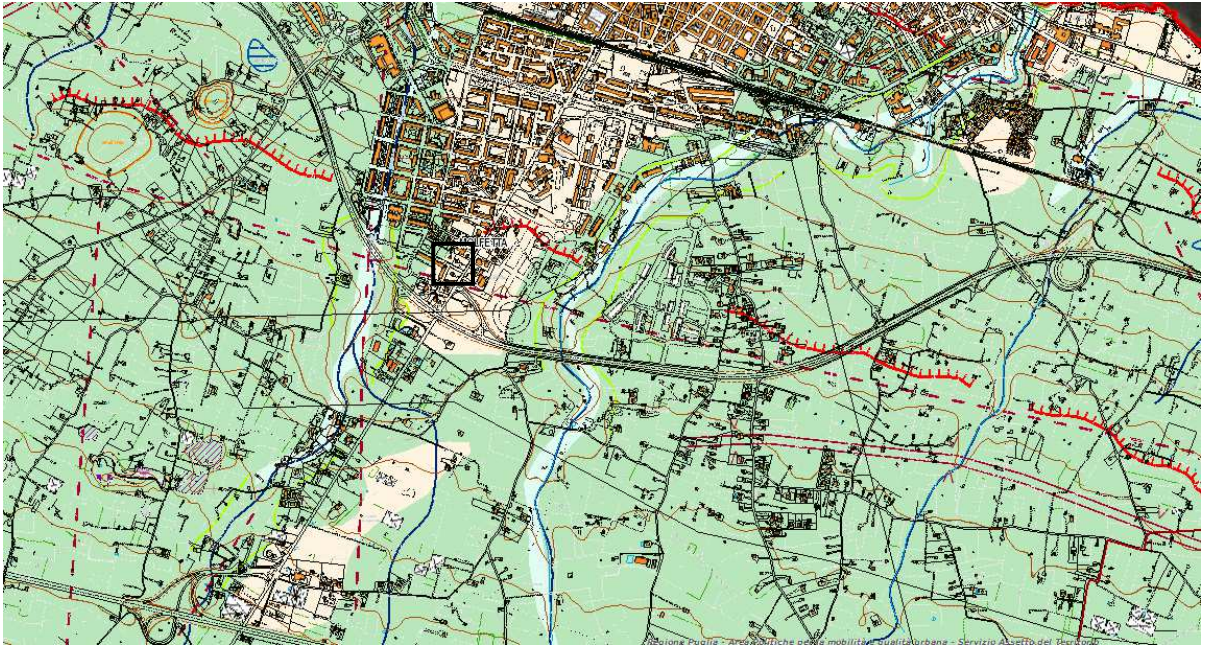
Morfologicamente la zona, nel complesso, degrada dolcemente verso l'attuale linea di costa. Essa si presenta come un tipico territorio interessato dal processo carsico e quindi con l'alternanza di dossi (corrispondenti a cerniere di anticlinali), intervallati a forme più depresse ("lame"), e per l'affioramento, in talune aree, di terreni agrari rossastri.

Tettonicamente si possono evidenziare delle modeste faglie dirette presunte (vedi carta litologica), con direzione N70W, che hanno dislocato l'intera zona. L'andamento generale degli strati si configura come una monoclinale, solo a tratti complicata da deboli episodi plicativi e disgiuntivi.

Idrologicamente la falda freatica di tipo carsico, circolante a luoghi in pressione, sostenuta da acque salate di ingressione marina è confinata a profondità tali da non interferire con le strutture in progetto (nella zona la profondità di rinvenimento dell'acquifero è di circa 40 m dal p.c.). Stante la permeabilità per fratturazione presentata dai calcari cretacei e per la mancanza di strati francamente impermeabili, non esistono i presupposti per l'esistenza di falde superficiali sospese che possano interferire con le strutture in progetto.

In riferimento alle caratteristiche geologiche dell'area si riportano:

- carta idrogeomorfologica;
- sezione geolitologica schematica;
- colonna litostratigrafica locale.



