

COMUNE DI MOLFETTA



PROGETTO:

- DI MASSIMA
 DEFINITIVO
 ESECUTIVO

ZONA Ca - VIA TERLIZZI
PIANO DI LOTTIZZAZIONE DELLA MAGLIA "C"

ELABORATO:

C1 - u

OGGETTO:

RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:

PRATICA:

DATA:

ottobre 2017

AGG.:

FILE:

COMMITTENTE E PROPRIETARIO:

Spaopolite Nou

I LOTTIZZANTI

PROGETTISTI ARCHITETTONICI:

ing. Domenico Mastropiero - Via A. de Curtis, 11/B - Molfetta
ing. Mario Emilio de Gennaro - Via A. de Curtis, 11/B - Molfetta



Studio di geologia tecnica

Ignazio Luciano Mancini

Geologo

Via T. Fiore, 14 – 70056 Molfetta (Ba)

Telefax 080 3346819 - email: imancini@libero.it

OGGETTO	<p>Piano di Lottizzazione Zona Ca - Maglia C Via Terlizzi Molfetta-BA-</p>
DENOMINAZIONE	<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e geotecnica</p>
COMMITTENTE	<p>Lottizzanti della Maglia C</p>
DATA	<p>settembre 2017 geol. 71/2017</p>
geologo	<p>geol. Ignazio L Mancini</p>  
progettisti	<p>ing. Mario E. de Gennaro</p> <p>ing. Domenico Mastropiero</p>

Premessa

Su incarico conferito a chi scrive dai lottizzanti è stato redatto il seguente studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico generale sui terreni interessati dal **Progetto Urbanistico Esecutivo Zona di Espansione CA ex art. 35 NTA del PRGC – Maglia C Via Terlizzi**, nel Comune di Molfetta.

Il presente studio è stato redatto sia in conformità al D.M. 11/03/1988 e successive variazioni e modificazioni, sia a quanto dettato dal Regolamento Edilizio della variante al P.R.G.C., art. 36 “Interventi di lottizzazioni”, punto H1 dell’Allegato che prevede lo studio geologico. In particolare risponde ai requisiti di cui al **DM 14.01.2008** ed alla Circolare n. **617/2009** del Consiglio Superiore dei LL. PP. recante Istruzioni per l’applicazione delle norme tecniche di cui al Testo Unico sulle Costruzioni.

L’area ricade nella tav. **IV SE** del **F° 177** della Carta Topografica d’Italia ed è posta ad una quota media di **+ 40.00 m. s.l.m.**

La **maglia C della Zona CA – Via Terlizzi** - è ubicata nella zona meridionale del centro abitato del Comune di Molfetta ed è in affaccio alla SP per Terlizzi, tra le vie G. Falcone, via Azzarita e via Vincenza Alma Monda, a circa 1.800 m dal mare.

Da un punto di vista urbanistico e specificatamente del PRGC la maglia C confina con i seguenti comparti edificatori: ex lotto 2, comparto 4 e 5 ed infine a sud con il comparto 14.

Nella maglia C oggetto di lottizzazione, verranno realizzate come tipologia edilizia n.3 ville unifamiliari, caratterizzate da piano seminterrato e piano rialzato.

Il presente studio riveste un carattere generale; per ogni singolo “manufatto” andranno eseguite indagini di tipo diretto ed indiretto per l’approfondimento delle conoscenze geomeccaniche dei terreni interessati dalle fondazioni.

Si riportano inoltre le risultanze di indagini geofisiche del tipo microsismico a rifrazione e MASW condotta da chi scrive nel sito in esame ed inoltre le osservazioni eseguite durante la elaborazione della relazione geomorfologia riguardante gli adiacenti comparti edificatori n. 3 – 4 – 5 – 6 – 7 – 8 – 9 - 14 – 15 - 16 e le maglie n. 1-2-3-5 e 6 della Zona Ca - Madonna delle Rose , di cui il sottoscritto ne è stato l’estensore.

Considerando i parametri di resistenza e di deformabilità dei terreni, viene indicata la tipologia fondale più idonea, anche in relazione alle condizioni di massima sollecitazione trasmesse allo scrivente dai Progettisti.

Le infrastrutture di cui all'oggetto si inseriranno in un contesto paesaggistico - ambientale non assoggettato dal vincolo paesaggistico e idrogeologico e né tanto meno rientrano nelle aree a rischio esondazione di cui all’approvato PAI, per cui la costruzione dei manufatti di cui all'oggetto non creerà interferenze negative con l’ambiente circostante e né implementa situazioni di rischio.

Il Comune di Molfetta 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.

Per le finalità di cui all'oggetto sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nel sito in epigrafe con raccolta dati e rilevamento geologico di dettaglio, inoltre sono state visionate le foto aeree della zona.

1. Riferimenti Normativi e Legislazione

Il presente studio è stato redatto in conformità al **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 programmazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre ed opere di fondazione*" e successive variazioni e modificazioni. In riferimento al comma H.1 "Fattibilità geotecnica di opere su grandi aree" al punto a) si riporta "Nuovi insediamenti Urbani o Civili o Industriali". In particolare gli studi geologici e geotecnici devono accertare le condizioni di stabilità dei pendii, i possibili fenomeni di subsidenza prodotti da modifiche del regime delle acque superficiali e profonde nonché alla caratterizzazione del territorio, per la ricerca dei parametri di progetto in accordo con quanto previsto dalle Norme Sismiche.

Lo studio risponde a quanto dettato dal Regolamento Edilizio della variante al P.R.G.C., art. 36 "Interventi di lottizzazioni", punto H1 dell'Allegato che prevede lo studio geologico.

Inoltre lo studio è conforme alla **L. 64/74**, in cui all' art. 13 (*Parere delle sezioni a competenza statale degli uffici del genio civile sugli strumenti urbanistici*) si riporta: "*Tutti i comuni nei quali sono applicabili le norme di cui al titolo II della presente legge e quelli di cui al precedente art. 2, devono richiedere il parere delle sezioni a competenza statale del competente ufficio del genio civile sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonché sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio*".

Infine risponde anche a quanto dettato dal **DPR 6 giugno 2001 n. 380**, in cui all'art. 89 è riportato: "*Tutti i comuni nei quali sono applicabili le norme di cui alla presente sezione e quelli di cui all'art. 61, devono richiedere il parere del competente ufficio tecnico regionale sugli strumenti urbanistici generali e particolareggiati prima della delibera di adozione nonché sulle lottizzazioni convenzionate prima della delibera di approvazione, e loro varianti ai fini della verifica della compatibilità delle rispettive previsioni con le condizioni geomorfologiche del territorio*".

2. Ubicazione dell'area

La **maglia C della Zona CA – Via Terlizzi** - è ubicata nella zona meridionale del centro abitato del Comune di Molfetta ed è in affaccio alla SP per Terlizzi. La maglia dista circa 1.800 m dalla linea di costa.

Catastalmente la maglia C è inserita nel F. 25 dei terreni di Molfetta; verranno realizzate come tipologia edilizia ville unifamiliari, caratterizzate da piano seminterrato e piano rialzato.

Nelle figure si riporta:

- TAV. 01 - stralcio CTR;
- TAV. 02 - stralcio della TAV. D07 di PRGC con individuazione della maglia Ca;
- TAV. 03 - confini di comparto su mappa catastale;
- TAV. 04 - stralcio di PUE approvato;;
- TAV. 05 - planimetria generale con indicazione delle aree.

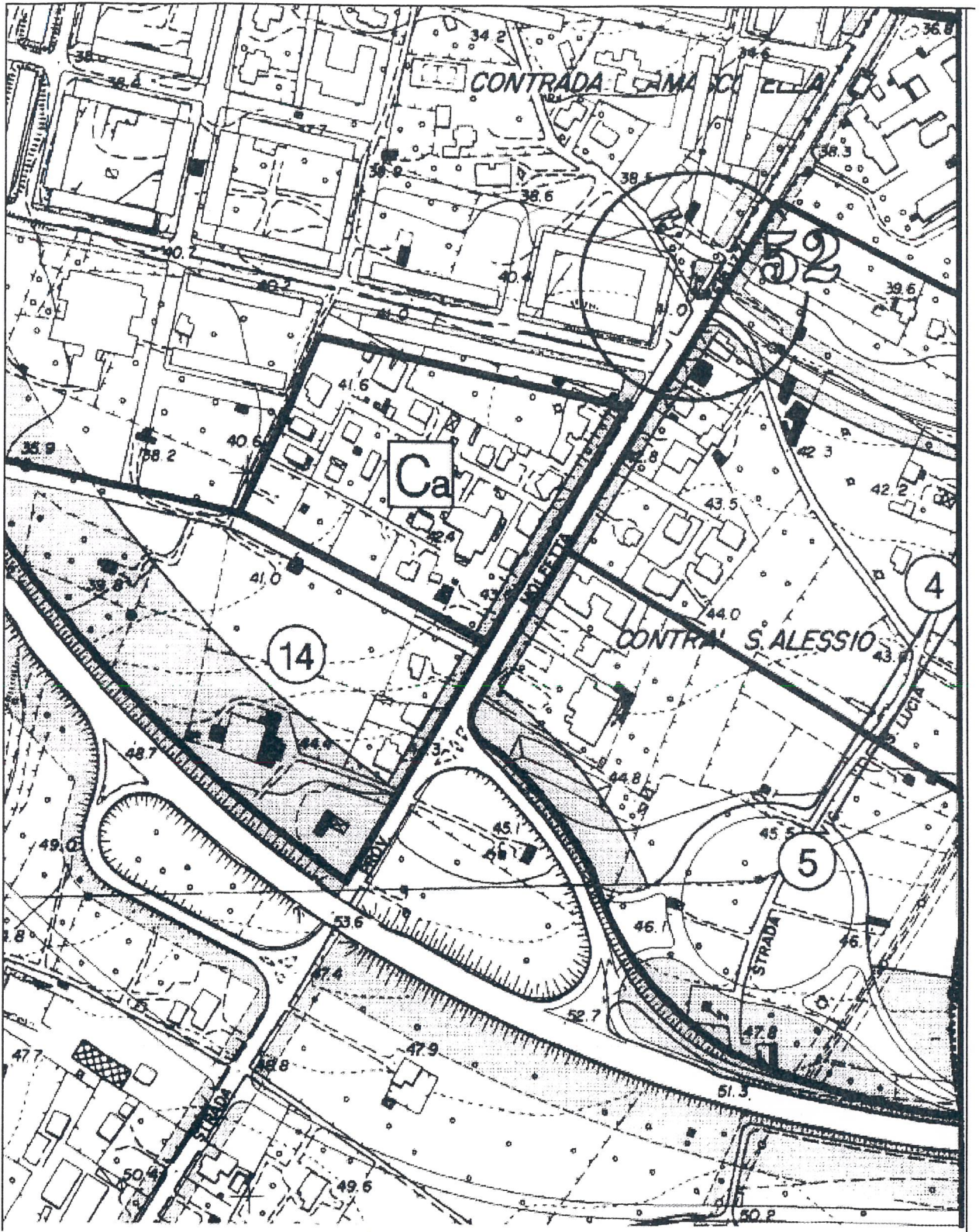
Come inquadramento, la maglia C della CA – Via Terlizzi - è caratterizzata dalle seguenti coordinate UTM medie:

- 633052.00 m. Est;
- 4560952.00 m. Nord.

Nella figura che segue si riporta l'ortofoto con l'individuazione della maglia C.



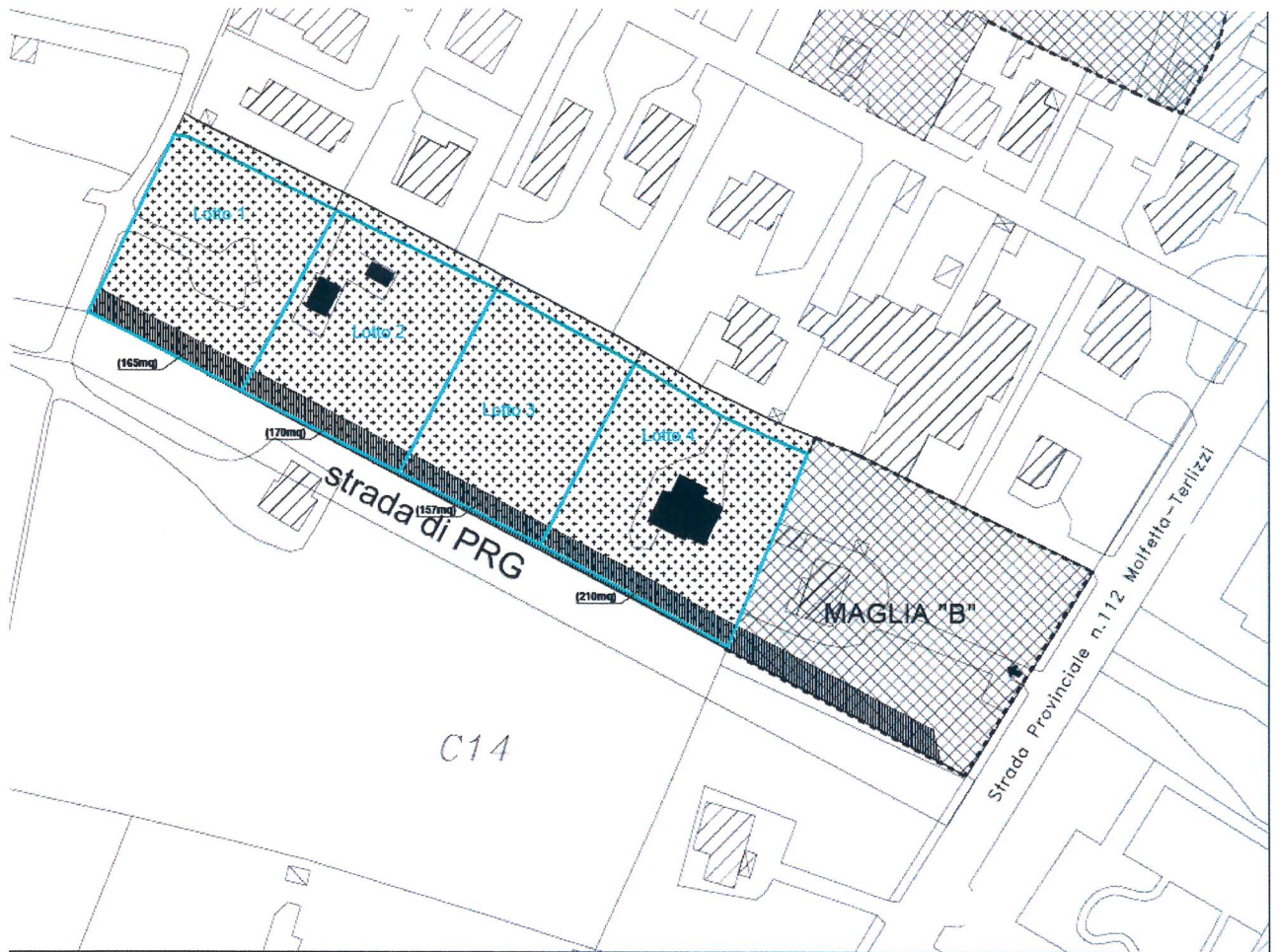
Ortofoto



TAV. 02: stralcio TAV. D07 di PRGC



TAV. 03: stralcio catastale



TAV. 05: planimetria con individuazione delle aree

3. Caratteri geomorfologici

L'area in oggetto, ubicata nella zona meridionale del 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, modeste sollecitazioni di compressione e di trazione che non 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. 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 **N50W** con immersione a SE di pochi gradi; inoltre in adiacenza sono evidenti piccoli salti di pendenza dell'ordine di 60 – 70 cm ascrivibili a paleo-terrazzi marini. 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).

