

Comune di
Molfetta

STUDIO TECNICO ASSOCIATO INGG.

GIOVANNI BUFI

MICHELE SALVEMINI

Via Federico Campanella, 86 - Molfetta - 080 9648667

Progetto:

**PIANO DI LOTTIZZAZIONE DELLA MAGLIA "B"
RICADENTE NELLA ZONA Ca - VIA TERLIZZI**

Committente:

DE CANDA AMELIA DOROTEA
Via San Salvatore n. 6
70056 Molfetta

Progettisti:

ING. GIOVANNI BUFI
ING. MICHELE SALVEMINI

Geologo:

GEOL. IGNAZIO L. MANCINI

Elaborato:

Mancini
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA
IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA



Data:

GIUGNO 2015

Premessa

Su incarico conferito a chi scrive dalla **Sig.ra De Candia Amalia Dorotea**, 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 B 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 **+ 45.00 m. s.l.m.**

La **maglia B 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.

Da un punto di vista urbanistico e specificatamente del PRGC, partendo da Nord e proseguendo in senso orario confina con i seguenti comparti edificatori: ex lotto 2, comparto 4 e 5 ed infine a sud con il comparto 14.

Nella maglia B oggetto di lottizzazione, della superficie complessiva lorda di circa 2.600 mq verranno realizzate come tipologia edilizia n.3 ville unifamiliari, caratterizzate da piano seminterrato e piano rialzato per un’altezza fuori terra di m 4.65.

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 B 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 B è inserita nel F. 25 dei terreni di Molfetta e comprende la particella 619. Nella maglia B, oggetto di lottizzazione, della superficie complessiva lorda di circa 2.600 mq verranno realizzate come tipologia edilizia n.3 ville unifamiliari, caratterizzate da piano seminterrato e piano rialzato per un'altezza fuori terra di m 4.65.

Nelle figure si riporta:

- TAV. 01 - stralcio della TAV. D07 di PRGC con individuazione della maglia Ca;
- TAV. 02 - confini di comparto su mappa catastale;
- TAV. 03 - individuazione della Maglia B su mappa catastale;
- TAV. 04 - planimetria generale con immobili da demolire;
- TAV. 05 – planimetria generale con individuazione della unità da realizzare ;
- TAV. 06 – prospetti e sezione.

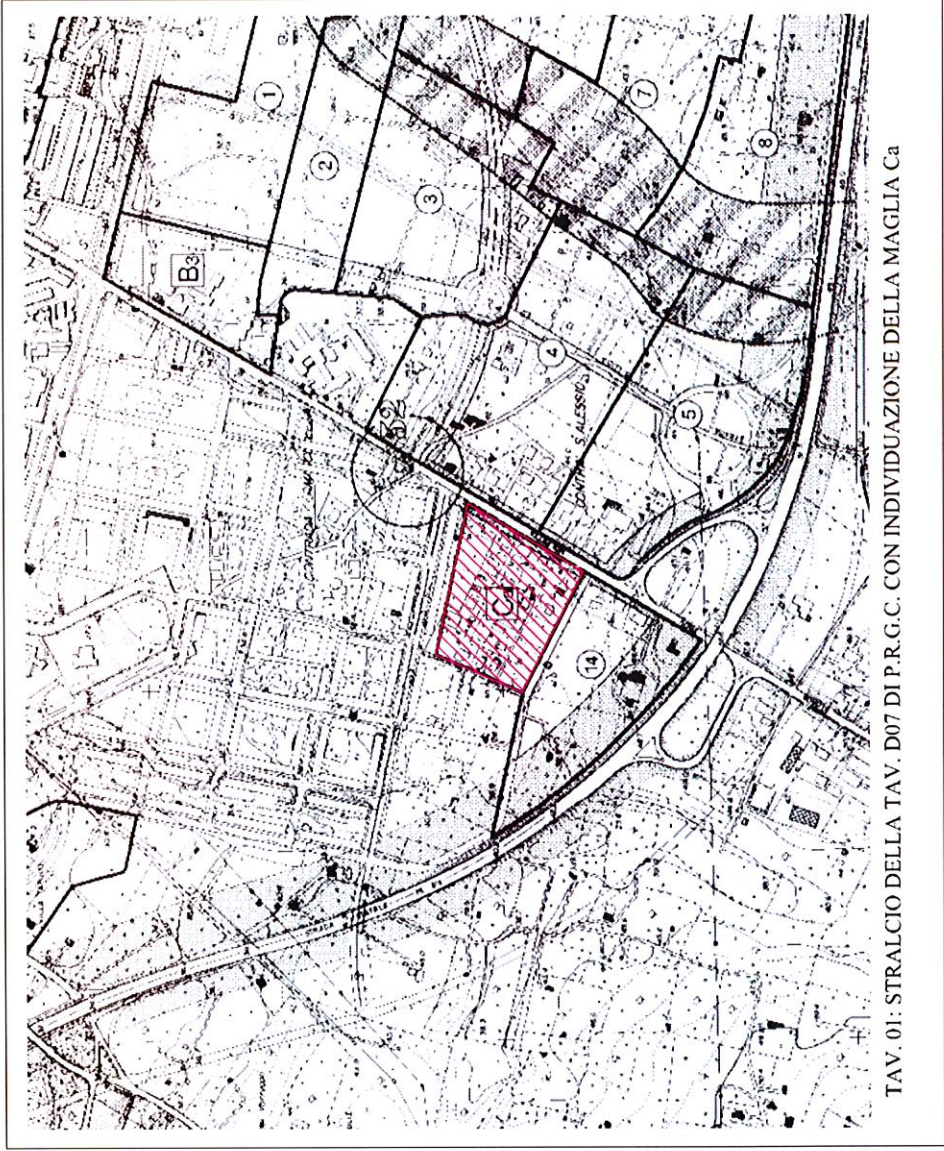
Come inquadramento, la maglia B della CA – Via Terlizzi - è caratterizzata dalle seguenti coordinate geografiche medie:

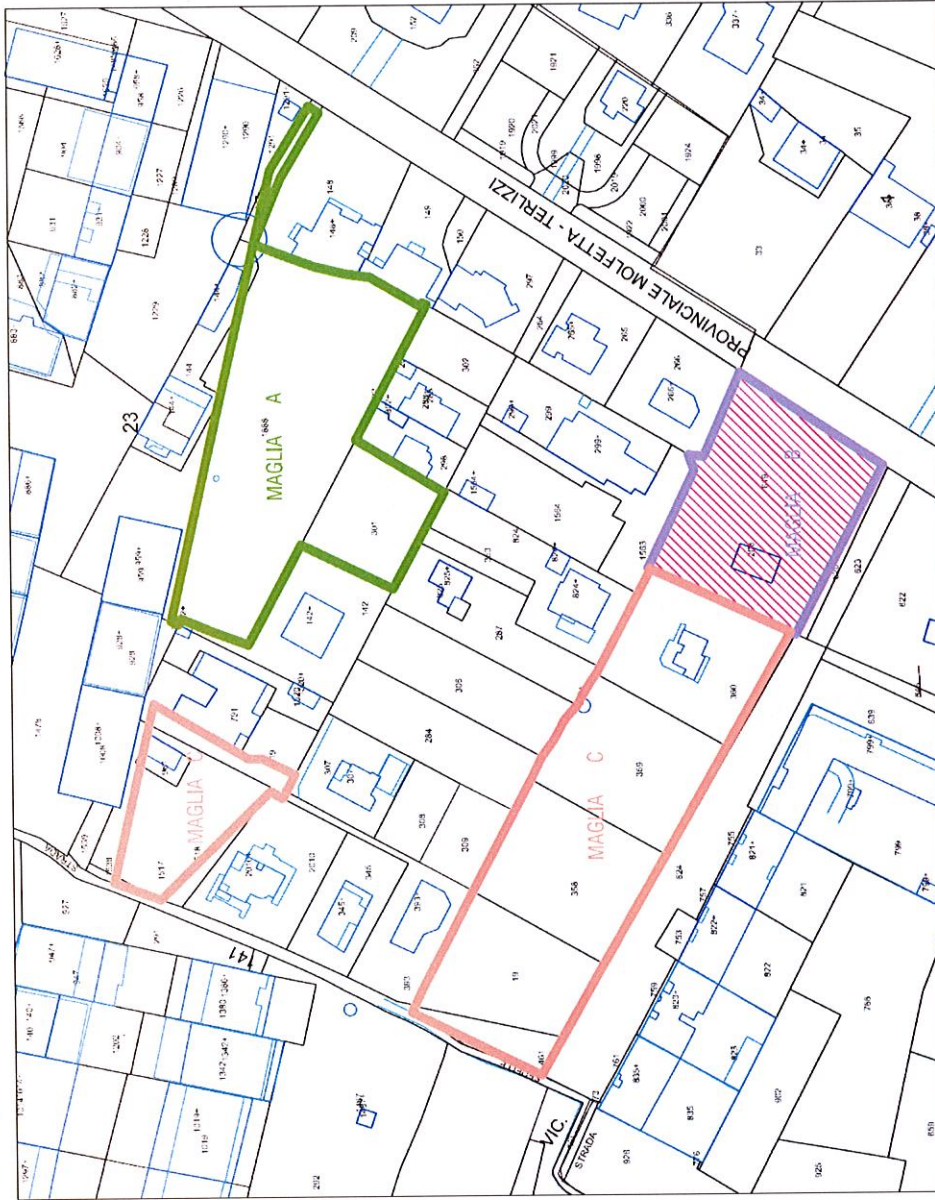
- 41°11'18.84" latitudine Nord;
- 16°35'15.08" longitudine Est.

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

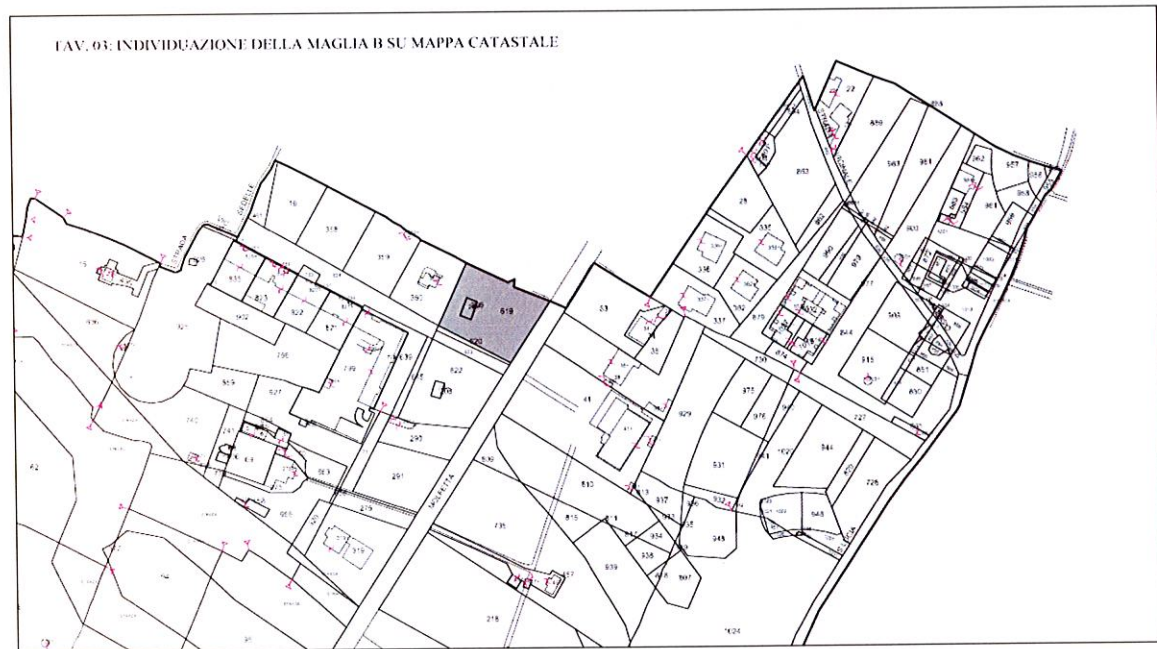


Ortofoto

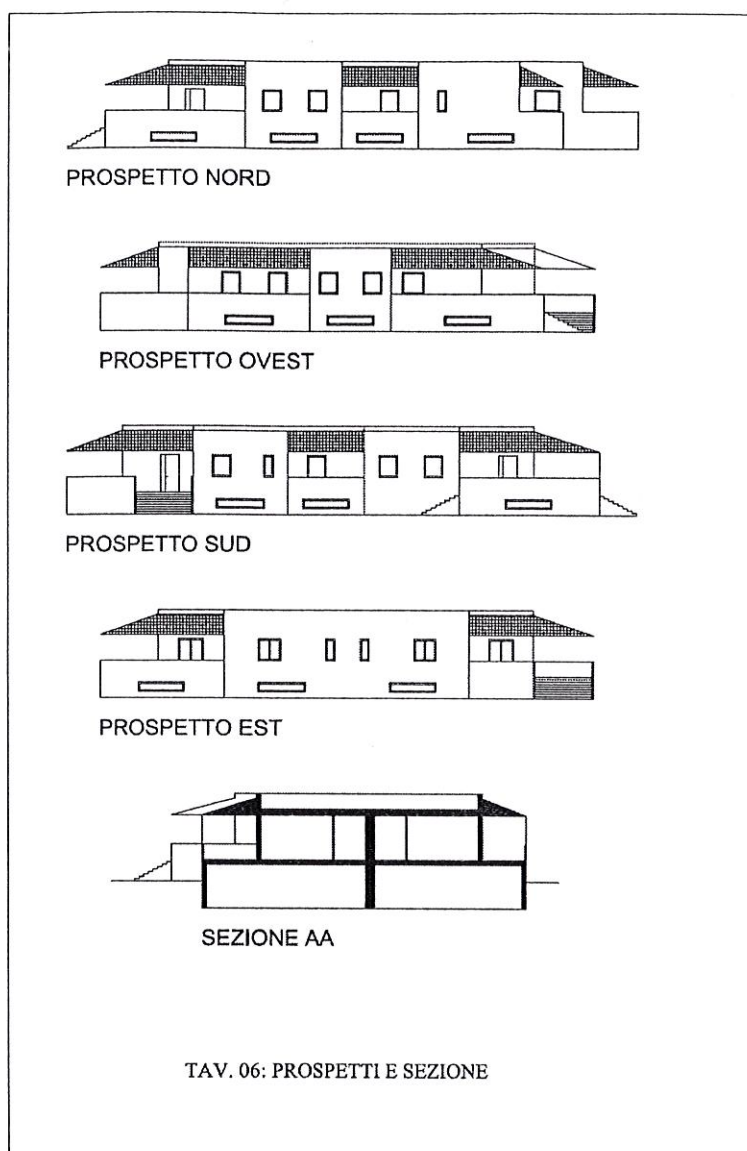




TAV. 02: CONTINI DI COMPARTO SU MAPPA CATASTALE



TAV. 03: INDIVIDUAZIONE DELLA MAGLIA B SU MAPPA CATASTALE



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).