LEGENDA

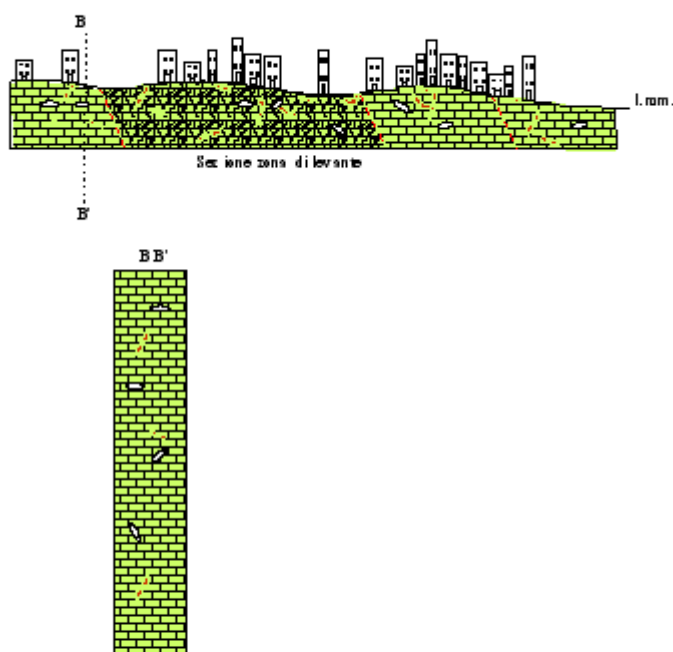
ELEMENTI GEOLOGICO-STRUTTURALI

Litologia del substrato

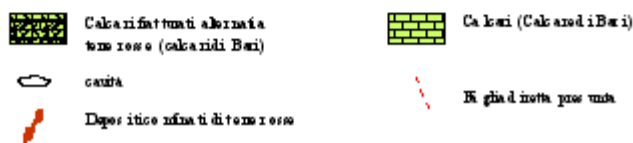
- Unità prevalentemente calcarea o dolomitica
- Unità a prevalente componente argillosa
- Unità a prevalente componente silteso-sabbiosa e/o arenitica
- Unità a prevalente componente arenitica
- Unità a prevalente componente ruditica
- Unità costituite da alternanze di rocce a composizione e/o granulometria variabile
- Unità a prevalente componente argillitica con un generale assetto caotico
- Depositi sciolti a prevalente componente pelitica
- Depositi sciolti a prevalente componente sabbioso-ghiaiosa

Stralcio della carta idrogeomorfologica

Situazione geologica e stratigrafica del Comune di Molfetta (Ba)



LEGENDA



3. Stabilità dell'area e rapporti con gli strumenti programmatori

In riferimento alle caratteristiche geologiche dell'area come già detto in precedenza, qui affiorano direttamente strati e banchi calcarei dotati di buone caratteristiche geomeccaniche.

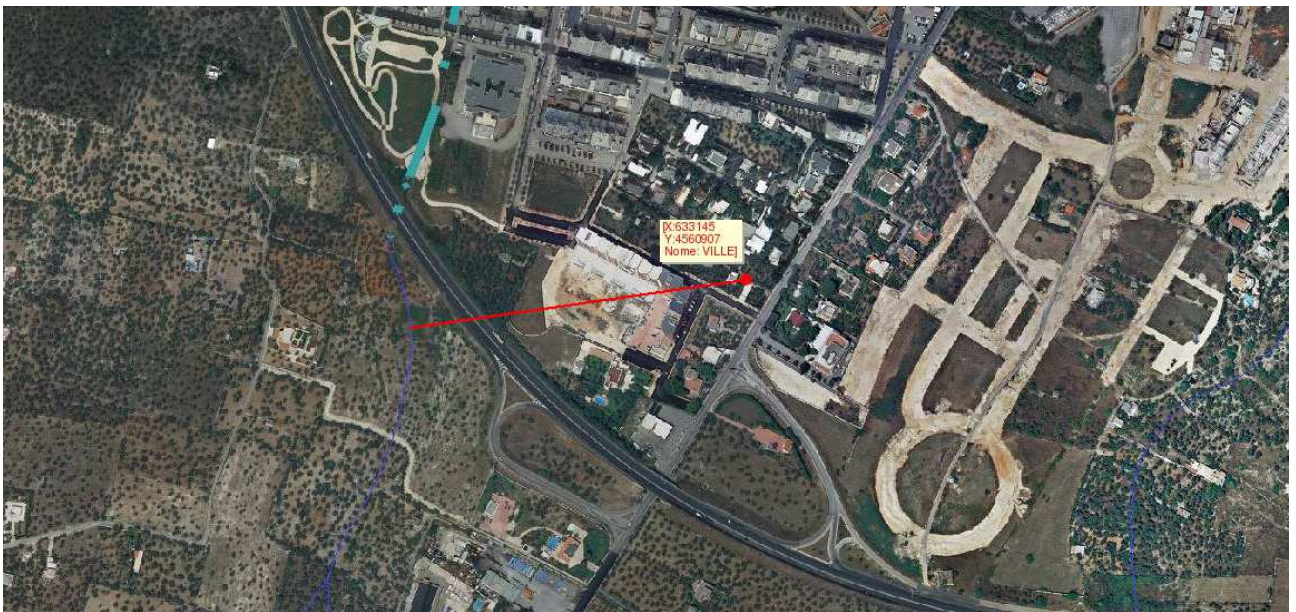
Riguardo il regime vincolistico dell'area, questa non risulta interessata da perimetrazione di aree a rischio di alluvionamento di cui all'approvato PAI (Piano di Assetto Idrogeologico) da cui dista circa 35 m. Non viene interessata nemmeno dal reticolo idrografico redatto dall'A.d.B./Puglia. In particolare l'area dista circa 350 m da un "corso d'acqua episodico" avente ID 56694.

