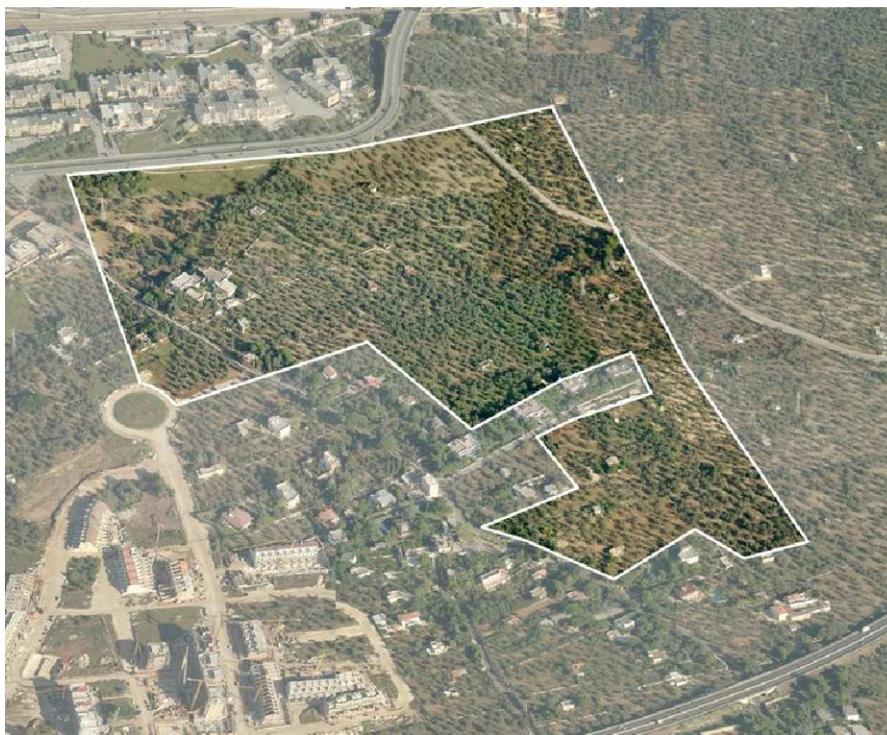




CITTÀ DI MOLFETTA

Piano Particolareggiato per la progettazione urbanistica del
Comparto 10.11.12 con variante al P.R.G.C. ai sensi dell'art. 12
comma 3° della Legge Regionale n° 20/2001 e s.m.i.
(Variante al P.d.Z. 167/62 dei comparti nn° 10-11-12 del P.R.G.C.)

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E GEOTECNICA



RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

Ing. BALDUCCI Vincenzo

COORDINATORE DEL GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. MASTROPIERRO Domenico

GEOLOGO

Dott. MANCINI Ignazio L.

GRUPPO DI PROGETTAZIONE

Ing. DE BARI Giacomo

Arch. LUCIVERO Marilena

Ing. MASTROPASQUA Flavio

Ing. PICCA Giuseppe

Ing. RANA Francesco

RILIEVO E RESTITUZIONE GRAFICA

Geom. CAPUTI Giacomo

Geom. GIANCASPRO Vincenzo

Geom. GIOVINE Giovanni

Geom. CIOCE Vincenzo

ELABORATO

C

Ottobre 2012

Premessa

Su incarico conferito a chi scrive dall'Amministrazione Comunale di Molfetta, è stato redatto il seguente studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico sui terreni interessati dal Progetto del **Piano Particolareggiato per la progettazione urbanistica del Comparto 10-11-12** con variante al P.R.G.C. ai sensi dell'art. 12 comma 3° della legge regionale n° 20/2011 e s.m.i., 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.

L'area ricade nella tav. **IV SE** del **F° 177** della Carta Topografica d'Italia ed è posta a quote variabili che vanno da circa + **23.00 m. s.l.m.** nella porzione più settentrionale a + **42.00 m. s.l.m.** nella zona più vicina alla SS 16 bis., nel Comune di Molfetta (Ba).

Il Comparto 10-11-12 è compreso tra la SS 16 bis, la SP per Bitonto, la strada vicinale Piscina Sernicola e Via E. Berlinguer. Si sviluppa nelle C.de "Samarelli" e "Madonna delle Rose". È situato nella parte meridionale rispetto al centro abitato, in adiacenza ai comparti edificatori n. 6-7-8 e 9, parzialmente realizzati.

I terreni interessati rientrano nei Fogli catastali n° 18 e 26 e distano circa 1.00 km dalla prima cala.

Il presente studio di fattibilità geologica riveste un carattere generale; per ogni singolo corpo di fabbrica andranno eseguite indagini di tipo diretto ed indiretto per l'approfondimento delle conoscenze geomeccaniche dei terreni interessati dalle fondazioni.

Nella presente si riportano le risultanze di una serie di indagini indirette condotte dallo scrivente nel sito in esame, che ha redatto le relazioni geologiche e geomorfologiche per i comparti n. 10-11-12, sia pubblici che privati.

Le infrastrutture di cui all'oggetto si inseriranno in un contesto non assoggettato dal rischio di 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 e caratteristiche progettuali

Il Comparto 10-11-12 è compreso tra la SS 16 bis, la SP per Bitonto, la strada vicinale Piscina Sernicola e Via E. Berlinguer. Si sviluppa nelle C.de "Samarelli" e "Madonna delle Rose". È situato nella parte meridionale rispetto al centro abitato, in adiacenza ai comparti edificatori n. 6-7-8 e 9, parzialmente realizzati.

I terreni interessati rientrano nei Fogli catastali n° 18 e 26 e distano circa 1.00 km dalla prima cala.

L'area è posta a quote variabili che vanno da circa + **23.00 m. s.l.m.** nella porzione più settentrionale a + **42.00 m. s.l.m.** nella zona più vicina alla SS 16 bis., nel Comune di Molfetta (Ba).

Il Comparto edificatorio 10-11-12 è stato suddiviso in tre Unità Minime di Intervento: la U.M.I. 10, U.M.I. 11 e U.M.I. 12.

Nelle U.M.I. 10 e 11 verranno realizzate delle palazzine della superficie in pianta di circa m 12.00 x m 24.00 e costituite da un piano interrato, piano terra + 5 piani superiori. Invece nella U.M.I. 12 verranno realizzate 32 ville a schiera costituite da piano seminterrato, piano rialzato + primo piano.

Nella stessa U.M.I. verrà realizzato un fabbricato di interesse comune del volume di circa 5.500 mc costituito da piano seminterrato, piano terra e primo piano.

Le aree fondiarie private saranno oggetto di una progettazione sotto ordinata successiva.

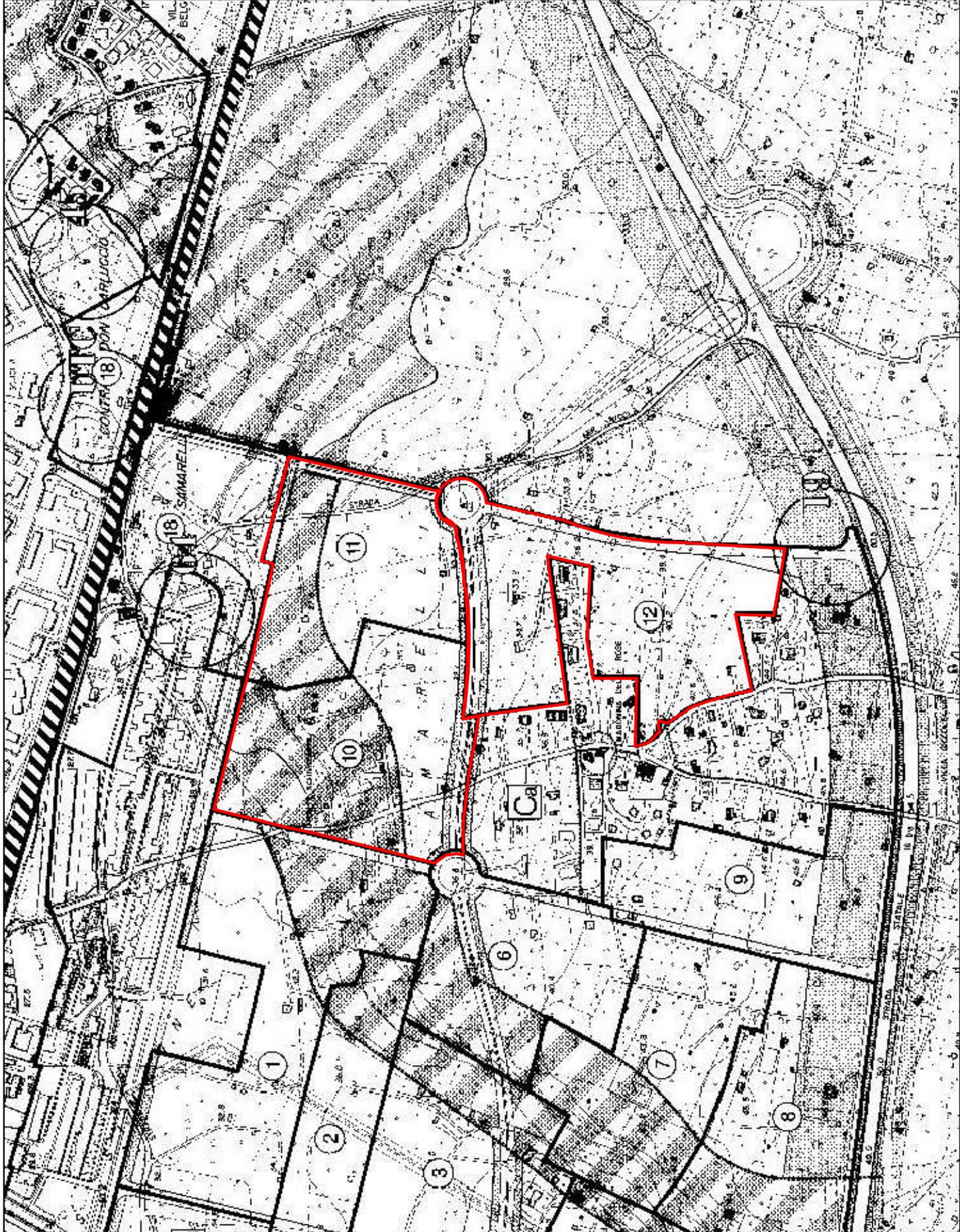
Nell'area del Comparto Edificatorio è presente un solco erosivo, la "**lama Martina**", una lama a carattere estremamente occasionale vincolato e riportato nel PUTT/Puglia al progressivo 584 (ai catastali 9 – 10 – 18 – 26), un "corso d'acqua" di "TIPO E", valore normale ex Titolo II – Ambiti Territoriali Estesi – art. 2.01 – definizioni – punto 1.5.

Nelle tavole che seguono si riportano:

- Stralcio fotogrammetrico con limite del Comparto 10-11-12 (**TAV. 1**);
- Sagoma dei fabbricati del Comparto 10-11-12 su base fotogrammetrica (**TAV. 2**);
- Stralcio Tav. D07 di PRGC con limite del Comparto 10-11-12 (**TAV. 3**);
- Limiti del Comparto 10-11-12 su base catastale (**TAV. 4**);
- Sistemazione urbanistica (**TAV. 5**).

Come inquadramento, il Comparto 10-11-12 è caratterizzato dalle seguenti coordinate geografiche medie:

- o 41°11'21.67" latitudine Nord;
- o 16°36'11.25" longitudine Est.

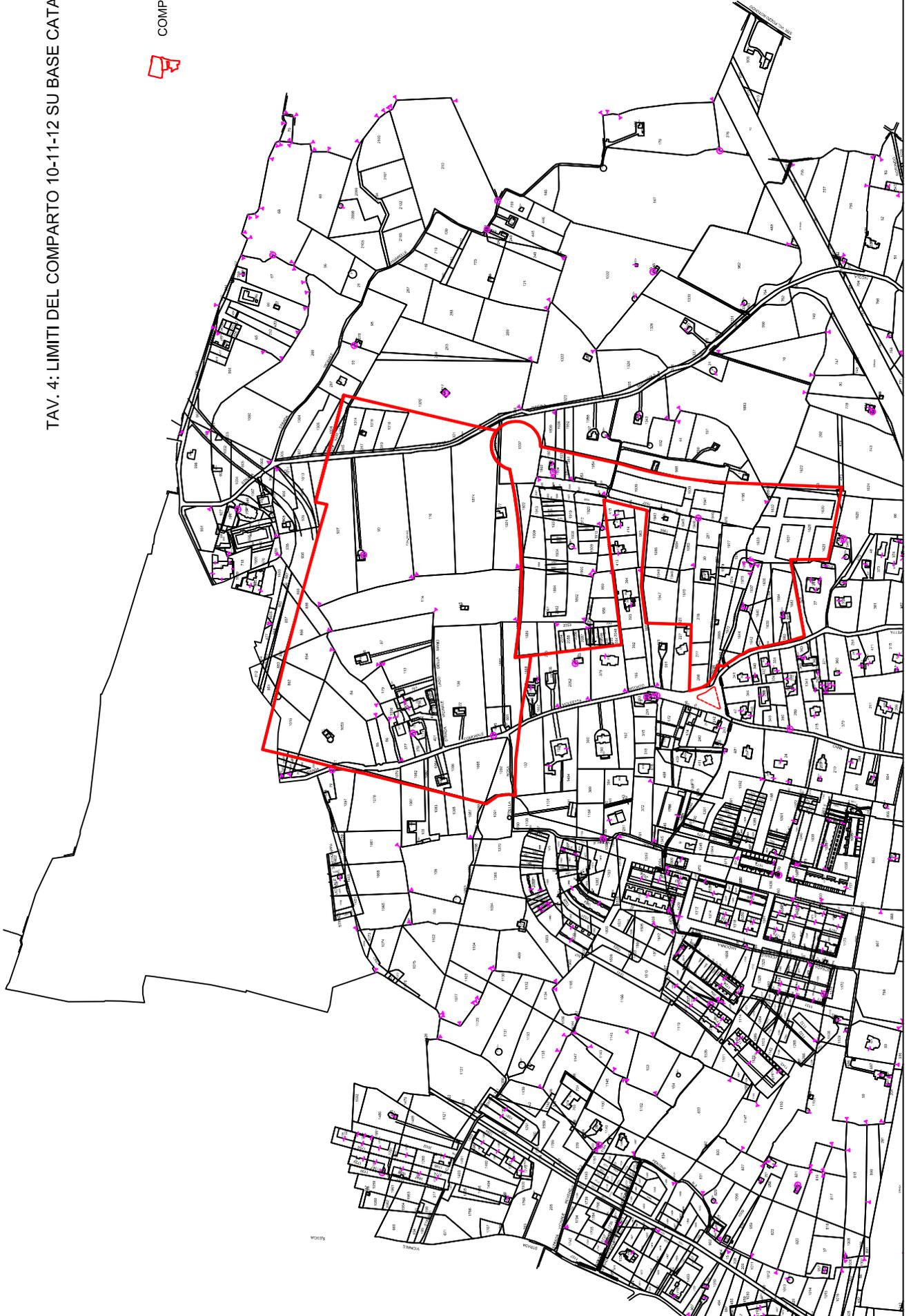


TAV. 3: STRALCIO TAVOLA D.07 DI PRGC CON LIMITE DEL COMPARTO 10-11-12

TAV. 4: LIMITI DEL COMPARTO 10-11-12 SU BASE CATASTALE



COMPARTO 10-11-12



Invece le coordinate UTM sono le seguenti:

UTM 33 T

- 4561016.00 m Nord;
- 634441.00 m Est.