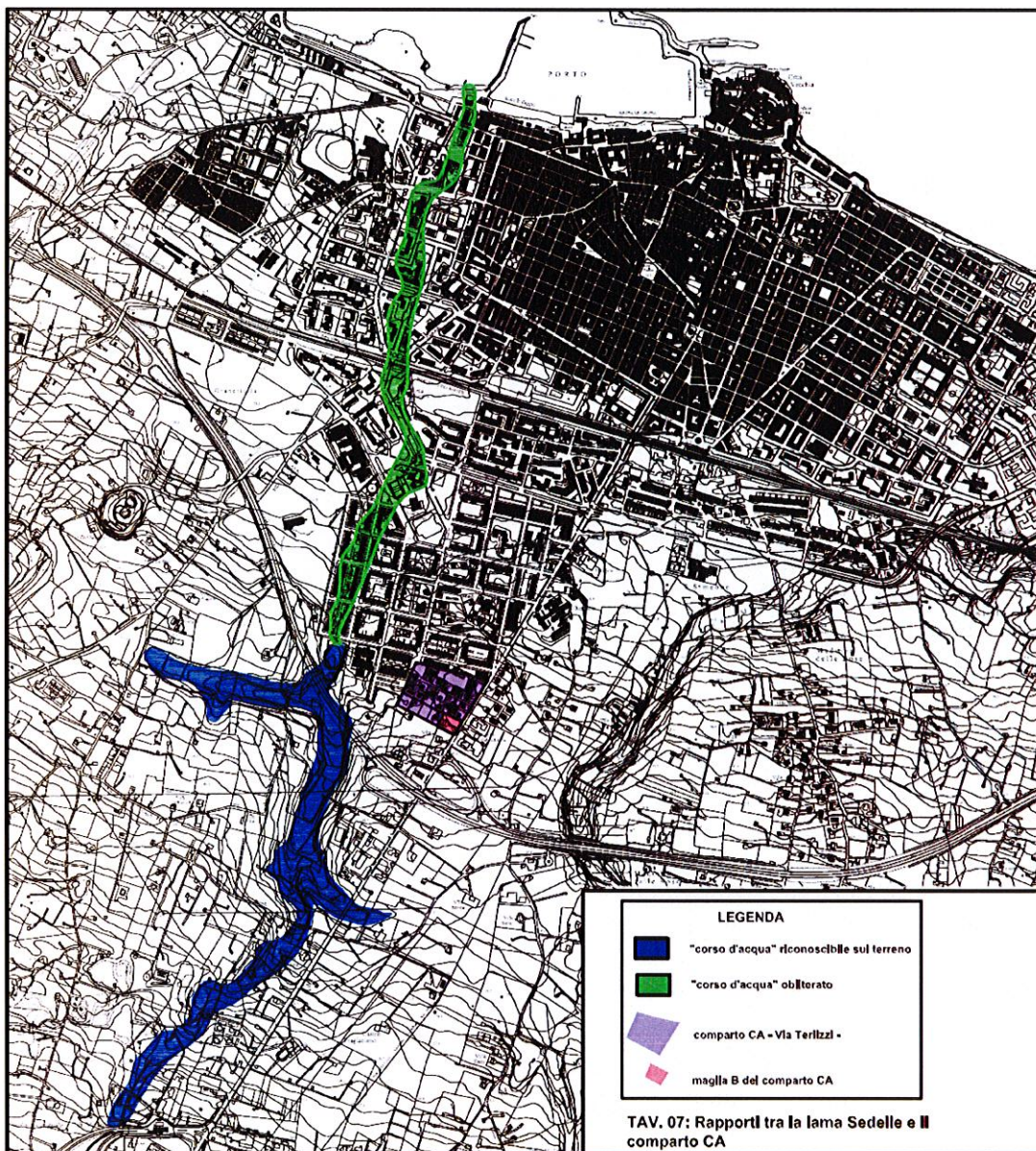
La roccia appare nel complesso come mediamente tenace.

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. 07). La distanza della maglia in oggetto dal ciglio superiore della sponda destra dell'elemento morfo-tettonico è di circa 270 m.

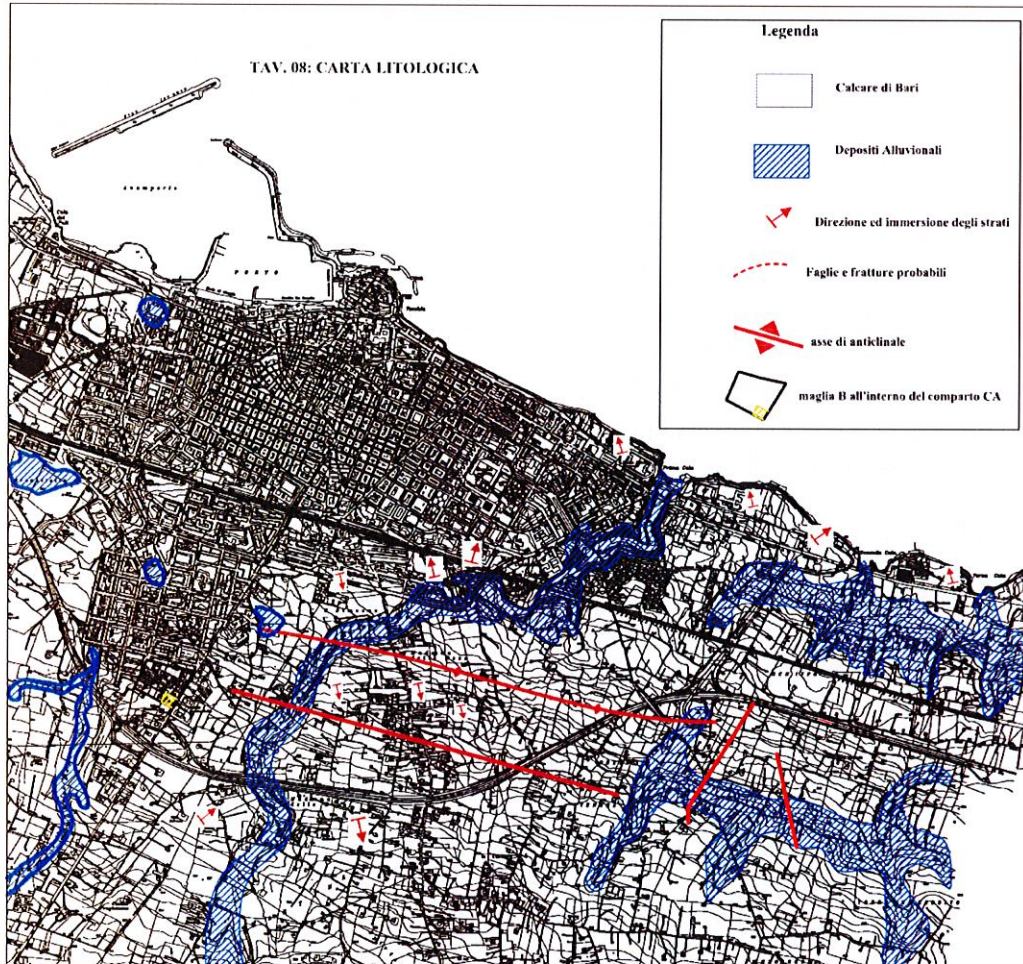
Tettonicamente la zona si presenta a struttura tabulare. L'andamento generale degli strati si configura come una monoclinale immergente a nord-ovest, solo a tratti complicata da deboli episodi plicativi e disgiuntivi.

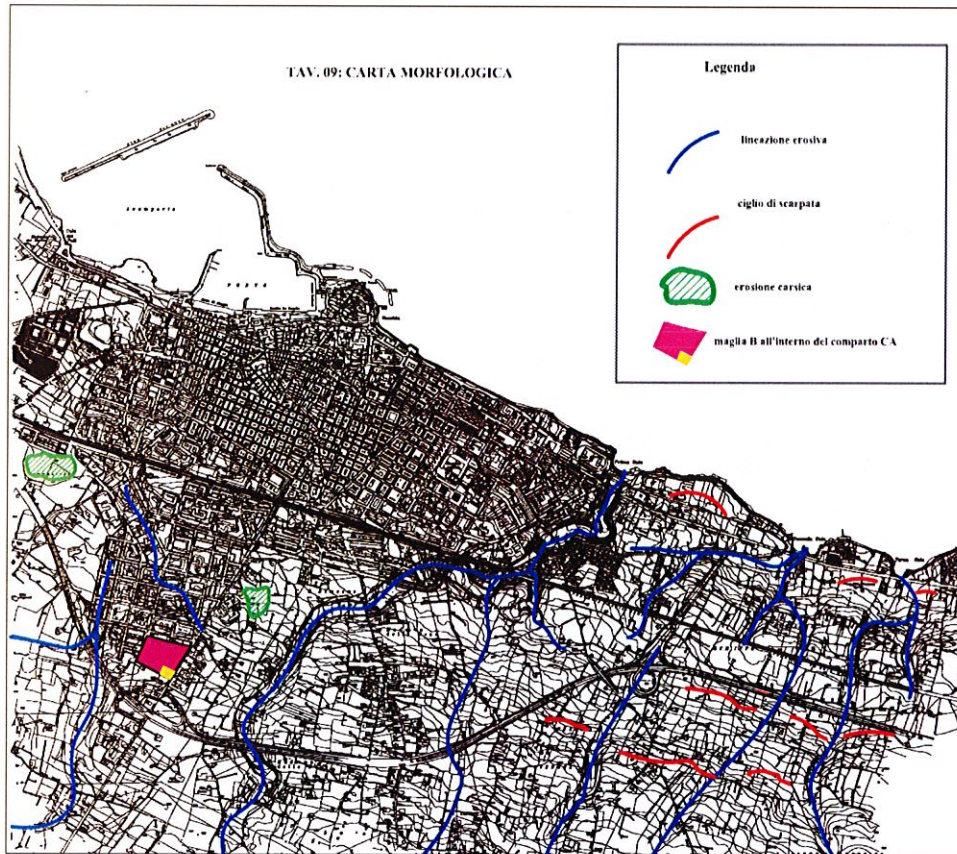
Idrologicamente la falda freatica di tipo carsico, circolante a luoghi in pressione, sostenuta da acque salate di ingressione marina è confinata a profondità tali da non interferire con le strutture in progetto (nella zona la profondità minimo di rinvenimento dell'acquifero è di circa 60.0 m dal p.c.). 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.



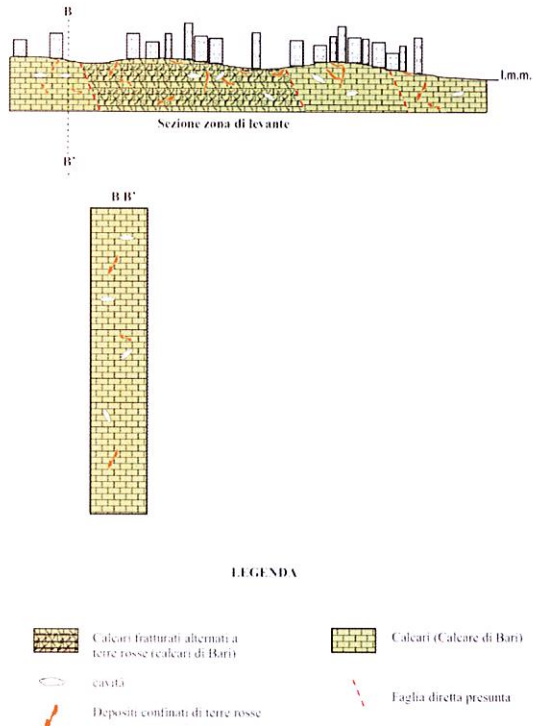
Con riferimento alle caratteristiche geologiche dell'area si riportano:

- carta litologica (TAV. 08);
- carta morfologica (TAV. 09);
- sezione geolitologica schematica e colonna litostratigrafica locale (TAV. 10).





Situazione geologica e stratigrafica del Comune di Molitetta (Ba)



TAV. 10 : sezione geolitologica schematica e colonna litostratigrafica locale

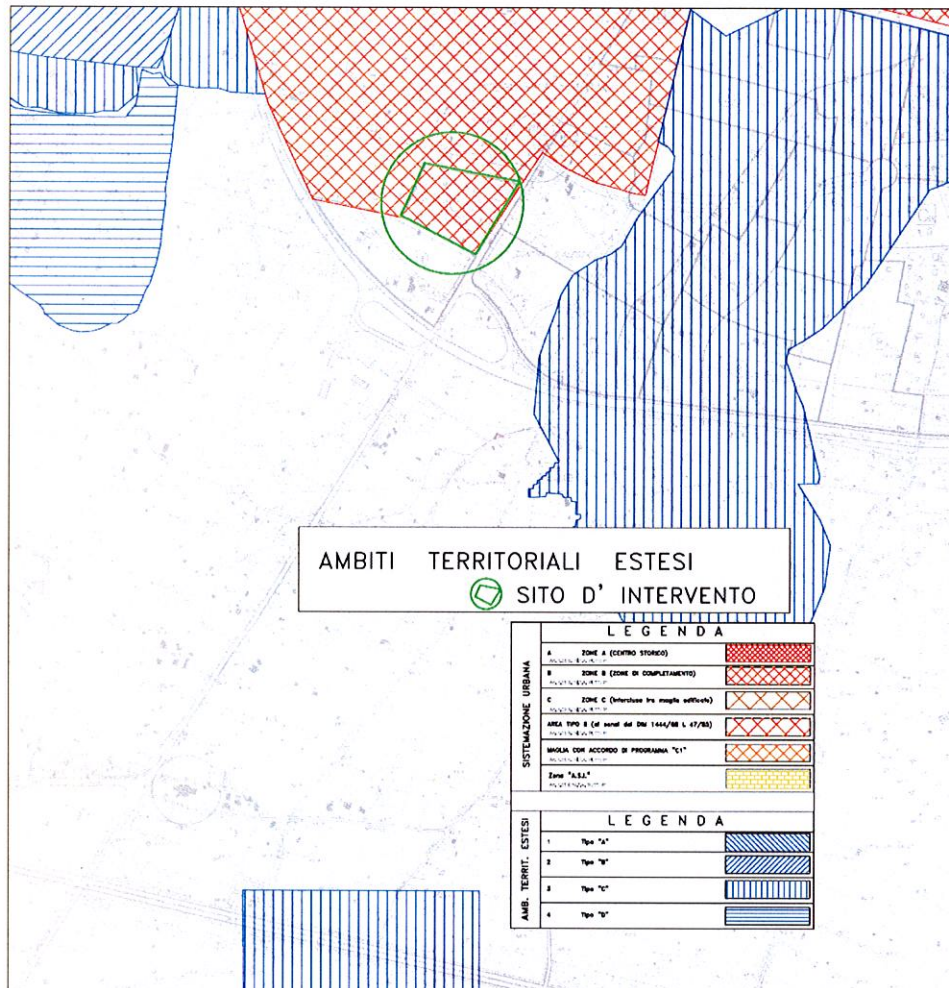
4. Rapporti con gli strumenti programmatori e di pianificazione

PUTT

La maglia B della Zona omogenea Ca – Via Terlizzi, non rientra negli ambiti estesi di cui ai primi adempimenti del PUTT/P, poiché facente parte dei territori costruiti.