In merito a questi si riporta:

- stralcio del PAI;
- stralcio del reticolo idrografico.



Stralcio PAI



Stralcio del reticolo idrografico

Per quanto riportato nella descrizione degli interventi da eseguirsi nel territorio di Molfetta, i lavori in oggetto sono compatibili con il regime vincolistico esistente.

Verificata l'inesistenza di peculiarità di alcun tipo, a parere di chi scrive non si riavvisa limitazione alcuna per la realizzazione del progetto in epigrafe e **né sussistono rischi idraulici, idrogeologici e tettonici che possano mettere a rischio l'incolumità di cose e persone.**

Tutta l'area è stabile ed esente da rischi geologici l.s.

4. Indagini geofisiche

Si riportano indagini eseguite in adiacenza al lotto oggetto di indagine.

Lo studio, come da piano di indagine, ha seguito il seguente sviluppo:

- n°1 prospezione di sismica a rifrazione in onde P (REF01).
- n°1 prospezione Multichannel analysis of Surface Waves (MASW01)
- Elaborazione dei dati raccolti.

Lo scopo dell'indagine, oltre alla stima del parametro V_{s30} caratteristico dell'area, ovvero la velocità equivalente delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità rispetto alla quota di imposta della fondazione (V_{s30}), così come previsto da:

- **D. Min. Infrastrutture 14/01/2008** (Suppl. Ord. alla G.U. 4.2.2008, n. 29 – *Approvazione delle norme tecniche per le costruzioni*).
- **Circ. Min. Infrastrutture e Trasporti 02/02/2009, n. 617 C.S.LL.PP.** (Suppl.Ord. alla G.U. 26.2.2009, n. 47 – *Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008*)
- **D. Min. Infrastrutture 17/01/2018** (Suppl. Ord. alla G.U. 20.2.2018, n. 42 – *Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*).

è quello di offrire un contributo all'implementazione di un modello geologico - geotecnico dell'area di indagine.

Mediante l'indagine di sismica a rifrazione in onde P si è potuto caratterizzare la stratigrafia sismica del sottosuolo in termini di spessori e velocità sismiche in onde P (V_p). Inoltre attraverso relazioni (cfr. 6.4) tra valori di V_p (sismica a rifrazione) e V_s (MASW) è stato inoltre possibile ottenere una stima dei moduli dinamici caratterizzanti i litotipi oggetto di studio.

Le indagini sono state condotte seguendo linee guida nazionali ed internazionali:

- **Linee guida per indagini geofisiche A.S.G** (Associazione Società di Geofisica)
- **ASTM D 5777 - 95** (Standard Guide for Using the Seismic Refraction Method for Subsurface Investigation).

Le indagini di sismica a rifrazione permettono la ricostruzione delle geometrie e degli spessori dei depositi di copertura, le profondità del substrato (entro i limiti di penetrazione del metodo), la verifica di eventuali discontinuità laterali nonché di determinare le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali attraverso la determinazione dei moduli elastici dinamici mediante correlazioni tra i valori di V_p e V_s ed i suddetti parametri. Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della birifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente

di onde elastiche ed uno stendimento di geofoni lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, onde riflesse ed onde rifratte. Tali onde giungono sulla superficie rifrangente (discontinuità individuata fra due corpi aventi proprietà meccaniche diverse) con un angolo di incidenza critico (legge di Snell) e vengono quindi rifratte con un angolo di 90° propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà alla base di tale fenomeno possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche. Sulla superficie da investigare si posizionano i trasduttori verticali sensibili al del moto del suolo (velocimetri o accelerometri) ad una certa distanza dalla sorgente sismica che può essere per la generazione di onde P, una massa battente (diversamente applicata e guidata), un fucile sismico o una carica esplosiva a seconda della lunghezza dello stendimento e della profondità di indagine richiesta. Nell'indagine sismica a rifrazione i trasduttori rilevano le onde rifratte che viaggiano a velocità più elevata. Conoscendo i tempi di primo arrivo e la distanza geofono-sorgente, tramite l'analisi delle curve dei primi arrivi ad ogni trasduttore (dromocrone) si può determinare la velocità dei vari strati; da qui produrre una stratigrafia sismica da correlare alle formazioni geologiche o discontinuità presenti nella serie investigata nel sottosuolo. L'indagine di sismica a rifrazione si basa sulla determinazione dei primi arrivi (First Break Picking) i quali sottoposti ad un apposito algoritmo di inversione, permette di ricostruire la distribuzione bidimensionale delle velocità sismiche.