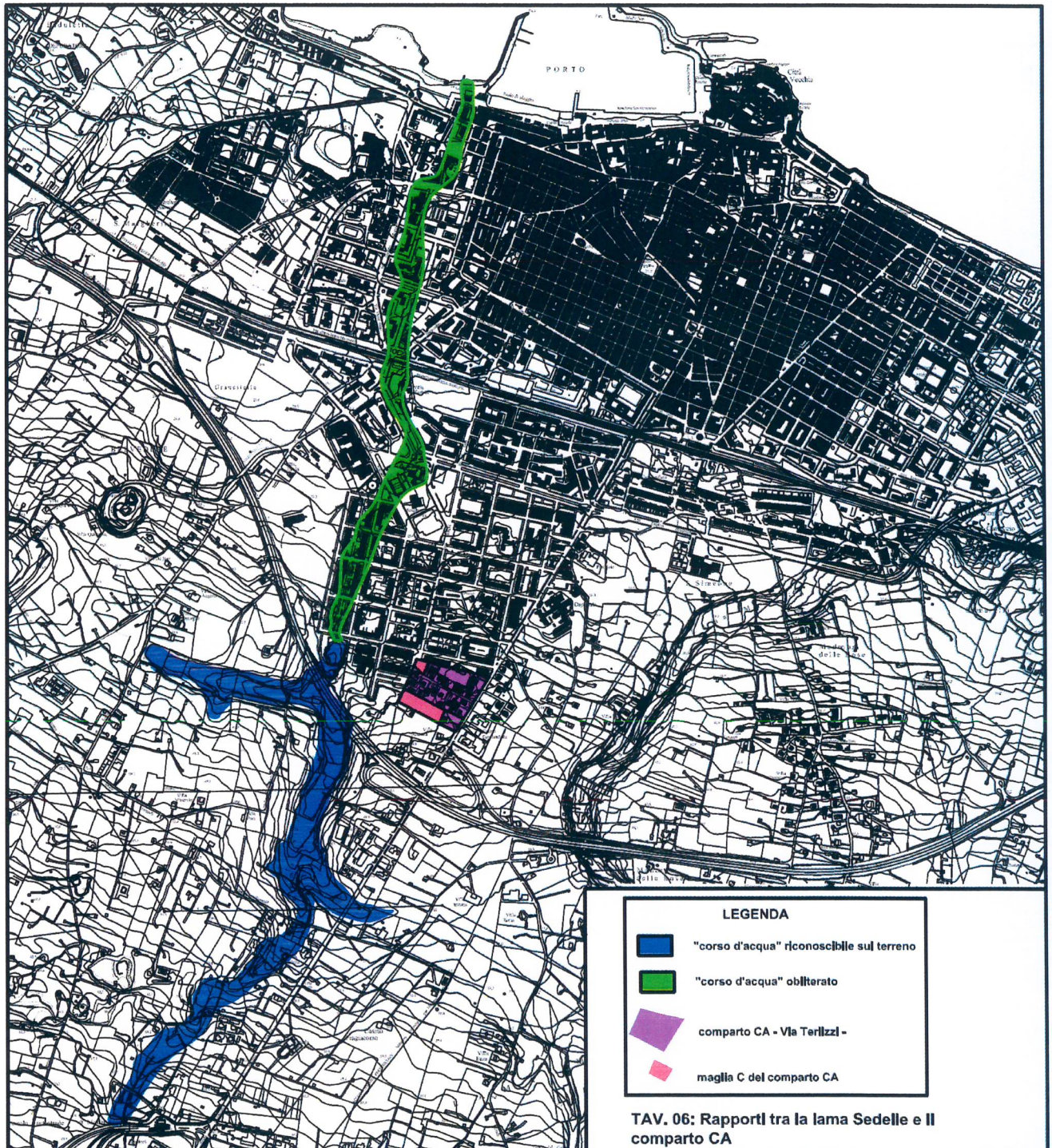
La roccia appare nel complesso come mediamente tenace.

Sui calcari si rinviene una copertura agraria pedogenizzata per attività antropica dello spessore massimo di **50 cm**; tale materiale a luoghi è praticamente assente. Sul terreno vegetale sono presenti ciottoli calcarei a testimonianza dell'esiguo spessore dello stesso.

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. In prossimità dell'area d'intervento esiste la "lama Sedelle" che sfociava in prossimità dell'ex macello comunale. Questa risulta oramai obliterata e profondamente modificata a causa del processo di antropizzazione subito. In riferimento ai rapporti geometrici e di distanza tra la maglia B e quest'ultimo elemento geomorfologico, qui nel seguito si riporta lo stralcio fotogrammetrico con l'andamento della stessa lama (TAV. 06). La distanza della maglia in oggetto dal ciglio superiore della sponda destra dell'elemento morfo-tettonico è di circa 270 m.

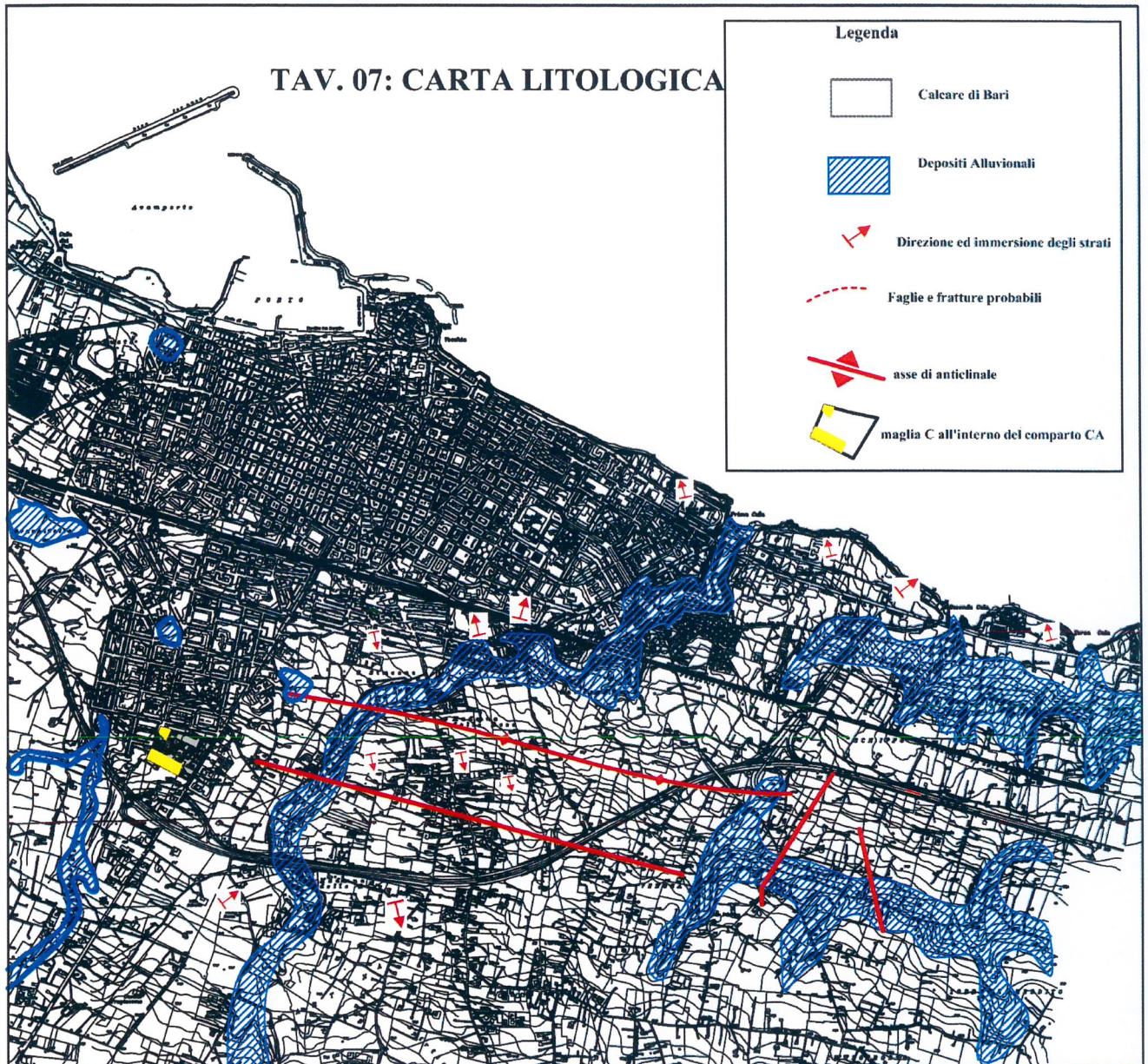
Tettonicamente la zona si presenta a struttura tabulare. L'andamento generale degli strati si configura come una monoclinale immergente a nord-ovest, solo a tratti complicata da deboli episodi plicativi e disgiuntivi.

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 minimo di rinvenimento dell'acquifero è di circa 60.0 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.

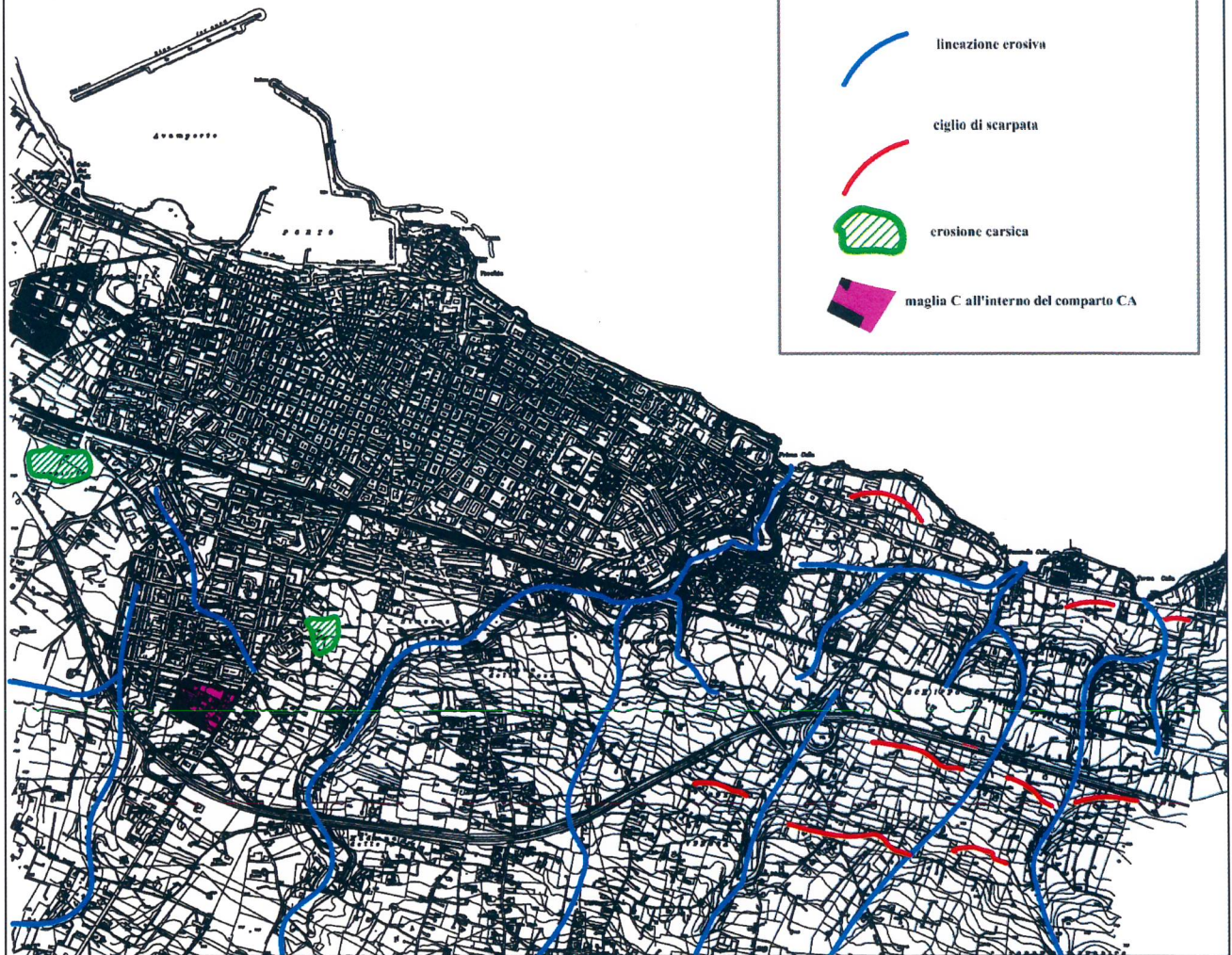


Con riferimento alle caratteristiche geologiche dell'area si riportano:

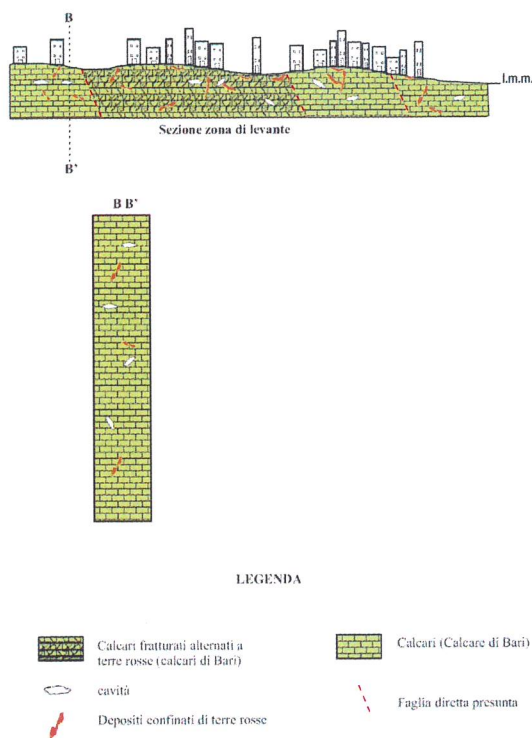
- carta litologica (TAV. 07);
- carta morfologica (TAV. 08);
- sezione geolitologica schematica e colonna litostratigrafica locale (TAV. 9).



TAV. 08: CARTA MORFOLOGICA



Situazione geologica e stratigrafica del Comune di Molfetta (Ba)



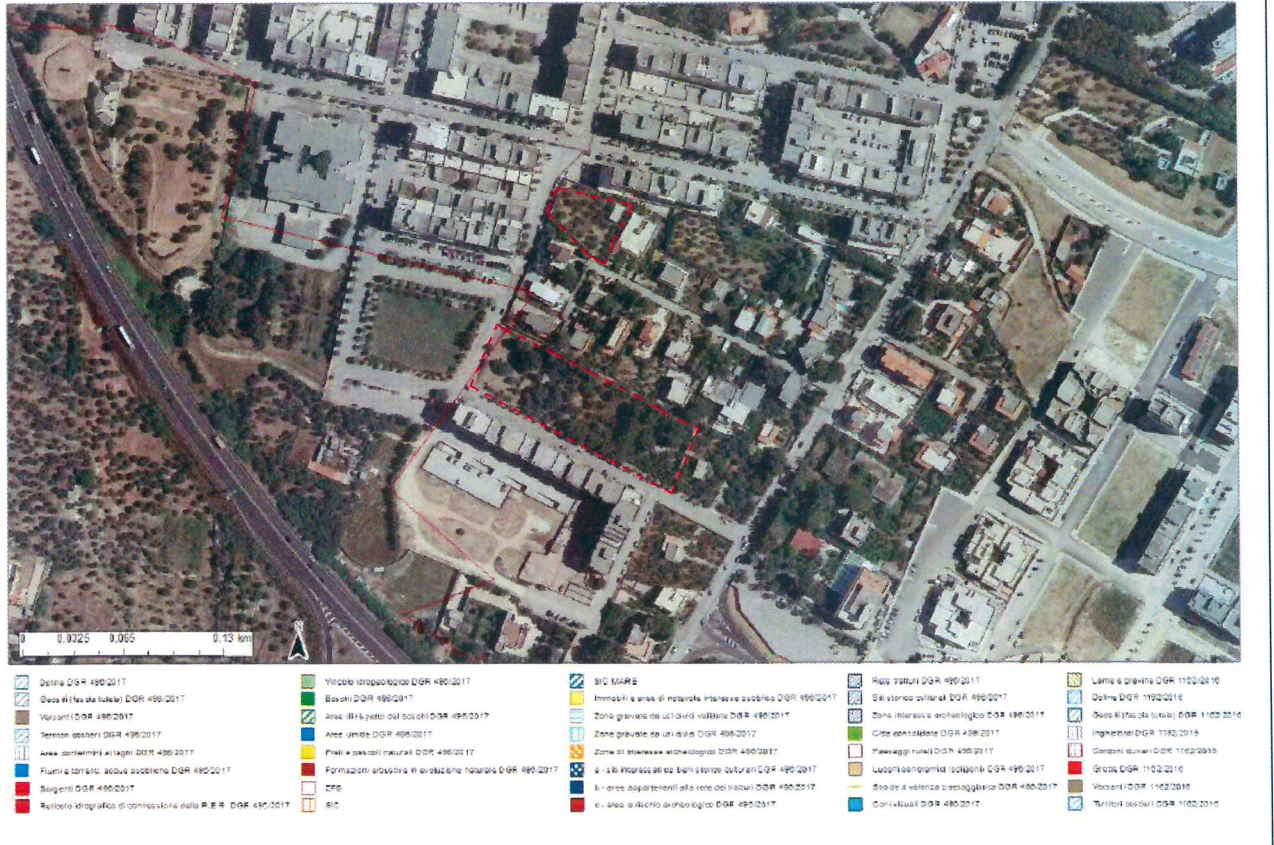
TAV. 9 : sezione geolitologica schematica e colonna litostratigrafica locale

4. Rapporti con gli strumenti programmatori e di pianificazione

PPTR

Per quanto riguarda il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) adottato dalla Giunta Regionale con delibera n. 1435 dello 02/08/2013 con il nuovo testo delle NTA con modifiche introdotte dalla DGR n. 2022 del 29/10/2013, regolarmente approvato e pubblicato sul B.U.R.P. n°40 del 23/03/2015, la maglia C della Zona omogenea Ca – Via Terlizzi, non rientra nelle perimetrazioni dello stesso piano.