Nella figura che segue si riporta l'ortofoto con l'individuazione dell'area perimetrale del Comparto 10-11-12, e con l'individuazione mediante segnaposto della coordinata media considerata.



Fig. 1: Ortofoto

3. Caratteri geomorfologici

L'area in oggetto, è ubicata nella zona di levante del Comune di **Molfetta**, nella parte meridionale del centro abitato. Lo scrivente ha maturato un ventennio di esperienza nel campo geologico tecnico sul territorio di Molfetta; ha inoltre curato studi geologici ed indagini nell'area, sia rivolta a palazzine che a studi geomorfologici su altri comparti.

L'area d'interesse è caratterizzata in affioramento da rocce carbonatiche di età Cretacea, il "**Calcarea di Bari**".

Localmente, la serie calcarea è costituita da un'alternanza monotona di strati calcarei bianco-grigiastri e subordinatamente da calcari dolomitici di colore grigio-avana, dello spessore variabile da qualche decimetro fino al metro, a tessitura omogenea, di norma tenaci e compatti. A tratti, nell'ambito di ciascuno strato sono evidenti veli argillosi di terra bruno-rossastra. La roccia mostra di aver subito, in passato, sollecitazioni di compressione e di trazione che hanno sconvolto l'originaria tessitura e struttura tabulare. Sono evidenti infatti delle deboli pieghe. Sono presenti talora, con mancanza assoluta di continuità areale, come materiale di interstrato o come riempimento di microcavità e fratture, modesti depositi di argille verdastre e sedimenti calcarenitici dotati di discreti caratteri di compressibilità. A luoghi, gli strati si distinguono per l'interposizione di livelli millimetrici di materiale detritico a differente colorazione ed imputabile ad apporti diversificati e leggere variazioni sinsedimentarie delle caratteristiche microambientali. La continuità spaziale degli strati viene interrotta dalla presenza di piani di fratturazione ad andamento subverticale e a differente orientazione. Sul terreno si evidenziano almeno due sistemi principali di fratturazione ed altrettanti secondari. Le caratteristiche di tali superfici (persistenza, spaziatura, orientazione ecc.) sono elementi geometrici fortemente variabili da zona a zona. Tali piani, unitamente ai giunti di strato, suddividono la roccia in poliedri grossolanamente irregolari che, formando vie preferenziali per l'acqua, hanno favorito l'esplicarsi del fenomeno carsico epigeo ed ipogeo. L'acqua con la sua azione ha compromesso le porzioni più superficiali, già fratturate, realizzando, in concentrazioni modeste, lembi terroso-argillosi verdastri che possono svilupparsi anche in profondità, interessando maggiori porzioni rocciose. E' da porre in essere come talora i calcari, a seguito dell'intervento combinato dell'alterazione chimica, della dissoluzione carsica, della microtettonica, possano risultare intensamente fratturati e con caratteristiche geomeccaniche non confacenti ai materiali lapidei. Inoltre, nella zona, stante la natura carsica dei terreni, non si esclude la presenza di soluzioni verticali a minor continuità (capivento, fratture imbutiformi, ecc.). La direzione generale degli strati calcarei è grosso modo parallelo alla linea di costa, circa est ovest, mentre per quanto riguarda la sua immersione questa è fortemente variabile. E' generalmente diretta verso mare, nella zona più vicino alla costa, mentre si rivolge alla parte opposta (quindi verso sud), più all'interno. Esiste infatti una piega anticlinalica, determinata da fenomeni compressivi che si sono generati in epoche geologiche. 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 direzione degli strati è generalmente N45W ed immersione a NE di pochi gradi. La roccia appare nel complesso come fortemente tenace.

Inoltre, su parte del territorio molfettese, si rinvengono esigue coperture di materiali calcareniti, i “Tufi delle Murge”, che non affiorano nell’area testata. Infine sul fondo dei solchi erosivi sono presenti in affioramento terreni eluviali e colluviali, noti con il nome formazionali di Depositi Alluvionali.

Questi ultimi sono formati da terreni eluviali e colluviali, con ciottoli di differenti dimensioni, immersi in matrice rossastra e brunastra. A luoghi i ciottoli sono assolutamente mancanti e tali depositi, sfumano verso l’alto nel terreno agrario.

Sui calcari si rinviene una copertura agraria pedogenizzata per attività antropica dello spessore massimo di **50 cm**. Inoltre è presente materiale di riporto a spessore variabile proveniente dai lotti adiacenti e costituito essenzialmente da materiali di scavo.

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 adiacenza al comparto studiato, comunque al di fuori del piano di imposta dei singoli corpi di fabbrica esiste una importante lineazione erosiva la “lama Martina”, che trova il suo sbocco naturale in corrispondenza della 1^a cala. Questa nel suo corso, assume un andamento meandriforme, con divagazioni dall’antico letto del corso d’acqua. Si presenta, almeno nell’area di pertinenza, con fianchi terrazzati dall’uomo. Sul fondo del solco erosivo sono evidenti, in talune aree, delle briglie a raso, predisposte sul terreno, realizzate per diminuire la velocità delle acque e per trattenere il terreno agrario, dotato quest’ultimo di spessore modesto. Infatti, in molte zone, sono presenti in affioramento direttamente i calcari.

Il territorio in questione è solcato da modesti solchi erosivi (la più importante è la lama Martina) che lo attraversano in direzione nord lambendo le U.M.I. 10 e 11 e quindi sfocia in località Prima cala.

Nella foto aerea che segue si mostra l’alveo della lama ricadente in parte delle U.M.I. 10 e 11, che però non è oggetto di alcuna modificazione.



Fig. 2: Foto aerea con Lama Martina sbarrata da via E. Berlinguer

Sono inoltre presenti dei modesti salti di pendenza, verosimilmente ascrivibili a paleo linee di costa.

Tettonicamente nella porzione più occidentale del territorio, che non ricade nell'area testata, sono presenti delle modeste faglie dirette.

Comunque, in generale, la zona è da definirsi "stabile".

E' esente da rischio vulcanico, rischio frane e/o valanghe, rischio di alluvionamento o inondazioni, rischio di subsidenza e/o innalzamento del suolo; l'unico rischio esistente è quello di tipo sismico, peraltro il Comune di Molfetta rientra nei comuni a basso grado di sismicità.

Quindi il progetto proposto è compatibile con le condizioni geomorfologiche e tettonico strutturali del territorio.

Idrologicamente la falda freatica di tipo carsico, circolante a luoghi in pressione, sostenuta da acque salate di ingressione marina è confinata a differenti profondità; questa è variabile da 40.0 a 65.0 m. dal p.c., profondità tali da non interferire con quanto in progetto.

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.

In riferimento alle caratteristiche geologiche dell'area si riportano:

- carta geolitologica (**TAV. 6**);
- carta morfologica (**TAV. 7**);
- sezione geolitologica e colonna litostratigrafica schematica (**TAV. 8**).

Infine nella **TAV. 9** viene presentata la carta delle pendenze con i limiti del Comparto 10-11-12.

Dall'esame della tavola è evidente come le aree più pendenti (aree in rosso con pendenza maggiore del 10%) sono presenti quasi esclusivamente nella porzione nord-occidentale del Comparto 10-11-12 laddove insiste la lama Martina. Una piccola zona con pendenza superiore al 10% è presente nella U.M.I. 12.

4. Rapporti con gli strumenti programmatori e di pianificazione

PUTT/P – Primi Adempimenti

Per quanto riguarda gli ATE il Comparto 10-11-12 è interessato parzialmente (parte della U.M.I. 10 e 11) dalla presenza di un ambito di tipo C “valore distinguibile”. Tale perimetrazione è comunque esterna all'area di sedime dei corpi di fabbrica (**TAV. 10**).

Invece gli ATD (assetto geomorfologico, assetto botanico-vegetazionale e stratificazione storica) si riportano nelle **TAVV. 11-12-13**.

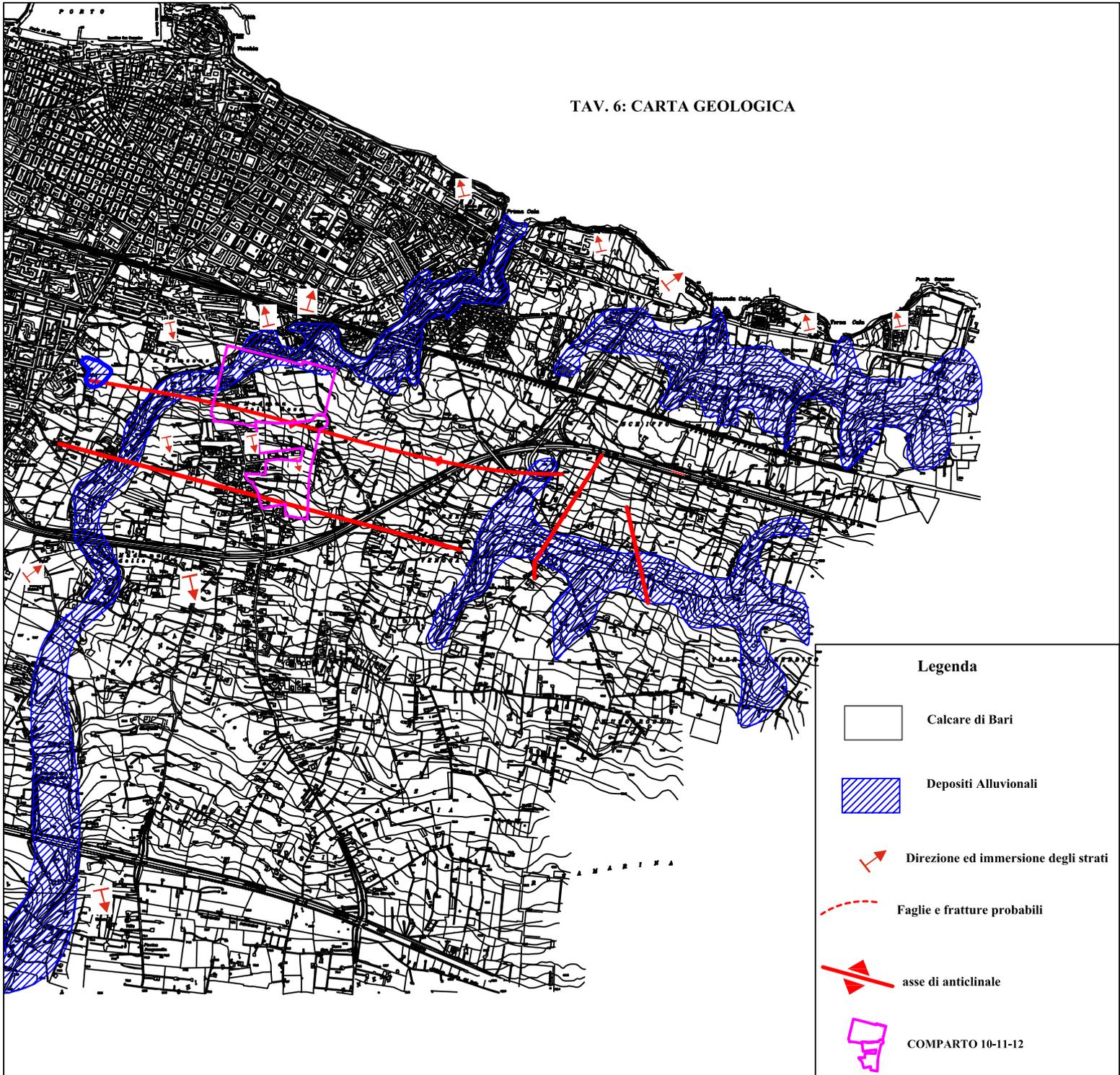
Dalla lettura della TAV. 11 si rileva all'interno della U.M.I. 12 la presenza di un ciglio di scarpata definito come “*l'orlatura superiore con significato morfologico*”.

Per poter verificare il “significato morfologico” di tali elementi geomorfologici di cui alla serie n. 10, sono stati effettuati numerosi sopralluoghi nell'area supportati da documentazione fotografica.

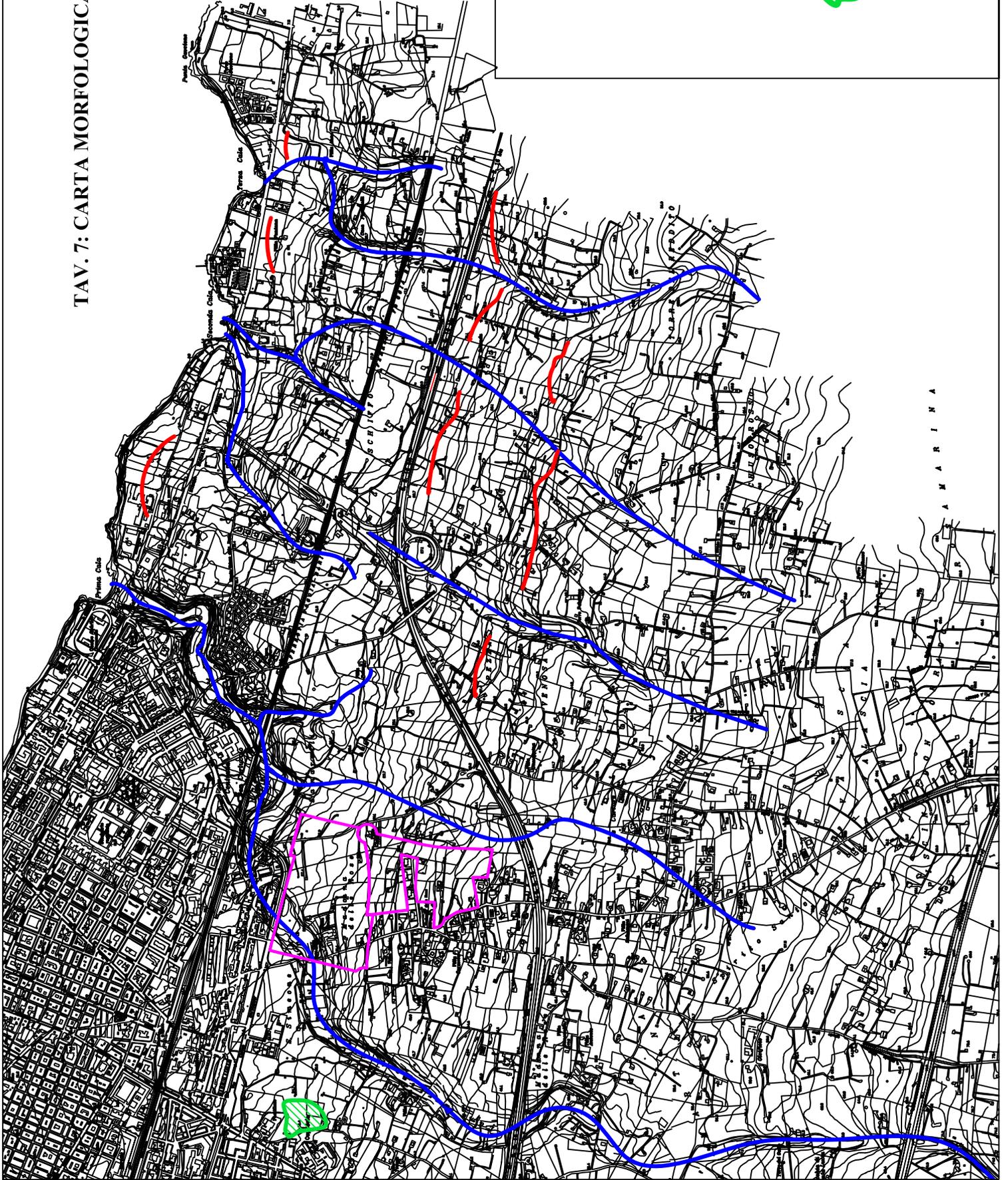
Nella foto seguente viene messa in evidenza la situazione reale riscontrata nel sito d'interesse e verificata a seguito delle ricognizioni effettuate. E' peraltro lo stesso ciglio di scarpata che secondo gli estensori del piano si sviluppa anche nell'adiacente Comparto 10.