Il metodo MASW, Multichannel Analysis of Surface Waves, (Park et al., 1999) è una tecnica di indagine che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. La determinazione delle V_s viene ottenuta tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di Rayleigh.

In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. A partire dall'intero

campo d'onda, acquisito in campagna utilizzando un numero variabile di geofoni (di solito 12-24) allineati a spaziatura regolare (similmente a un classico esperimento di sismica a rifrazione), l'obiettivo del metodo è di derivare una curva di dispersione sperimentale velocità di fase – frequenza ($c_f - f$), la cui forma è associata alle proprietà meccaniche del terreno da indagare. Dato che le onde superficiali mostrano le ampiezze e le durate maggiori nel dominio spazio-tempo, anche nel dominio frequenza-velocità di fase, i massimi dello spettro saranno relativi alle differenti frequenze con cui si propagano le onde superficiali stesse. Dall'estrazione delle coppie frequenza velocità di fase corrispondenti ai massimi d'intensità dello spettro si deriva la curva di dispersione sperimentale. In realtà, l'interpretazione degli spettri risulta spesso complicata dall'intrecciarsi dei modi superiori rispetto a quello fondamentale e/o alla generazione e propagazione di onde guidate. Per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio è poi necessario procedere alla fase d'inversione della curva di dispersione per ottenere un modello delle proprietà fisiche del sottosuolo. Un miglioramento nell'individuazione di un modello più accurato può essere ottenuto, come è stato fatto nel presente lavoro, utilizzando, nel processo di inversione, curve relative a più modi di vibrazione.

Lo stendimento sismico è stato realizzato utilizzando 24 canali d'acquisizione, adottando una distanza intergeofonica pari a 2.0 m. L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione spazio temporale:

- n° geofoni: 24
- distanza intergeofonica: 2.0 m
- n° 4/9 *shot* per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di *stacking* in fase di processing per ottimizzare il rapporto *signal/noise*.
- tempo di acquisizione: 1.0 s
- intervallo di campionamento 0.265 μ s.

Al fine di ottenere una migliore risoluzione della sismostratigrafia, i punti di energizzazione, detti punti di scoppio (*shot points*) rispetto al profilo, vengono disposti ai suoi estremi (end) ed a distanze variabili entro il profilo stesso (punti di scoppio centrali). In questa occasione sono stati utilizzati 6 *shot points*.

- 2 *end-shots* posti rispettivamente a -2.0 e +48.0 m rispetto al geofono 1.
- 4 intermedi posti rispettivamente in corrispondenza del 5°, 10°, 15°, 20° geofono.

I dati sismici sono stati acquisiti utilizzando un numero di *shots* piuttosto elevato contribuendo ad incrementare la capacità risolutiva del metodo.

Si riportano le caratteristiche spazio-temporali relative all'acquisizione MASW eseguita:

- n° geofoni: 17
- distanza intergeofonica di 2.0 m per complessivi 32 m di rilievo
- n° 2 punti di energizzazione: il primo distante -2.0 m dal I geofono, +34.0 m dall'ultimo geofono
- n° 4/9 shot per ogni punto di energizzazione da sottoporre al processo di stacking

in fase di processing per ottimizzare il rapporto signal/noise.

- tempo di acquisizione: 2.0 s
- intervallo di campionamento 0.256 μ s.

Il processing dei dataset di sismica a rifrazione in onda P è stato condotto mediante il Software *RAYFRACT* (*Intelligent Resources Inc.*, Canada), studiato per l'elaborazione di dati relativi ad indagini sismiche eseguite in superficie, realizzate sia con onde P che SH, per scopi geotecnico-ingegneristici, ambientali, nonché per l'esplorazione nel campo delle georisorse. Rayfract consente sia la ricostruzione della geometria dei rifrattori con la sismica a rifrazione tradizionale, che la realizzazione di dettagliati modelli di velocità del sottosuolo con le più evolute tecniche tomografiche.

Il metodo della tomografia sismica è una tecnica di indagine che permette l'individuazione di anomalie nella velocità di propagazione delle onde sismiche con un alto potere risolutivo, in funzione delle modalità di acquisizione, offrendo la possibilità di ricostruire anomalie e discontinuità stratigrafiche anche particolarmente complesse.

Lo schema di processing tomografico utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei "Fronti d'onda" (Brückl 1987; Jones and Jovanovich 1985) e del Plus-minus (Hagedoorn 1959), fondata su una regressione del campo dei tempi di primo arrivo (Brückl 1987). Tale metodo può essere considerato un'ottimizzazione dell'algoritmo del GRM, capace di risolvere l'immagine dei rifrattori con andamenti topografici molto accidentati. A partire dal modello sopraccitato è stato quindi utilizzato il codice di calcolo per la modellazione tomografica che utilizza, nell'algoritmo d'inversione, un "raytracing" con raggi curvilinei e metodi di calcolo ai minimi quadrati attraverso il metodo Delta t-v (Gebrande and Miller 1985), al fine di migliorare il riconoscimento e la localizzazione di strutture di forma anomala, stabilizzando la soluzione dell'algoritmo

d'iterazione.