Nella Tav. 10, si riporta lo stralci di PPTR dalla quale si evince l'estraneità del sito in oggetto da qualsiasi vincolo.

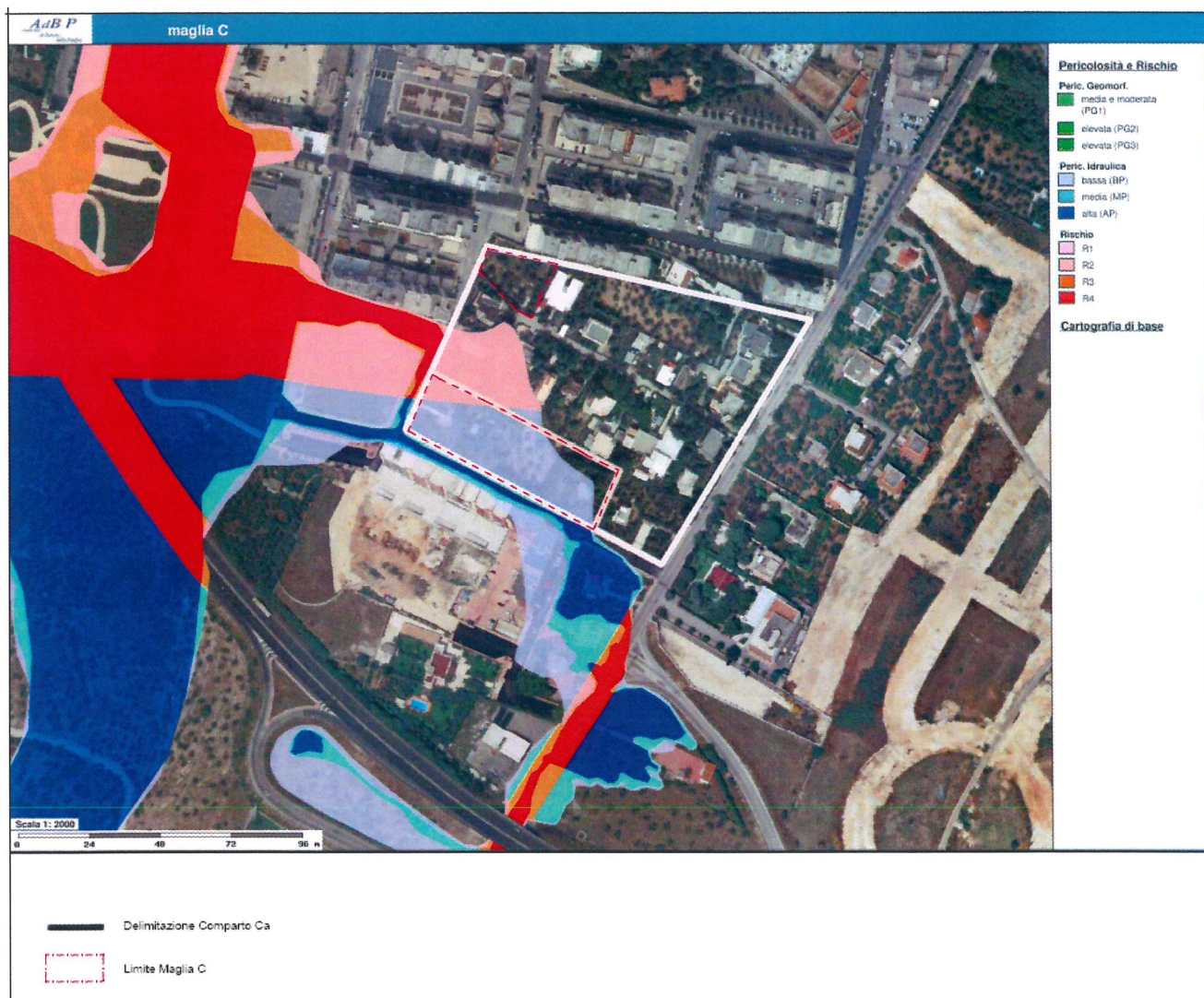


 Limite Maglia C

TAV. 10: PPTR

PAI

Per quel che riguarda il Piano di Bacino Stralcio per l' Assetto Idrogeologico, adottato in data 15.12.2004 dalla Regione Puglia e regolarmente approvato, a cui sono seguite nell'aprile del 2009 le nuove perimetrazioni delle aree sondabili, la maglia c della Ca rientra in ambiti perimetrati come zone a BASSO rischio di alluvionamento. Nella Tav. 11 che segue si riporta uno stralcio della cartografia del PAI, da dove si evince il rischio di allagamento.



TAV: 11: Stralcio PAI

La zona è quindi disciplinata dall'art. 7 delle NTA del Pai che riporta:

1. Nelle aree a bassa probabilità di inondazione sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale.
 2. Per tutti gli interventi nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.
 3. In tali aree, nel rispetto delle condizioni fissate dagli strumenti di governo del territorio, il PAI persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti, ai sensi della legge 225/92, di programmi di previsione e prevenzione.
- Quindi l'intervento de quo è fattibile.

L'area non è interessata nemmeno dalla presenza di "corsi d'acqua" di cui al reticolo idrografico elaborato dall'A.d.B. Puglia; la distanza dalle parti sommitali della lama Sedelle è di circa 260 m. In merito a quanto sopra scritto qui di seguito si riporta lo stralcio del reticolo idrografico (TAV.12).



TAV: 12: Stralcio reticolo idrografico

L'intervento, in definitiva, risulta congruente con la normativa e la pianificazione in essere. A parere di chi scrive non si ravvisa limitazione alcuna per la realizzazione del progetto in epigrafe e **né sussistono rischi idraulici di media ed alta pericolosità, idrogeologici e tettonici che possano mettere a rischio l'incolumità di cose e persone.**

5. Indagini

5.1 Rilievo geologico di dettaglio

Nell'area di interesse sono stati effettuati numerosi sopralluoghi per meglio comprendere la situazione geomorfologica esistente.

Nell'area è possibile osservare in affioramento strati e banchi calcarei ben visibili. La zona è caratterizzata da un esiguo spessore di terreno vegetale di copertura e stante la suborizzontalità presentata dagli strati calcarei, di frequente si osservano le facce di strato dell'ammasso carbonatico.

Gli strati calcarei hanno direzione N50E ed immersione a SW di pochi gradi. Sul terreno si osservano due sistemi principali di fratturazione, subverticali e circa ortogonali; il principale ha direzione NS ed il secondo EW.

5.2 Indagini geofisiche

Si riferisce dei risultati della campagna di indagine geofisica eseguita mediante l'esecuzione di un profilo di sismica a rifrazione in onde P ed un profilo MASW.

La campagna di indagine è stata eseguita al fine di supportare la relazione geologica per la progettazione dell'intervento.

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*)

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 tra valori di V_p (sismica a rifrazione) e V_s (MASW) è stato 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 e MASW sono state eseguite nell'abitato di Molfetta (BA) lungo via Almirante. Per le coordinate relative all'indagini si è fatto riferimento al sistema geografico UTM (Tab. I). Nella figura che segue se ne riporta l'ubicazione.

Z	E (m)	N (m)	E (m)	N (m)	Lunghezza (m)
REF01 (SH01-SH8)	633683.05	4561119.15	633708.15	4561162.70	50
MASW01 (G1-G20)	633684.95	4561121.69	633706.57	4561159.77	46

Tab. I – Coordinate degli estremi dei profili di sismica a rifrazione e MASW. Sistema di riferimento UTM - datum WGS84 - fuso 33T



Tav. 13: ubicazione indagini

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. Le indagini 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 ($cf - f$), 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.

5.3 Sismica a rifrazione in onde P

Lo stendimento sismico è stato realizzato utilizzando 24 canali d'acquisizione, adottando una distanza intergeofonica pari a 2.5 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: 2.0 s
- intervallo di campionamento 0.256 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 8 *shot points*.

- 2 *end-shots* posti rispettivamente a -2.0 e +48 m rispetto al geofono 1.
- 6 intermedi posti rispettivamente in corrispondenza del 4°,7°,11°,14°,17°e 21° geofono.

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

5.4 MASW

L'acquisizione dei dati sismici è stata condotta secondo la seguente configurazione:

- n° geofoni: 24
- distanza intergeofonica di 2.0 m per complessivi 46 m di rilievo
- n° 2 punti di energizzazione distanti -2.0 m dal I geofono (S1), +2.0 m (S8) dall'ultimo geofono
- n° 4/8 *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.

5.5 ELABORAZIONE

5.5.1 Sismica in onde P

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.

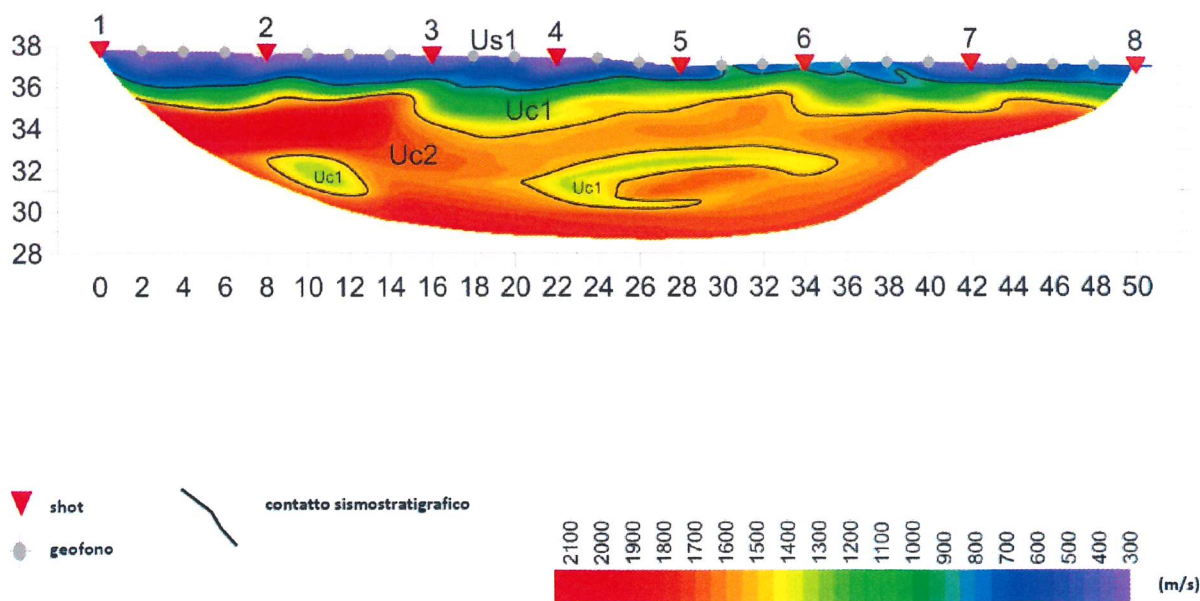
Lo schema di processing tomografico utilizzato nel presente lavoro è basato sulla creazione di un modello iniziale ottenuto mediante interpretazione con una tecnica sofisticata di processo dei tempi di primo arrivo basata sui metodi dei "Fronti d'onda" (Brückl 1987; Jones and Jovanovich 1985) e del Plus-minus (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.

5.5.2. Risultati

5.5.3 Sismica a rifrazione in onde P - REF01

La tomografia sismica, così come mostrato nella figura che segue, suggerisce un sottosuolo costituito dall'alto verso il basso da 3 unità sismostratigrafiche di base.



TAV. 14: Tomografia sismica in onde P

L'unità sismica **Uc1** si estende sino ad una profondità compresa tra 0.1÷1.6 m da p.c., variando lateralmente il suo spessore. Tale sismostrato presenta V_p comprese tra 325 m/s al *top* e 750 m/s al bottom, Il contatto con il sismostrato sottostante appare piuttosto marcato. Tra le progressive $x=30\text{m}$ ed $x=40\text{m}$ è presente una riduzione di spessore.

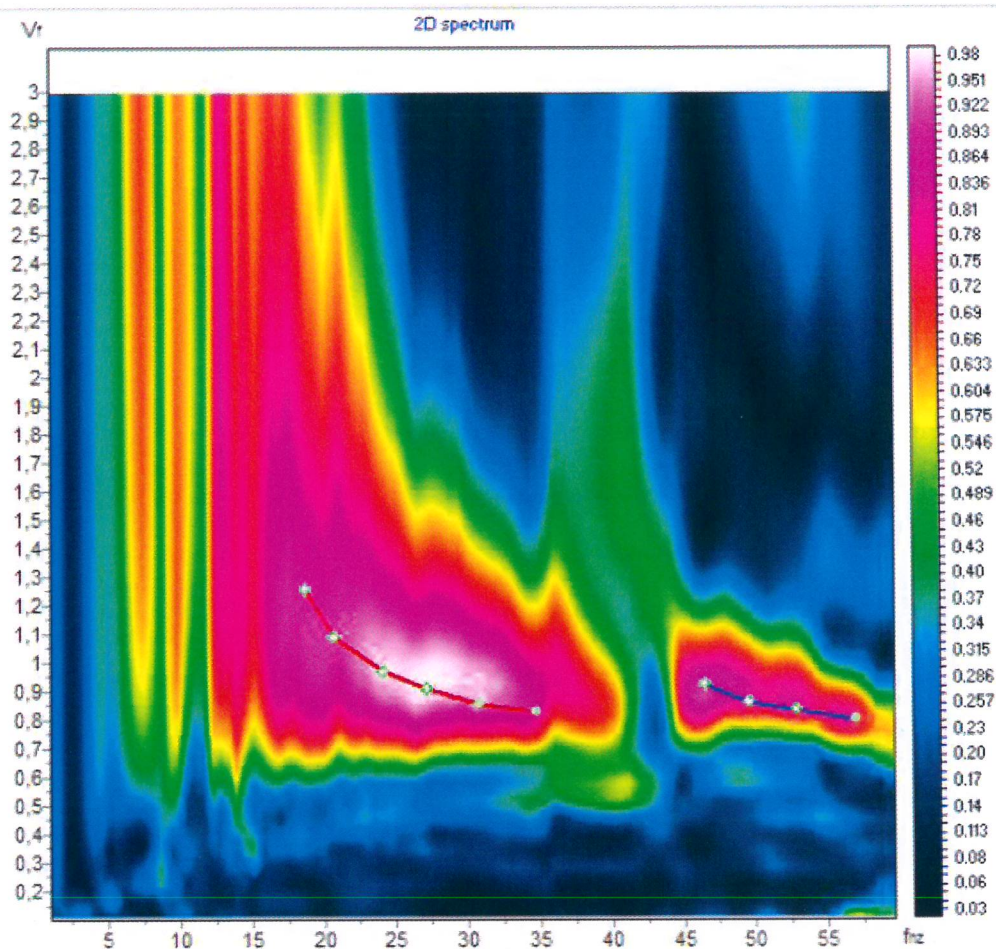
Segue l'unità **Uc1**, che presenta uno spessore compreso tra 0.7÷2.4 m, caratterizzata da V_p medie variabili tra 800÷1100 m/s, in rapido aumento con la profondità fino a valori massimi di 1500 m/s. (come mostrato graficamente del Gradiente della V_p , nell'Allegato I).