A sostegno di quanto fin qui detto, l'elemento morfologico non viene riportato nel successivo adeguamento del PRGC al PUTT/P.

TAV. 6: CARTA GEOLOGICA



TAV. 7: CARTA MORFOLOGICA



Legenda

lineazione erosiva



ciglio di scarpata



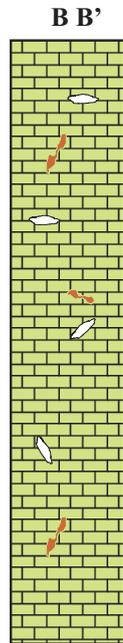
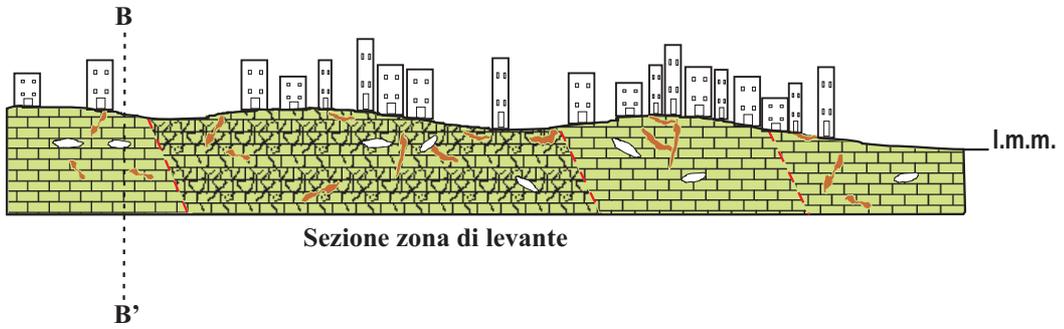
depressione carsica



COMPARTO 10-11-12



TAV. 8: Situazione geologica e stratigrafica del Comune di Molfetta (Ba)



LEGENDA



Calcari fratturati alternati a terre rosse (calcari di Bari)



cavità



Depositi confinati di terre rosse

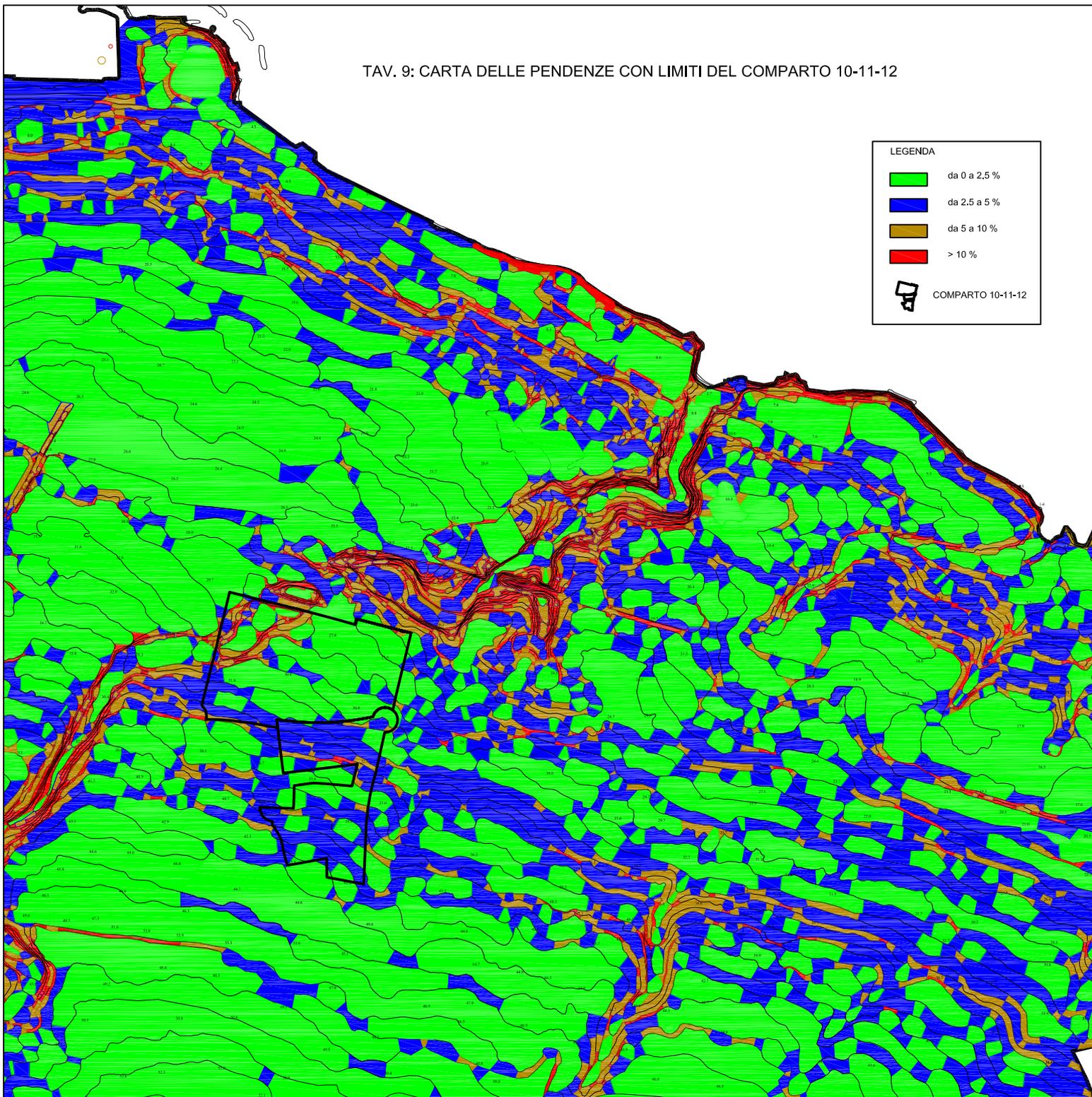


Calcari (Calcere di Bari)

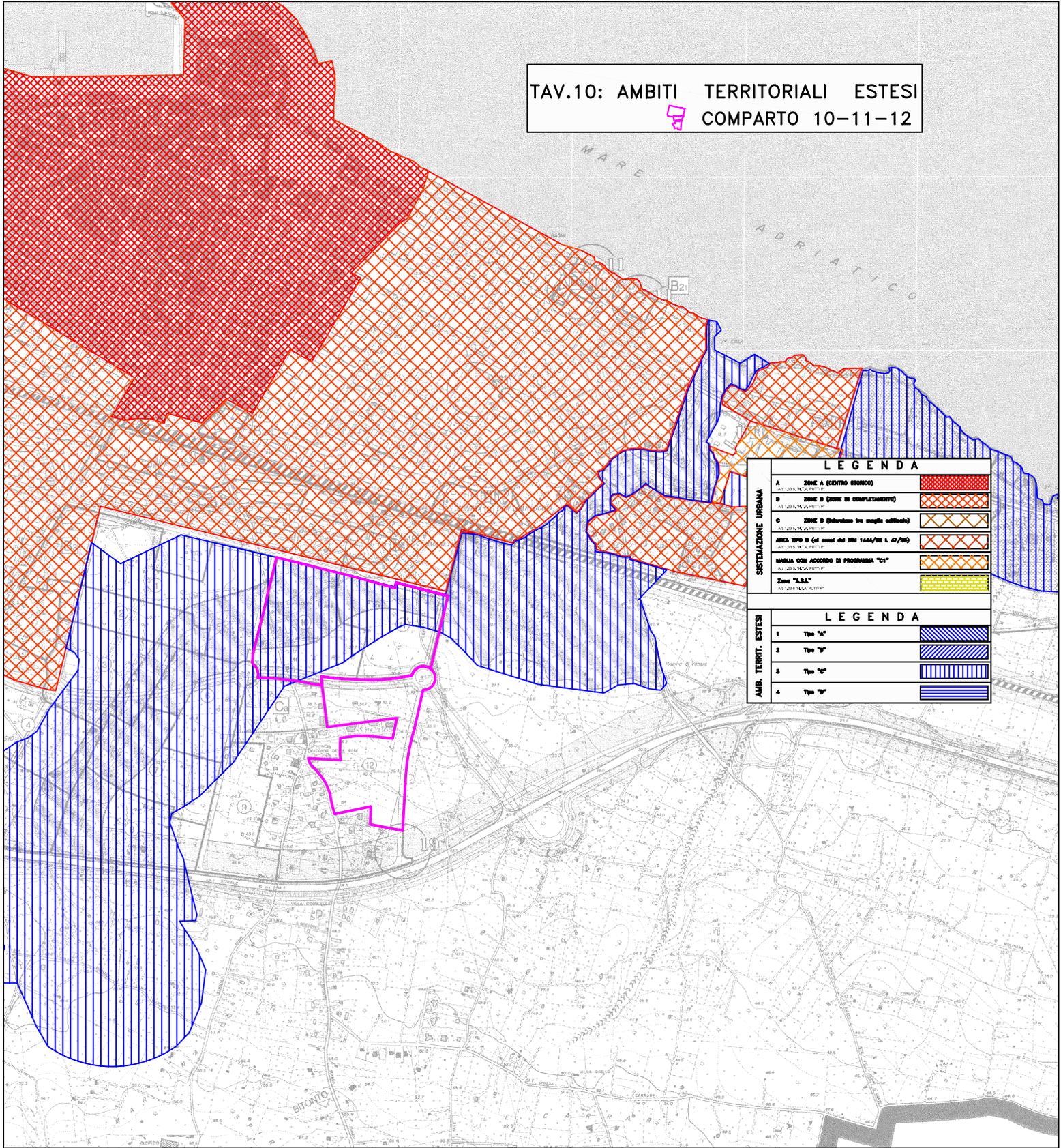


Faglia diretta presunta

TAV. 9: CARTA DELLE PENDENZE CON LIMITI DEL COMPARTO 10-11-12



TAV.10: AMBITI TERRITORIALI ESTESI
 COMPARTO 10-11-12



SISTEMAZIONE URBANA		LEGENDA
A	ZONE A (CENTRO SPORCO)	
B	ZONE B (ZONE DI COMPLEMENTO)	
C	ZONE C (Substrato sui margini urbani)	
AREA TIPO B Col. norme del DM 1444/90 L. 42/90		
MAGLIA CON ACCORDO DI PROGRAMMA "C3"		
Zone "A.S.L."		

AMB. TERRIT. ESTESI		LEGENDA
1	Tip. "A"	
2	Tip. "B"	
3	Tip. "C"	
4	Tip. "D"	

TAV. 12: AMBITI DISTINTI - ASSETTO BOTANICO-VEGETAZIONALE

COMPARTO 10-11-12

LEGENDA

A	ZONE A (CENTRO STORICO) AG. 108/5, N.T.A. PUTTP	
B	ZONE B (ZONE DI COMPLETAMENTO) AG. 108/5, N.T.A. PUTTP	
C	ZONE C (Interclusie tra maglie edificate) AG. 108/5, N.T.A. PUTTP	
	AREA TIPO B (di sensi del DIM 1444/88 L. 47/88) AG. 108/5, N.T.A. PUTTP	
	MAGLIA CON ACCORDO DI PROGRAMMA "C1" AG. 108/5, N.T.A. PUTTP	
	Zona "A.S.I." AG. 108/6 N.T.A. PUTTP	

SISTEMAZIONE URBANA

LEGENDA

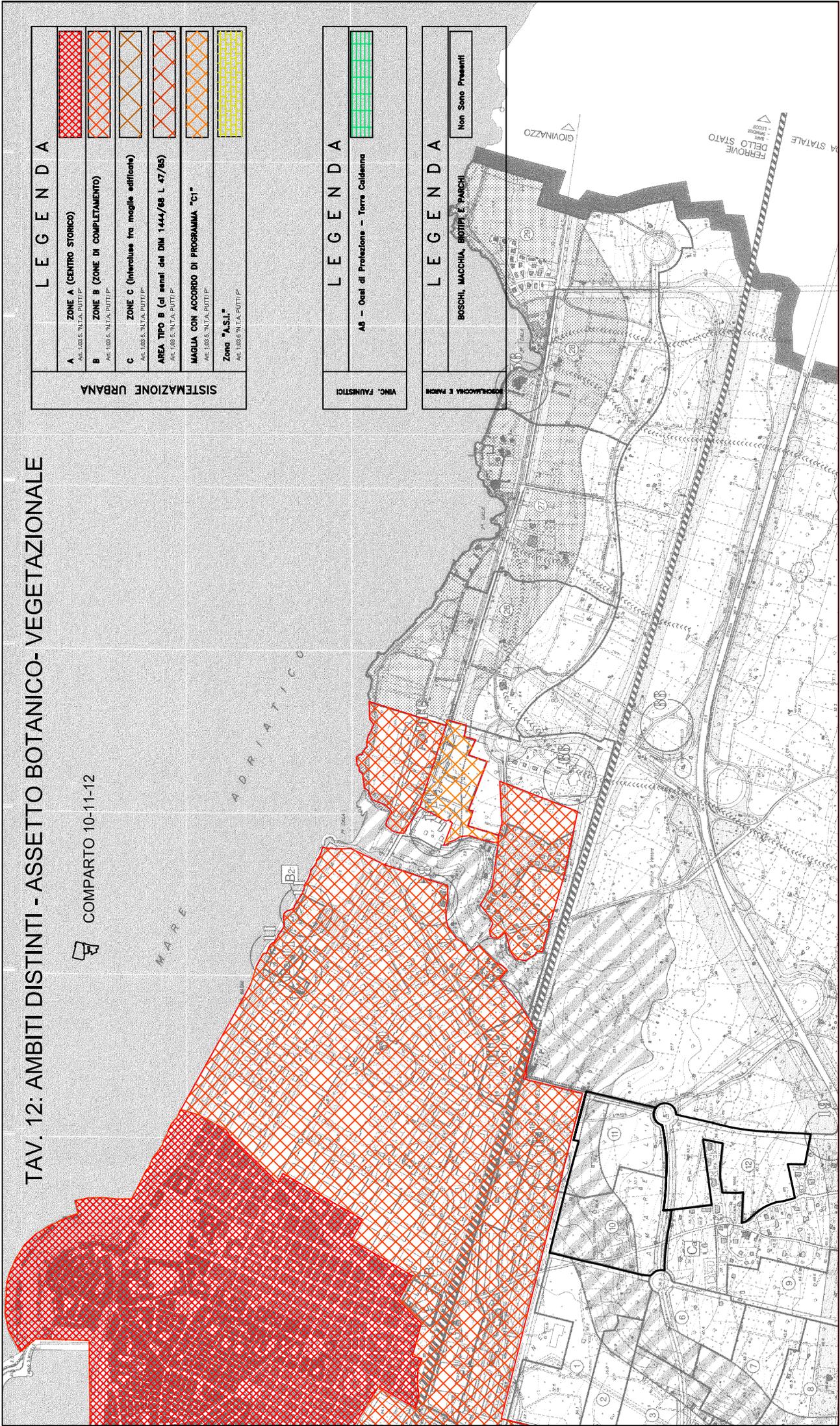
AB	Oasi di Protezione - Torre Caldenna	
-----------	--------------------------------------------	--

VINC. FAUNISTICI

LEGENDA

	BOSCHI, MACCHIA, BROTTI E PARCHI	
	Non Sono Presenti	

MACCHIA E PARCHI



TAV. 13: AMBITI DISTINTI - STRATIFICAZIONE STORICA

COMPARTO 10-11-12

LEGENDA	
A	ZONE A (CENTRO STORICO) AV.1.03.01.01, N.1/A, P.U.T.P.P.
B	ZONE B (ZONE DI COMPLEMENTO) AV.1.03.01.01, N.1/A, P.U.T.P.P.
C	ZONE C (Interventi tra meglio edificata) AV.1.03.01.01, N.1/A, P.U.T.P.P.
	AREA TIPO B (di sensi del DM 1444/88 L.47/88) AV.1.03.01.01, N.1/A, P.U.T.P.P.
	INAGLIA CON ACCORDO DI PROGRAMMA "C1" AV.1.03.01.01, N.1/A, P.U.T.P.P.
	Zona "A.S.I." AV.1.03.01.01, N.1/A, P.U.T.P.P.