Si ricostruisce in tal modo un modello di velocità, che può essere migliorato attraverso successive iterazioni: la fase di calcolo si conclude quando si ha la migliore sovrapposizione fra i tempi di primo arrivo calcolati e quelli misurati.

La tomografia sismica (fig.7) suggerisce un sottosuolo costituito dall'alto verso il basso da 2 unità sismostratigrafiche di base:

UsC – unità di copertura

UsS – unità del substrato

L'unità sismica ***UsC*** preserva un assetto pressoché stratiforme si estende sino ad una profondità mediamente compresa tra 1.1÷2.1 m da p.c.

Tale sismostrato presenta V_p comprese tra 400÷800 m/s distribuiti in maniera piuttosto omogenea con un rapido incremento di V_p in profondità. il contatto con il sismostrato sottostante appare piuttosto marcato in quanto caratterizzato da valori del gradiente molto elevati (ALL.I).

Segue l'unità ***UsS*** che segna un netto incremento nelle velocità rilevate e presenta una distribuzione piuttosto eterogenea dei valori rilevati. Questa unità che chiude la sequenza sismostratigrafica per i valori rilevati ed i contatti dettati dal *plot* del gradiente di velocità (ALL. I), può essere ulteriormente suddivisa in 2 subunità

- la subunità ***UsS1*** presenta uno spessore variabile tra 1÷4.5 m circa con un evidente inspessimento in direzione se ovvero verso lo *shot n°1*.

Di fatto appare caratterizzata da V_p comprese tra 1400÷2500 m/s con un generale incremento in profondità

- la subunità ***UsS2*** che funge da semispazio risulta caratterizzata da V_p maggiori di 2900 m/s distribuite in maniera piuttosto eterogenea con evidenti variazioni sia verticali che orizzontali che definiscono una distribuzione in sismozone a bassa ed elevata V_p . In particolare si evidenzia una sismozona ad elevata V_p compresa tra le progressive 31÷39 m e tra profondità comprese tra -2.5÷-4.5 m da p.c. Inoltre sussiste un notevole incremento di V_p nel settore NE dello stendimento oltre una profondità pari a circa -5.5 m da p.c. in cui si evidenziano velocità sismiche superiori a 4500 m/s.

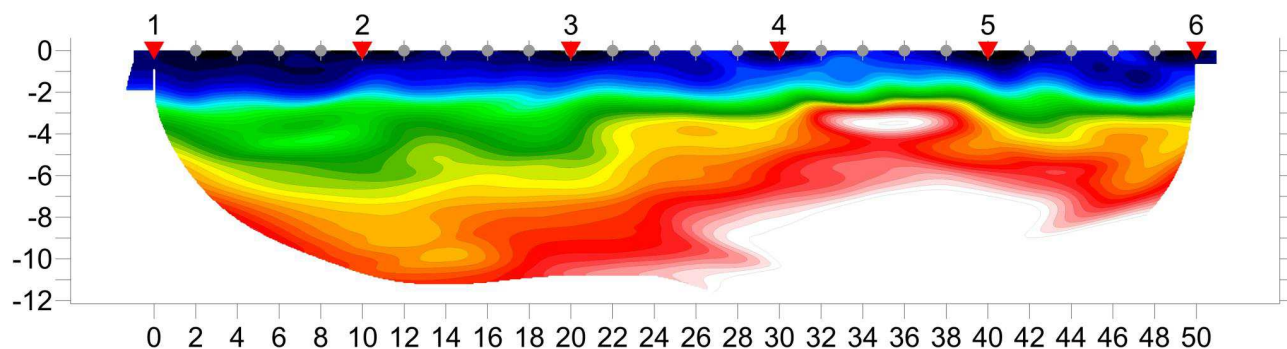
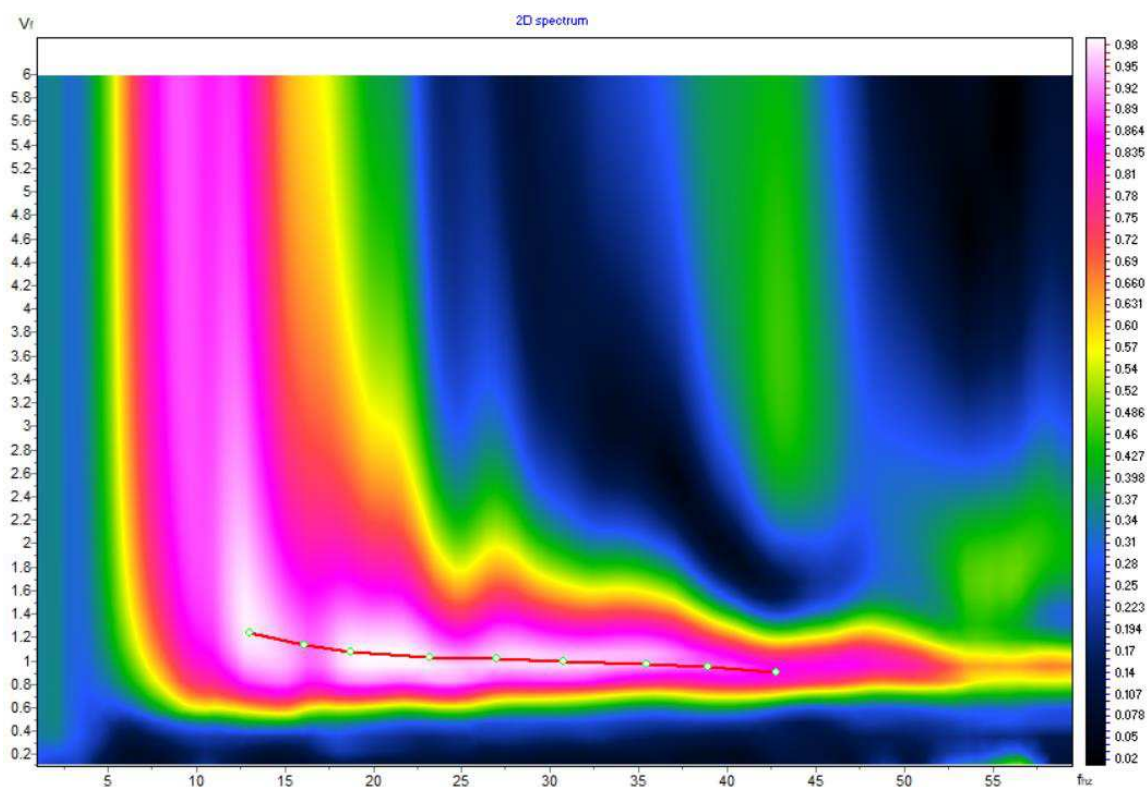