Conclude la subunità **Uc2** caratterizzata da V_p maggiori di 1500 m/s. All'interno della subunità **Uc2** sono presenti delle diminuzioni di V_p che presentano le stesse velocità della unità sovrastante **Uc1**, con valori compresi tra 1300÷1500 m/s.

5.5.4 MASW – MASW01

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 VS30.

L'analisi in frequenza (vedi figura) è stata condotta sino a 60 Hz. Tale *range* risulta sufficiente ad indagare il volume di sottosuolo di interesse.

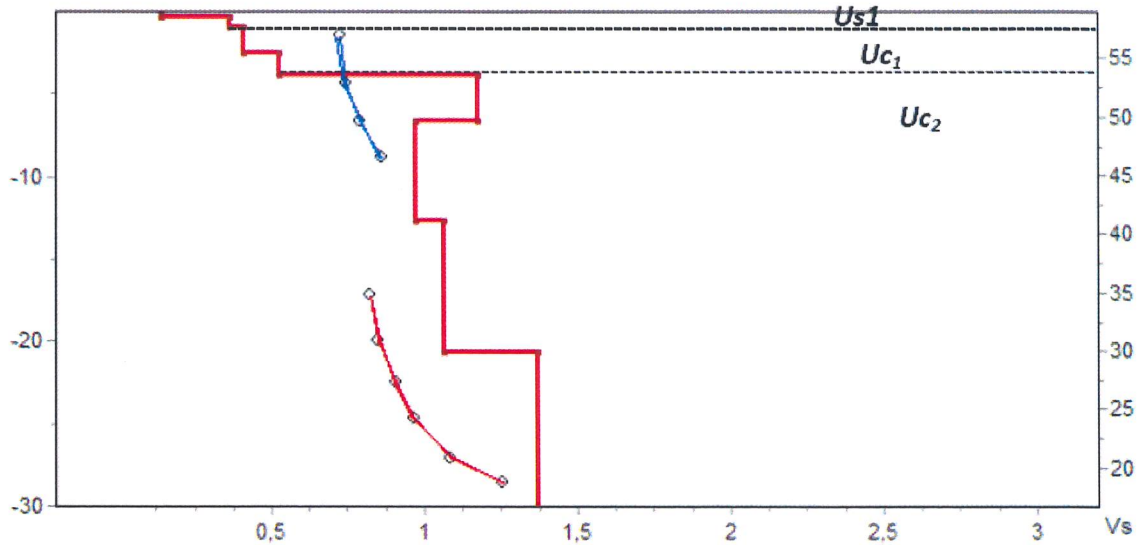


Tav. 15: Spettro frequenza/velocità di fase. sovrainposti sono i picking del modo fondamentale (rosso) e del I° modo (blu).

In tale range di frequenza la curva di dispersione appare dominata dal modo fondamentale e dal I° modo, presentando chiari picchi in ampiezza dello spettro frequenza/velocità. L'indagine è stata effettuata considerando tutti i modi di vibrazione summenzionati. In tale maniera è stato possibile utilizzare un ulteriore *constrain* per la ricerca del modello più adeguato alla realtà geologica oggetto di studio.

L'indagine MASW suggerisce un sottosuolo del tutto assimilabile a quello evidenziato dall'indagine di sismica a rifrazione in termini sia di spessori che di velocità rilevate, pur considerando che l'indagine MASW fornisce un profilo monodimensionale VS – profondità che media i valori in termini di spessori e velocità (vedi fig.).

Entro i primi metri di sottosuolo, si riconoscono, dall'alto verso il basso della sequenza, una unità di copertura (*Us1*) con Vs variabile tra 150÷300 m/s e spessore esiguo pari a 0.9 m, che poggia su di un sismostrato (*Uc1*) spesso 3.0 m. Segue l'unità *Uc2* caratterizzata da Vs > 970 m/s.



TAV. 16: Profilo di Vs (Km/s); sovrainposti lo spettro, le curve di dispersione misurate e calcolate per ciascun modo di vibrazione; fondamentale (rosso), I modo (blue).

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.

CALCOLO MASW

Strato	VS (m/s)	Profondità Top (m)	Spessore (m)
1	150	0	0.4
2	360	0.4	0.5
3	410	0.9	1.6
4	530	2.5	1.4
5	1180	3.9	2.7
6	970	6.6	6
7	1070	12.6	8
	1370	20.6	9.4
		30	

Tab. 2 - 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 14 gennaio 2008, 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 $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse.

Tali categorie sono riepilogate nella tabella di seguito riportata.

Categoria di suolo		
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	$V_{s,30} > 800$ m/s
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> 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)	$360 \text{ m/s} < V_{s,30} < 800 \text{ m/s}$ ovvero $N_{SPT,30} > 50$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_{u,30} > 250$ kPa (terreni a grana fina)
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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)	$180 \text{ m/s} < V_{s,30} < 360 \text{ m/s}$ ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ (terreni a grana grossa) ovvero $70 < c_{u,30} < 250$ kPa (terreni a grana fina)
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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)	$V_{s,30} < 180$ m/s ovvero $N_{SPT,30} < 15$ (terreni a grana grossa) ovvero $c_u < 70$ kPa (terreni a grana fina)
E	<i>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)</i>	

Sono, inoltre, definite ulteriori due categorie che prevedono specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche, particolarmente nei casi in cui la presenza di terreni suscettibili di liquefazione e/o di argille d'elevata sensibilità possa comportare fenomeni di collasso del terreno.

S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche	$V_{s,30} < 100$ m/s ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.	

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

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

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.

Pertanto se si considerano i valori della velocità di propagazione delle onde "S", misurata da p.c., è possibile evidenziare che il valore V_{s30} è risultato essere pari a 897 m/s, consentendo, per l'area in esame la definizione di un suolo appartenente alla categoria **A**.

5.5.5 Calcolo dei moduli dinamici

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 (cap.6.3) caratterizzanti le unità, riassunti nelle seguenti tabelle.

	VP [m/s]		Vs [m/s]		Poisson	
	min	max	min	max	min	max
Us1	325	750	150	360	0.36	0.35
Uc1	800	1100	410	530	0.32	0.35
Uc2	1750		970		0.29	

Tab. 3

	Young [Mpa]		Shear [Mpa]		Bulk [Mpa]		γ (kN/m ³)		ϕ (°)	
	Ed		G		K		Densità		Angolo d'attrito	
	modulo di elasticità longitudinale		modulo di elasticità tangenziale		modulo di compressibilità		min	max	min	max
	min	max	min	max	min	max	min	max	min	max
Us1	92	616	34	228	114	686	15.0	17.6	19.6	31.6
Us2	792	1434	299	532	741	1581	17.8	18.9	32.7	35.3
Uc1	5030		1951		3969		20.7		40.7	

Tab. 4

5.6 CONCLUSIONI E ASSOCIAZIONI LITOSTRATIGRAFICHE

La sequenza litostратigrafica deducibile dalle indagini inizia al *top* con uno strato (**Us1**) che, per le velocità rilevate, risulta assimilabile a terreno vegetale e sottofondo costituito da materiale di riporto e/o di risulta, talvolta rimescolato in superficie.

L'unità **Uc1** per le velocità sismiche rilevate è compatibile con un litotipo calcareo estremamente fratturato con probabile presenza di terre rosse. Indicativo è il relativo aumento del poisson a queste profondità imputabile a componente terrigeno-argillosa di eventuale componente residuale.

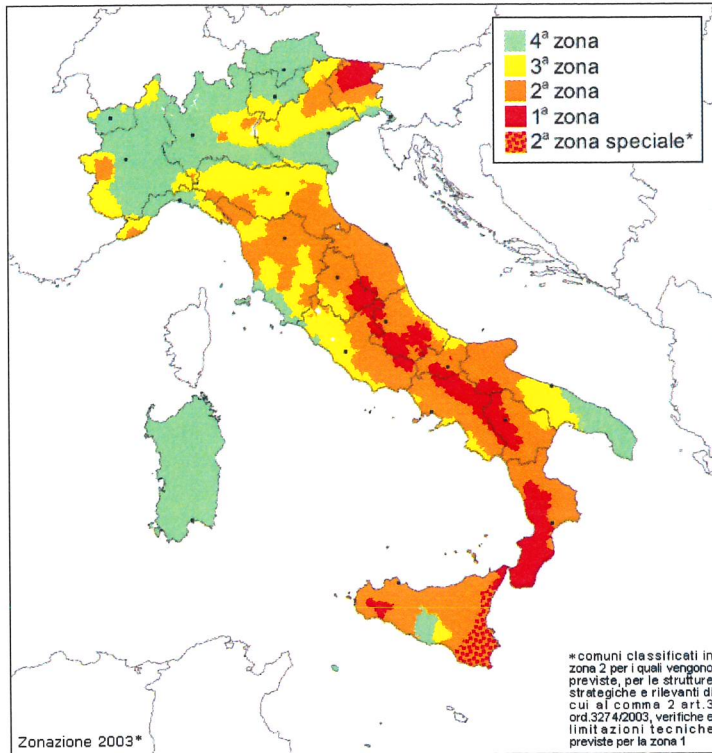
Chiude la sequenza l'unità **UC2** che per le velocità sismiche rilevate risulta assimilabile a calcare da altamente a mediamente fratturato/alterato, con miglioramento della caratteristiche geomeccaniche con la profondità. E' presente una zona di inversione di velocità alla profondità di 5.0m-6.0m da piano campagna, con velocità comparabili a quelle della subunità **Uc1** e quindi ascrivibili a calcare più fratturato/alterato in quelle specifiche aree.

5.7 Sismicità dell'area

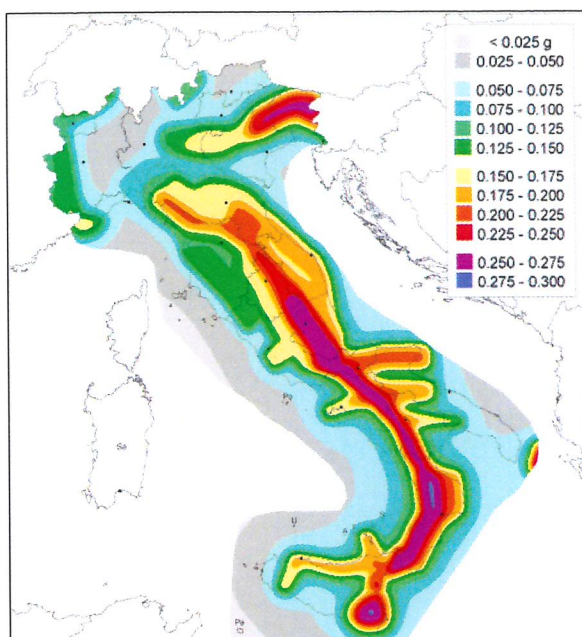
Il Comune di Molfetta è stato classificato, in base all'O.P.C.M. 3274 nella zona sismica di 3^a categoria, pertanto andranno altresì considerati gli aspetti geodinamici connessi al terreno. I più importanti sono le caratteristiche del moto sismico nel suolo e la risposta dinamica della struttura e del 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. Si riporta in seguito la zonazione sismica del territorio nazionale ad opera dell'INGV ed inoltre la carta delle accelerazioni del suolo (INGV) in termini di frazioni di "g" (accelerazione di gravità), alle quali il suolo può essere sottoposto a seconda dell'area in cui ricade.

I nuovi criteri di caratterizzazione sismica locale, come accennato in premessa sono menzionati nel D.M. 14/01/08 "Nuove Norme Tecniche per le costruzioni" ed entrati ufficialmente in vigore in data 05/08/09 a seguito della Circolare emessa dal Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti e pubblicata su G.U. n. 187 del 13 /08/2009, per cui per maggiore chiarezza sulla caratterizzazione sismica locale in termini di accelerazione del suolo in caso di sisma, riporteremo in seguito uno stralcio tratto dal sito ufficiale

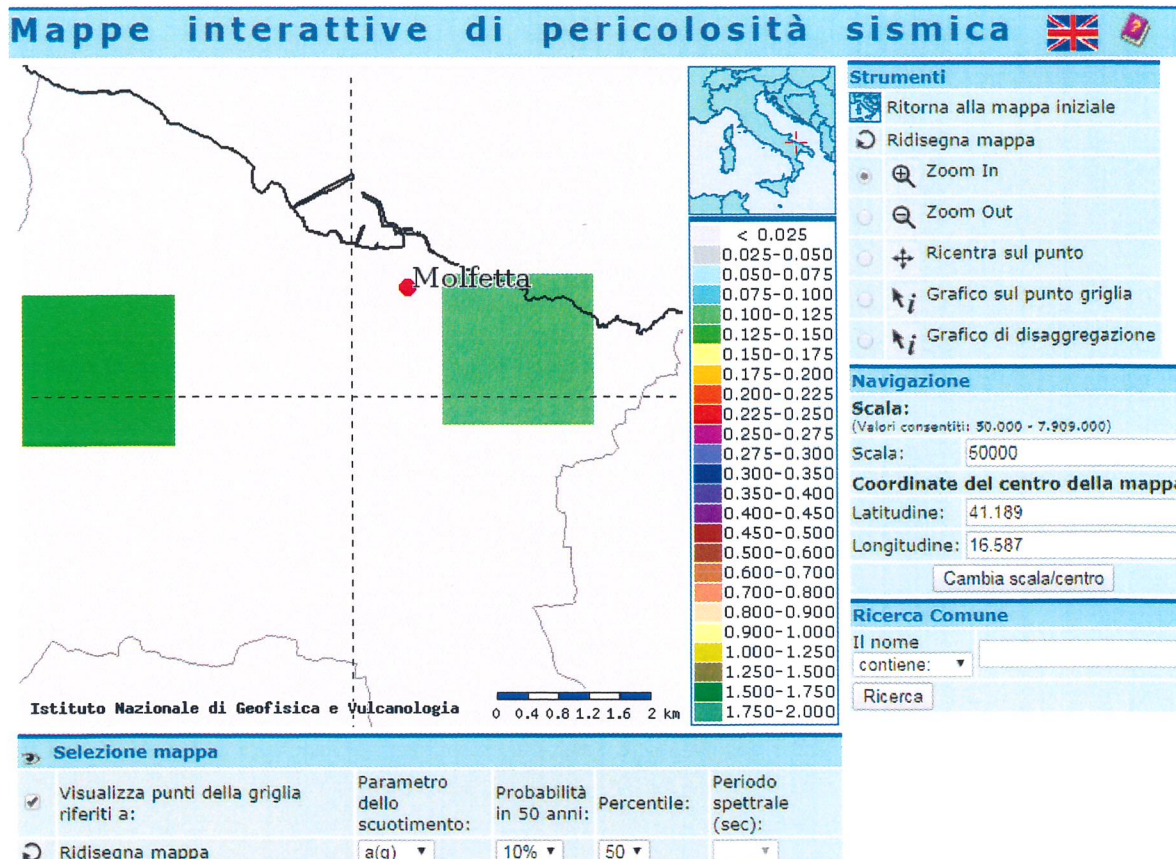
dell'INGV (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia) in formato web-gis, in cui è possibile ulteriormente osservare la categoria di accelerazione sismica locale in cui il comune di Molfetta ricade; la quale da un'analisi cromatica della cartografia esaminata si è inferiore a 0.025 g.