SISTEMAZIONE URBANA

LEGENDA	
1	VINCOLO ARCHEOLOGICO
2	SEGNALAZIONE ARCHEOLOGICA 1° Tipo 2° Tipo
3	VINCOLO ARCHITETTONICO 1° Tipo 2° Tipo 3° Tipo
4	SEGNALAZIONE ARCHITETTONICA 1° Tipo 2° Tipo 3° Tipo 4° Tipo 5° Tipo 6° Tipo 7° Tipo 8° Tipo 9° Tipo 10° Tipo 11° Tipo 12° Tipo 13° Tipo 14° Tipo 15° Tipo 16° Tipo 17° Tipo 18° Tipo 19° Tipo 20° Tipo 21° Tipo 22° Tipo 23° Tipo 24° Tipo 25° Tipo 26° Tipo 27° Tipo 28° Tipo 29° Tipo 30° Tipo 31° Tipo 32° Tipo 33° Tipo 34° Tipo 35° Tipo 36° Tipo 37° Tipo 38° Tipo 39° Tipo 40° Tipo 41° Tipo 42° Tipo 43° Tipo 44° Tipo 45° Tipo 46° Tipo 47° Tipo 48° Tipo 49° Tipo 50° Tipo 51° Tipo 52° Tipo 53° Tipo 54° Tipo 55° Tipo 56° Tipo 57° Tipo 58° Tipo 59° Tipo 60° Tipo 61° Tipo 62° Tipo 63° Tipo 64° Tipo 65° Tipo 66° Tipo 67° Tipo 68° Tipo 69° Tipo 70° Tipo 71° Tipo 72° Tipo 73° Tipo 74° Tipo 75° Tipo 76° Tipo 77° Tipo 78° Tipo 79° Tipo 80° Tipo 81° Tipo 82° Tipo 83° Tipo 84° Tipo 85° Tipo 86° Tipo 87° Tipo 88° Tipo 89° Tipo 90° Tipo 91° Tipo 92° Tipo 93° Tipo 94° Tipo 95° Tipo 96° Tipo 97° Tipo 98° Tipo 99° Tipo 100° Tipo

VINC. ARCHEOLOGICI

LEGENDA	
USI CIVICI	Non Sono Presenti

USI CIVICI

LEGENDA	
VINC. DI L. 1497	EX LEGGE 1497

VINC. DI L. 1497

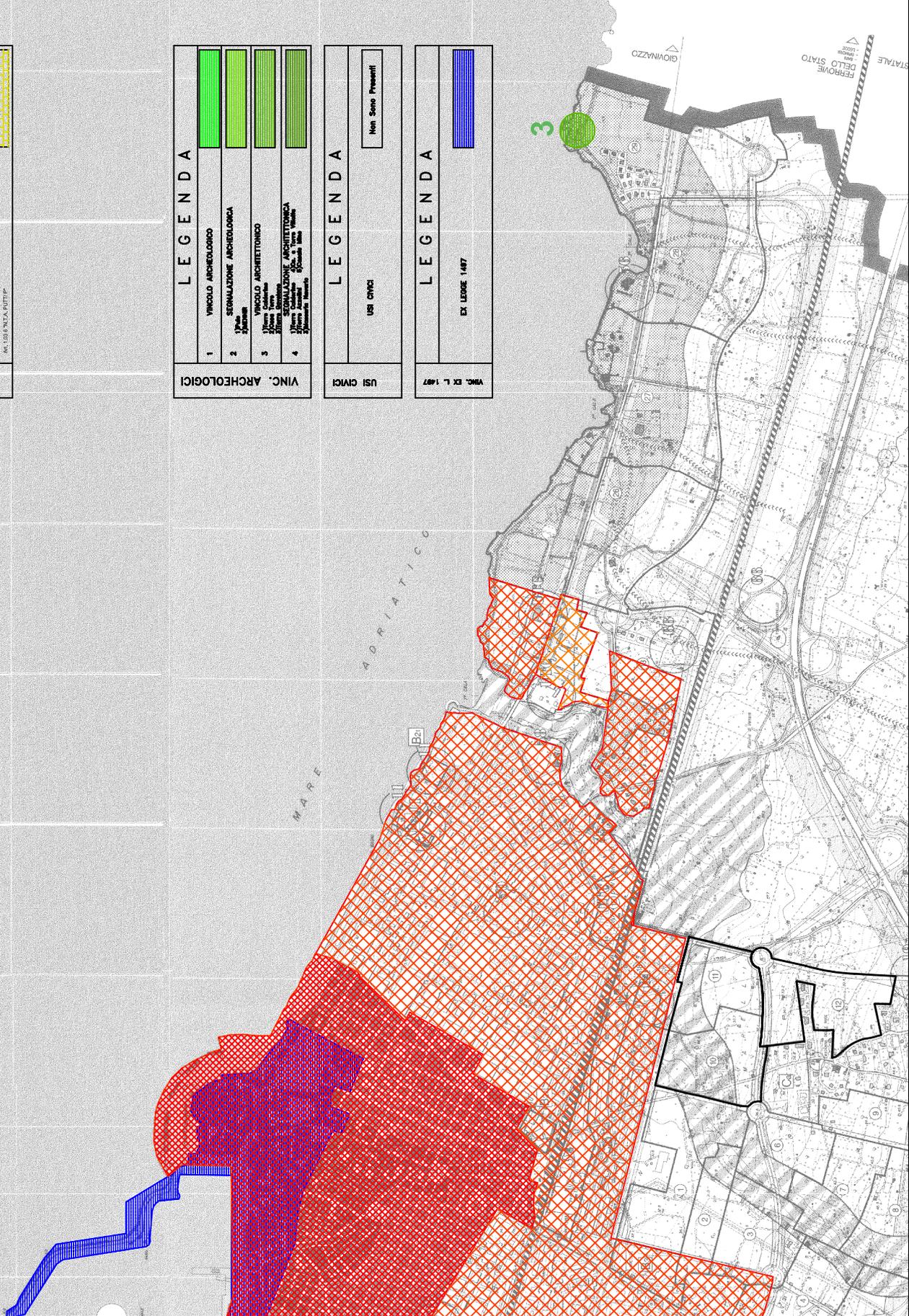




Foto 1: ciglio di scarpata, identificato nell'elaborato di cui al PUTT/Puglia. In realtà trattasi di un muretto a secco, interpodereale (solo parzialmente cementato nella parte superiore), realizzato per contenere il terreno agrario

La situazione geomorfologica esistente è abbastanza chiara. Si tratta di un terreno che degrada verso mare, in cui si osservano terrazzamenti antropici di diverso ordine, realizzati dall'uomo per diminuire la forza d'impeto delle acque di corrivazione e trattenere il terreno agrario nella propria proprietà. L'addolcimento della pendenza è stato realizzato con l'esecuzione di muretti a secco confezionati con pietre calcaree locali. L'altezza degli stessi, e per contro la caduta di pendenza è diversificata e variabile specie in funzione dello sviluppo planare della proprietà catastale di pertinenza. Ciò vuol dire che l'andamento di tali muretti a secco non è perpendicolare alla linea di massima pendenza ma si adegua agli stessi limiti di proprietà, con sviluppo non regolare. L'altezza invece varia da circa 40 – 50 cm a circa 100 cm.

Probabilmente tale situazione ha indotto in errore gli estensori del PUTT – Puglia nel riportare lo stato di cose come “ciglio di scarpata”.

Nell'apportare tale simbolismo grafico hanno ripreso l'andamento delle isoipse, probabilmente con la sola visione delle foto aeree della zona, senza mai recarsi sul posto ed utilizzando una base cartografica a grande scala (1:25.000) ed obsoleta (risalente agli anni 50).

A parere di chi scrive alla luce di quanto sopra esposto si ritiene insussistente tale elemento appartenente alle componenti geo-morfo-idrologiche, per il quale non può trovare applicazione il regime di tutela.

PUTT/P – Adeguamento del PRGC al PUTT/P

Con delibera di Consiglio Comunale del 24.05.2010 n. 25 è stato adottato il Piano di Adeguamento del PRGC al PUTT/P. Nelle **TAVV. 14-15-16-17** si riportano rispettivamente gli ambiti territoriali estesi e per quanto riguarda gli ambiti territoriali distinti i sistemi: idrogeomorfologico, botanico-vegetazionale e stratificazione storica.

Nella TAV. 14 degli ATE viene riconfermata la perimetrazione.

Nella TAV. 15 degli ATD sistema idro-geomorfologico parte delle U.M.I. 10 e 11 sono interessate dalla presenza della lama Martina che comunque non riguarda l'area di sedime dei fabbricati a realizzarsi. Come visibile dalla tavola stessa il suddetto ciglio di scarpata non è presente.

Nella TAV. 16 sistema botanico-vegetazionale sono individuate le aree a macchia anche degradata con elementi e insiemi vegetazionali diffusi in una zona limitata della U.M.I. 10.

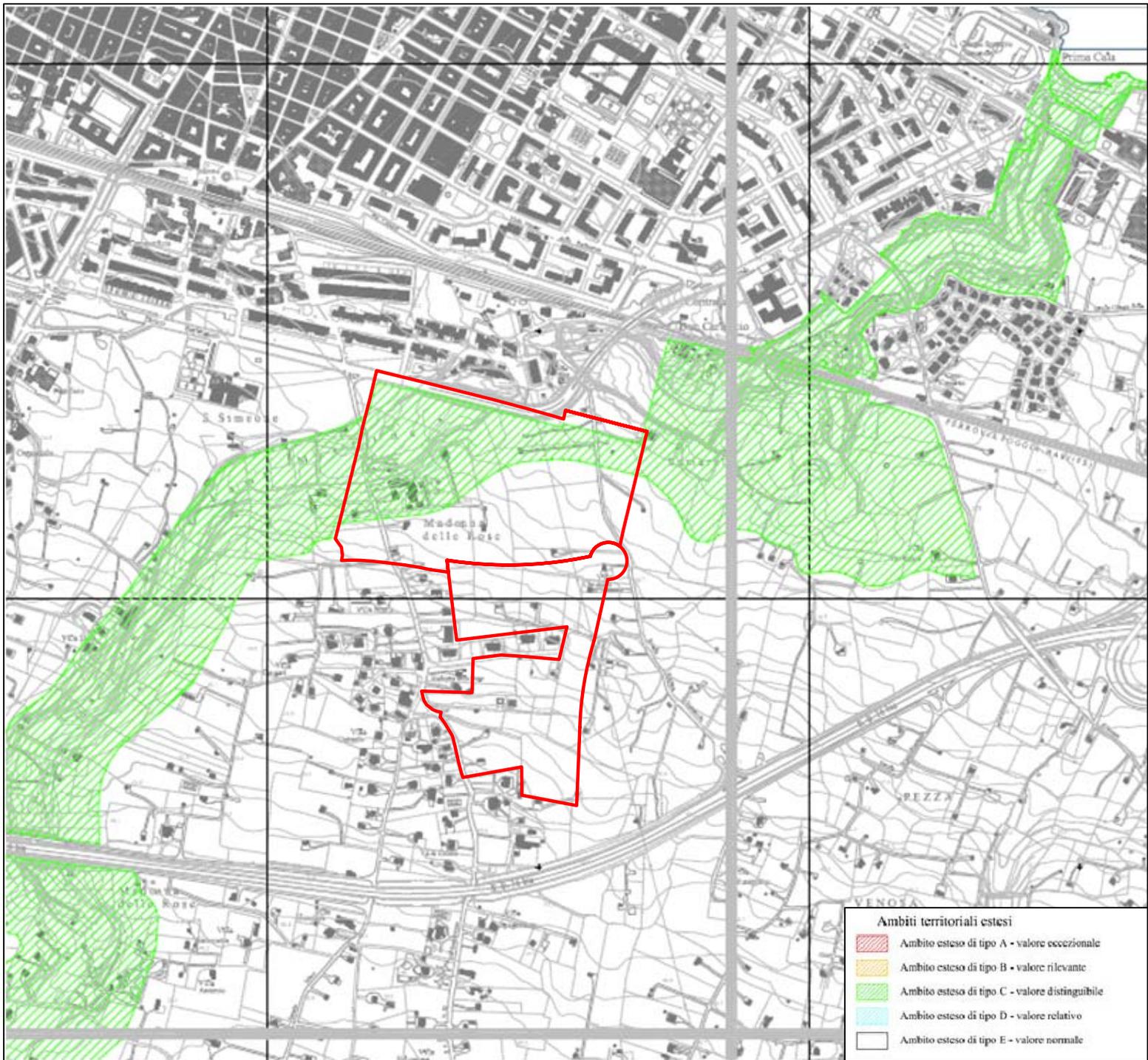
Infine come visibile dalla TAV. 17 del sistema stratificazione storica i tracciati stradali di permanenza del sistema viario, storicamente consolidato sono individuati all'esterno dell'area interessata dal progetto in esame.

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, la parte da edificare del Comparto 10-11-12 non rientra in ambiti perimetrati come zone a rischio di alluvionamento. Nella **TAV. 18** che segue si riporta uno stralcio della cartografia del PAI. Da questa si evince come le aree di sedime dei fabbricati sono tutte esterne alle zone perimetrare a pericolosità idraulica, da ciò deriva l'insussistenza di vincoli di alluvionamento.