Fig: tomografia sismica

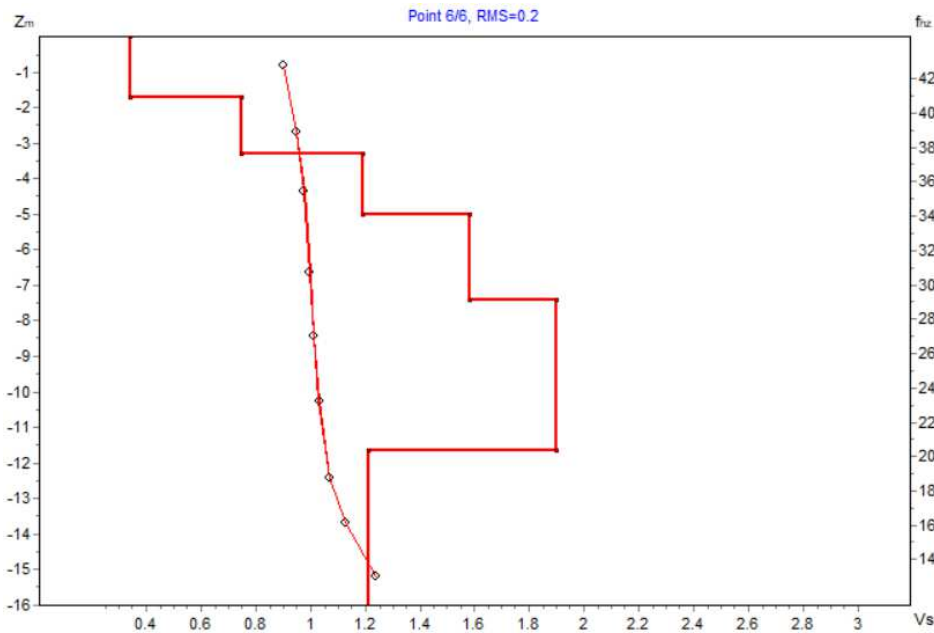
L'indagine MASW è stata effettuata per estrapolare la sismostratigrafia in onde S da poter correlare ai valori di V_p al fine di ottenere una stima dei moduli dinamici relativi ai sismostrati indagati e per la valutazione del parametro V_{Seq} .

L'analisi in frequenza (fig.3) è stata condotta sino a 40Hz. Tale *range* risulta sufficiente ad indagare il volume di sottosuolo di interesse.



Spettro frequenza/velocità di fase. sovrainposte sono i picking del modo fondamentale (rosso).