TAV. 17: Zonazione sismica del territorio nazionale



TAV. 18: Carta delle accelerazioni sismiche locali



TAV. 19: Zonazione sismica nazionale (web-gis) in termini di accelerazione sismica locale

Sempre con riferimento alla succitata circolare e alle nuove Norme Tecniche è necessario inoltre caratterizzare il sito in funzione degli spettri di risposta sismica delle componenti orizzontali e verticali del suolo. Gli spettri di risposta sismica vanno stimati in relazione con i differenti Stati Limite a cui un manufatto è potenzialmente sottoposto; tale stima è stata effettuata disponendo di un software fornito dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (www.cslp.it), il quale è strutturato in tre fasi per la valutazione degli spettri di risposta:

FASE 1 - Individuazione della pericolosità del sito (sulla base del progetto S 1 dell'INGV);

FASE 2 - Scelta della strategia di progettazione;

FASE 3 - Determinazione dell'azione di progetto.

Risulta chiaro che i dati di input al software sono scelti in funzione di diversi parametri, i quali dipendono direttamente da svariati aspetti come per esempio: dall'ubicazione del sito, dalla vita nominale del manufatto, dal coefficiente d'uso del manufatto, dalla tipologia di stato limite per cui si intende calcolare gli spettri di risposta elastica, dalla categoria di sottosuolo, dalla categoria topografica ed infine da aspetti di carattere strutturale dell'edificio (fattore di struttura).

Saranno pertanto di seguito riportate le relative schermate del software utilizzato da cui si potrà facilmente apprendere la fase di input dei dati per le tre FASI di lavoro e i relativi grafici riferiti agli spettri di risposta elastica, nonché tabelle in cui sono riassunti i principali parametri sismici locali.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate LONGITUDINE: 16,58655 LATITUDINE: 41,18900

Ricerca per comune REGIONE: Puglia PROVINCIA: Bari COMUNE: Molfetta

Elaborazioni grafiche
 Grafici spettri di risposta |>
 Variabilità dei parametri |>

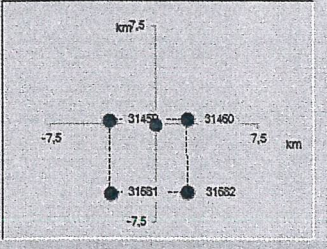
Elaborazioni numeriche
 Tabella parametri |>

Controlli sul reticolo
 Sito esterno al reticolo
 Interpolazione su 3 nodi
 Interpolazione corretta

Interpolazione
 media ponderata

Reticolo di riferimento

No di del reticolo intorno al sito

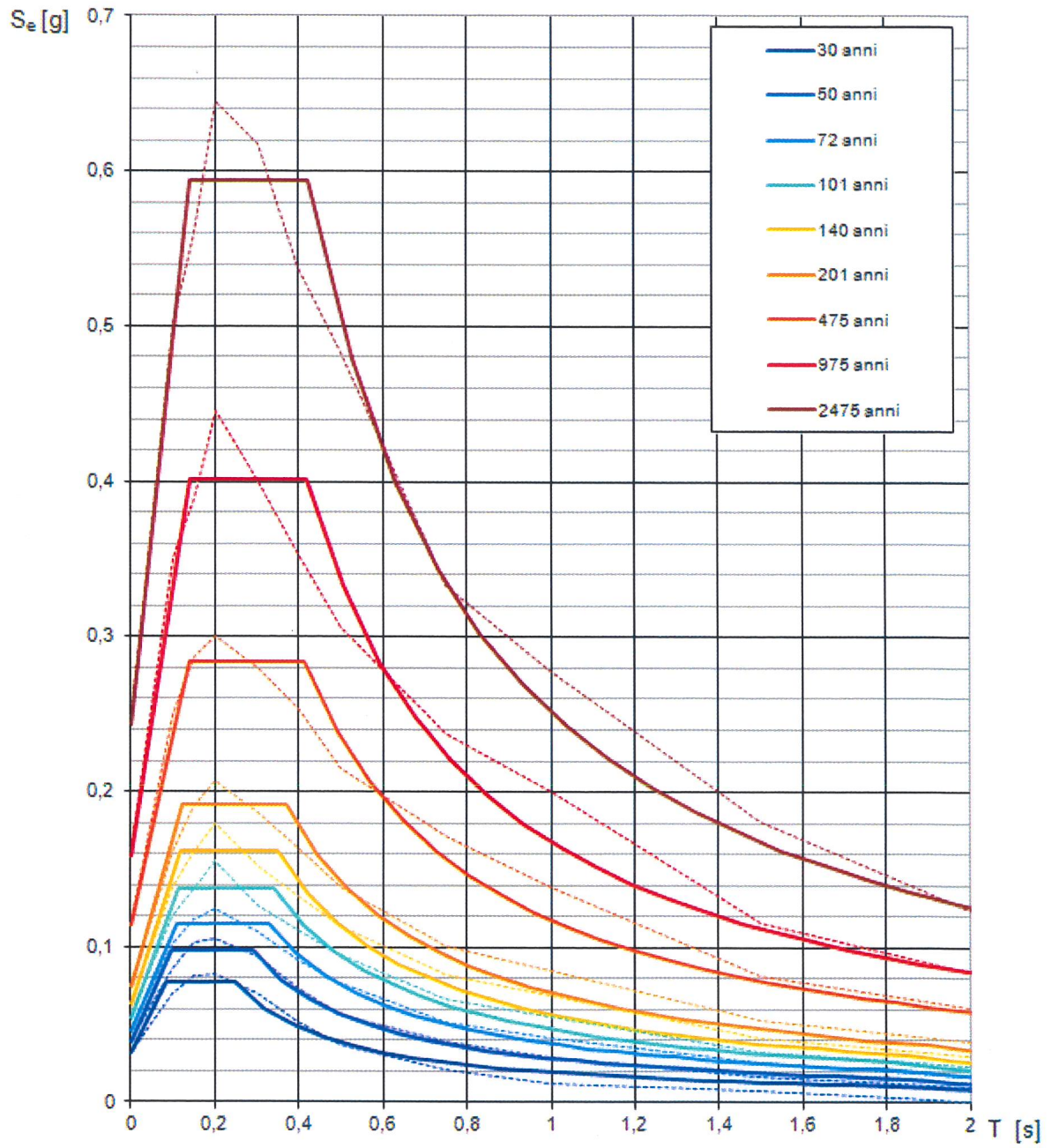


La "Ricerca per comune" utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all'interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle così individuate e si consiglia, quindi, la "Ricerca per coordinate".

INTRO FASE 1 FASE 2 FASE 3

Tav. 20

Nella schermata di input dei dati relativi alla FASE 1 si è preferito effettuare una individuazione del sito in funzione delle coordinate geografiche espresse in termini di latitudine e longitudine. Qui di seguito si riportano gli spettri di risposta.

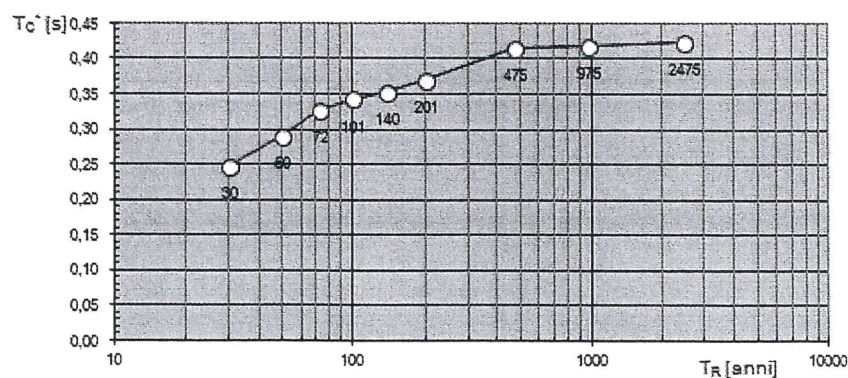
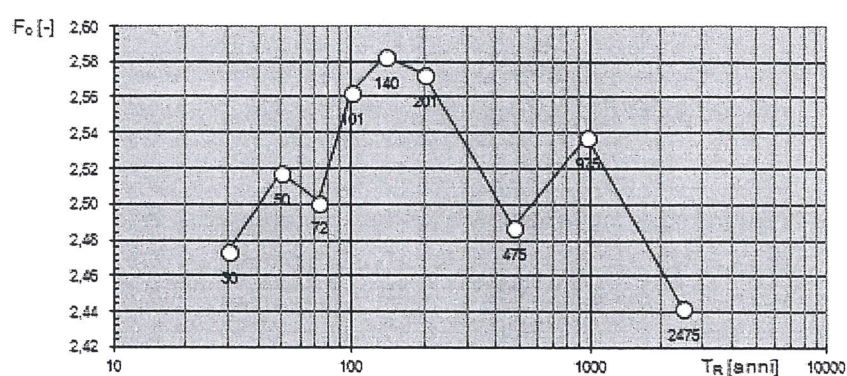
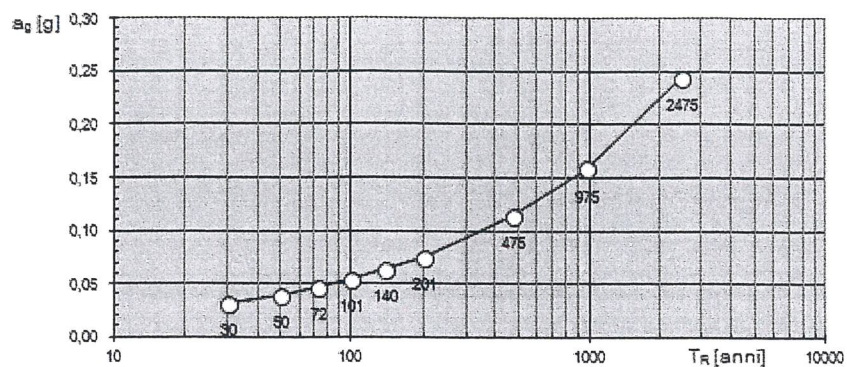


NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

TAV. 21

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c : variabilità col periodo di ritorno T_R



TAV. 22

Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c per i periodi di ritorno T_R di riferimento

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c [s]
30	0,032	2,474	0,248
50	0,039	2,518	0,290
72	0,046	2,502	0,328
101	0,054	2,563	0,343
140	0,063	2,583	0,352
201	0,074	2,573	0,370
475	0,114	2,488	0,415
975	0,158	2,538	0,419
2475	0,243	2,443	0,424

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

TAV. 23

Nella seguente schermata relativa alla fase di input dei dati della FASE 2 è stata considerata una vita nominale della costruzione pari a 50 anni (cfr. par. 2.4.1 NTC 14/01/2008) e un coefficiente d'uso della costruzione pari a 1 in funzione della tipologia d'uso dell'edificio (cfr. par. 2.4.3 NTC 14/01/2008); quindi si riportano le tabelle ed i relativi spettri.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N	50	info
Coefficiente d'uso della costruzione - C_U	1	info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R	50	info
Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R		info
Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	30
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	50
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	475
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	975

Elaborazioni

Grafici parametri azione ▶▶▶

Grafici spettri di risposta ▶▶▶

Tabella parametrizzazione ▶▶▶

Strategia di progettazione

Stato	Parametro	Valore
SLO	T_R (anni)	30
SLD	T_R (anni)	50
SLV	T_R (anni)	475
SLC	T_R (anni)	975

LEGENDA GRAFICO

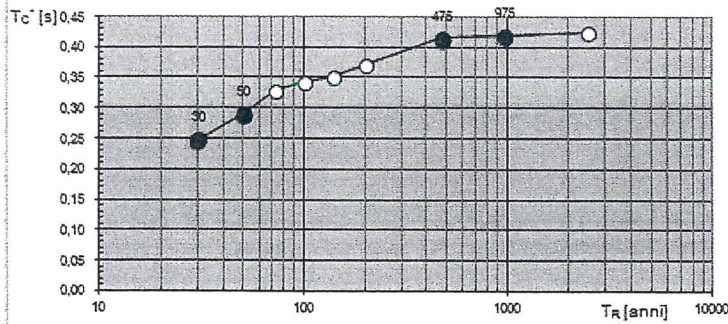
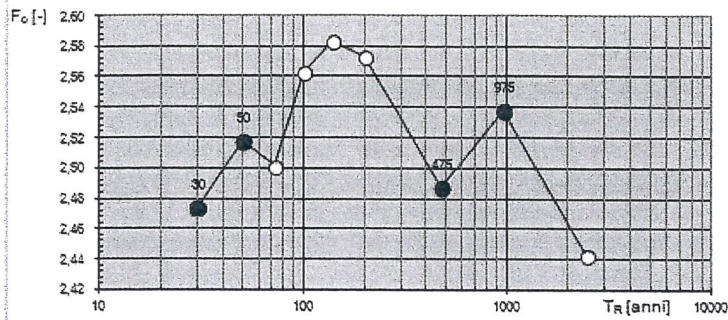
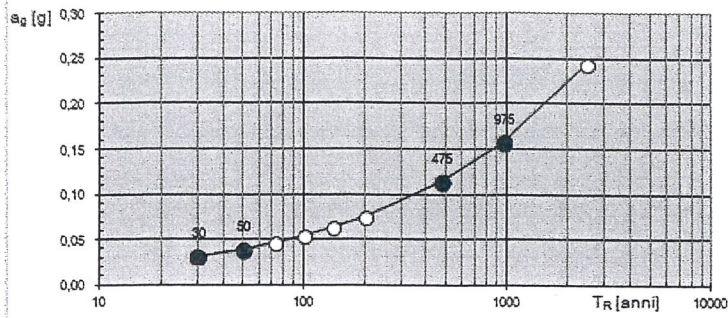
---□--- Strategia per costruzioni ordinarie

---■--- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

TAV. 24

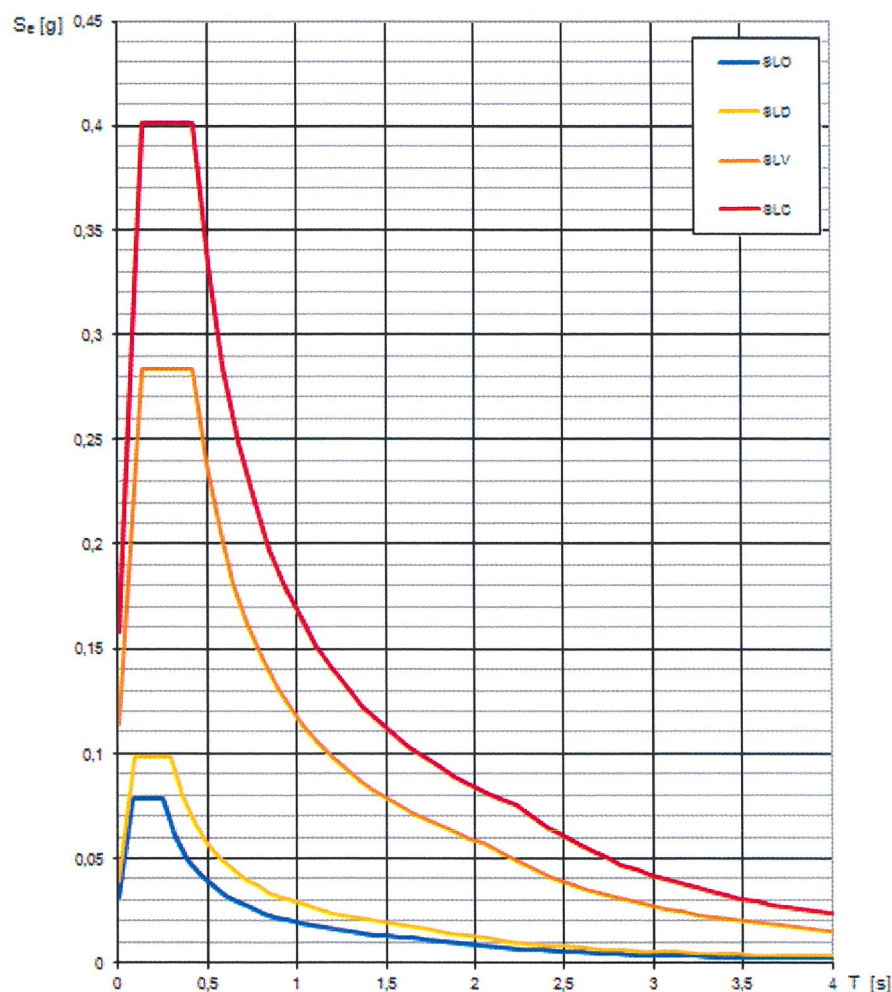
Valori di progetto dei parametri a_g , F_o , T_c in funzione del periodo di ritorno T_R