Con riferimento a questi si riporta:

- stralcio degli ATE – Primi Adempimenti (TAV. 11);



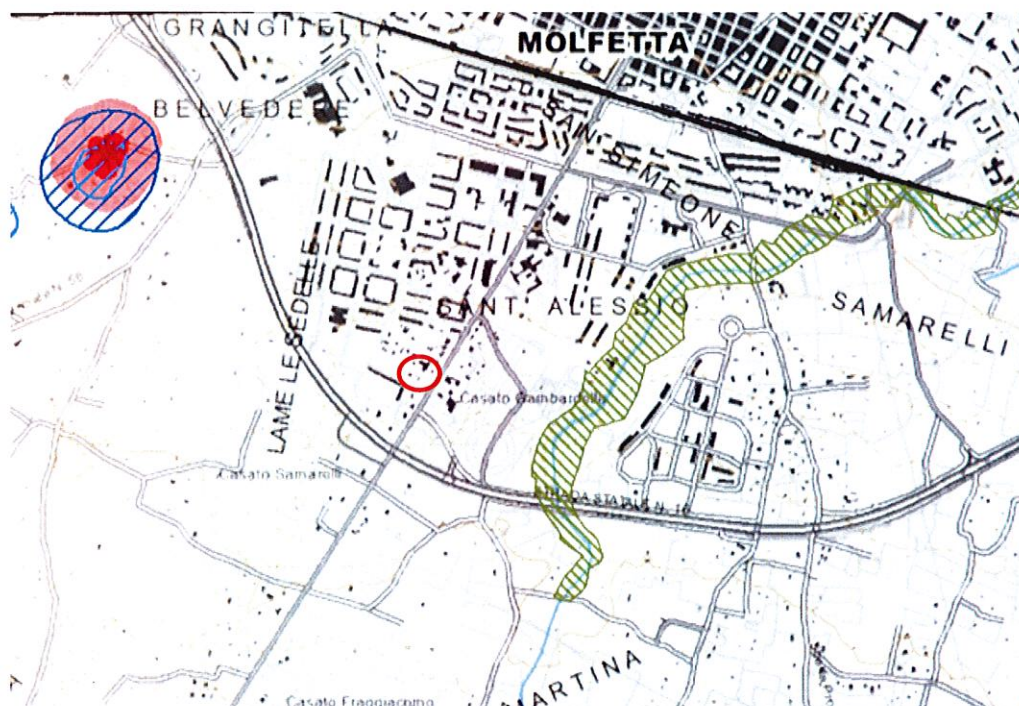
TAV. 11: stralcio degli ATE – Primi Adempimenti

PPTR

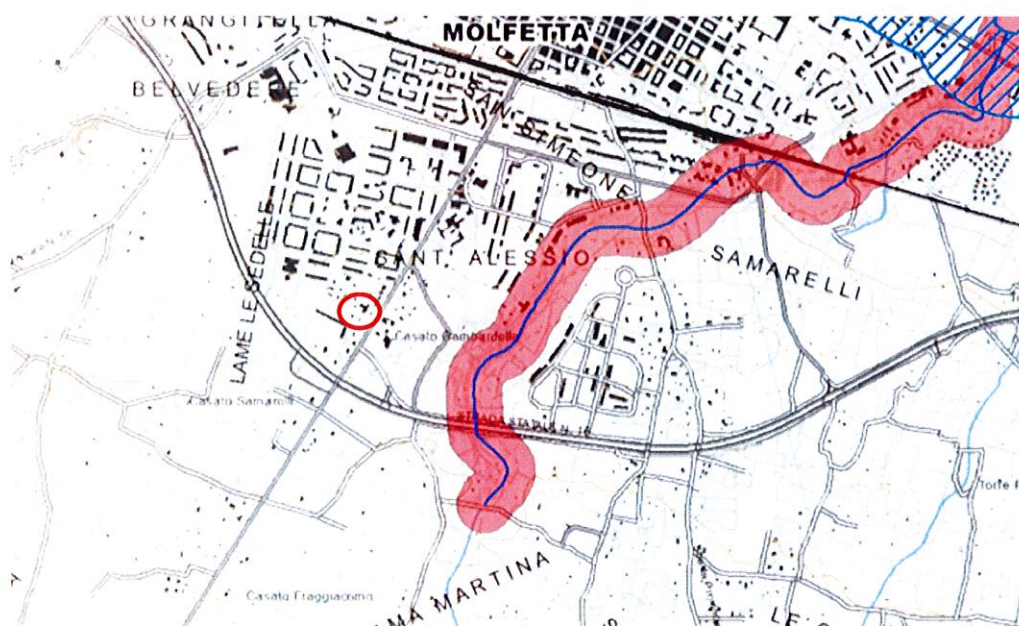
Per quanto riguarda il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) adottato dalla Giunta Regionale con delibera n. 1435 dello 02/08/2013 con il nuovo testo delle NTA con modifiche introdotte dalla DGR n. 2022 del 29/10/2013, regolarmente approvato e pubblicato sul B.U.R.P. n°40 del 23/03/2015,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

Nelle figure che seguono, si riportano gli stralci delle Tavole del PPTR dalle quali si evince l'estraneità del sito in oggetto da qualsiasi vincolo:

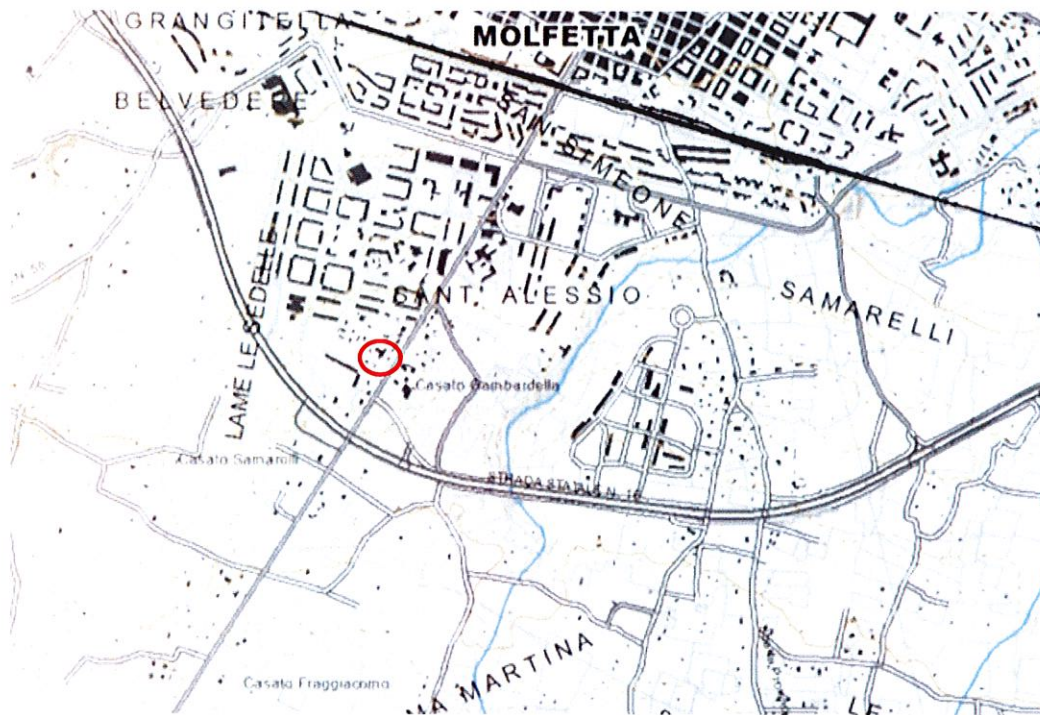
- TAV. 12: stralcio TAV. 6.1.1 – Componenti Geomorfologiche;
- TAV. 13: stralcio TAV. 6.1.2 – Componenti Idrologiche;
- TAV. 14: stralcio TAV. 6.2.1 – Componenti Botanico Vegetazionali;
- TAV. 15: stralcio TAV. 6.2.2 – Componenti delle Aree Protette e dei Siti Naturalistici;
- TAV. 16: stralcio TAV. 6.3.1 – Componenti culturali e insediative.



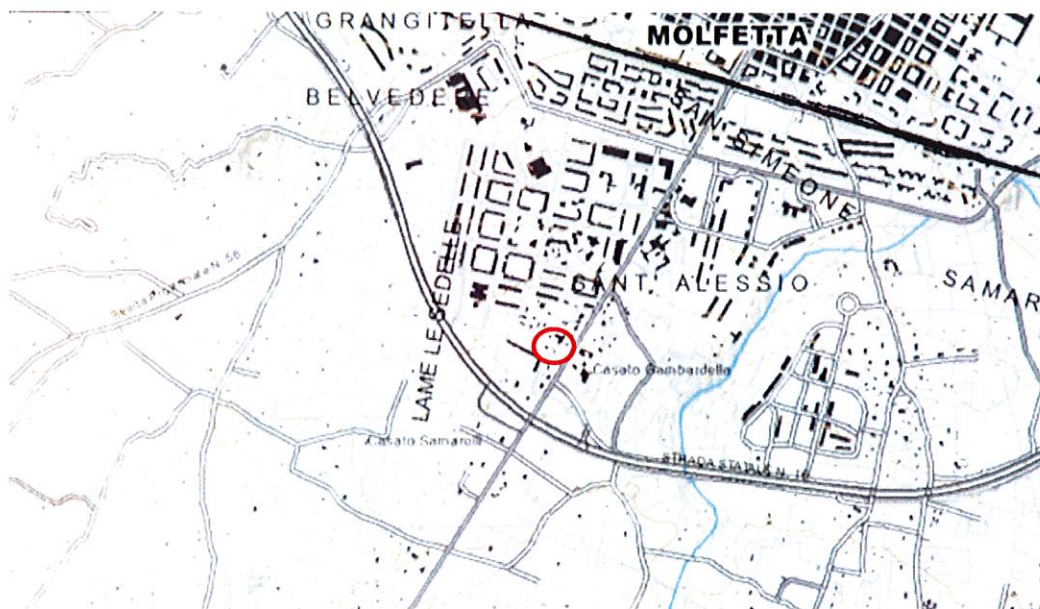
TAV. 12: stralcio TAV. 6.1.1 – Componenti Geomorfologiche



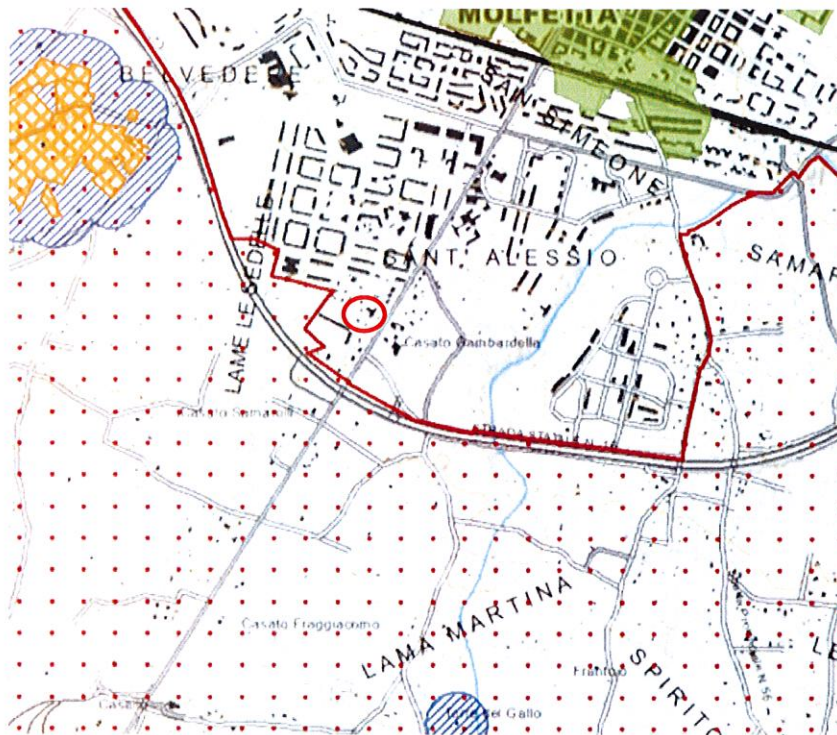
TAV. 13: stralcio TAV. 6.1.2 Componenti idrologiche



TAV. 14: stralcio TAV. 6.2.1 – Componenti Botanico Vegetazionali



TAV. 15: stralcio TAV. 6.2.2 – Componenti delle Aree Protette e dei Siti Naturalistici;



TAV. 16: stralcio TAV. 6.3.1 – Componenti culturali e insediative;