In tale *range* di frequenza la curva di dispersione appare dominata dal modo fondamentale (rosso). L'indagine MASW suggerisce un sottosuolo assimilabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione in termini sia di spessori che di velocità rilevate, pur rappresentando una misura monodimensionale che media i valori in termini di spessori e velocità.



Profilo di Vs (Km/s); sovrainposti lo spettro, la curva di dispersione misurata e calcolata; fondamentale.

Si riporta la tabella riepilogativa dell'andamento delle velocità delle onde S con la profondità per i sismostrati individuati attraverso l'analisi del modello di inversione.

Strato	VS (m/s)	profondità top (m)	spessore (m)
1	340	0.0	1.7
2	750	1.7	1.6
3	1190	3.3	1.7
4	1580	5.0	2.4
5	1900	7.4	4.3
6	1210	11.7	-

Tab. II - Vs/profondità

Vs - profondità

La problematica inerente la classificazione del terreno da un punto di vista sismico è stata oggetto di numerose ordinanze e normative (OPCM 3274; DM 14/09/2005); in ultimo, il Decreto del Ministero per le Infrastrutture del 17 gennaio 2018, che costituisce l'approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni.

Nel suddetto Decreto al par. 3.2.2. "Categorie di Sottosuolo e Condizioni Topografiche", facente parte del più ampio capitolo riguardante l'Azione Sismica, si riporta che "... per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di

riferimento". Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel "volume significativo", ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione si effettua in base ai valori della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio entro gli strati con velocità inferiore agli 800 m/s. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse. Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata.

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Suddivisione delle categorie di suolo

La velocità equivalente delle onde di taglio V_{s30} è definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

dove:

h_i è lo spessore (in metri) dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità;

$V_{s,i}$ velocità (in m/s) delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzato da V_s non inferiore a 800 m/s.

Pertanto, sulla base delle risultanze delle indagini condotte nell'area (Tab. III), ai sensi delle normative che attualmente regolano il settore (*Ordinanza della Presidenza del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003*, recepita dalla Regione Puglia nel marzo 2004; *DGR Puglia 2 marzo 2004* e dalle modifiche allo stesso portate dal *Consiglio dei ministri con ordinanza n.3431 del 03.05.2005*, *D.M. 17/01/2018*), si dichiara che: *il sottosuolo oggetto di indagine appartiene alla CATEGORIA "B" sino ad una profondità inferiore a 0.2 m da p.c.*

A partire da una profondità pari a 0.3 da p.c. il sottosuolo oggetto di indagine

appartiene alla CATEGORIA "A".

PROFONDITA' FONDAZIONE (m da p.c.)	V _{SEQ} (m/s)	CATEGORIA
0.0	463	B
-0.2	474	B
-0.3		A

Considerando l'analogia tra le unità sismostratigrafiche individuate dai due metodi sismici applicati a tale studio (VP –VS), in termini di spessori e di coerenza tra i rapporti VP/VS è stato possibile effettuare una stima approssimativa dei valori dei moduli dinamici caratterizzanti le unità, riassunti nelle seguenti tabelle.

	VP (m/s)		VS (m/s)		ϕ (°)		Poisson		Densità (KN/m ³)	
UsC	400	800	-	340	-	31.3	-	0.39	15.6	17.8
UsS ₁	1600	2400	780	1190	38.9	42.9	0.34	0.34	20.3	22.0
UsS ₂	2900	-	1580	-	45.4	-	0.29	-	22.8	-

	Young Din. (Mpa)		Shear (Mpa)		Bulk (Mpa)		Young stat. (Mpa)		RMR		K – Winkler (N/mm ³)	
UsC	-	572	-	206	-	866	21	39	-	25	-	0.030
UsS ₁	3324	8313	1237	3109	3554	8500	134	455	56	72	0.218	0.602
UsS ₂	14644	-	5681	-	11563	-	978	-	81	-	1.188	-

Tabelle relative a: velocità e moduli dinamici rilevati

La sequenza litostratigrafica deducibile dalle indagini eseguite (fig.7) e dal contesto geologico, inizia con uno sismostrato (UsC) che presenta una geometria pressoché tabulare. Per le osservazioni di superficie e per le velocità rilevate, risulta assimilabile a terreno vegetale / materiale di riporto nella porzione superiore con un probabile incremento di clasti nella porzione inferiore.

I sismostrati individuati al di sotto di tale sismostrato presentano una distribuzione delle velocità sottoforma di sismostrati ed a tratti sottoforma di sismozone. Tale distribuzione, nel contesto geologico in cui sono state effettuate le indagini, risulta compatibile con la presenza del substrato roccioso, caratterizzato da facies a diverso grado di fratturazione/alterazione. Si nota una variabilità principalmente verticale e secondariamente orizzontale nella sismostratigrafia individuata.

La subunità UsSI risulta assimilabile principalmente a calcare ad elevata fratturazione/alterazione.