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

TAV. 25

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite



La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

TAV. 26

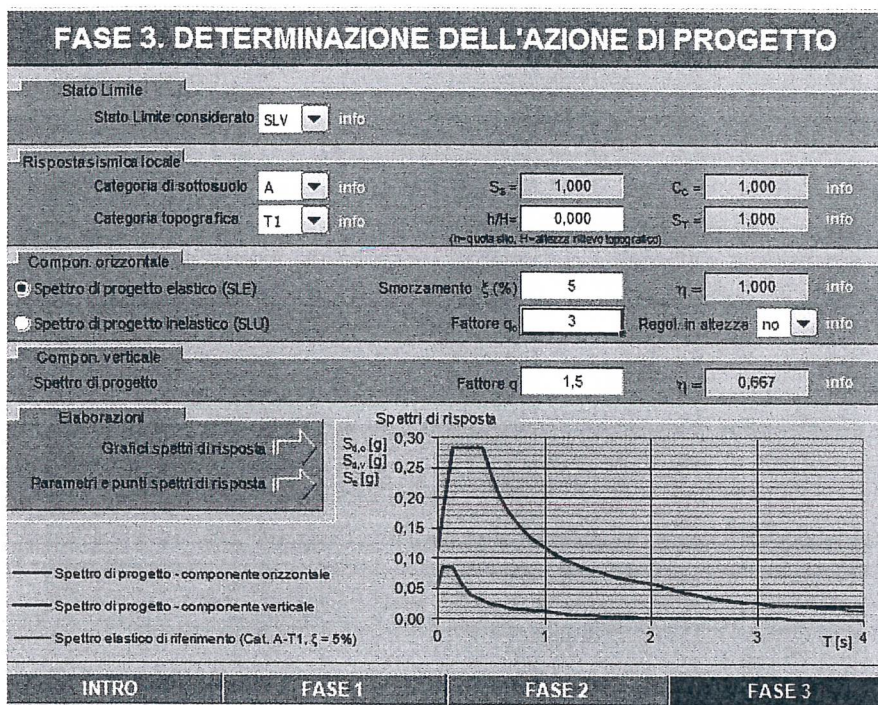
Valori dei parametri a_g , F_o , T_C^* per i periodi di ritorno T_R associati a ciascuno S

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0,032	2,474	0,248
SLD	50	0,039	2,518	0,291
SLV	475	0,114	2,488	0,415
SLC	975	0,158	2,538	0,419

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

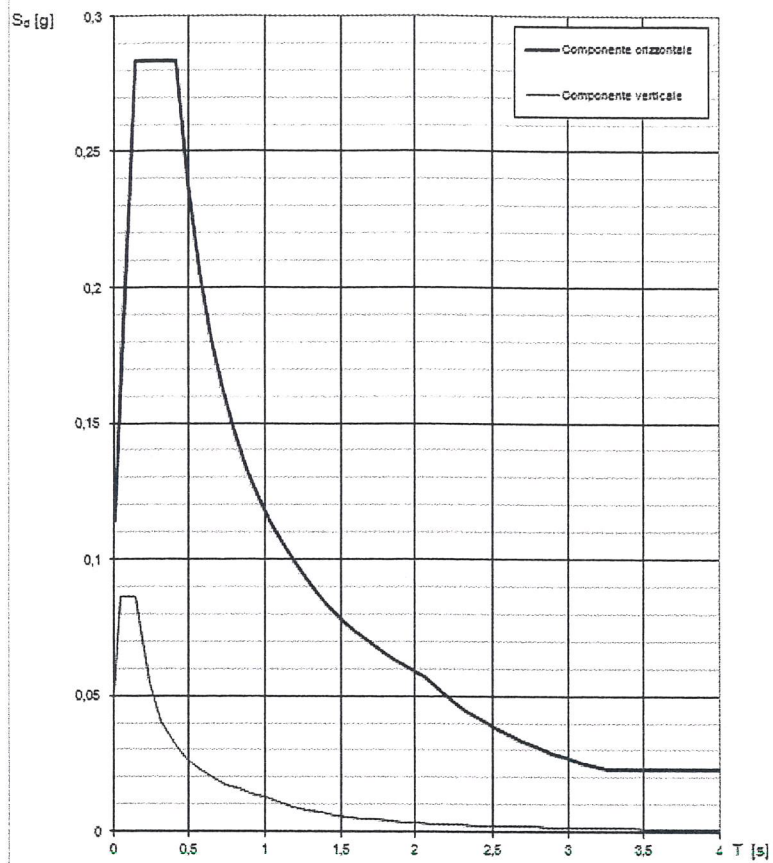
TAV. 27

Nelle successive schermate relative alla FASE 3 i parametri di input del software utilizzati consistono in una verifica in funzione dell'SLV (Stato Limite di salvaguardia della Vita, cfr. par. 3.2.1 NTC 14/01/2008), considerando una categoria di suolo di tipo A (cfr. par. 3.2.2 NTC 14/01/2008), una categoria topografica T1 (ossia con pendenze inferiori a 15°, cfr. par. 3.2.2 NTC 14/01/2008), un fattore q_0 pari a 3 in funzione della tipologia costruttiva (cfr. par. 7.3.1 NTC 14/01/2008), un fattore q pari a 1,5 (cfr. par. 7.3.1 NTC 14/01/2008). Sono di seguito riportati anche i grafici dei corrispondenti spettri di risposta elastica relativi alla SLV.



TAV. 28

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLV



La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dello stesso.

TAV. 29

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite:SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_z	0,114 g
F_a	2,488
T_a	0,415 s
S_z	1,000
C_a	1,000
S_r	1,000
q	1,000

Parametri dipendenti

S	1,000
η	1,000
T_B	0,138 s
T_D	0,415 s
T_H	2,056 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_z \cdot S_r \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10 \cdot (3+z)} \geq 0,55; \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_c / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_c = C_a \cdot T_c^* \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4 \cdot 0 \cdot a_z / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_a} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_c \quad S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	S_e [g]
	0,000	0,114
T_B	0,138	0,283
T_c	0,415	0,283
	0,433	0,233
	0,571	0,206
	0,650	0,181
	0,728	0,162
	0,806	0,146
	0,884	0,133
	0,962	0,122
	1,040	0,113
	1,118	0,105
	1,196	0,098
	1,274	0,092
	1,353	0,087
	1,431	0,082
	1,509	0,078
	1,587	0,074
	1,665	0,071
	1,743	0,068
	1,821	0,065
	1,899	0,062
	1,977	0,060
T_D	2,056	0,057
	2,148	0,052
	2,241	0,048
	2,333	0,044
	2,426	0,041
	2,519	0,038
	2,611	0,035
	2,704	0,033
	2,796	0,031
	2,889	0,029
	2,982	0,027
	3,074	0,026
	3,167	0,024
	3,259	0,023
	3,352	0,023
	3,444	0,023
	3,537	0,023
	3,630	0,023
	3,722	0,023
	3,815	0,023
	3,907	0,023
	4,000	0,023

La verifica dell' idoneità del programma, l' utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell' utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall' utilizzo dell' ...

TAV. 30

Parametri e punti dello spettro di risposta verticale per lo stato limite: SLV

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
S_m	0,052 g
S_c	1,000
S_r	1,000
q	1,500
T_b	0,050 s
T_c	0,150 s
T_D	1,000 s

Parametri dipendenti

F_v	1,134
S	1,000
η	0,667

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_c \cdot S_r \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 §. 3.2.3.5})$$

$$F_v = 1,35 \cdot F_g \cdot \left(\frac{a_g}{g}\right)^{0,2} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.10)

$$0 \leq T < T_b \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[\frac{T}{T_b} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left(1 - \frac{T}{T_b} \right) \right]$$

$$T_b \leq T < T_c \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v$$

$$T_c \leq T < T_D \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_s(T) = a_s \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_c T_D}{T^2} \right)$$

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0,000	0,052
$T_{b \leftarrow}$	0,050	0,086
$T_{c \leftarrow}$	0,150	0,086
	0,235	0,055
	0,320	0,040
	0,405	0,032
	0,490	0,026
	0,575	0,022
	0,660	0,020
	0,745	0,017
	0,830	0,016
	0,915	0,014
$T_{D \leftarrow}$	1,000	0,013
	1,094	0,011
	1,188	0,009
	1,281	0,008
	1,375	0,007
	1,469	0,006
	1,563	0,005
	1,656	0,005
	1,750	0,004
	1,844	0,004
	1,938	0,003
	2,031	0,003
	2,125	0,003
	2,219	0,003
	2,313	0,002
	2,406	0,002
	2,500	0,002
	2,594	0,002
	2,688	0,002
	2,781	0,002
	2,875	0,002
	2,969	0,001
	3,063	0,001
	3,156	0,001
	3,250	0,001
	3,344	0,001
	3,438	0,001
	3,531	0,001
	3,625	0,001
	3,719	0,001
	3,813	0,001
	3,906	0,001
	4,000	0,001

La verifica dell'idoneità del programma, l'utilizzo dei risultati da esso ottenuti sono onere e responsabilità esclusiva dell'utente. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici non potrà essere ritenuto responsabile dei danni risultanti dall'utilizzo dello stesso.

TAV. 31

6. Pluviometria

I dati delle precipitazioni medie disponibili, coprono un periodo di osservazione che va dal 1921 al 1980 ("Precipitazioni in Puglia: mappe stagionali" di G. Zito & G. Cacciapaglia).

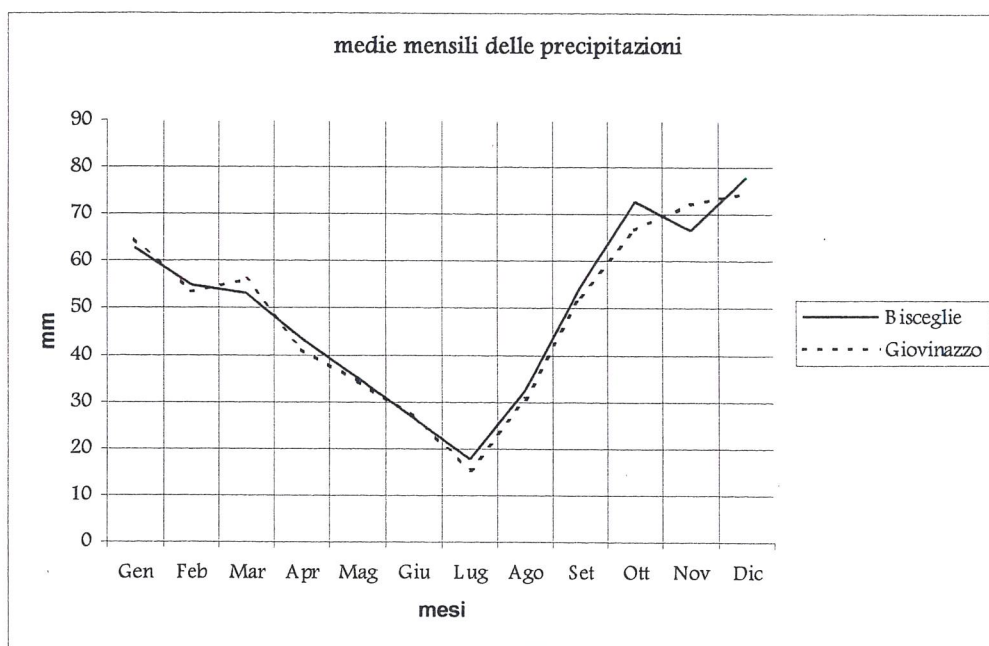
Nella tabella 5 e nella tavola seguente, si riportano le medie mensili ed annuali delle precipitazioni relative alle stazioni di osservazione di Bisceglie (16 m. s.l.m.) e di Giovinazzo (13 m. s.l.m.) essendone Molfetta priva.

I valori riscontrati sono del tutto confrontabili (vedi figura); il valore medio delle precipitazioni annue è rispettivamente di 598.1 mm e di 588.3 mm per Bisceglie e Giovinazzo.

I massimi delle precipitazioni mensili sono concentrati nel quadrimestre Ott. – Gen., mentre i minimi occorrono nel mese di luglio.

Tab. 5: Medie Mensili e annuali delle precipitazioni (anni di osservaz.1921-1980)

Staz.	Quota (m)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Bisceglie	16	62.8	54.9	53.1	43.5	35.2	26.6	17.8	32.5	54.4	72.8	66.6	77.9	598.1
Giovinazzo	13	64.5	53.4	56.0	41.2	34.4	27.0	15.3	30.6	52.5	66.7	72.2	74.5	588.3

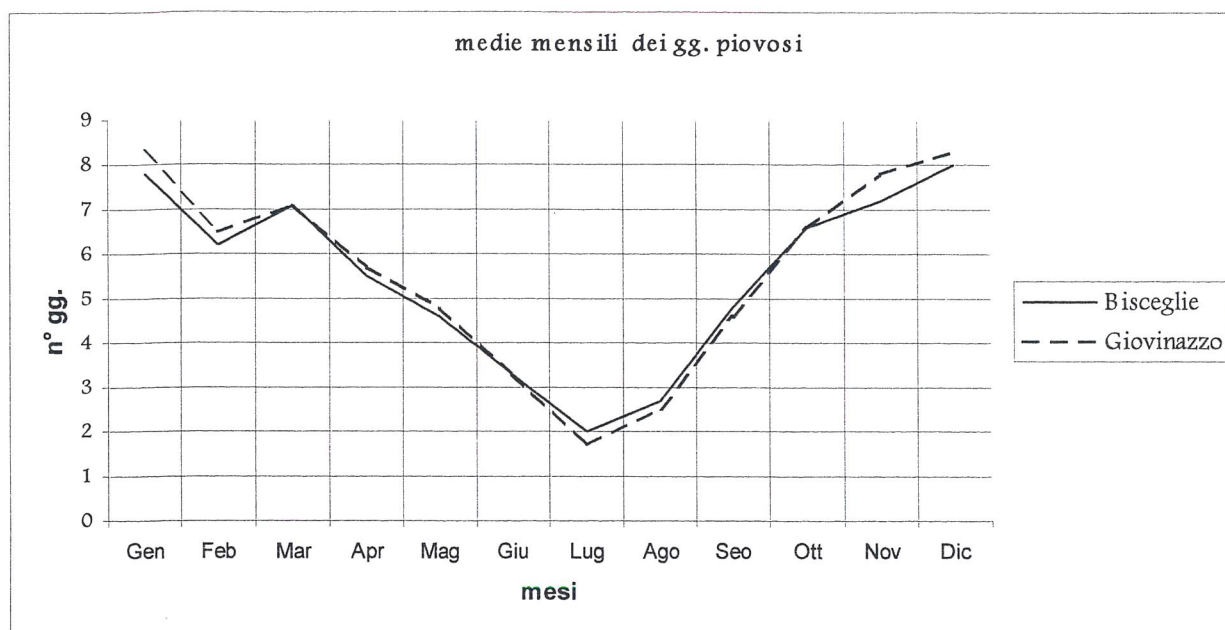


TAV. 32: medie mensili delle precipitazioni

Nella tabella 6 e nella tavola seguente, invece, si riportano le medie mensili ed annuali dei giorni piovosi relative alle stesse stazioni di osservazione. La media annua dei giorni piovosi varia da 65.8 per la stazione di Bisceglie a 67.2 gg. per quella di Giovinazzo (il 18 % riferito all'intero anno). Nel mese di luglio si hanno i valori minimi (2.0 e 1.7); il regime di tali piogge riveste un carattere temporalesco (per ciascun evento cadono dagli 8.0 ai 9.0 mm. di acqua). I valori massimi si hanno nel mese di dicembre per entrambe le stazioni .