PAI

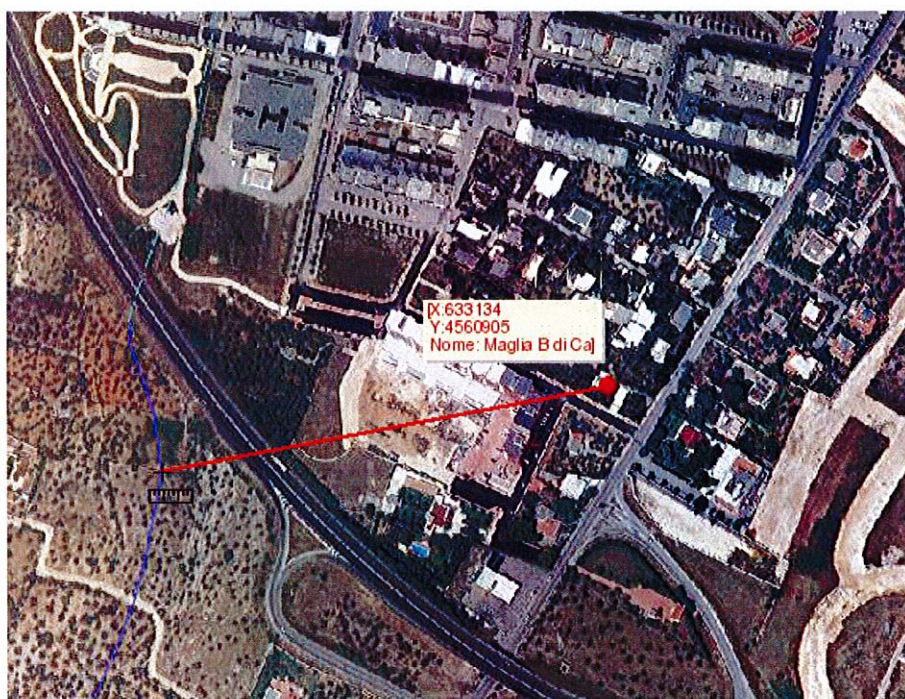
Per quel che riguarda il Piano di Bacino Stralcio per l' Assetto Idrogeologico, adottato in data 15.12.2004 dalla Regione Puglia e regolarmente approvato, a cui sono seguite nell'aprile del 2009 le nuove perimetrazioni delle aree sondabili, la maglia B della Ca non rientra in ambiti perimetrati come zone a rischio di alluvionamento. Nella figura che segue si riporta uno stralcio della cartografia del PAI, da dove si evince l'insussistenza di vincoli di alluvionamento. L'area indagata è posta 16 m dalle zone a bassa pericolosità idraulica. 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 270 m.

In merito a quanto sopra scritto qui di seguito si riporta:

- stralcio PAI (TAV. 17);
- stralcio del reticolo idrografico (TAV.18).



TAV: 17: Stralcio PAI



TAV: 18: Stralcio reticolo idrografico

L'intervento, in definitiva, risulta congruente con la normativa e la pianificazione in essere. Verificata l'inesistenza di vincoli 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.**

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 Modellazione geologica del territorio

Il DM 14.01.2008 prevede la modellazione geologica di sito, mediante l'esecuzione di indagini geognostiche di tipo diretto ed indiretto, al fine di caratterizzare il sottosuolo investigato.

Inoltre, è prevista la caratterizzazione sismica del sito attraverso la determinazione della categoria di sottosuolo. Nell'ambito dello studio in oggetto, al fine di ottemperare alla normativa sopra citata è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche di tipo indiretto ed in particolar modo sismico per poter definire un modello sismo-litologico del sottosuolo.

Sono stati condotti stendimenti sismici a rifrazione e stendimenti sismici di tipo MASW, in modo da poter ricavare modelli geo-sismici, associabili a modelli geo-litologici, caratterizzare da un punto di vista sismico i litotipi investigati e determinare le caratteristiche dinamiche degli stessi, mediante la stima dei relativi moduli elastici. Gli stendimenti sono stati eseguiti tra i filari degli alberi di ulivo esistenti nella zona.

5.2.1 Prospezione sismica

La prospezione sismica considera i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si propagano nel semispazio riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti, qualora siano verificate opportune condizioni. Quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante. Le relazioni matematiche dei principi fisici della riflessione e rifrazione sono regolate dalle note leggi di Snell. La condizione necessaria per la riflessione e la rifrazione di un raggio sismico è la variazione del parametro impedenza acustica fra i 2 mezzi separati dalla superficie di discontinuità.

Essa si determina attraverso il prodotto tra la velocità dell'onda nel mezzo per la densità. Ogni litotipo è caratterizzato da una particolare velocità di propagazione, determinata sperimentalmente attraverso prove di laboratorio o in situ. La velocità di propagazione delle onde sismiche nelle rocce dipende essenzialmente dai parametri elastici che sono influenzati, a loro volta, da numerosi fattori quali, ad esempio, la densità, la porosità, la tessitura, il grado di alterazione e/o di fratturazione, la composizione mineralogica, la pressione, il contenuto di fluidi, ecc.

Questi parametri rendono piuttosto ampio il campo di variabilità della velocità per uno stesso litotipo. Per questo motivo, non sempre un orizzonte individuato con metodologie sismiche coincide con un orizzonte litologico.

Un impulso generato da una sorgente sismica in superficie genera un treno d'onde sismiche di varia natura; in fase di acquisizione e di elaborazione è possibile analizzare onde sismiche di volume o di superficie, a seconda delle modalità con cui esse si propagano. Ciò comporta una distinzione fra la metodologia d'indagine sismica a rifrazione (analisi di onde di volume) e di tipo MASW (analisi di onde di superficie).

Disponendo un certo numero di sensori (geofoni) sul terreno lungo uno stendimento sismico e osservando il tempo di percorrenza delle onde per giungere ai sensori, è possibile determinare la velocità di propagazione delle onde sismiche che attraversano i vari strati nel sottosuolo, consentendo una ricostruzione attendibile delle sue caratteristiche elastico-dinamiche.

La metodologia sismica a rifrazione è finalizzata alla definizione di un modello sismo-litostratigrafico del sottosuolo investigato; in questa tecnica d'investigazione la profondità d'investigazione aumenta all'aumentare della lunghezza degli stendimenti sismici, mentre la risoluzione, ossia la minima distanza a cui è possibile distinguere due "oggetti" o "strutture" presenti nel sottosuolo, dipende principalmente dalla spaziatura scelta fra i sensori disposti sulla superficie.

5.2.2 Modalità di esecuzione dei rilievi: attività di campo

I 3 profili sismici a rifrazione sono stati condotti utilizzando 12 geofoni aventi frequenza pari a 10 Hz e spaziatura 5 metri, realizzando stendimenti aventi lunghezza unitaria pari a 55 metri, che hanno consentito di investigare circa 8-10 metri dal piano campagna.

Per l'esecuzione del profilo sismico è stata utilizzata la tecnica degli scoppi coniugati, in cui vengono eseguiti uno scoppio centrale (indicato nella sezione sismostratigrafica con E), e due scoppi esterni simmetrici (A e B) per l'individuazione della geometria della superficie del rifratore.

Per gli scoppi esterni è stato utilizzato un offset (distanza fra il punto di scoppio ed il primo geofono ricevitore) pari a metà della spaziatura geofonica, quindi 2.5 metri.

Per questo tipo di indagine, come per l'indagine MASW, è stato utilizzato un sismografo della PASI, modello "16SG12", con acquisizione computerizzata dei dati, durata dell'acquisizione pari a 128 msec e frequenza di campionamento di 250 μ sec.

E' stata utilizzata una sorgente del tipo "mazza battente" di peso pari a 10 Kg, ad impatto verticale su piastra per la generazione delle onde longitudinali P.

In fase di acquisizione, sono stati sommati sismogrammi dopo 4-5 battute, al fine di migliorare il rapporto segnale/rumore.

I 3 profili sismici di tipo MASW sono stati eseguiti nelle stesse aree investigate mediante indagine sismica a rifrazione; essi sono stati condotti utilizzando 12 geofoni aventi frequenza pari a 4.5 Hz, con spaziatura geofonica pari a 1.5 metri e quindi lunghezza totale pari a 16.5 metri.

E' stato eseguito un singolo offset di scoppio pari a 2 metri, durata dell'acquisizione di circa 1 secondo e tempo di campionamento pari a 1 millisecondo.

5.2.3 Elaborazione indagini sismiche a rifrazione

Dai sismogrammi sperimentali sono stati letti i tempi di arrivo dei "first-break" attraverso l'utilizzo del software SISMOPC per la costruzione delle relative dromocrone (diagrammi tempo-distanza). L'interpretazione delle dromocrone è stata effettuata attraverso il software INTERSISM della Geo&Soft, utilizzando come tecnica di interpretazione il Metodo del Tempo Reciproco Generalizzato. E' stato possibile, così, ottenere le sezioni sismostratigrafiche dei profili e schematizzate di seguito.

SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA SI:

da m 0.00 a m -0.80 dal p.c.:

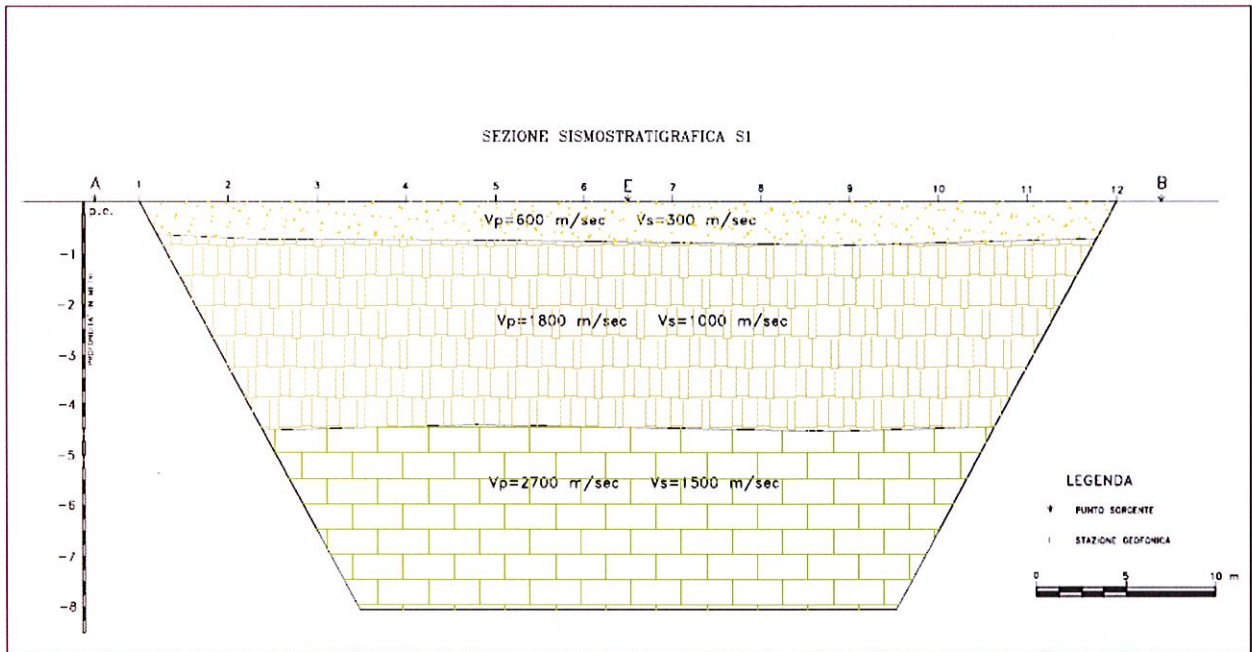
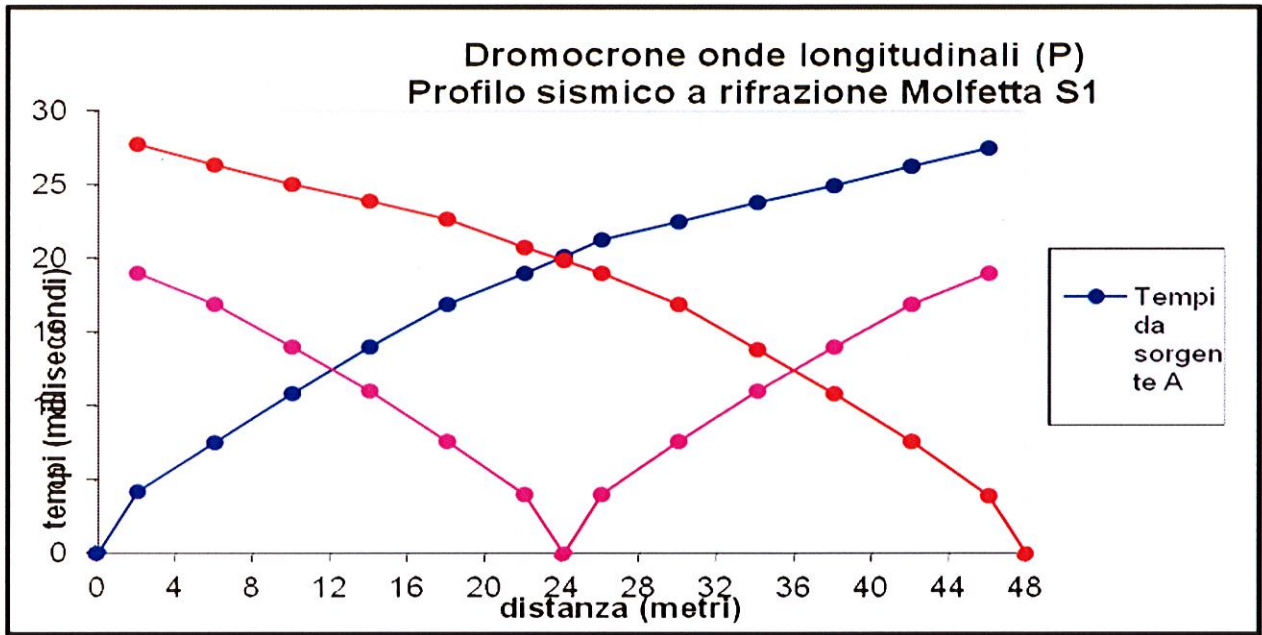
SISMOSTRATO A – $V_p \approx 600$ m/s;

da m -0.80 a m -4.50 dal p.c.:

SISMOSTRATO B – $V_p \approx 1800$ m/s;

da m -4.50 a m dal p.c.:

SISMOSTRATO C – $V_p \approx 2700$ m/s;



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA S2:

da m 0.00 a m -0.30 dal p.c.:

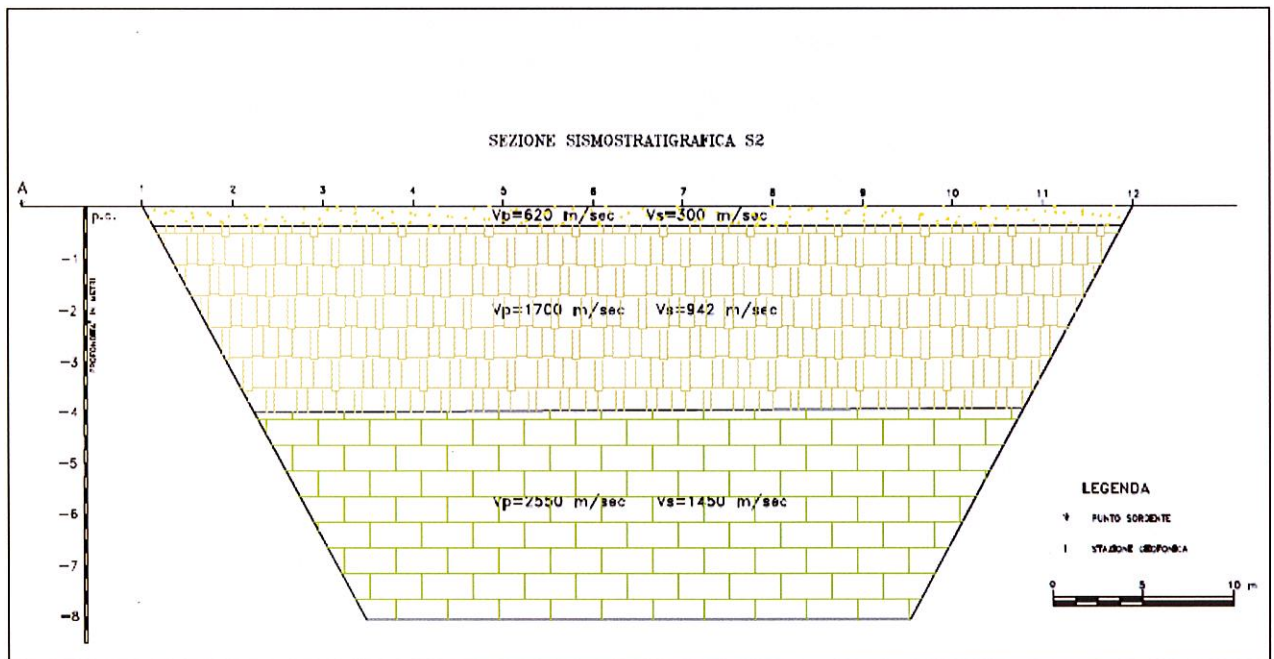
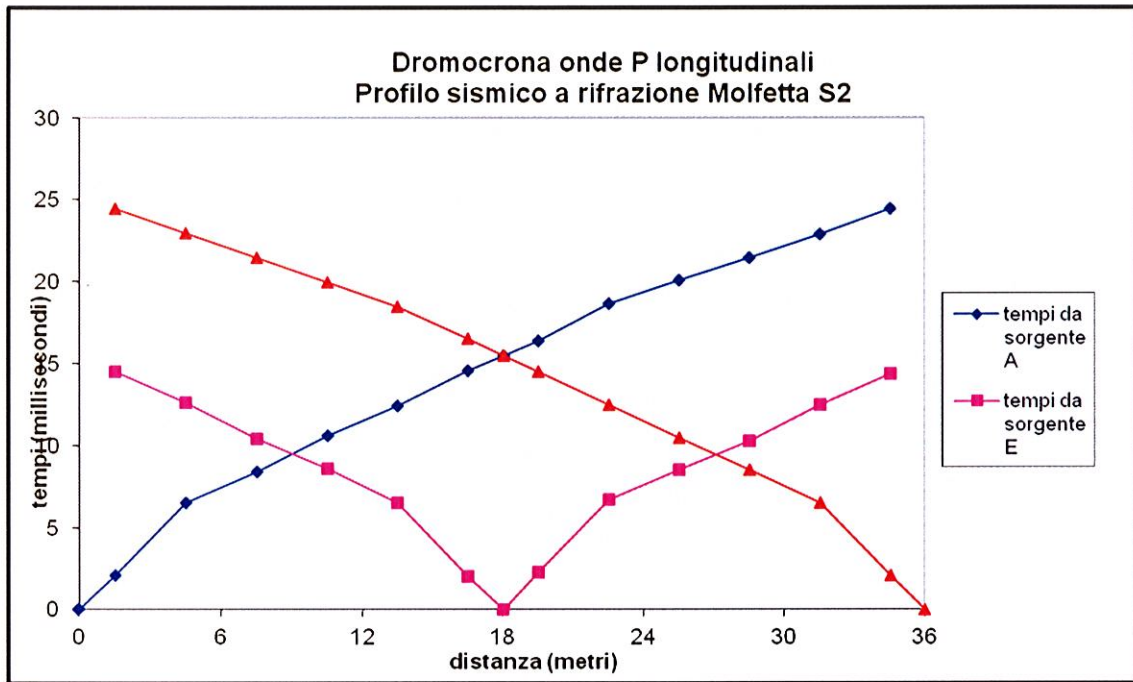
SISMOSTRATO A – $V_p \approx 620$ m/s;

da m -0.30 a m -4.00 dal p.c.:

SISMOSTRATO B – $V_p \approx 1700$ m/s;

da m -4.00 a m dal p.c.:

SISMOSTRATO C – $V_p \approx 2550$ m/s;



SEZIONE SISMOSTRATIGRAFICA S3:

da m 0.00 a m -1.00 dal p.c.:

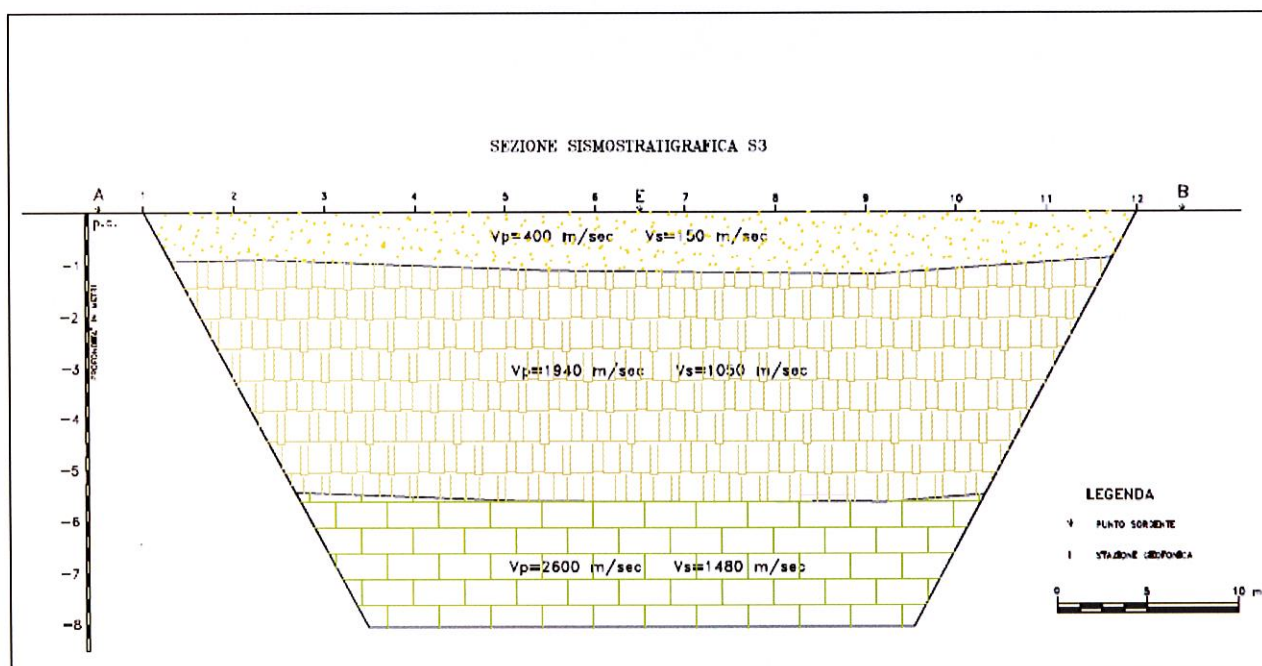
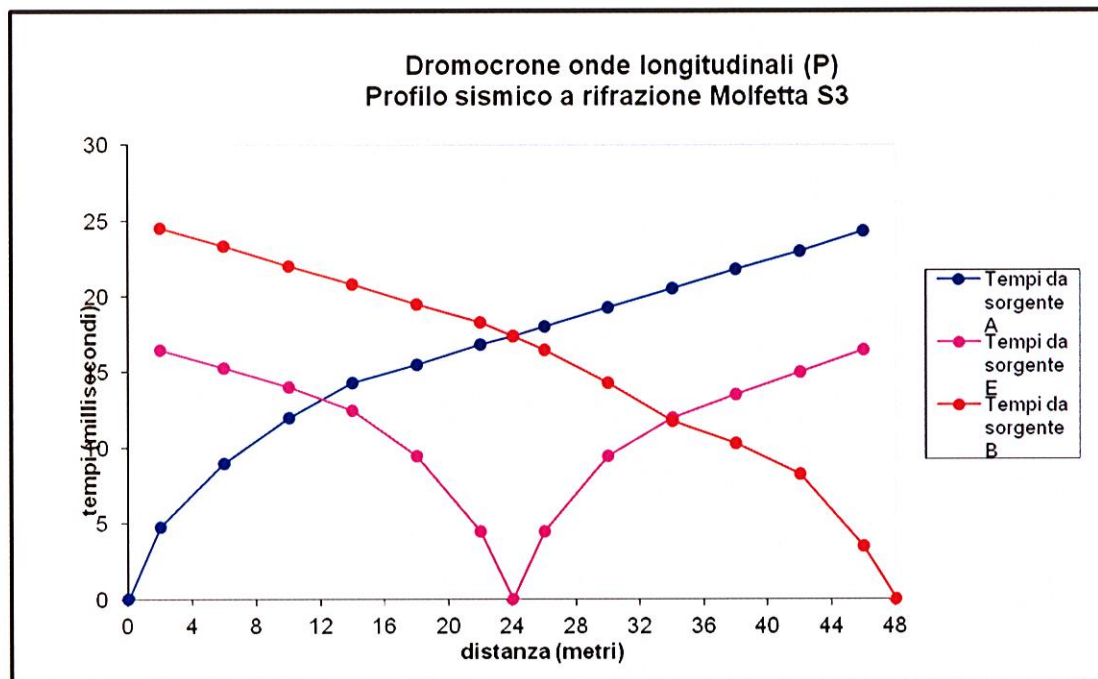
SISMOSTRATO A – $V_p \approx 400$ m/s;

da m -1.00 a m -5.50 dal p.c.:

SISMOSTRATO B – $V_p \approx 1940$ m/s;

da m -5.50 a m dal p.c.:

SISMOSTRATO C – $V_p \approx 2600$ m/s;



Per i profili **S1-S2 ed S3** sono stati rilevati 3 sismostrati:

- 1) **superficiale**, con $V_p < 800$ m/s e spessore variabile fra 0.30 m e 1.00 m, attribuibile al terreno vegetale;
- 2) **intermedio**, con V_p media compresa fra 1700 m/s e 1940m/s e spessore variabile fra 3.7 m e 45 m, attribuibile al basamento carbonatico avente discrete caratteristiche tecniche;
- 3) **profondo**, con V_p media superiore a 2000 m/s, attribuibile allo stesso litotipo carbonatico avente migliori caratteristiche tecniche.

I valori delle V_s sono stati ricavati dall'indagine sismica di tipo MASW, consentendo la determinazione dei principali parametri elastici, con E (modulo di Young), G (modulo di taglio) e K (modulo di incompressibilità) espressi in Kg/cm², mentre il modulo di Poisson rappresenta un numero adimensionale.

Il peso di volume (g/cm³) è stato ricavato da una relazione empirica che lega tale parametro alla velocità di propagazione delle onde P longitudinali, attraverso la relazione:

$$\gamma = 0.23V^{0.25}$$

dove γ è la densità espressa in g/cm³ e V è la velocità delle onde di tipo (longitudinali o di pressione) espressa in ft/s.

Qui di seguito si riportano le tabelle.

Tab. 1: Profilo sismico S1

Strato	V_p	V_s	Poisson	E	G	K	γ
1°	600	300	0.333	3752	1407	3752	1.532
2°	1800	1000	0.277	52534	20573	39225	2.016
3°	2700	1500	0.277	130810	51226	97672	2.231

Tab. 2: Profilo sismico S2

Strato	V_p	V_s	Poisson	E	G	K	γ
1°	620	300	0.347	3822	1418	4167	1.545
2°	1700	942	0.278	46015	17996	34616	1.988
3°	2550	1450	0.261	119018	47189	83025	2.200

Tab. 3: Profilo sismico S3

Strato	Vp	Vs	Poisson	E	G	K	γ
1°	400	150	0.418	901	318	1836	1.384
2°	1940	1050	0.293	59755	23110	48077	2.054
3°	2600	1480	0.260	124523	49401	86593	2.210

5.3 Prospezione sismica di tipo MASW

Il parametro V_{s30} rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S nei primi 30 metri di profondità ed è calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove h_i è lo spessore dello strato i esimo

V_i è la velocità dello strato i esimo

Tale parametro può essere determinato attraverso indagini indirette ed in particolar modo mediante l'analisi delle onde di Rayleigh, ossia onde di superficie generate dall'interazione tra onde di pressione (P) e le onde di taglio verticali (Sv) ogni qualvolta esiste una superficie libera in un mezzo omogeneo ed isotropo.

In presenza di un semispazio non omogeneo la loro velocità presenta dipendenza dalla frequenza, provocando dispersione della loro energia.

La dispersione è la deformazione di un treno d'onde nel sottosuolo dovuta ad una variazione di velocità di propagazione al variare della frequenza; per le onde di Rayleigh questa deformazione non si manifesta all'interno di un semispazio omogeneo e isotropo ma solo quando questi presenta una stratificazione.

Nelle nuove metodologie sismiche d'indagine del sottosuolo si considerano le onde di superficie in quanto la percentuale di energia convertita è di gran lunga predominante rispetto alle onde P ed S; inoltre l'ampiezza di tali onde dipende da \sqrt{r} anziché da r (distanza dalla sorgente in superficie) come per le onde di volume.