Chiude la sequenza la subunità UsS2 che risulta compatibile con calcare a medio-bassa fratturazione/alterazione.

5. Criteri di progettazione in aree carsiche

Nelle aree sede di fenomeni erosivi di tipo carsico, i problemi nascono dalla difficile determinazione sia della disposizione, sia della forma e dimensioni di eventuali cavità presenti al di sotto del piano di posa delle fondazioni.

La continuità laterale e verticale della roccia non è comunque quasi mai verificata né regolare, per la presenza di zone a luoghi più allentate e fratturate che, talvolta, potrebbero reagire in modo difforme sotto l'aspetto geostatico.

Il confronto tra lo stato di fratturazione e lo sviluppo della rete carsica porta ad una caratterizzazione della roccia in sito che può essere ascritta al **GRADO II** o **III** ("Valutazione geologico-tecnica degli ammassi rocciosi carsificati"; F. ZEZZA, 1976). Cioè si passa da ammasso poco carsificato (II grado) a quello mediamente carsificato (III grado). La roccia è definibile come "scadente", con giunti di stratificazione interessati da manifestazioni di tipo carsico ed ancora caratterizzata dalla presenza di piccole cavità, a sviluppo essenzialmente verticale, collegate ai processi di erosione e di dissoluzione carsica.

Per questo tipo di roccia l'indice di qualità della roccia (**RQD**) è variabile dal 35 al 40%.

Tenendo conto delle incertezze relative alla conoscenza precisa e puntuale del sottosuolo è necessario prevedere la possibilità di impiegare opportuni interventi che possono avere come obiettivo, o il miglioramento delle caratteristiche meccaniche della porzione di terreno all'interno della quale gli incrementi delle sollecitazioni, prodotti dall'opera in oggetto, sono significativi, ovvero il trasferimento di tali incrementi in zone più resistenti.

6. Aspetti geodinamici

Tutti gli aspetti precedentemente descritti si riferiscono solo a quelli geostatici. Rientrando il Comune di Molfetta nella zona sismica di 3^a categoria andranno altresì considerati gli aspetti geodinamici connessi al terreno.

I più importanti sono le caratteristiche del moto sismico nel suolo e la risposta dinamica della struttura e del terreno di fondazione. In proposito va segnalato che l'assenza di condizioni geostrutturali predisponenti all'evento (carta d'Italia del rischio sismico :studio effettuato dal CNR nell'ambito del progetto finalizzato Geodinamica) e la bassa sismicità assegnata al sito esclusivamente con criteri statistico-storici (come è noto l'inserimento è dovuto agli effetti indotti in zona dal grave sisma che ha interessato nel novembre 1980 le regioni limitrofe), permettono di affermare che la distanza epicentrale R è stata e, nel caso di eventi futuri, sarà in ogni caso piuttosto elevata (la zona più vicina classificata di 1^a categoria è il Gargano), ed

in conseguenza, anche in caso di terremoti di grande magnitudo gli effetti saranno sicuramente modesti.

7. Conclusioni

L'area di sedime ha giacitura piano orizzontale e non è interessata da fenomeni di instabilità di alcun genere. Non sono attese evoluzioni fisiografiche dovute agli agenti erosivi, né sono previsti fenomeni di dissesto profondo per l'accertata natura geolitologica del sottosuolo. L'area, inoltre, non presenta, in superficie, scoli o canali e la falda freatica, a causa della permeabilità delle formazioni superficiali e per la presenza di intensa fratturazione dei calcari cretacei, si trova a notevole profondità, come risulta d'altronde da numerose trivellazioni realizzate nel territorio molfettese.

Il sito in epigrafe è esente da rischi di instabilità e di cedimenti permanenti causati da fenomeni di liquefazione o eccessivo addensamento in caso di sisma.

Tali terreni rientrano nella **Categoria "A"** dei suoli di fondazione ai sensi del **DM 17.01.2018** che così li definisce: *"Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m."*

Tenuto conto di quanto esposto nei precedenti paragrafi è necessario che per una corretta esecuzione delle fondazioni siano osservate le seguenti prescrizioni :

- eseguire la corretta pulizia degli scavi a sezione ristretta per l'esecuzione delle fondazioni;
- laddove si riscontrino sacche terrose sul piano ultimo di sbancamento, si consiglia di eseguire indagini di controllo per valutare la potenza di tali strati ed eventualmente intervenire con bonifiche parziali del sedime.

Eventuali variazioni del dimensionamento delle strutture fondali potranno essere effettuate in sede di esecuzione degli scavi, in relazione a particolari situazioni litostratigrafiche locali.

Allo stato, non si evidenzia limitazione alcuna alla realizzazione del progetto in parola.

Molfetta,

Geologi

(**Geol. Ignazio L. Mancini**)



(**Geol. Ivan Mancini**)