Tab. 6: Medie Mensili e annuali dei giorni piovosi (anni di osservaz.1921-1980)

Staz.	Quota (m)	G	F	M	A	M	G	L	A	S	O	N	D	anno
Bisceglie	16	7.8	6.2	7.1	5.5	4.6	3.3	2.0	2.7	4.8	6.6	7.2	8.0	65.8
Giovinazzo	13	8.3	6.5	7.1	5.7	4.8	3.3	1.7	2.5	4.6	6.6	7.8	8.3	67.2



TAV. 33: medie mensili dei giorni piovosi

L'andamento annuale è piuttosto regolare.

Nella zona in esame, il regime pluviometrico è di tipo mediterraneo con estati calde ed inverno freddo-umido. Le precipitazioni sono rilevanti nel periodo tardo-autunnale ed invernale; prolungata siccità, salvo sporadici rovesci di notevole intensità e breve durata, nel corso del periodo estivo.

7. Studio Idrologico

Per la ricerca della curva segnalatrice di possibilità pluviometrica, sono stati presi in considerazione i dati della pioggia relativi alla stazione pluviometrica di Giovinazzo, la più vicina di quelle prese in considerazione dal servizio idrografico del Genio Civile. Tenuto conto che dopo l'intervento la zona sarà costituita in gran parte da rivestimento impermeabile (strade, parcheggi, marciapiedi e coperture di fabbricati) ed in minima parte di superfici parzialmente permeabili (zone a verde), si dovrà tener conto delle piogge di massima intensità che si sono verificate nel corso degli anni. Per tale scopo sono stati elaborati i dati pluviometrici di massima intensità per 1, 3, 6, 12 e 24 ore dal 1960 al 1996 (anni 36), con il metodo di Gumbel (tab. 7). Tali dati sono stati suddivisi a seconda della

durata di pioggia di 1, 3, 6, 12 e 24 ore e per ciascuna durata sono stati calcolati il valore medio $m(h)$ e lo scarto quadratico medio $s(h)$.

Anno	1h	3h	6h	12h	24h
1960	19,0	32,2	36,0	44,8	47,8
1961	24,4	33,0	46,2	48,2	66,8
1962	26,0	27,8	28,4	40,6	56,4
1963	24,4	25,0	28,4	35,2	48,6
1964	58,8	64,4	64,4	64,4	68,8
1965	26,2	34,4	36,8	44,2	58,2
1966	28,0	31,6	36,2	36,8	38,4
1967	13,6	19,8	22,4	27,2	44,8
1968	76,6	77,8	77,8	86,0	96,4
1969	38,4	45,8	45,8	53,6	53,6
1970	18,4	23,8	28,6	34,0	40,0
1971	49,6	49,8	49,8	74,8	84,0
1972	32,0	39,0	65,0	98,0	108,4
1973	22,8	27,4	34,6	37,2	61,4
1974	16,0	20,2	34,2	38,4	38,4
1975	17,0	20,8	31,0	35,2	51,2
1976	15,0	30,4	39,8	42,0	51,8
1977	13,0	17,0	26,8	43,6	44,0
1978	15,2	26,4	30,6	34,4	39,2
1979	15,2	22,8	26,8	30,0	42,2
1980	17,2	24,2	32,4	42,4	57,6
1981	35,4	36,6	36,6	43,0	67,2
1982	22,4	33,4	38,0	43,4	48,2
1983	29,2	41,6	44,4	45,2	54,2
1984	28,4	39,6	43,2	46,2	62,2
1985	26,2	34,8	48,4	57,2	69,2
1986	16,6	22,0	23,6	30,0	32,4
1988	19,0	24,0	36,2	36,8	43,0
1989	24,6	24,6	24,6	24,6	31,6
1990	19,2	30,2	53,0	67,6	74,0
1991	26,2	33,4	40,2	53,0	64,0
1992	19,4	25,0	35,2	51,0	61,2
1993	18,4	19,0	24,6	28,0	35,0
1994	31,0	46,4	46,4	46,4	54,0
1995	24,2	27,0	31,8	56,0	78,6
1996	35,8	38,2	48,0	58,8	69,2
v.m.	26,189	32,483	38,783	46,617	56,722
scarto	12,893	12,490	12,260	15,870	17,118

Tab. 7

Secondo questo metodo si ipotizza una legge di distribuzione delle variabili aleatorie, quali sono i dati relativi agli eventi piovosi del tipo doppio esponenziale:

$$(*) \quad P(z) = e^{-e^{-\alpha(x-\beta)}}$$

con:

x = grandezza delle variabili aleatorie;

α = estremo atteso;

β = intensità di funzione;

e = base dei logaritmi neperiani.

Introducendo la variabile ridotta $z = \alpha(x-\beta)$, la (*) diventa:

$$(**) \quad P(z) = e^{-e^{-z}}$$

Tale distribuzione è caratterizzata da avere la mediana pari a $\log z = 0,3665$, mentre il valore medio $m(z)$ e lo scarto quadratico medio $s(z)$ valgono.

$$m(z) = 0.5772$$

$$s(z) = 1.2830$$

Il metodo consiste nel determinare in metodi probabilistici un evento di pioggia che si suppone possa essere superato o al limite eguagliato solo per un certo arco di tempo. Tale intervallo è chiamato “tempo di ritorno Tr ” del massimo valore dell’evento preso in considerazione.

Ai fini pratici il tempo di ritorno di un dato evento, che sostanzialmente è l’inverso del “rischio idraulico”, determina la dipendenza del dimensionamento delle opere di progetto all’evento stesso ritenuto “probabile”.

In tal modo sono stati ricavati i valori relativi a tempi di ritorno rispettivamente di 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anni, valori ottenibili dalle espressioni:

$$(1) \quad h = u - 1/\alpha \ln | \ln (Tr - 1 / Tr) |$$

in cui:

$$u = m(h) - 0,5772/a$$

$$a = 1,283/ s(h)$$

con:

$$m(h) = \sum_i h_i/N \quad \text{media delle } N \text{ osservazioni;}$$

$$s(h) = \sqrt{\sum_i [h_i - m(h)]^2/(N-1)} \quad \text{scarto quadratico medio.}$$

Nella tab. 8 si riporta l’elaborazione di tali parametri per le differenti durate di pioggia.

valori	1h	3h	6h	12h	24h
m(h)	26,189	32,483	38,783	46,617	56,722
s(h)	12,893	14,490	12,260	15,870	17,118
m(z)	0,5772	0,5772	0,5772	0,5772	0,5772
s(z)	1,283	1,283	1,283	1,283	1,283
a = s(z) / s(h)	0,099511	0,088544	0,104649	0,080844	0,07495
b= m(z)/ a	5,800343	6,518806	5,515567	7,139645	7,701099
u= m(h) - b	20,3885	25,9645	33,2678	39,4770	49,0211

Tab. 8

Possiamo trasformare l’equazione (1) $h = a t^n$ (“equazione di possibilità pluviometrica”) nel piano logaritmico in una retta di equazione:

$$(2) \quad \log h = \log a + \log t$$

Regularizzandone i risultati con il metodo dei minimi quadrati, risolvendo il sistema di equazioni, nelle incognite n ed a :

$$n \sum (\log t)^2 + \log a \sum (\log t) = \sum (\log t \times \log h) ;$$

$$n \Sigma (\log t) + m \log a = \Sigma (\log h)$$

dove m è il numero delle durate, pari a 5 e t è il tempo, espresso in ore.

Nelle **tabb. 9 a – b – c – d – e – f**, **10 e 111 a – b – c – d – e – f** si riportano le seguenti forme di possibilità pluviometrica per tempi di ritorno di 5, 10, 20, 30, 50 e 100 anni e per durate di pioggia t , le cui equazioni sono:

$$Tr = 5 \text{ anni} \quad h = 34,89 t^{0,204}$$

$$Tr = 10 \text{ anni} \quad h = 41,76 t^{0,19}$$

$$Tr = 20 \text{ anni} \quad h = 48,79 t^{0,176}$$

$$Tr = 30 \text{ anni} \quad h = 52,76 t^{0,17}$$

$$Tr = 50 \text{ anni} \quad h = 57,8 t^{0,163}$$

$$Tr = 100 \text{ anni} \quad h = 64,64 t^{0,156}$$

con h = altezza di pioggia in mm e t = tempo in ore.

Tempo di ritorno	5	5	5	5	5
Tr-1	4	4	4	4	4
(Tr-1)/Tr	0,80	0,80	0,80	0,80	0,80
f = ln(Tr-1)/Tr	-0,223	-0,223	-0,223	-0,223	-0,223
c = val.ass. f	0,223	0,223	0,223	0,223	0,223
ln c	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500	-1,500
d = (ln c)/a	-15,737	-16,941	-14,333	-18,554	-20,013
h = u - d	36,126	42,906	47,601	58,031	69,034

Tab. 9a

Tempo di ritorno	10	10	10	10	10
Tr-1	9	9	9	9	9
(Tr-1)/Tr	0,90	0,90	0,90	0,90	0,90
f = ln(Tr-1)/Tr	-0,105	-0,105	-0,105	-0,105	-0,105
c = val.ass. f	0,105	0,105	0,105	0,105	0,105
ln c	-2,253	-2,253	-2,253	-2,253	-2,253
d = (ln c)/a	-22,641	-25,445	-21,529	-27,868	-30,060
h = u - d	43,029	51,410	54,797	67,345	79,081

Tab. 9b

Tempo di ritorno	20	20	20	20	20
Tr-1	19	19	19	19	19
(Tr-1)/Tr	0,95	0,95	0,95	0,95	0,95
f = ln(Tr-1)/Tr	-0,051	-0,051	-0,051	-0,051	-0,051
ln c	-2,976	-2,976	-2,976	-2,976	-2,976
d = (ln c)/a	-29,906	-33,610	-28,438	-36,811	-39,706
h = u - d	50,295	59,575	61,706	76,288	88,727

Tab. 9c

Tempo di ritorno	30	30	30	30	30
Tr-1	29	29	29	29	29
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034	-0,034
c = val.ass. f	0,034	0,034	0,034	0,034	0,034
ln c	-3,384	-3,384	-3,384	-3,384	-3,384
$d = (\ln c)/a$	-34,006	-38,218	-32,337	-41,858	-45,150
$h = u - d$	54,395	64,183	65,604	81,335	94,171

Tab. 9d

Tempo di ritorno	50	50	50	50	50
Tr-1	49	49	49	49	49
$(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	0,98	0,98	0,98	0,98	0,98
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020	-0,020
c = val.ass. f	0,020	0,020	0,020	0,020	0,020
ln c	-3,902	-3,902	-3,902	-3,902	-3,902
$d = (\ln c)/a$	-39,212	-44,069	-37,286	-48,266	-52,061
$h = u - d$	59,600	70,033	70,554	87,743	101,082

Tab. 9e

Tempo di ritorno	100	100	100	100	100
Tr-1	99	99	99	99	99
$(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	0,99	0,99	0,99	0,99	0,99
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010	-0,010
c = val.ass. f	0,010	0,010	0,010	0,010	0,010
ln c	-4,605	-4,605	-4,605	-4,605	-4,605
$d = (\ln c)/a$	-46,276	-52,008	-44,004	-56,961	-61,441
$h = u - d$	66,665	77,973	77,272	96,438	110,462

Tab. 9f

Durate di pioggia	1h	3h	6h	12h	24h
Tr = 5 anni	36,126	42,906	47,601	58,031	69,034
Tr = 10 anni	43,029	51,410	54,797	67,345	79,081
Tr = 20 anni	50,29468	59,575	61,70562	76,2885	88,72741
Tr = 30 anni	54,39471	64,18289	65,60435	81,33523	94,17102
Tr = 50 anni	59,60015	70,0331	70,55422	87,7426	101,0823
Tr = 100 anni	66,66467	77,97267	77,2719	96,43832	110,4618

Tab. 10

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 5 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k = logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,557814	1,632513	1,677614	1,76366	1,839064
z = x * y	0	0,778872	1,305184	1,902989	2,537908
p = sommatoria z	6,524953				
q = sommatoria y	8,470666				
q * g	31,46005				
m*p = 5 * p	32,62477				
A = q*g - 5*p =	-1,16471				
g ²	13,794				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5*r	-5,7112				
n = A/B	0,203935				
n * r	0,79555				
C = p-nr	5,729403				
loga = C/g	1,54265				
a	34,89				
h = a tⁿ					
h = 34,89 t^{0,204}					
per cui si ha:					
Tc = 1h	h = 34,89mm				
Tc = 2h	h = 40,19mm				
Tc = 3h	h = 43,65mm				

Tab. 11a

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 10 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k = logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,633763	1,711044	1,738755	1,828308	1,898072
z = x * y	0	0,816339	1,352752	1,972744	2,61934
p = sommatoria z	6,761175				
q = sommatoria y	8,809942				
q * g	32,72013				
m*p = 5 * p	33,80587				
A = q*g - 5*p =	-1,08575				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5*r	-5,7112				
n = A/B	0,190108				
n * r	0,741612				
C = p-nr	6,019562				
loga = C/g	1,620776				
a	41,76				
h = a tⁿ					
h = 41,76t^{0,19}					
per Tc = 1h	h = 41,76 mm				
per Tc = 2h	h = 47,64mm				
per Tc = 3h	h = 51,45mm				

Tab. 11b

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 20 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k = logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,701522	1,775064	1,790325	1,882459	1,948058
z = x * y	0	0,846883	1,392873	2,031173	2,68832
p = sommatoria z	6,959249				
q = sommatoria y	9,097428				
q * g	33,78785				
m*p = 5 * p	34,79624				
A = q*g - 5*p =	-1,0084				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,176565				
n * r	0,688779				
C = p-nr	6,27047				
loga = C/g	1,688333				
a	48,79				
					h = a tⁿ
h = 48,79 t^{0,176}					
per Tc = 1h		h = 48,79m			
per Tc = 2h		h = 55,12mm			
per Tc = 3h		h = 59,2 mm			

Tab. 11c

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 30 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k = logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,735557	1,807419	1,816933	1,910279	1,973917
z = x * y	0	0,86232	1,413574	2,061191	2,724006
p = sommatoria z	7,06109				
q = sommatoria y	9,244105				
q * g	34,3326				
m*p = 5 * p	35,30545				
A = q*g - 5*p =	-0,97284				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,17034				
n * r	0,664495				
C = p-nr	6,396595				
loga = C/g	1,722293				
a	52,76				
					h = a tⁿ
h = 52,76 t^{0,17}					
per Tc = 1h		h = 52,76 mm			
per Tc = 2h		h = 59,36mm			
per Tc = 3h		h = 63,59 mm			

Tab. 11d

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 50 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k = logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,775247	1,845303	1,848523	1,943211	2,004675
z = x * y	0	0,880394	1,438151	2,096724	2,766451
p = sommatoria z	7,181721				
q = sommatoria y	9,416959				
q * g	34,97459				
m*p = 5 *p	35,9086				
A = q*g - 5*p =	-0,93402				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,163541				
n * r	0,637974				
C = p-nr	6,543746				
loga = C/g	1,761913				
a	57,8				
					h = a tⁿ
h = 57,8 t^{0,163}					
per Tc = 1h		h = 57,8 mm			
per Tc = 2h		h = 64,71mm			
per Tc = 3h		h = 69,13 mm			

Tab. 11e

Equazione di possibilità pluviometrica (m = 5)					
Tr = 100 anni					
t (ore)	1	3	6	12	24
x = log t	0,000	0,477	0,778	1,079	1,380
g = sommatoria x	3,714				
k = logt ²	0,000	0,228	0,605	1,164	1,904
r = sommatoria k	3,901				
y = log h	1,823896	1,891942	1,888022	1,98425	2,043212
z = x * y	0	0,902646	1,468881	2,141005	2,819633
p = sommatoria z	7,332165				
q = sommatoria y	9,631321				
q * g	35,77073				
m*p = 5 *p	36,66082				
A = q*g - 5*p =	-0,8901				
g ²	13,7938				
m*r = 5*r	19,505				
B = g ² - 5r	-5,7112				
n = A/B	0,155851				
n * r	0,607974				
C = p-nr	6,724191				
loga = C/g	1,810498				
a	64,64				
					h = a tⁿ
h = 64,64 t^{0,156}					
per Tc = 1h		h = 64,64 mm			
per Tc = 2h		h = 72,02mm			
per Tc = 3h		h = 76,72 mm			

Tab. 11f

8. Portate pluviali

L'Ordinanza Ministeriale n. 3184 del 22.03.2002 – art. 7, commi 3 e 5 – art. 8. *Approvazione dei criteri, dei limiti di smaltimento e indirizzi per la programmazione ed attivazione degli interventi nel settore fognario e depurativo (“Piano Direttore”)*, definisce e distingue le acque di prima pioggia da quelle successive di dilavamento.