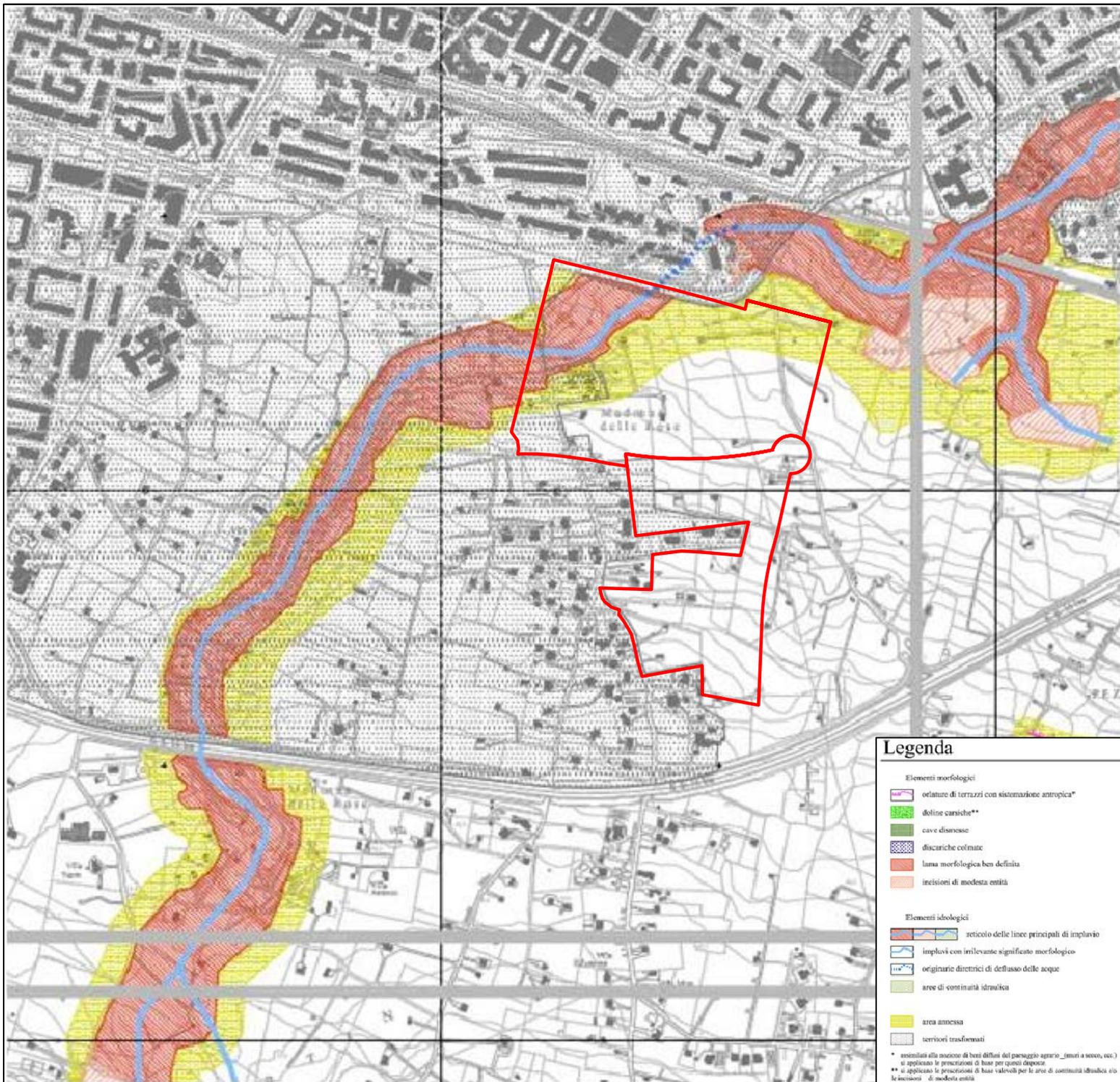
Il Comitato Istituzionale dell'AdB in data 20/04/2009 nella seduta n. 11 ha deliberato "di approvare la modifica della perimetrazione delle aree del territorio comunale di Molfetta comprese fra l'autostrada A14 e la costa, consistente nella modifica di alcune aree ad Alta Pericolosità Idraulica (AP) e nell'inserimento di nuove aree ad Alta (AP), Media (MP) e Bassa (BP) Pericolosità Idraulica".

Si riporta lo stralcio del reticolo idrografico da cui si evince l'estraneità dell'area a "corsi d'acqua".



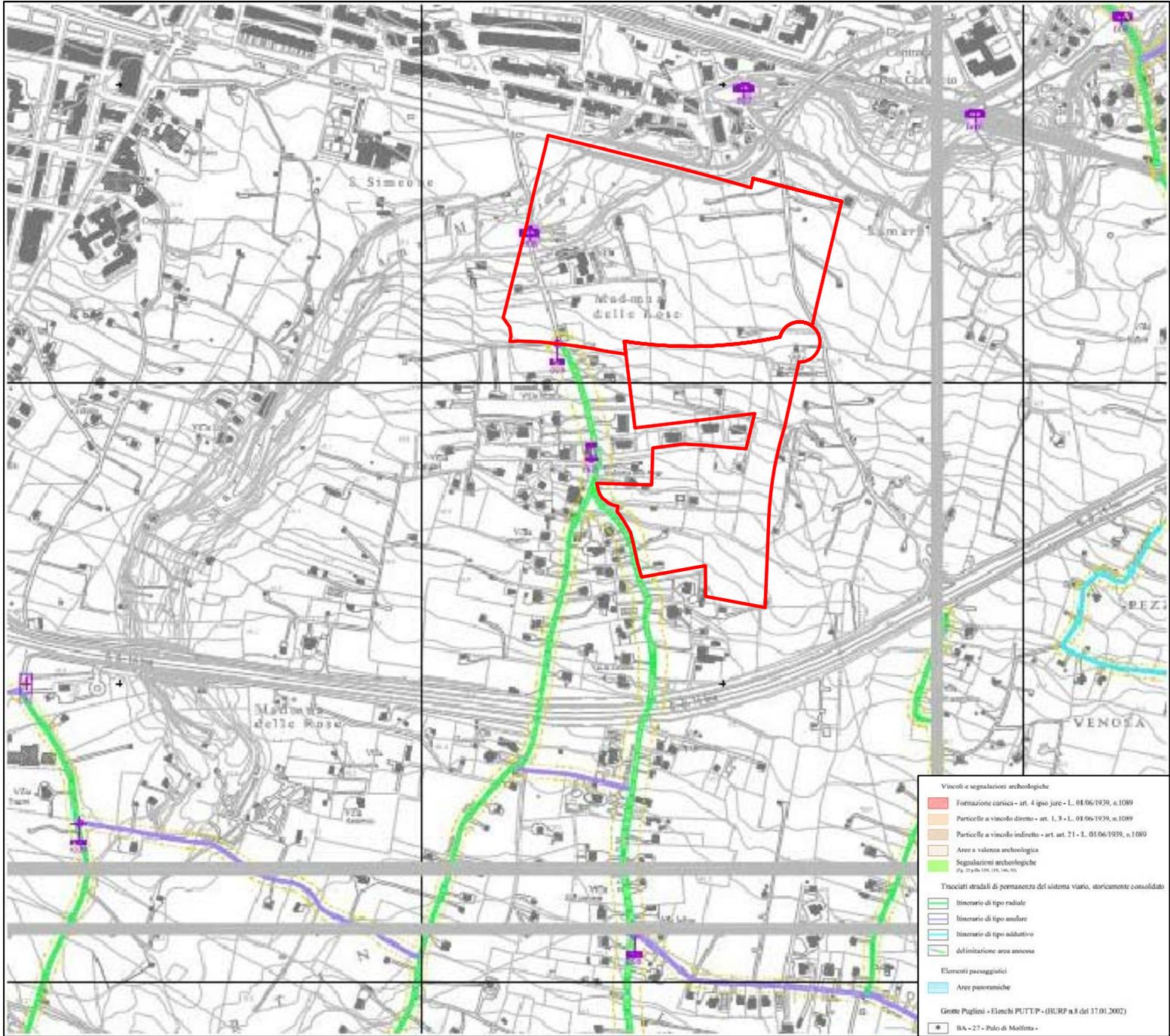
TAV. 14: STRALCIO DELLA TAV. 01 - SERIE ATE





TAV. 15: STRALCIO DELLA TAV. 08 - SERIE A - SISTEMA IDRO-GEOMORFOLOGICO

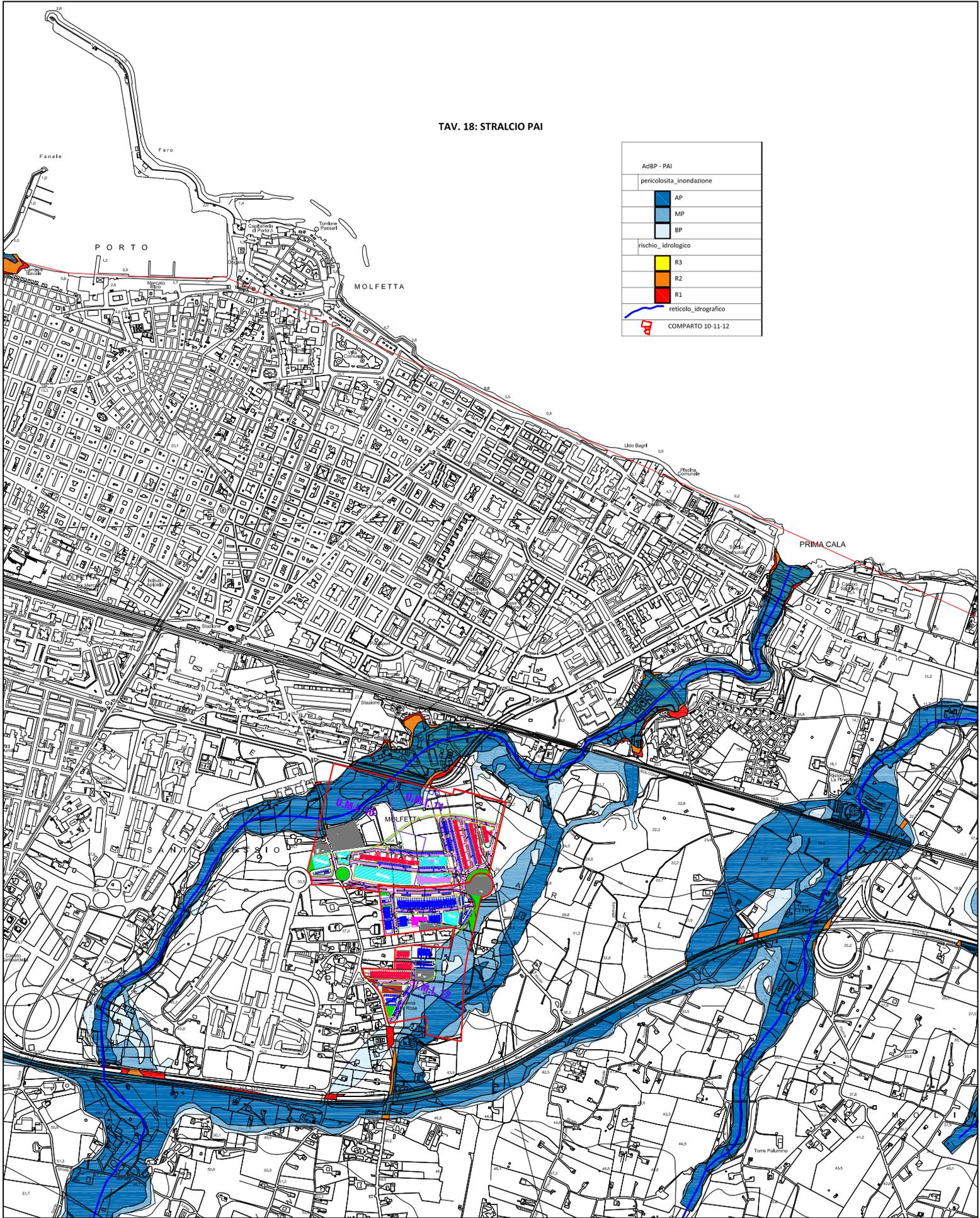




TAV. 17: STRALCIO DELLA TAV. 03 - SERIE C - SISTEMA STRATIFICAZIONE STORICA



TAV. 18: STRALCIO PAI



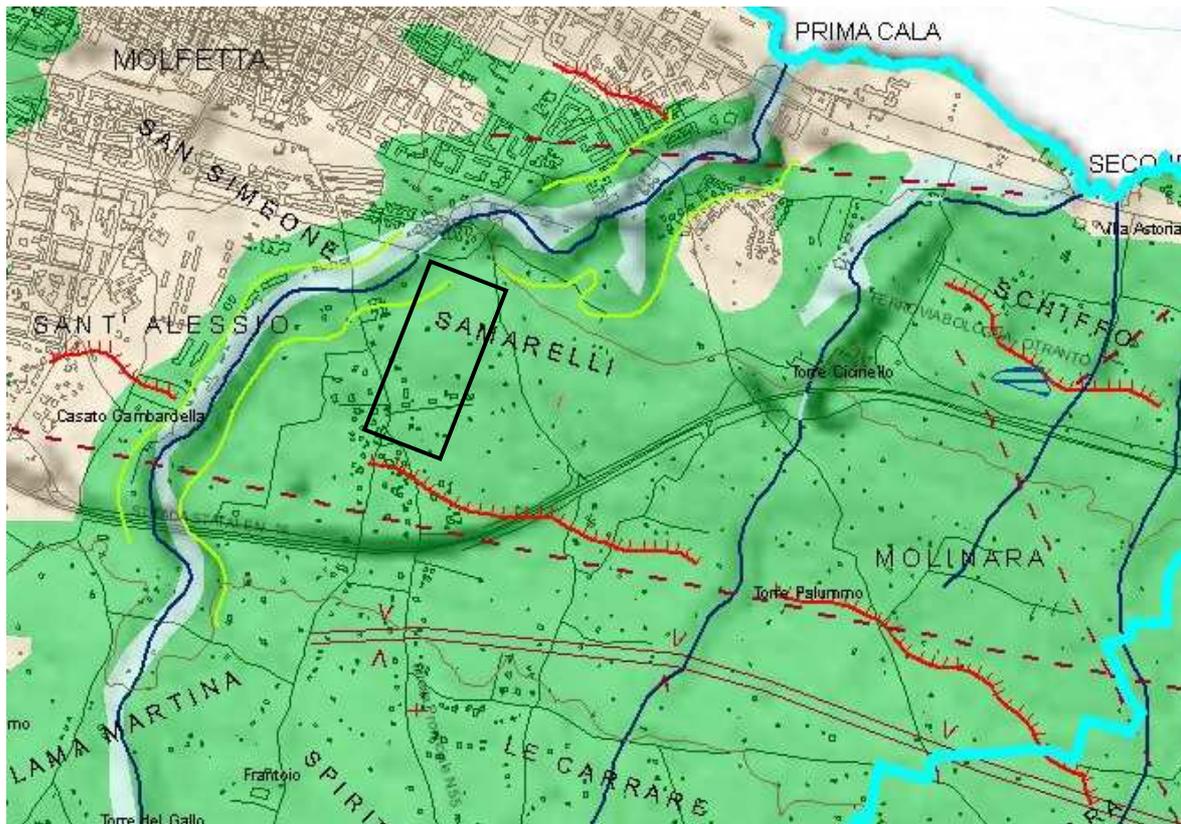


Fig. 3: Stralcio del reticolo idrografico

L'intervento, in definitiva, risulta congruente con la normativa e la pianificazione in essere. Tutti gli interventi di trasformazione fisica del territorio e/o insediativi, pertanto, andranno resi compatibili con la conservazione degli elementi caratterizzanti il sistema botanico-vegetazionale, la sua ricostituzione, le attività agricole coerenti con la conservazione del suolo. Va ancora evitata ogni destinazione d'uso non compatibile con le finalità di salvaguardia e, di contro, vanno individuati i modi per innescare processi di corretto riutilizzo e valorizzazione.