La propagazione delle onde di Rayleigh, sebbene influenzata dalla V_p e dalla densità, è funzione anzitutto della V_s , che rappresenta un parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito.

L'analisi delle onde S mediante tecnica MASW viene eseguita mediante la trattazione spettrale del sismogramma, che, a seguito di una trasformata di Fourier, restituisce lo

spettro del segnale. In questo dominio è possibile separare il segnale relativo alle onde S da altri tipi di segnale, come onde P, propagazione in aria ecc. Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda S si propaga a velocità variabile a seconda della sua frequenza, come risultato del fenomeno della dispersione.

L'indagine sismica di tipo MASW presenta peculiarità rispetto alle altre classiche indagini sismiche per la caratterizzazione del sottosuolo, in particolar modo la sismica a rifrazione.

Infatti, contrariamente a quanto richiesto nell'indagine sismica a rifrazione, il segnale sismico acquisito nella tecnica MASW deve includere tutto il treno d'onda superficiale; pertanto la durata dell'acquisizione deve essere definita in modo da contenere tutto il segnale e non troncato nelle ultime tracce.

Per quanto concerne il tempo di campionamento, mentre nella sismica a rifrazione si utilizza un tempo di campionamento più basso per ricostruire con dettaglio i primi arrivi dell'onda sismica, nell'indagine sismica Masw è sufficiente un campionamento più ampio per ricostruire tutto il segnale sismico. Inoltre, lo stesso segnale viene acquisito senza applicazione di filtri e incrementi del segnale.

La tecnica MASW prevede l'utilizzo di una sorgente attiva per l'energizzazione (massa battente di peso pari a 10 Kg) e la registrazione simultanea di 12 o più canali, utilizzando geofoni a bassa frequenza. Infatti l'esigenza di analizzare con elevato dettaglio basse frequenze (tipicamente anche al di sotto dei 20 Hz e corrispondenti a maggiori profondità d'investigazione) richiede la necessità di utilizzare geofoni ad asse verticale con frequenza di taglio non superiore a 4,5 Hz.

L'indagine sismica di tipo MASW è principalmente finalizzata alla determinazione del parametro V_{s30} più che alla ricostruzione sismo-stratigrafica del sottosuolo; in questa tecnica d'investigazione la lunghezza dello stendimento non rappresenta un parametro direttamente correlabile alla profondità d'investigazione in quanto viene eseguita un'analisi spettrale del segnale sismico acquisito.

In tal caso, la profondità d'investigazione dipende principalmente dal contenuto in frequenza del segnale prodotto dalla sorgente sismica e dalle caratteristiche sismiche di sito, quali numero di strati, velocità di propagazione delle onde P ed S e dalla densità.

5.3.1 Elaborazione indagine sismica di tipo MASW

La fase di elaborazione si sviluppa in due fasi:

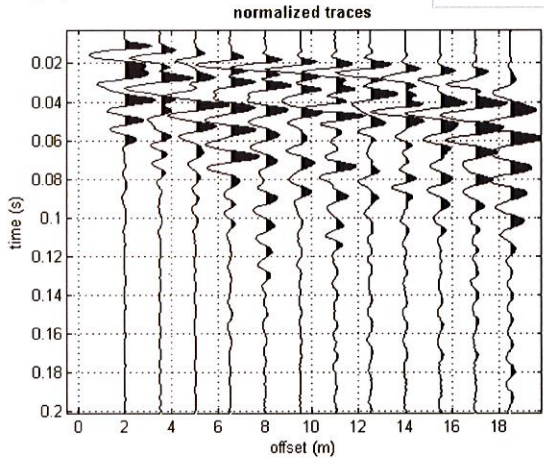
- 1) determinazione della curva di dispersione e la valutazione dello spettro di velocità;
- 2) inversione della curva di dispersione interpretata, mediante picking di un modo dell'onda di Rayleigh e successiva applicazione di algoritmi genetici.

La sovrapposizione delle curve teoriche e sperimentali fornisce un parametro abbastanza indicativo sull'attendibilità del modello geofisico risultante. Per l'inversione dei dati sperimentali è stato utilizzato il software WinMasw 4.3 della EliaSoft. Il sismogramma, la curva di dispersione sperimentale e la relativa sezione elaborata del profilo sono mostrate nelle figure che seguono. In particolar modo, nella figura in alto è mostrato il sismogramma sperimentale e la curva di dispersione, mentre nella figura in basso la stessa curva di dispersione con il relativo picking dei modi dell'onda di Rayleigh e il profilo verticale dell'onda S.

#1: uploading & processing (MASW analyses)

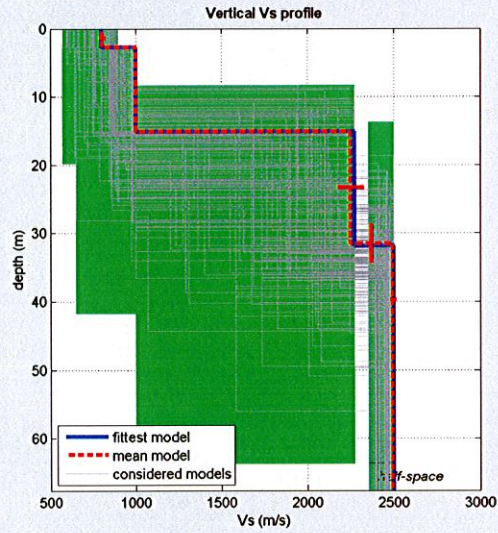
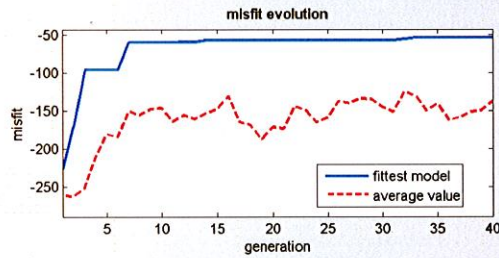
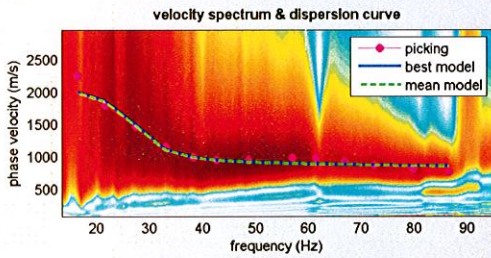
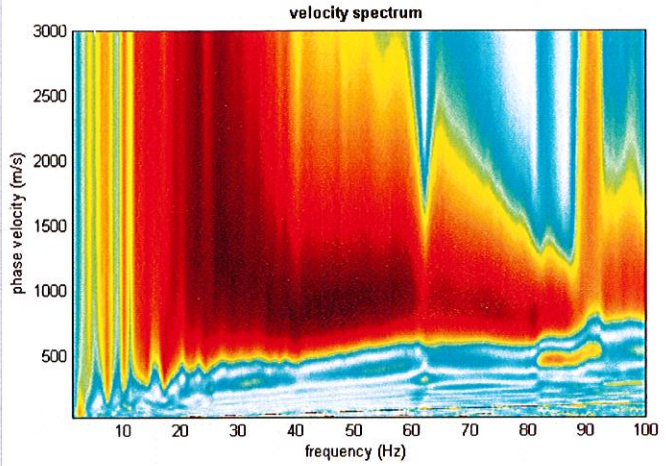
dataset: amasw.DAT
 minimum offset: 2 m
 geophone spacing: 1.5 m
 sampling: 1 ms

filtering



#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW Tau - v ReMi



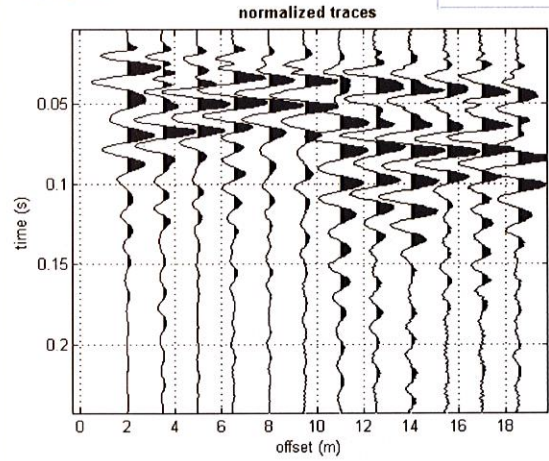
dataset: amasw.DAT
 dispersion curve: picking.cdp
 VS30 (best model): 1345 m/s
 VS30 (mean model): 1341 m/s

ELABORAZIONE MASW
 PROFILO M1

#1: uploading & processing (MASW analyses)

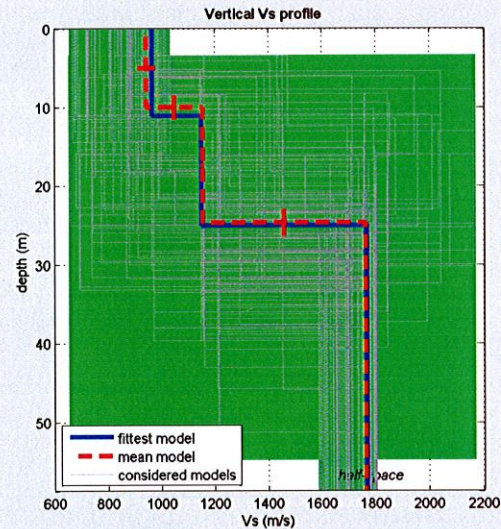
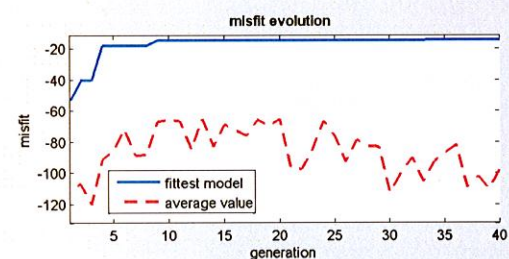
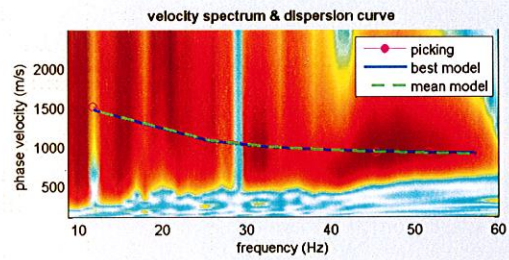
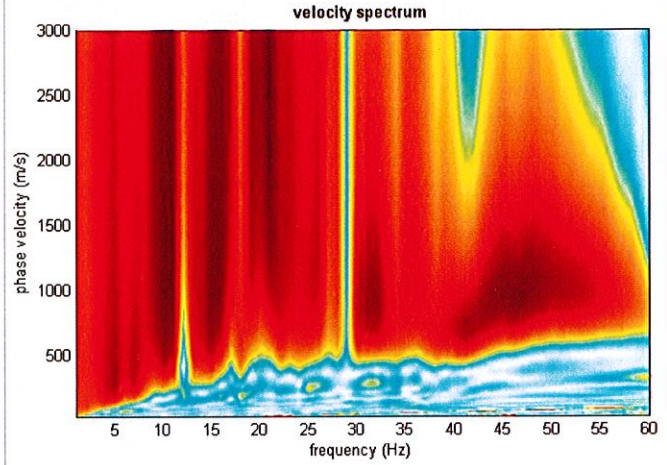
dataset: acqsc.DAT
 minimum offset: 2 m
 geophone spacing: 1.5 m
 sampling: 1 ms

filtering



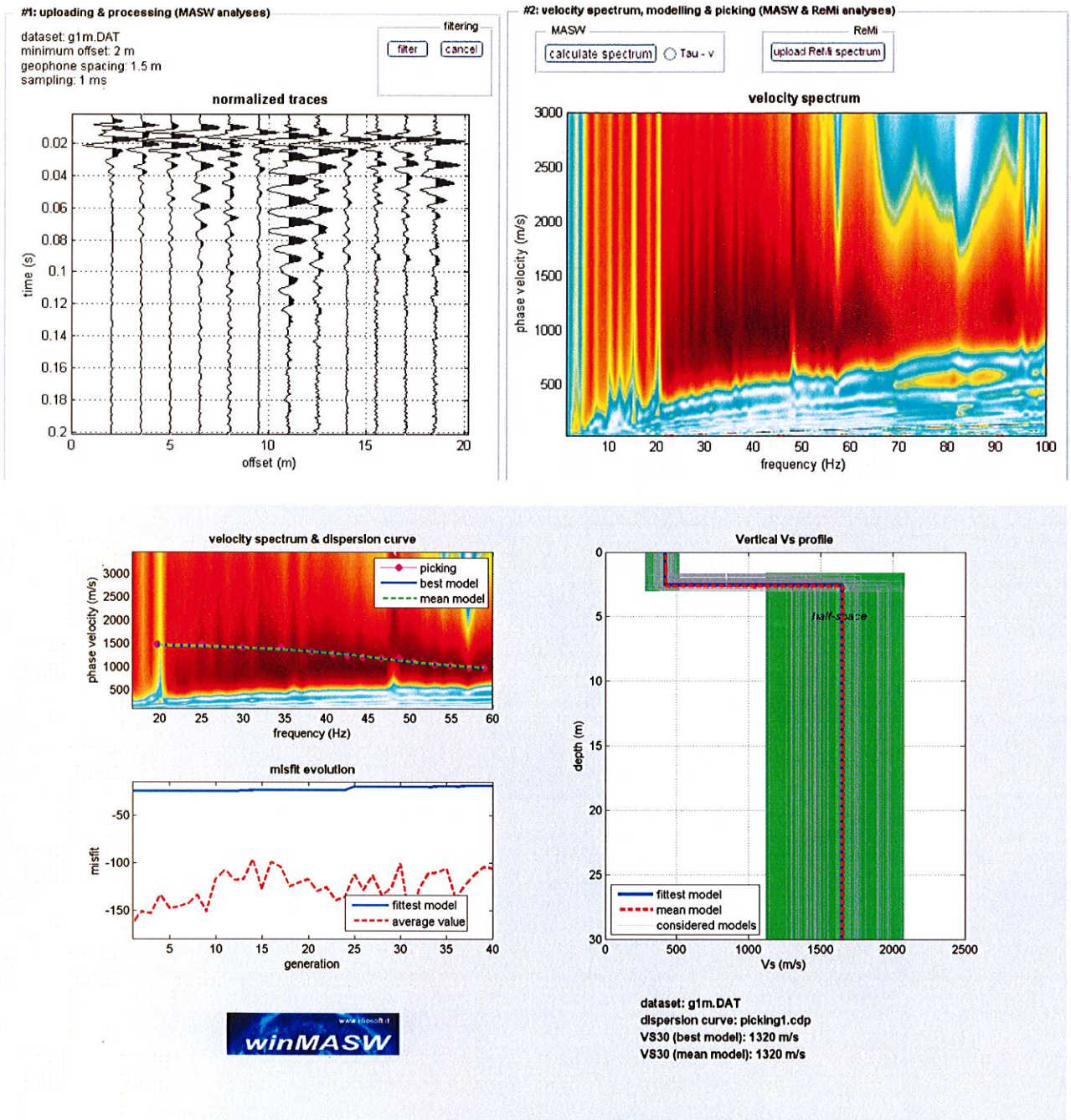
#2: velocity spectrum, modelling & picking (MASW & ReMi analyses)

MASW Tau - v
 ReMi



dataset: acqsc.DAT
 dispersion curve: picking.cdp
 VS30 (best model): 1135 m/s
 VS30 (mean model): 1137 m/s

**ELABORAZIONE MASW
 PROFILO M2**



ELABORAZIONE MASW PROFILO M3

La V_{s30} stimata per i profili S1- S2 -S3 è superiore a 800 m/s, inserendo il terreno di fondazione in categoria A - "Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi, caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo di 3 m".