Le acque di prima pioggia sono definite come: *“le prime acque meteoriche di dilavamento fino ad un'altezza di precipitazione massima di 5 mm, relative ad ogni evento meteorico preceduto da almeno 48 h di tempo asciutto, uniformemente distribuite sull'intera superficie scolante”*. Per queste il calcolo è semplice.

Per quanto riguarda le altre acque successive a quelle di prima pioggia, le volumetrie di acqua relative alla portata di piena devono essere calcolate con un tempo di ritorno non inferiore a 5 anni.

Riferendosi al tempo di ritorno di 5 anni, i dati afferenti alla curva della pioggia sono:

$$a = 34.89 \text{ mm} = 0.0349 \text{ m};$$

$$n = 0.204;$$

I valori del coefficiente di afflusso sono punto di grande incertezza di calcolo. Variano con il clima, in funzione dell'evaporazione, con la natura del sottosuolo, con la pendenza dei terreni, con il loro grado di saturazione per precedenti piogge, ecc. In pratica però si tiene conto solo della superficie, trascurando gli altri fattori. I valori, secondo lo schema analitico adoperato, sono quelli riportati nella seguente tabella 12.

tab. 12

Superfici	valori di ϕ
Tetti, terrazze, pavimentazioni in asfalto	0.9 - 0.8
Lastricati ben connessi	0.8 - 0.7
Lastricati ordinari	0.7 - 0.5
Macadam e selciati	0.6 - 0.4
Superfici battute	0.3 - 0.15
Superfici non battute	0.2 - 0.1
Parchi, boschi, giardini, terre coltivate	0.1 - 0

Quindi si ha che il coefficiente di afflusso, commisurato ad un bacino di area $S = \sum S_i$, è

$$\text{uguale a: } f = \frac{\sum (f_i * S_i)}{\sum S_i}$$

Per il calcolo del volume d'invaso superficiale determinato dalle acque di pioggia si fa riferimento alla formula di Turazza:

$$u = 0,1157 (f \cdot h) / t_c$$

con:

h = altezza di pioggia calcolata per $t_p = t_c$ (tempo di pioggia = tempo di corrivazione, essendo il tempo di corrivazione il tempo impiegato dall'acqua di pioggia a scorrere lungo tutto il tratto del bacino idrografico, nel caso di progetto della rete di fogna bianca) in mm,

f = coefficiente di afflusso medio;

t_c = tempo di corrivazione espresso in giorni.

Per zone e situazioni analoghe è stato utilizzato con successo un tempo di corrivazione pari a: **t_c = 1 h. = 1/24 = 0.0417 giorni**

La portata di massima piena, espressa in l/sec, sarà quindi:

$$Q_{\max} = u * S$$

con **S** = superficie del bacino, espresso in ha.

Tali acque dopo il trattamento andranno recapitate nella condotta di fogna bianca.

9. 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 "discreta", con giunti di stratificazione solo parzialmente 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**) varia dal 50 al 90%. 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.

10. 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.

11. Descrizione delle costruzioni

Nella maglia c oggetto di lottizzazione verranno realizzate come tipologia edilizia ville unifamiliari, caratterizzate da piano seminterrato e piano rialzato.

La struttura sarà con fondazioni a travi, pilastri in c.a. e solai in latero cemento.

La struttura è abbastanza semplice.

L'opera di che trattasi rientra nella Classe II così come definita al par. 2.4.2. del DM 14.01.2008 e cioè: *Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali ... omissis.*

Con vita nominale ≥ 50 anni così come riportato nella tab. 2.4.I del sopraccitato DM.

Tabella 2.4.I – Vita nominale V_N per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva ¹	≤ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

In base a quanto riportato al par. 2.1 dell' EC7, la categoria geotecnica da attribuire alla struttura in esame è la categoria geotecnica 2.

“Questa categoria comprende tipi convenzionali di strutture e fondazioni, che non presentino rischi eccessivi oppure condizioni di sottosuolo o di carico non comuni o eccezionalmente difficili. Le strutture categoria geotecnica 2 richiedono dati geotecnici e analisi di tipo quantitativo per verificare che siano soddisfatti i requisiti fondamentali; possono essere, peraltro, adottate procedure di prova in sito ed in laboratorio, nonché di progetto di costruzione di tipo convenzionale.”

Questo giustifica la tipologia di analisi e studi effettuati per la determinazione delle caratteristiche di progetto del piano di sedime.

12. Parametri geotecnici dei terreni

La valutazione dei parametri geotecnici del terreno di fondazione, è stata basata sulle caratteristiche litologiche e strutturali dell'ammasso roccioso, valutando il numero di fratture per metro (i), presenti nel terreno.

Sono state considerate le risultanze delle indagini sismiche condotte in sito e i risultati di prove di laboratorio condotte su materiali simili (come condizioni di fratturazione e carsismo) appartenenti alla formazione del “Calcere di Bari. Si riportano qui di seguito i parametri più significativi.

parametro	unità di misura	valore
γ_g peso specifico dei granuli	t/mc	2.70
γ peso di volume in laboratorio	“	2.60
n porosità l.s.	%	3.70
C grado di compattezza	-----	0.96
ϕ' angolo di attrito intergranulare	gradi	35
σ_r tensione di rottura per compressione	kg/cmq	500

Tab. 13: parametri fisico-meccanici (laboratorio).

I parametri ottenuti in laboratorio devono essere trasferiti in sito applicando dei coefficienti riduttivi che tengano conto dello stato di fratturazione, della presenza di materiale compressibile (terre rosse l.s.) e comunque, più in generale, di tutti i difetti strutturali e tessiturali della roccia.

I parametri geotecnici vanno oltremodo corretti tenendo presente lo “effetto scala” (Madhav & Rama Krishna, 1980).

Considerato che l'ammasso roccioso è interessato dalla presenza di piani di discontinuità, con frequenza degli stessi di $i = 10$ piani/metro, partendo dalla relazione proposta da Fissenko (1961), Manev & Avramova-Tacheva (1970), hanno correlato l'abbattimento dei valori di resistenza in funzione della frequenza delle discontinuità. Partendo da tale relazione si ottengono i parametri corretti in sito.

parametro	un. di misura	valore
γ_R peso specifico dei granuli	t/mc	2.70
γ peso di volume in sito	"	2.15
i piani di fratturazione	piani/metro	10
n' porosità in sito	%	20.4
C' grado di compattezza	---	0.80
σ_s tensione di rottura in sito	kg/cmq	11.22

Tab. 14 : parametri fisico-meccanici (in sito).

I calcari non possono essere considerati come praticamente indeformabili e pertanto si potrà fare riferimento ai seguenti parametri elastici:

μ coefficiente di Poisson	adim.	0.39
E modulo elastico statico in sito	kg/cmq	2.000

Pertanto dovendo schematizzare l'ambiente fondale si tratta di calcari fratturati e carsificati con giunti poco allargati e scarse terre rosse.

E' chiaro che in siffatto ambiente esiste la potenzialità del rinvenimento di piccole cavità merofossili. Queste risultano da tempo escluse dalla rete idrica sotterranea.

E' bene sottolineare il fatto come i materiali riempienti, in parte o totalmente le cavità, non possono considerarsi condizionanti ai fini della stabilità delle fondazioni.

Ciò in quanto il rapporto tra i moduli di deformazione dei materiali stessi rispetto ai moduli dei calcari incassanti è certamente non superiore ad 1/20. Questo significa che la capacità portante del terreno di fondazione è garantita quasi esclusivamente dalle proprietà geomeccaniche della struttura calcarea incassante.

Per contro, ai fini della stabilità nel tempo delle cavità, gli stessi terreni possono svolgere una rilevante funzione di contenimento delle strutture disarticolate e di regolazione delle vie che l'acqua di infiltrazione può percorrere.

Per quanto concerne la soluzione dei calcoli progettuali, occorre tenere conto del concorso di due distinti aspetti : la stabilità a breve e a lungo termine dell'insieme roccia-fondazione-struttura.

Quantunque il problema non si presti a generalizzazioni e ad estrapolazioni, per il gran numero di parametri che lo governano, tuttavia la soluzione è riconducibile a modelli numerici di tipo elastico isotropo ed anisotropo, per i quali, può essere sufficiente l'uso in campo elastico lineare, specificando per i materiali la non-resistenza a trazione.

Le proprietà meccaniche sopra definite delle rocce carsificate sono condizionate non solo dallo stato di fratturazione ma anche dalla presenza dei materiali di riempimento e, in particolare, dalle terre rosse. Tali depositi possono assumere un andamento stratoide o lentiforme quando riempiono le cavità interstratali, si dispongono a guisa di filoni sedimentari variamente inclinati, quando colmano le cavità carsiche di tipo composto, più o meno ampie; formano infine, un insieme caotico con la roccia ospitante quando questa

risulta particolarmente rilassata e carsificata. La spinta anisotropia che caratterizza gli ammassi rocciosi carsificati si riflette, pertanto, sulle proprietà meccaniche che possono variare anche notevolmente, entro distanze assai brevi.

13. Tipologie fondali

Il terreno di sedime è costituito essenzialmente da sedimenti calcarei per cui non si pone il problema della resistenza, almeno secondo il concetto della capacità portante.

Infatti, la rottura del terreno può avvenire, ma per altre cause che non il superamento della resistenza a taglio della roccia stessa. In tal caso, l'instabilità può manifestarsi per la presenza di cavità o fessure occupate da materiale di alterazione a comportamento argilloso e dalla presenza sotto il piano di sedime, della terra rossa.

Nella teoria precedentemente esposta vengono prese in considerazione tali eventualità e pertanto si spiega il notevole abbattimento subito dai parametri fisico-meccanici e soprattutto dalla resistenza a compressione.

Quindi nell'ipotesi di rottura del terreno per compressione monoassiale con contenimento laterale nullo ($\sigma_v \neq 0$ e $\sigma_h = 0$), per un coefficiente di sicurezza $\eta = 3$, la tensione di contatto massima risulta:

$$\sigma = \sigma_s / \eta = 11.22 / 3 = \mathbf{3.74 \text{ kg/cmq}}$$

Le indagini geofisiche realizzate permettono di effettuare una serie di considerazioni.

Per la valutazione della massima sollecitazione trasmissibile al sedime, si è supposto che ad una profondità compresa tra il piano fondale e B (con $B =$ larghezza di fondazione), si trovi una cavità che si sviluppi per il 20 % della larghezza di fondazione.

Considerando, pertanto, l'area compensata, il valore della massima sollecitazione di esercizio è :

$$\sigma_{amm} = \sigma * A_c / A = 3.74 * 0.80 / 1.00 = \mathbf{2.99 \text{ kg/cmq}}$$

Per quanto riguarda la σ_{SLU} si potrà fare riferimento a:

$$\sigma_{SLU} = \mathbf{5.62 \text{ kg/cmq}}$$

Sulla scorta di quanto sopra, si ritiene quale tipologia fondale più idonea quella costituita da fondazioni isolate con **plinti isolati** ovvero da un **reticolo di travi**.

Per la loro realizzazione si provvederà all'esecuzione di scavi a sezione ristretta, in corrispondenza dei singoli pilastri. La profondità da raggiungere sarà tale da incastrarli parzialmente e/o totalmente in roccia.

Si provvederà quindi alla regolamentazione del fondo scavo con messa in opera di magrone cementizio per uno spessore minimo di 10 cm, su cui realizzare il plinto vero e proprio.

Per effetto della realizzazione del piano seminterrato, dovrà essere asportato il terreno vegetale dello spessore di circa 50 cm (peso di volume di 1.40 t/mc) ed il materiale

calcareao per uno spessore di circa 1.50 m (il piano seminterrato si attesterà a circa - 1.70 ml dall'attuale p.c. e si considera anche un parziale incasso delle strutture fondali), e pertanto il terreno di sedime risulta scaricato di :

$$\sigma_{sc} = \gamma_t \times 0.50 + \gamma_r \times 1.50 = 1.4 \times 0.5 + 2.15 \times 1.50 = \mathbf{3.92 \text{ t/mq}}$$

pari a circa il 13 % delle sollecitazioni che saranno trasmesse al terreno.

14. Modellazione sismica.

La modellazione sismica del sito di costruzione è regolamentata dal paragrafo 6.2.2 delle NTC (DM 14.01.08) e dal paragrafo 6.2 della Circolare del 02.02.09 n. 617.

Come riportato dalla suddetta normativa, la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di cat. A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PV_R , nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della presente normativa le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PV_R , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 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.

Categoria di sottosuolo

In assenza di un'analisi specifica sulla valutazione della risposta sismica locale, per definire l'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III)

La classificazione della categoria di sottosuolo si effettua in base ai valori della velocità equivalente V_{S30} di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità. Per le fondazioni superficiali, tale profondità è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Nell'area in esame, il calcolo del V_{S30} , basato sulle indagini sismiche a rifrazione e MASW riportate nella relazione geologica, è stato eseguito considerando il piano di appoggio delle fondazioni in corrispondenza dell'orizzonte calcareo, a circa 2.00 m dal p.c..

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Il valore medio ottenuto è superiore a **800 m/sec** per cui in riferimento alla suddetta normativa, il terreno di fondazione rientra nella categoria di suolo di fondazione "A", trattandosi di formazione rocciosa caratterizzata da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità, con una $V_{S30} > 800$ m/sec.

Condizioni topografiche

Nel nostro caso la configurazione topografica superficiale è semplice e rientra nella categoria **T1**.

Azione sismica

Il calcolo dei coefficienti sismici è stato eseguito considerando:

- superficie topografica pianeggiante: T1
- categoria sottosuolo: A
- classe dell'edificio: II, $C_U=1$
- vita nominale: $V_N \geq 50$ anni
- periodo di riferimento per l'azione sismica: $V_R = V_N \cdot C_U \geq 50$ anni

Conclusioni

L'indagine di cui alla presente nota riveste un carattere generale per cui non esaurisce l'obbligo di approfondire i problemi specifici dei singoli corpi di fabbrica, per cui è prescrittivo eseguire indagini preventive di tipo diretto o indiretto.

Previa autorizzazione, andranno eseguiti dapprima gli scavi per il raggiungimento del piano fondale e su questo andranno eseguite prove geofisiche (elettrica e sismica) atte alla migliore caratterizzazione dell'ammasso roccioso ivi presente.

Lo sbancamento preliminare servirà a calibrare le misure geofisiche più idonee da eseguirvi.

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.

Per quanto riguarda la categoria di appartenenza del suolo di fondazione, di cui al punto 3.1 della Normativa sismica, questa è la "A" - *formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi* – caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3.00 m.

Allo stato non si riscontrano particolari condizioni di rischio idraulico, sismico, idrogeologico e geologico l.s. per cui non ci sono limitazioni a quanto previsto nel progetto della **Maglia C della Zona Omogenea CA – via Terlizzi**, del comune di Molfetta.

Molfetta,

geologo

(dr. geol. Ignazio L. Mancini)