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

Verificata l'inesistenza di 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. 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).

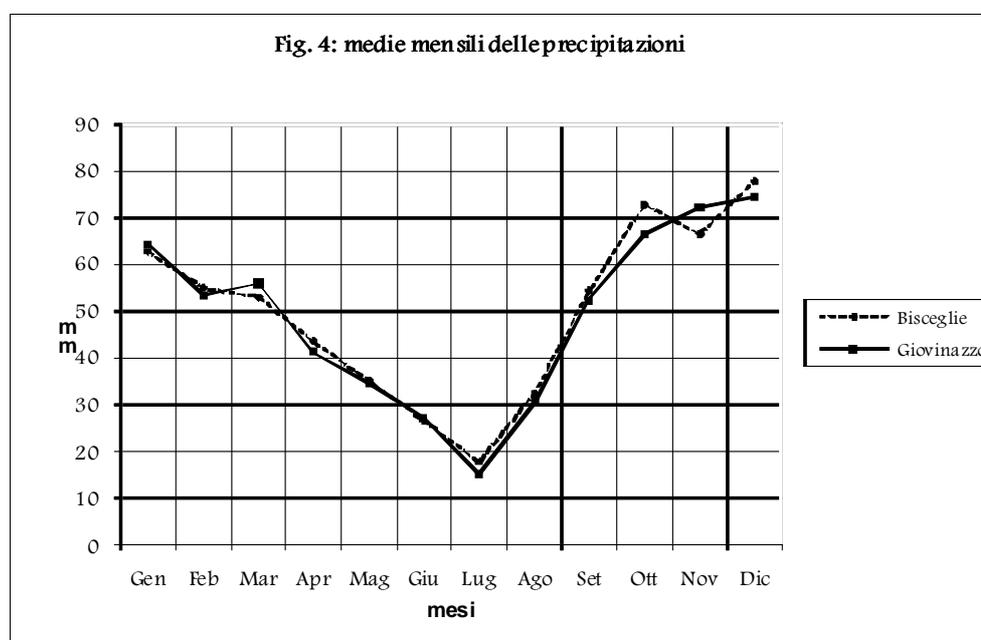
Nella tabella 1 e nella fig. 4 si riportano le medie mensili ed annuali delle precipitazioni relative alle stazioni di osservazione di Bisceglie (16 m. s.l.m.) e di Giovinazzo (13 m. s.l.m.) essendone Molfetta priva.

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. 1: 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

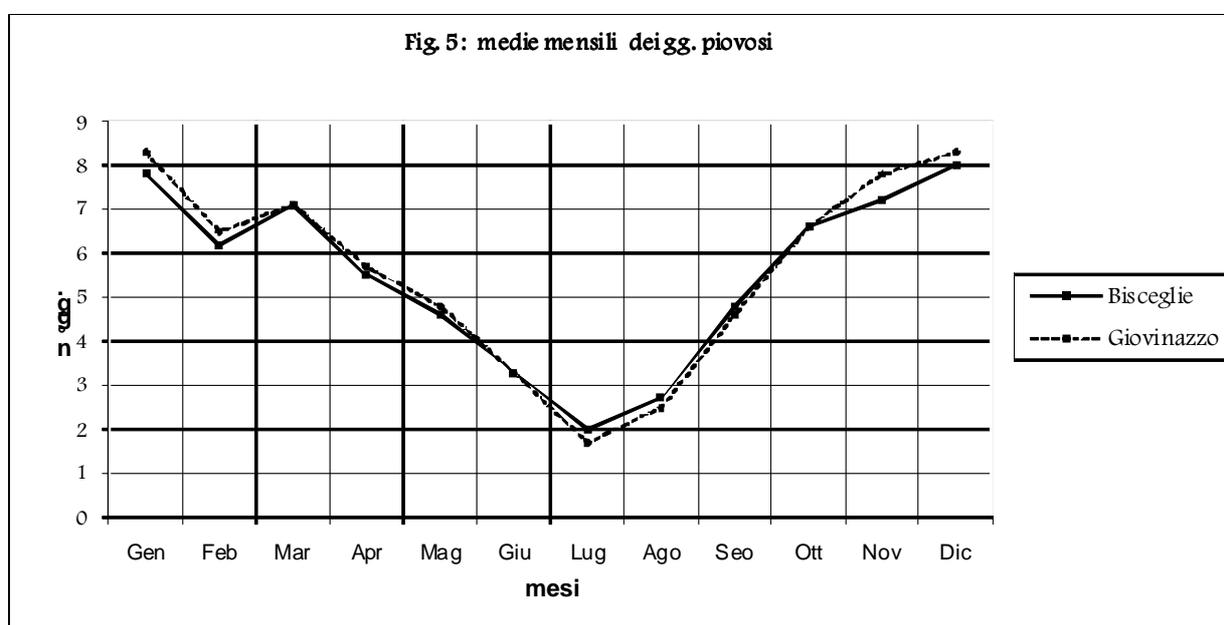


Nella tabella 2 e nella relativa fig. 5, invece, si riportano le medie mensili ed annuali dei giorni piovosi relative alle stesse stazioni di osservazione. La media annua dei giorni piovosi varia da 65.8 per la stazione di Bisceglie a 67.2 gg. per quella di

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. 2: 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



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.

6. 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

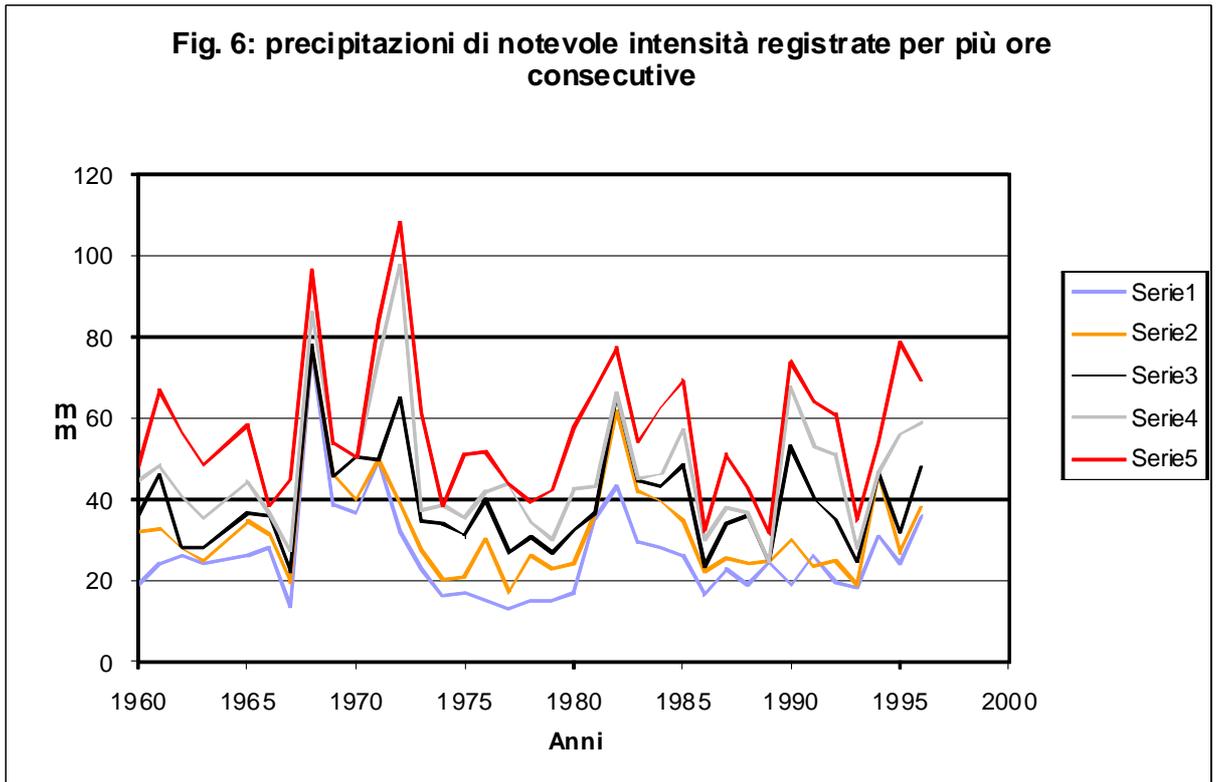
rivestimento impermeabile (strade, parcheggi, marciapiedi e coperture di fabbricati) ed in minima parte di superfici parzialmente permeabili (zone a verde), si dovrà tener conto delle piogge di massima intensità che si sono verificate nel corso degli anni. Per tale scopo sono stati elaborati i dati pluviometrici di massima intensità della durata di 1, 3, 6, 12 e 24 ore dal 1960 al 1996 (anni 37), con il metodo di **Gumbel** (tab. 3).

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. 3

Nella fig. 6 si riportano i valori delle precipitazioni che si sono verificate per più ore consecutive e rilevate alla stazione pluviometrica di Giovinazzo.



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 T_r ” 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:

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

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. 4 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. 4

Possiamo trasformare l'equazione:

$$(1) \quad h = a t^n \quad (\text{"equazione di possibilità pluviometrica"})$$

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**:

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

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

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

Nelle **tabb. 5, 6 e 7**, si riportano le seguenti forme di possibilità pluviometrica per un tempo di ritorno di 5 anni e per durate di pioggia **t**, la cui equazione è:

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

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
$f = \ln(\text{Tr}-1)/\text{Tr}$	-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. 5

Durate di pioggia	1h	3h	6h	12h	24h
Tr = 5 anni	36,126	42,906	47,601	58,031	69,034

Tab. 6

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 - 5*r	-5,7112				
n = A/B	0,203935				
n * r	0,79555				
C = p-nr	5,729403				
log a = 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. 7

7. 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”*. La destinazione d'uso delle costruzioni a realizzarsi potrà o meno comportare una discriminazione delle acque di prima pioggia dalle successive. Per le acque di prima pioggia il calcolo è semplice. Il volume competente dato da:

$$\text{Vol} = \text{Sup. Lotto} \times 5 \text{ mm}$$

Tali acque ai sensi di quanto stabilito all'art. 39, comma 3, del D.L.vo n. 152/99, come novellato dal D.L.vo 258/2000, devono essere raccolte in vasca a tenuta stagna e sottoposte ad un trattamento depurativo in loco, tale da conseguire il rispetto dei limiti di emissione previsti dalla tab. 3 di cui all'allegato 5 del D.L.vo 152/99 e successive modifiche ed integrazioni.

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.

Tab. 8

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 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 in mm, 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 superficie del lotto); per un tempo di ritorno di 5 anni $h = 34.89 \text{ mm}$;

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**. Per cui in giorni sarà **t_c = 1/24 = 0.0417 gg**

La portata di massima piena sarà quindi:

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

con **S** = superficie del bacino in ettari.

8. Indagini

Nel seguente paragrafo si riportano le indagini di tipo geofisico eseguite dallo scrivente in corrispondenza del piano di sedime delle palazzine realizzate per i comparti n. 10, 11 e 12.

8.1 Osservazioni geologiche

Il sito in epigrafe ricade vicino alla lama Martina, per cui il problema di prioritaria importanza era l'investigazione del sottosuolo per capire la situazione litostratigrafica dei terreni affioranti. Oltre alle indagini geoelettriche effettuate nel sito di cui se ne parlerà di seguito, sono stati effettuati inoltre una serie di sopralluoghi.

La roccia calcarea si presenta generalmente tenace e compatta; il decadimento dei valori di resistenza meccanica sono da imputare in maniera esclusiva alla presenza di cavità e/o vuoti posti diagenetici ovvero alla presenza di materiale compressibile di alterazione (terre rosse l.s.) ovvero a materiale calcarenitico riempiente le cavità.

Per tale situazione e per la presenza della lama adiacente, si preferisce effettuare osservazioni e verifiche future su ciascuna impronta fondale, dopo il raggiungimento del piano di posa delle fondazioni.

Generalmente la situazione litostratigrafica riscontrata si può riassumere nei seguenti punti essenziali:

- presenza di terreno vegetale con spessori ridotti (in alcune parti è completamente assente); solo in due scavi lo spessore del terreno di copertura è eccedente 80 cm.

- presenza di strati calcarei e subordinatamente di calcareo-dolomitici, intensamente stratificati nelle parti superiori;
- presenza in forma diffusa di strato essenzialmente limoso-sabbioso, di colore giallo-ocraceo e dello spessore di circa mezzo metro;
- presenza sul fondo scavo delle facce di strato di calcare.

L'andamento generale della stratificazione, rilevata in più punti è abbastanza uniforme e costante. Le caratteristiche si possono così riassumere:

- direzione N45W
- immersione nordest
- inclinazione di pochi gradi fino al massimo di 10° - 15°.

La bassa inclinazione degli strati non ha favorito l'insorgenza di manifestazioni carsiche di rilievo. A prova di quanto affermato è anche la scarsità dei depositi di terra rossa riscontrati.

Si presterà comunque, una forte attenzione a qualsiasi difetto strutturale e litogenetico stante la vicinanza alla lineazione erosiva della Lama Martina.

Le condizioni geologiche riscontrate sono abbastanza omogenee.

8.2 Indagini geoelettriche

Per la finalità dell'indagine si è ritenuto opportuno eseguire una prospezione elettrica, con corrente continua, tesa a ricavare i valori della resistività del substrato per ricostruire la stratigrafia dell'area e verificare l'eventuale presenza di cavità.

La determinazione dei valori della resistività dei litotipi ricadenti nell'area in progetto, è stata effettuata utilizzando due metodologie: Dipolo-dipolo e Schlumberger.

Il primo metodo, Dipolo-dipolo (Sondaggio Elettrico Orizzontale), consente di ottenere una sezione elettrostratigrafica che permette la caratterizzazione areale del sottosuolo lungo un profilo.

Il secondo metodo, Sondaggio Elettrico Verticale di tipo Schlumberger, pur avendo una limitazione areale, permette di investigare più in profondità consentendo la ricostruzione elettrostratigrafica nel centro del sondaggio.

8.3 Prospezione elettrica con sondaggio dipolo-dipolo

Nell'area oggetto di studio è stata eseguita un'indagine geoelettrica, in corrente continua, comprendente 73 sondaggi elettrici orizzontali con il dispositivo dipolo-dipolo lungo quattro profili, di diversa lunghezza ma con la stessa unità dipolare di 4 metri. L'utilizzazione di detta metodologia è stata preferita perché più idonea per individuare zone e corpi elettricamente anomali e lateralmente limitati. Infatti, esse

sono da considerarsi corpi infinitamente resistivi inclusi in un mezzo a resistività finita. La loro presenza provoca, nel campo elettrico artificialmente indotto nel sottosuolo, delle distorsioni rilevabili in superficie.