5.4 Conclusioni sulle indagini condotte

L'indagine sismica condotta nell'agro di Molfetta è consistita nell'esecuzione di stendimenti sismici a rifrazione e di tipo MASW, al fine di determinare, da un punto di vista dinamico, le proprietà dei litotipi presenti, di definire un modello sismo-litostratigrafico e di caratterizzare da un punto di vista sismico il sottosuolo investigato, come richiede la normativa vigente.

Il modello sismo-litostratigrafico risultante evidenzia la presenza di 3 sismo-strutture aventi velocità crescente con la profondità.

Da un punto di vista litologico tali sismo-strutture possono essere riferite alla presenza dello strato di terreno vegetale in superficie ($V_p < 800$ m/s), ad un basamento carbonatico variamente fratturato ($1700 < V_p < 2000$ m) intermedio e allo stesso basamento carbonatico avente migliori caratteristiche meccaniche ($V_p > 2000$ m/s) profondo.

Da un punto di vista sismico i terreni investigati ricadono in categoria A, ossia aventi $V_s > 800$ m/s.

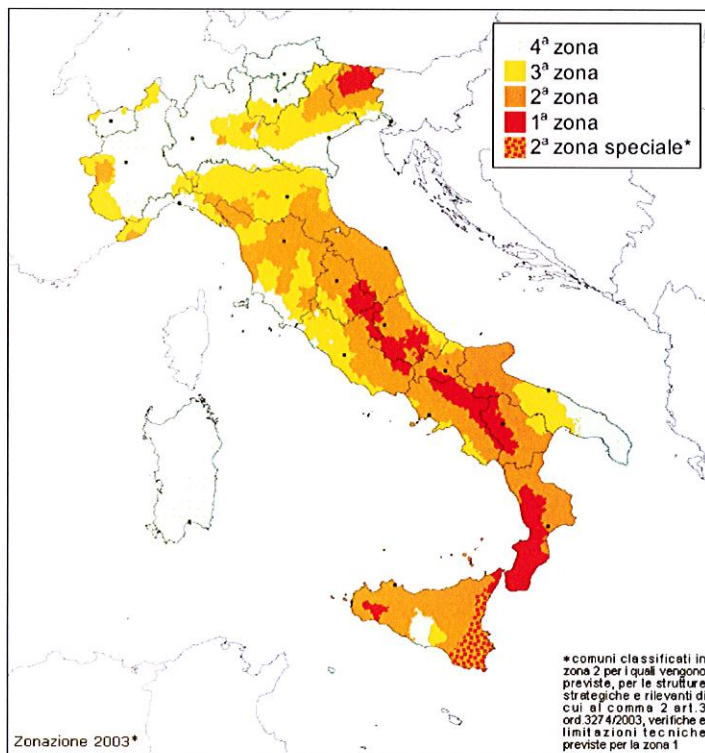
Contestualmente sono stati definiti i principali parametri dinamici (densità, modulo di Young, coefficiente di Poisson, modulo di taglio, modulo di incompressibilità) dei litotipi investigati.

5.5 Sismicità dell'area

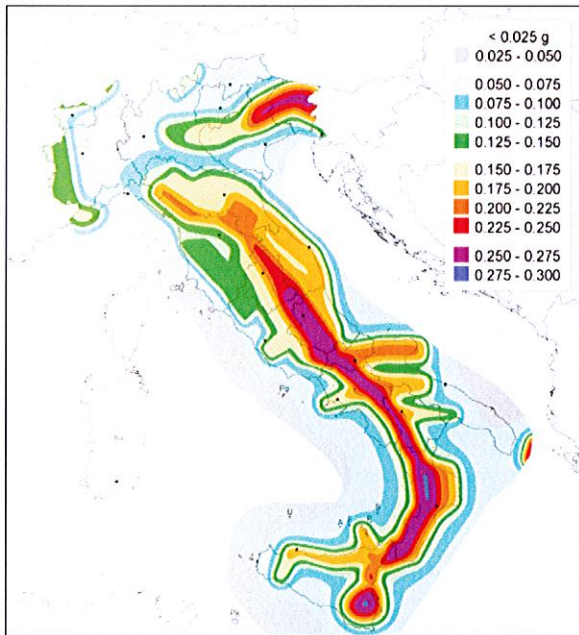
Il Comune di Molfetta è stato classificato, in base all'O.P.C.M. 3274 nella zona sismica di 3^a categoria, pertanto andranno altresì considerati gli aspetti geodinamici connessi al terreno. I più importanti sono le caratteristiche del moto sismico nel suolo e la risposta dinamica della struttura e del 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.



Zonazione sismica del territorio nazionale



Carta delle accelerazioni sismiche locali

Mappe interattive di pericolosità sismica

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia

Strumenti

- Ritorna alla mappa iniziale
- Ridisegna mappa
- Zoom In
- Zoom Out
- Ricentra sul punto
- Grafico sul punto griglia
- Grafico di disaggregazione

Navigazione

Scala:
(Valori consentiti: 50,000 - 7,909,000)

Scala:

Coordinate del centro della mappa

Latitudine:

Longitudine:

Ricerca Comune

Il nome contiene:

Selezione mappa

Visualizza punti della griglia riferiti a:

Ridisegna mappa

Parametro dello scuotimento:

Probabilità in 50 anni:

Percentile:

Periodo spettrale (sec):

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: 16.58752 LATITUDINE: 41.18857

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

Elaborazioni grafiche: Grafico spettri di risposta, Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche: Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito:

 Diagram showing nodes: 31429, 31480, 31681, 31632.

Reticolo di riferimento:

 Controllo sul reticolo:

 Sito esterno al reticolo

 Interpolazione su 3 nodi

 Interpolazione canonica

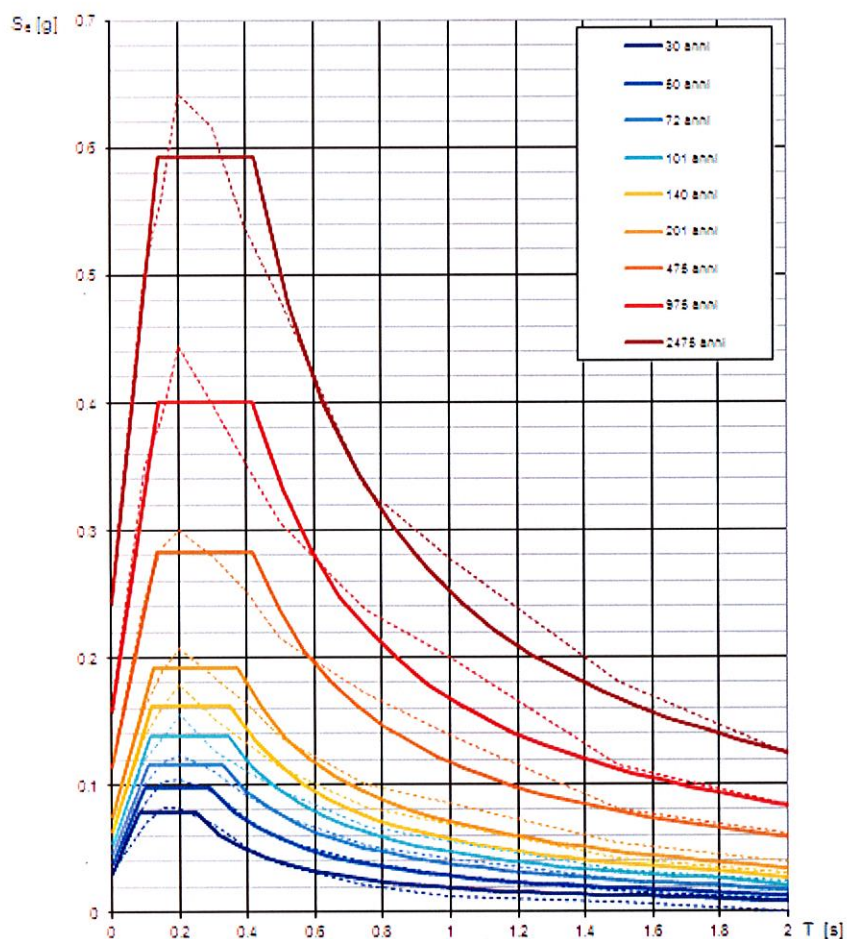
Interpolazione: media ponderata

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

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.

Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno T_R di riferimento



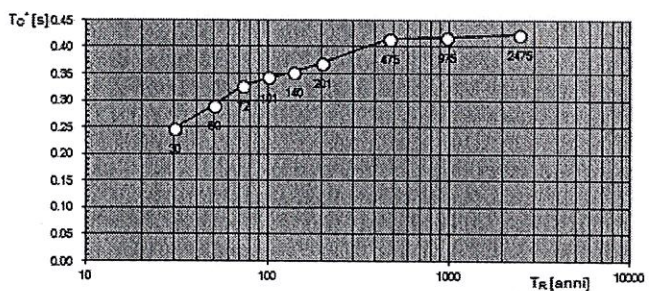
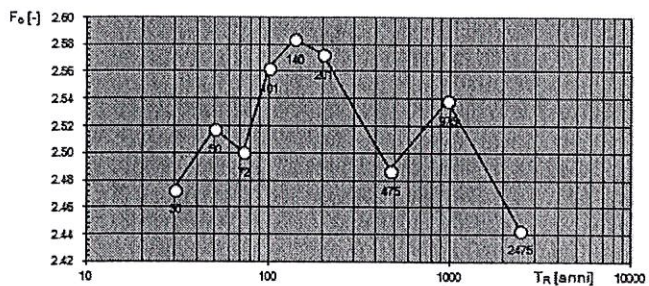
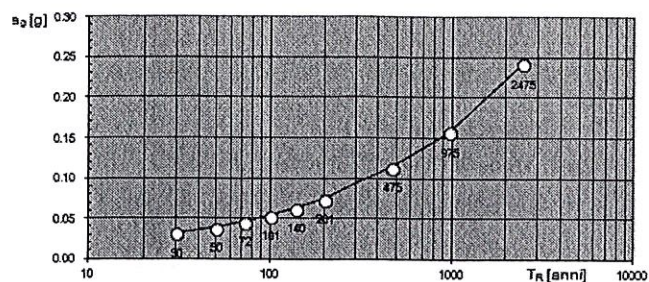
NOTA:

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

N.B.

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

Valori dei parametri a_q, F_o, T_C : variabilità col periodo di ritorno T_R



Valori dei parametri a_q, F_o, T_C per i periodi di ritorno T_R di riferimento

	0.031	2.474	0.248
	0.039	2.518	0.290
	0.046	2.501	0.328
	0.054	2.563	0.343
	0.063	2.585	0.352
	0.074	2.573	0.370
	0.114	2.488	0.416
	0.158	2.539	0.419
	0.243	2.444	0.424

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

Velocità nominale della costruzione (in anni) - V_n info

Coefficiente d'uso della costruzione - C_u info

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R info

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R info

Stati limite di esercizio - SLE

SLD - $P_{VR} = 81\%$	<input type="text" value="30"/>
SLD - $P_{VR} = 63\%$	<input type="text" value="50"/>

Stati limite ultimi - SLU

SLV - $P_{VR} = 10\%$	<input type="text" value="475"/>
SLC - $P_{VR} = 5\%$	<input type="text" value="975"/>

Elaborazioni

- Grati parametrizzazione
- Grati spetti di costi
- Tabella parametrizzazione

LEGENDA GRAFICO

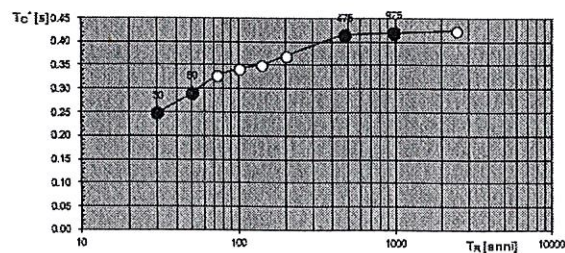
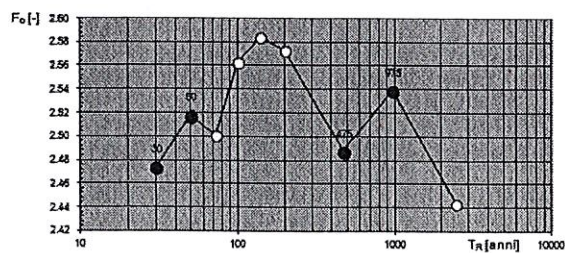
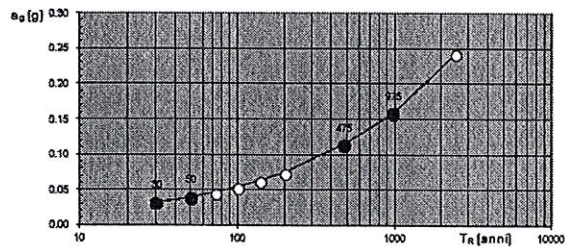
- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