Ciò è realizzato mediante misure di corrente e di differenza di potenziale tra una coppia di elettrodi di energizzazione "I" (dipolo di corrente) e da una coppia di elettrodi di misura della differenza di potenziale "V" (dipolo di tensione).

Ogni misura è ottenuta per un prefissato valore della distanza tra i dipoli (valore n).

La serie di misure si ottiene disponendo lungo un allineamento una successione di poli elettrici equidistanti a 4 metri. La prima serie si ottiene mantenendo costante la distanza fra il dipolo di corrente e quello di tensione, pari ad una unità dipolare di 4 metri ($n = 1$). Misure ottenute spostando lungo il profilo l'intero dispositivo, mantenendo n costante, costituiscono una strisciata; più strisciate sono ottenute variando, fin tanto che lo consente la lunghezza del profilo, il valore di n nella distanza tra la coppia di dipoli elettrodi di corrente (I) e quella di registrazione della differenza di potenziale (V). Nell'indagine è stato utilizzato un numero massimo di strisciate pari a 19 ($n = 19$) per il sondaggio n° 3, un numero di strisciate pari a 18 ($n = 18$) per il sondaggio n° 1, un numero di strisciate pari a 8 ($n = 8$) per il sondaggio n° 2 ed un numero di strisciate pari a 16 ($n = 16$) per il sondaggio n° 4 per complessivi circa 300 m.l.

Come ben noto essendo la profondità di indagine funzione della distanza elettrodica del dispositivo utilizzato, otterremo, generalmente, per un prefissato valore di n una profondità costante. Tali profondità, in ogni caso, non sono a priori quantitativamente valutabili dipendendo anche dalle caratteristiche elettriche del sottosuolo indagato.

Tramite i valori di tensione e di corrente rilevati in sito è stato possibile calcolare, per ogni posizione del dispositivo, i valori di resistività apparente.

I dati dei singoli sondaggi sono stati poi utilizzati per elaborare una sezione di resistività apparente. Nella sezione ogni punto rappresenta un valore di resistività apparente, punti appartenenti ad un allineamento orizzontale, costituiscono una strisciata.

I singoli valori della pseudosezione sono, infine, interpolati da linee iso-resistive. L'interpretazione dei predetti valori porta alla creazione di anomalie che per valore si differenziano individuando corpi anomali resistivi e corpi anomali conduttivi. L'interpretazione delle pseudosezioni è stata effettuata attraverso una modellazione bidimensionale condotta con l'ausilio di un programma di calcolo utilizzando la tecnica degli elementi finiti.

La determinazione delle anomalie avviene a seguito di un'interpretazione qualitativa per andamento e valore della stessa.

Va a questo punto puntualizzato che la scelta di modelli semplici, dettata da problemi interpretativi, rappresenta una semplificazione di realtà che possono essere più complesse.

8.4 Analisi dei risultati

La campagna geognostica prevedeva l'esecuzione di sondaggi elettrici dipolari lungo gli allineamenti risultanti dalle tracce delle fondazioni.

I dati rilevati nei quattro sondaggi hanno evidenziato una omogeneità del substrato investigato.

Profilo dipolare n° 1 comparto n. 10

In questo sondaggio, lungo 72 metri, si è rilevato un omogeneo che mette in evidenza uno spessore maggiore del terreno vegetale. La roccia, nel complesso, appare molto tenace; infatti già in superficie presenta valori della resistività compresi tra 300 e 400 Ω m. Allineamenti si riconoscono in corrispondenza dei sondaggi n° 2 e n° 6 (fig. 7); verosimilmente sono da correlarsi con l'inclinazione degli strati e/o sono da imputare a zone più fragili.

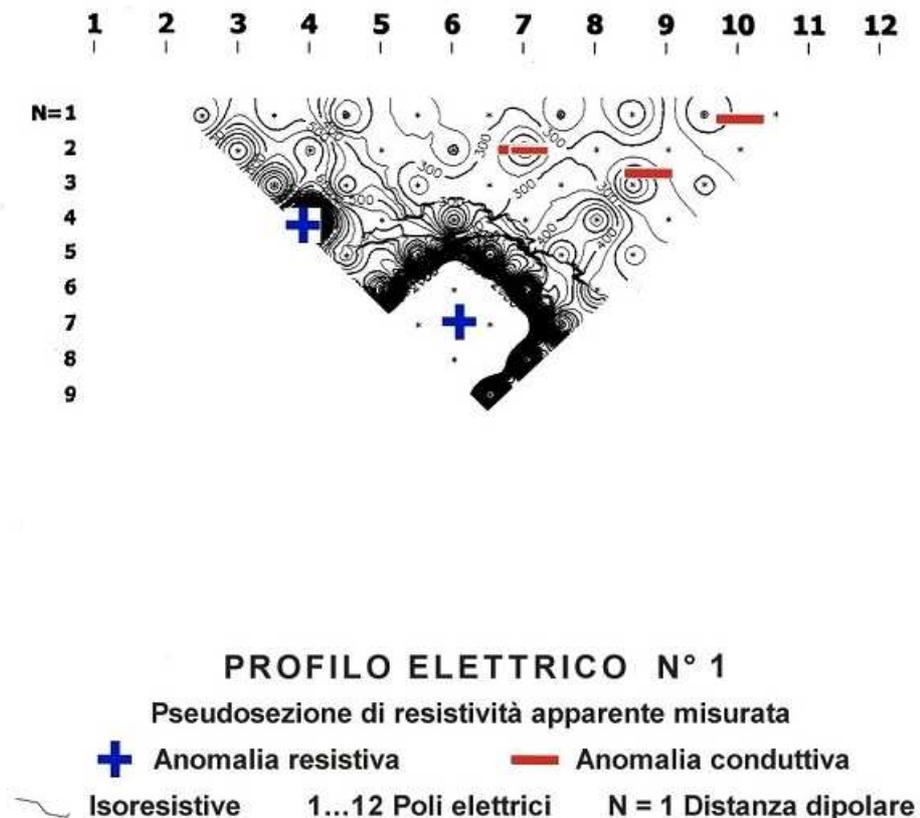


Fig. 7

Profilo elettrico n° 2 comparto n. 10

Il secondo profilo, lungo 32 metri, è stato eseguito in prosecuzione del primo, e presenta peculiarità del tutto simili al precedente. Anche in questi caso si scorge un allineamento della disposizione delle curve che raccordano punti di eguale resistività; in questo caso però l'immersione è diretta con verso opposto alla precedente. Probabilmente in tale zona esiste una piccola struttura sinclinalica. Anche in questo caso i valori superficiali della resistività sono abbastanza elevati, dell'ordine di 400 – 500 Ω m. Si evidenzia una fascia a più bassa resistività (fig. 8); con tutta probabilità è una fascia di calcare più allentata e fratturata. La limitazione in lunghezza del presente profilo non permette di fare ulteriori considerazioni.

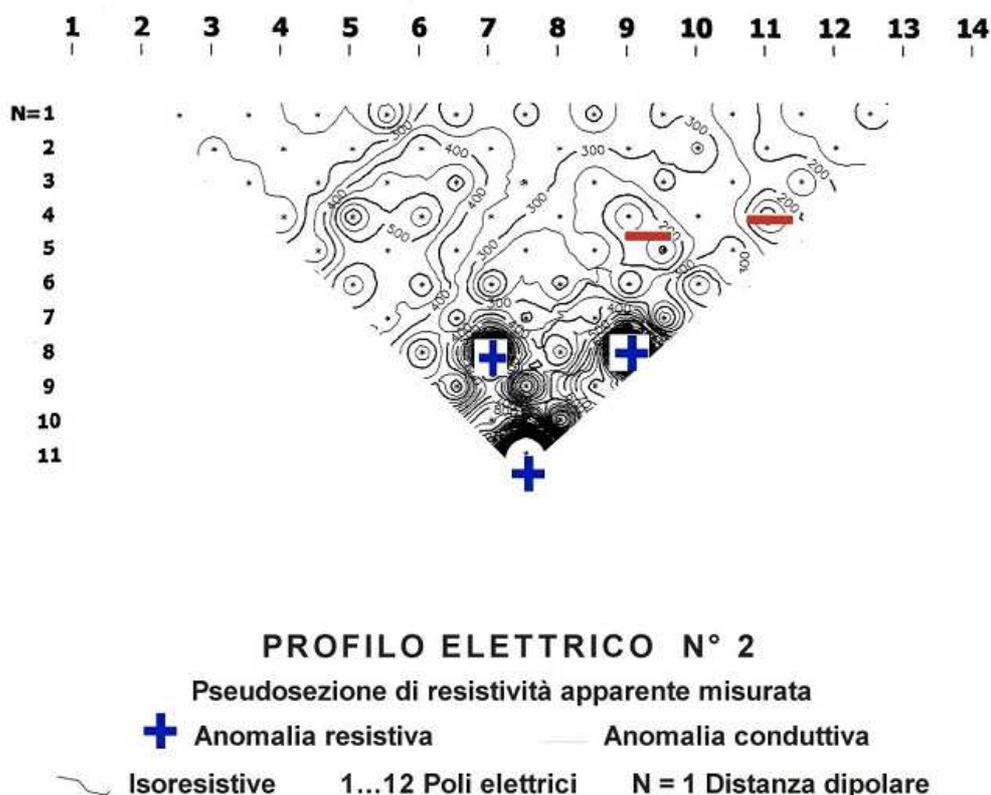


Fig. 8

Profilo elettrico n° 3 comparto n. 10

Anche il terzo profilo è stato eseguito parallelamente ai precedenti. La lunghezza di questo sondaggio è di 76 metri.

Le considerazioni da fare per il presente profilo sono del tutto simili a quelle del profilo n° 1. La disposizione delle celle iso-resistive è del tutto analoga a quella del profilo n° 1. Anche gli allineamenti riscontrati sono analoghi. La differenza sostanziale che si osserva fra i due è dovuta a maggiori valori di resistività per il

profilo n° 3. In superficie, subito affiorano i calcari ad indicare uno spessore ridotto del terreno vegetale. La roccia calcarea è fortemente tenace e compatta, forse con una elevata componente dolomitica. Una maggiore quantità di piani di fratturazione si riscontra tra i sondaggi n° 3 e n° 4. Maggiore componente terrosa si osserva invece nella parte terminale del profilo dove la resistività subisce un decadimento (fig. 9).

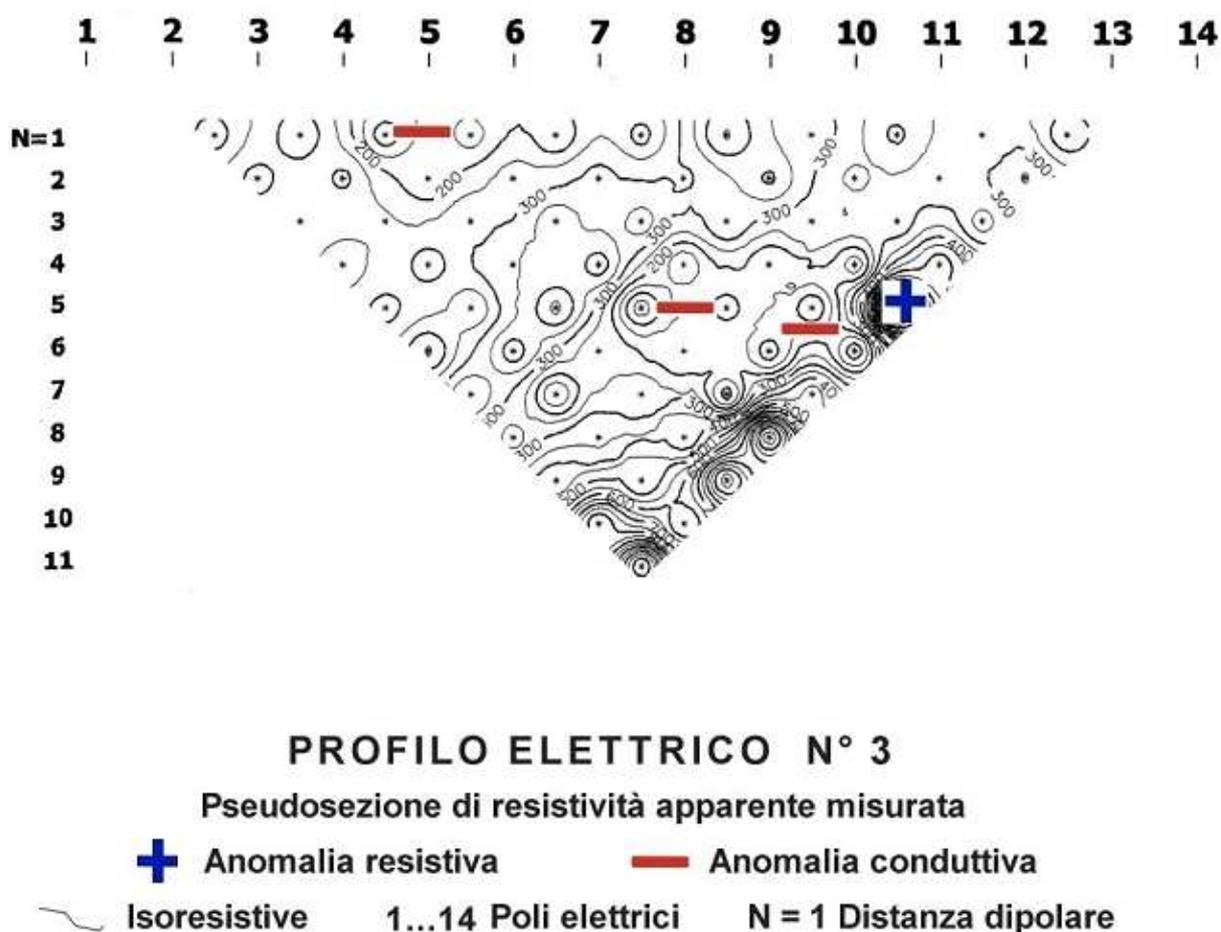
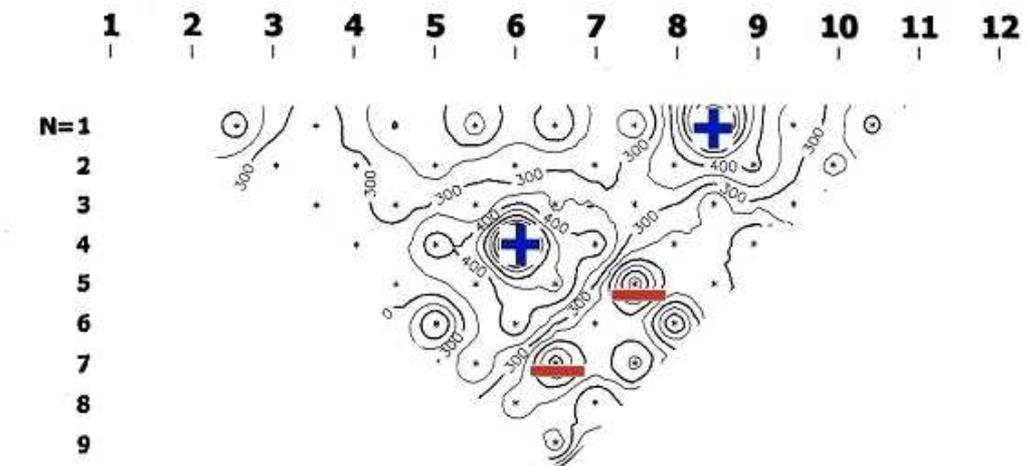


Fig. 9

Profilo elettrico n° 4 comparto n. 10

Il profilo n° 4 , della lunghezza di m. 56, è stato realizzato circa ortogonalmente ai profili precedenti. Le considerazioni da fare sono del tutto simili al profilo n° 1, anche se i valori di resistività misurati risultano leggermente maggiori ed indicano la presenza di un calcare un po' più rigido. La direzione degli strati è diretta secondo il sondaggio n° 4 (fig. 10).