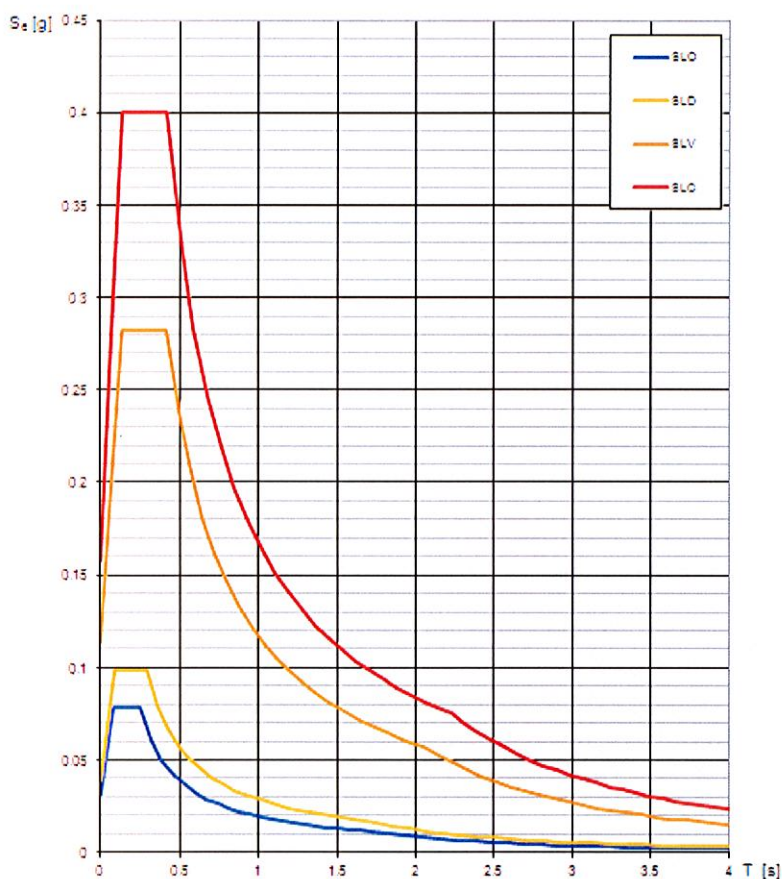
Strategia di progettazione

Strategia	TR [anni]
SLO	30
SLD	50
SLV	475
SLC	975

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Valori di progetto dei parametri a_g , F_0 , T_C^* in funzione del periodo di ritorno T_R



Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

Valori dei parametri α_q , F_a , T_c per i periodi di ritorno T_R ass.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	α_q [g]	F_a [-]	T_c [s]
SLO	30	0.132	2.474	0.248
SLD	30	0.133	2.510	0.251
SLV	475	0.114	2.488	0.416
SLO	375	0.158	2.533	0.413

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.

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite
Stato Limite considerato **SLV** info

Rispostasismica locale
 Categoria di sottosuolo **A** info $S_s = 1.000$ $C_s = 1.000$ info
 Categoria topografica **T1** info $h/H = 0.000$ $S_T = 1.000$ info
(h=quota sito, H=altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale
 Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) **5** $\eta = 1.000$ info
 Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore α_o **3** Regol. in altezza **no** info

Compon. verticale
 Spettro di progetto Fattore q **1.5** $\eta = 0.667$ info

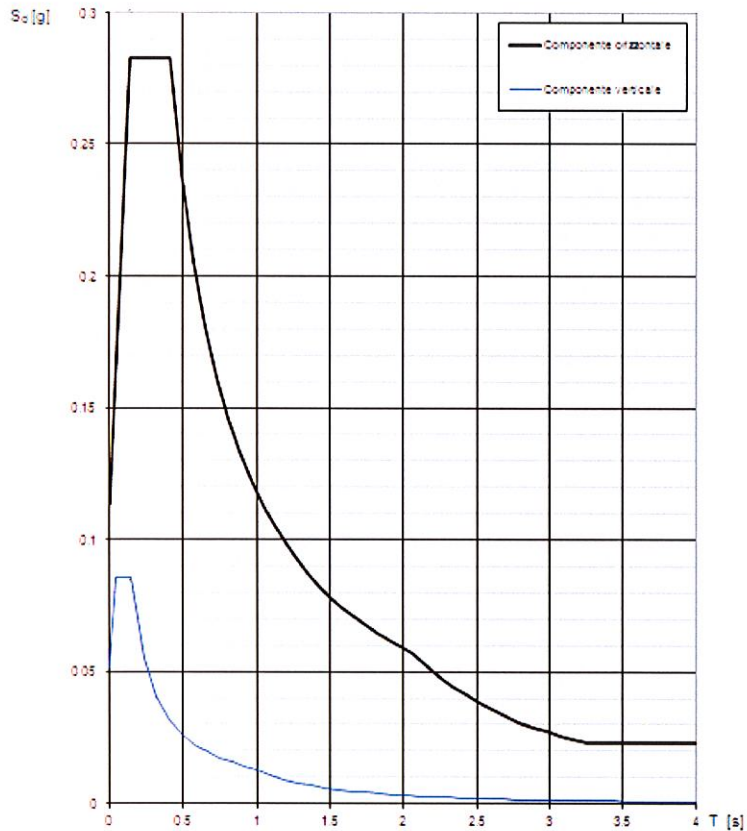
Elaborazioni
 Grafici spettri di risposta
 Parametri e punti spettri di risposta

Spettri di risposta

— Spettro di progetto - componente orizzontale
 — Spettro di progetto - componente verticale
 — Spettro elastico di riferimento (Cat. A-T1, $\xi = 5\%$)

INTRO **FASE 1** **FASE 2** **FASE 3**

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



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

Parametri indipendenti

	SLV _i
	0.114 g
	2.488
	0.416 s
	1.000
	1.000
	1.000
	1.000

Parametri dipendenti

	1.000
	1.000
	0.139 s
	0.416 s
	2.055 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

$$\eta = \sqrt{10 \sqrt{5 + \xi}} \geq 0.55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5})$$

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

$$T_c = C_c \cdot T_e^2 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_b = 4.0 \cdot a_c / g + 1.6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

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

$$T_b \leq T < T_c \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a$$

$$T_c \leq T < T_b \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c}{T} \right)$$

$$T_b \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_a \cdot \left(\frac{T_c \cdot T_b}{T^2} \right)$$

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 a con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	0.000	0.114
$T_b \leftarrow$	0.139	0.283
$T_c \leftarrow$	0.416	0.283
	0.494	0.238
	0.572	0.206
	0.650	0.181
	0.728	0.161
	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
	1.352	0.087
	1.430	0.082
	1.508	0.078
	1.586	0.074
	1.664	0.071
	1.742	0.067
	1.821	0.065
	1.899	0.062
	1.977	0.059
$T \leftarrow$	2.055	0.057
	2.147	0.052
	2.240	0.048
	2.333	0.044
	2.425	0.041
	2.518	0.038
	2.610	0.035
	2.703	0.033
	2.796	0.031
	2.888	0.029
	2.981	0.027
	3.074	0.026
	3.166	0.024
	3.259	0.023
	3.352	0.023
	3.444	0.023
	3.537	0.023
	3.629	0.023
	3.722	0.023
	3.815	0.023
	3.907	0.023
	4.000	0.023

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

Parametri indipendenti	
	SLV
	0.052 g
	1.000
	1.000
	1.500
	0.050 s
	0.150 s
	1.000 s

Parametri dipendenti	
	1.132
	1.000
	0.667

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

$$F_v = 1.35 \cdot F_b \cdot \left(\frac{z}{g}\right)^{0.5} \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.11})$$

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad \left| \quad S_i(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \right.$$

$$T_C \leq T < T_D \quad \left| \quad S_i(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \right.$$

$$T_D \leq T \quad \left| \quad S_i(T) = a_z \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right) \right.$$

Punti dello spettro di risposta

Punti dello spettro di risposta		
	0.000	0.052
T _B ←	0.050	0.066
T _C ←	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 ←	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

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).

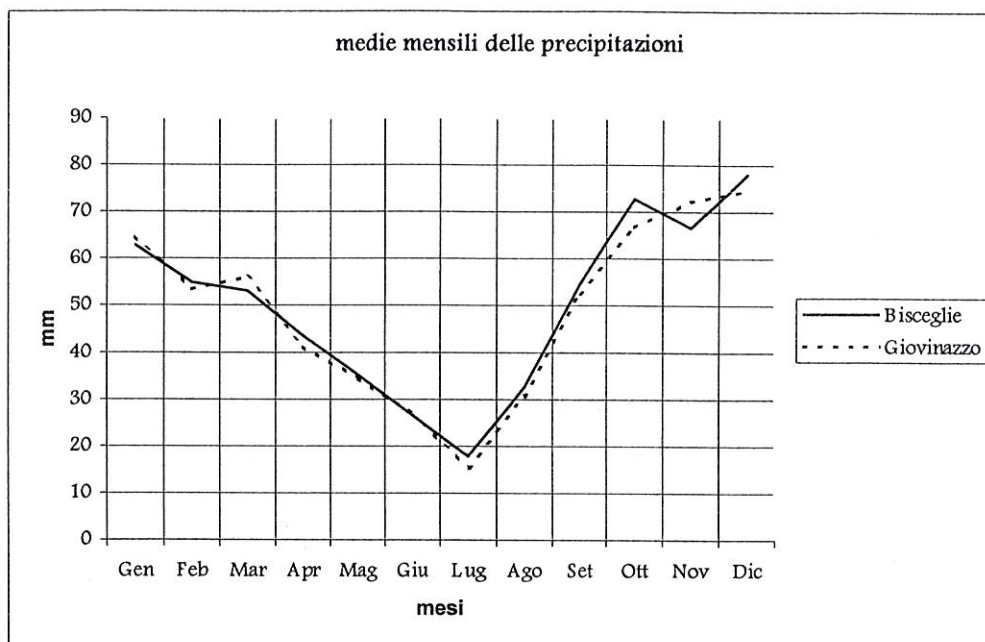
Nella tabella 4 e nella tavola seguente, si riportano le medie mensili ed annuali delle precipitazioni relative alle stazioni di osservazione di Bisceglie (16 m. s.l.m.) e di Giovinazzo (13 m. s.l.m.) essendone Molfetta priva.

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. 4: 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

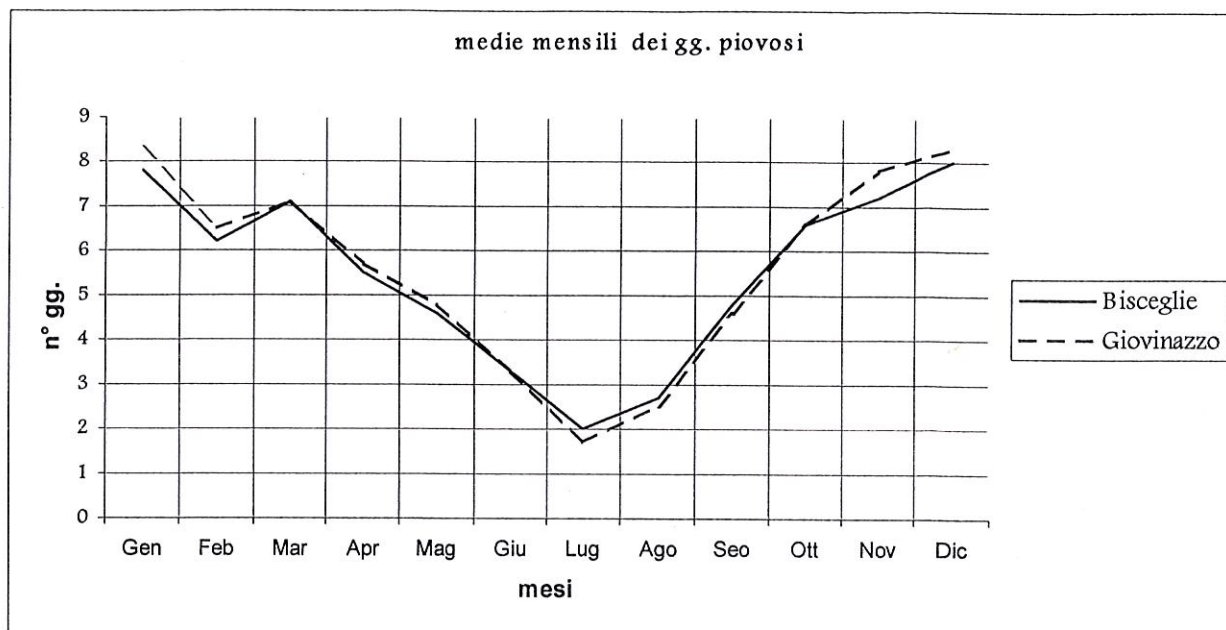


TAV. 19: medie mensili delle precipitazioni

Nella tabella 5 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. 5: 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. 20: 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. 6). 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. 6

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

$$- e^{-\alpha(x-\beta)}$$

$$(*) \quad P(z) = e$$

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:

$$- e^{-z}$$

$$(**) \quad P(z) = e$$

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. 7 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. 7

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

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

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

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

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

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

Nelle **tabb. 8 a – b – c – d – e – f, 9 e 10 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:

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

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

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

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

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

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

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. 8a

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. 8b

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. 8c

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. 8d

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. 8e

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. 8f

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. 9

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 = log t 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 - 5r	-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. 10a

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 = log t 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 - 5r	-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 = 41,76 t ^{0,19}					
per Tc = 1h	h = 41,76 mm				
per Tc = 2h	h = 47,64mm				
per Tc = 3h	h = 51,45mm				

Tab. 10b

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. 10c

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. 10d

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. 10e

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. 10f

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 11.

tab. 11

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:

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

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 B oggetto di lottizzazione, della superficie complessiva lorda di circa 2.600 mq verranno realizzate come tipologia edilizia n.3 ville unifamiliari, caratterizzate da piano seminterrato e piano rialzato per un'altezza fuori terra di m 4.65.

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. 12: 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_g 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. 13 : 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

calcareo per uno spessore di circa 1.50 m (il piano seminterrato si attesterà a circa - 1.80 ml dall'attuale p.c. e si considera anche un parziale incasso delle strutture fondali), e pertanto il terreno di sedime risulta scaricato di :

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

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 **1.200 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 B della Zona Omogenea CA - via Terlizzi**, del comune di Molfetta.

Molfetta,

geologo

(dr. geol. Ignazio L. Mancini)