PROFILO ELETTRICO N° 4

Pseudosezione di resistività apparente misurata

+ Anomalia resistiva **—** Anomalia conduttiva

 Isoresistive 1...12 Poli elettrici N = 1 Distanza dipolare

Fig. 10

Profilo elettrico n° 1 comparto n. 11

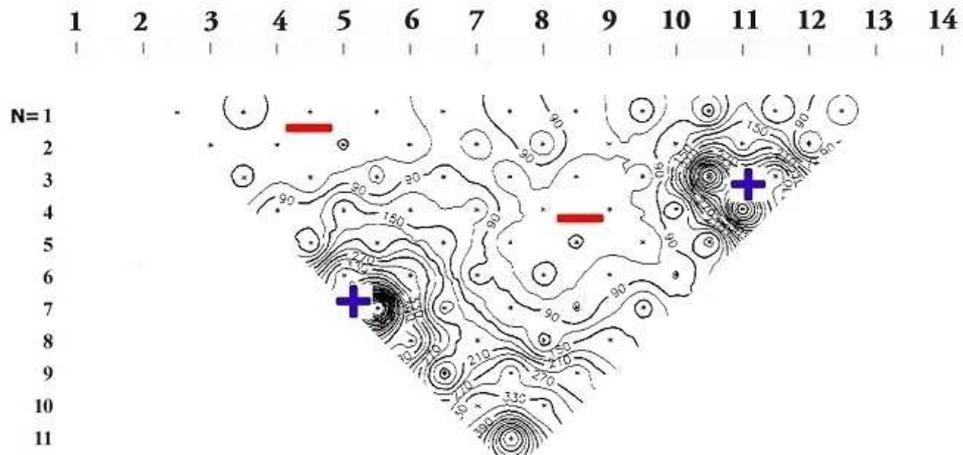


Fig. 11

Profilo elettrico n° 2 comparto n. 11

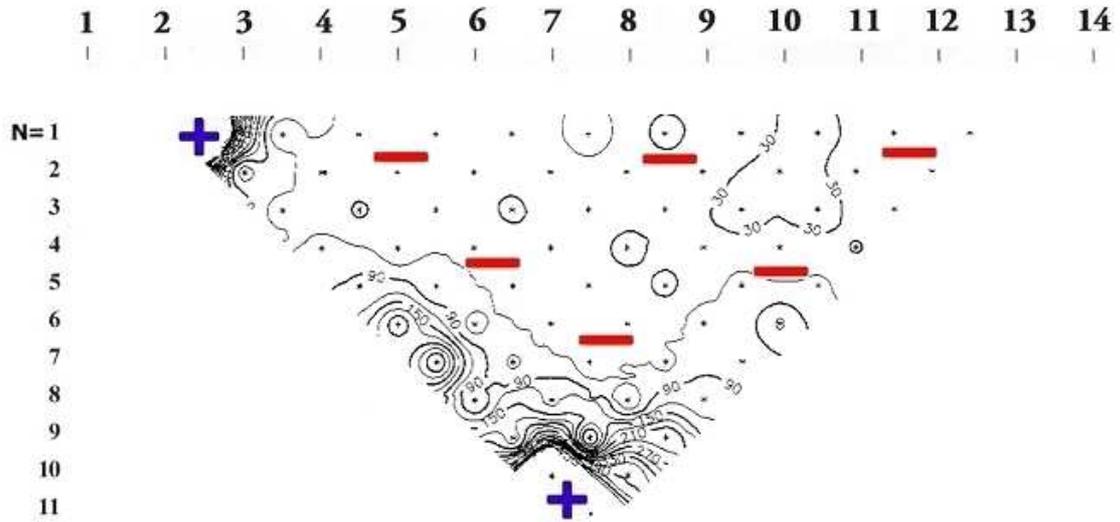


Fig. 12

Profilo elettrico n° 3 comparto n. 11

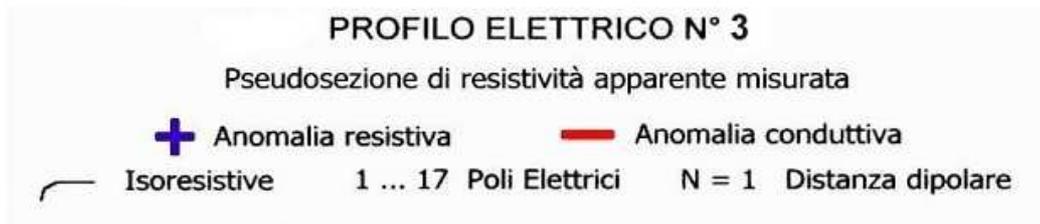
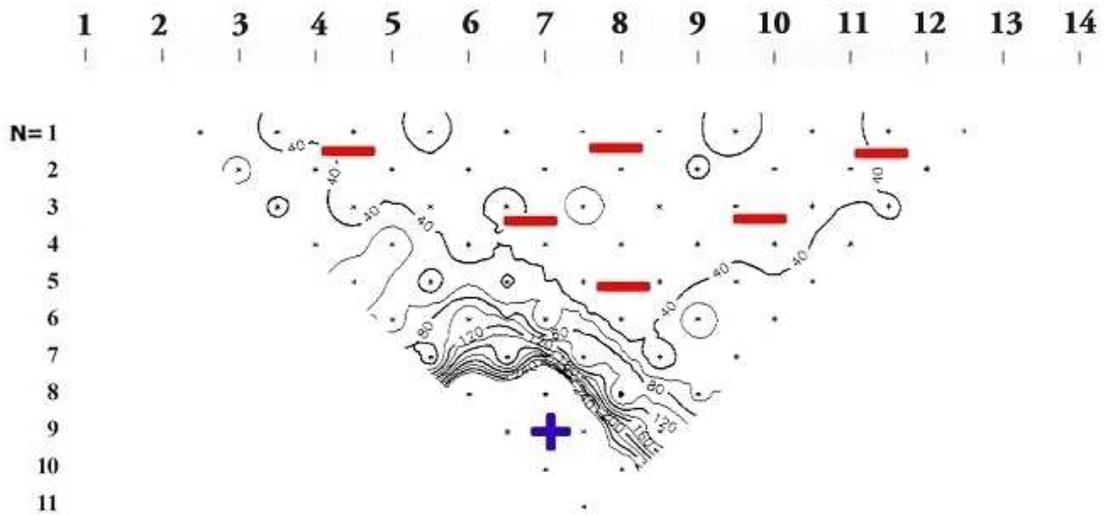


Fig. 13

8.5 Prospezione elettrica con Sondaggi Elettrici Verticali

Si è ritenuto opportuno completare lo studio geoelettrico del sottosuolo dell'area in questione con l'esecuzione di cinque SEV utili per una investigazione più profonda anche se limitata arealmente.

Le semidistanze elettrodeiche eseguite per i SEV sono quelle rese possibili dall'agibilità dell'area ovvero da 6 a 18 metri per il SEV n°2, da 6 a 22 metri per il SEV n°4, da 6 a 26 metri per il SEV n°5 e da 6 a 30 metri per i SEV n°1 e n°3.

La tecnica operativa consiste nello scegliere, innanzi tutto, un centro per il SEV, ovvero un centro di simmetria per il dispositivo elettrodeico e, successivamente, la sua direzione di espansione che nel caso in esame coincide con la direzione delle tracce dei profili dipolari.

Per ogni posizione di tale dispositivo, si inietta corrente continua nel terreno tramite due elettrodi (A e B) esterni al quadripolo e si registra la differenza di potenziale del campo elettrico artificialmente indotto mediante il dipolo interno (M e N).

L'energizzazione è ottenuta per mezzo di un opportuno alimentatore di corrente continua ad alta tensione, mentre la differenza di potenziale è registrata utilizzando un millivoltmetro ad alta impedenza d'ingresso ed ad alta precisione (0.01 milliVolts).

Tramite i dati rilevati in sito è stato possibile calcolare i valori di resistività apparente successivamente riportati su grafico bilogarithmico in funzione della semidistanza elettrodica ($AB/2$).

Tutti i dati sperimentali sono stati poi interpretati quantitativamente secondo modelli monodimensionali, costituiti da sequenze di elettrostrati piani e paralleli e fisicamente omogenei e isotropi.

Anche per il sondaggio elettrico verticale la scelta di modelli semplici, dettata da problemi interpretativi, rappresenta una semplificazione di realtà che possono essere più complesse.

Va puntualizzato che la non confrontabilità dei valori delle resistività acquisiti con questo tipo di indagine, con quelli rilevati con i profili dipolari è dovuta alla diversa metodologia di acquisizione degli stessi.

Sondaggio Elettrico Verticale n°1

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a quattro strati, come da tabella, con un fitting di errore pari 4.345%.

DATA SET: SEV1

CLIENT: **geol. Ignazio Mancini**

COUNTY: **MOLFETTA**

PROJECT: **Comparto 12**

DATE: **ottobre 2004**

SOUNDING. **1**

ELEVATION: **0.00**

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR 4.345 PERCENT

L	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters) .	LONG. COND (Siemens)	TRANS. RES (Ohm-m ⁻²)
			0		
1	25.22	0.646	-0.646	0.0256	16.31
2	720.9	0.489	-1.13	0.000678	352.6
3	3195.4	3.92	-5.06	0.00123	12543.3
	12.52				

Tab. 9

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	192	202	-5.66
2	10	325	302	6.96
3	14	362	371	-2.71
4	18	411	414	-0.937
5	22	452	436	3.49
6	26	452	440	2.5
7	30	415	432	-4.21

Tab. 10

Sondaggio Elettrico Verticale n°2

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a quattro strati, come da tabella, con un fitting di errore **pari 2.865%**.

DATA SET: SEV2

CLIENT: geol. Ignazio Mancini

COUNTY: MOLFETTA

PROJECT: Comparto 12

DATE: ottobre 2004

SOUNDING. 2

ELEVATION: 0.00

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR 2.865 PERCENT

L	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters) .	LONG. COND (Siemens)	TRANS. RES (Ohm-m ⁻²)
			0		
1	440.2	2.07	-2.07	0.00471	913.1
2	60.16	0.726	-2.8	0.012	43.67
3	984.5	2.02	-4.82	0.00206	1997.0
4	129.2				

Tab. 11

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	287	286	0.327
2	10	272	279	-2.72
3	14	278	267	3.86
4	18	237	244	-3.06

Tab. 12

Sondaggio Elettrico Verticale n°3

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a quattro strati, come da tabella, con un fitting di errore **pari 5.341%**.

DATA SET: SEV3

CLIENT: geol. Ignazio Mancini

COUNTY: MOLFETTA

PROJECT: Comparto 12

DATE: ottobre 2004

SOUNDING. 3

ELEVATION: 0.00

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR 5.341 PERCENT

L	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters) .	LONG. COND (Siemens)	TRANS. RES (Ohm-m ⁻²)
			0		
1	154.2	1.07	-1.07	0.00697	165.8
2	3465.9	3.62	-4.69	0.00105	12560.9
3	21.3	1.31	-6.01	0.0618	28.07
	1080.3				

Tab. 13

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	612	636	-4.07
2	10	826	822	0.407
3	14	951	877	7.67
4	18	878	859	2.08
5	22	747	807	-8.13
6	26	714	746	-4.56
7	30	724	689	4.78

Tab. 14

Sondaggio Elettrico Verticale n°4

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a quattro strati, come da tabella, con un fitting di errore **pari 2.227%**.

DATA SET: SEV4

CLIENT: geol. Ignazio Mancini

COUNTY: MOLFETTA

PROJECT: Comparto 12

DATE: ottobre 2004

SOUNDING. 4

ELEVATION: 0.00

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR 2.227 PERCENT

L	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters) .	LONG. COND (Siemens)	TRANS. RES (Ohm-m ⁻²)
			0		
1	85.59	0.65	-0.65	0.0076	55.66
2	1008.1	0.867	-1.51	0.00086	874.9
3	3091	4.14	-5.66	0.00134	12808
	40.75				

Tab. 15

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	533	549	-3.1
2	10	750	729	2.75
3	14	806	793	1.55
4	18	785	780	0.554
5	22	708	722	-2.11
6	26			
7	30			

Tab. 16

Sondaggio Elettrico Verticale n°5

L'elaborazione dei dati acquisiti in campagna ha permesso di ricostruire un modello a tre strati, come da tabella, con un fitting di errore **pari 3.75%**.

DATA SET: SEV5

CLIENT: geol. Ignazio Mancini

COUNTY: MOLFETTA

PROJECT: Comparto 12

DATE: ottobre 2004

SOUNDING. 5

ELEVATION: 0.00

Schlumberger Configuration

FITTING ERROR 3.75 PERCENT

L	RESISTIVITY (ohm-m)	THICKNESS (meters)	ELEVATION (meters) .	LONG. COND (Siemens)	TRANS. RES (Ohm-m ⁻²)
			0		
1	186	2.26	-2.26	0.0121	422.8
2	1081	2.53	-4.79	0.00234	2736.6
3	442				

Tab. 17

ALL PARAMETERS ARE FREE

No.	SPACING (m)	RHO-A (ohm.m)		DIFFERENCE (percent)
		DATA	SYNTHETIC	
1	6	353	337	4.44
2	10	395	424	-7.38
3	14	465	463	0.414
4	18	476	477	-0.405
5	22	496	481	2.91
6	26	476	480	0.879
7	30			

Tab. 18

8.6 Considerazioni conclusive della geoelettrica

La scelta effettuata sulle ubicazioni dei profili elettrici è stata guidata dalla necessità di investigare su particolari aree per una ricostruzione stratigrafica dettagliata dell'area oggetto di costruzione.

Dall'indagine eseguita sono evidenziati gli allineamenti delle superfici di fratturazione disposte secondo EW. La roccia nel complesso appare fortemente tenace; non sono evidenziate grosse variazioni laterali, per cui è possibile che esistano zone con roccia più allentata e fratturata, ma queste sono situazioni localizzate.

In definitiva, nella zona investigata, dai dati di resistività rilevati si può affermare che la roccia si presenta compatta e tenace.

8.7 Prospezione Sismica

E' stata effettuata inoltre una campagna geognostica a carattere geofisico consistente in sei sondaggi sismici a rifrazione di superficie, di cui tre con onde longitudinali (onde P) e tre con onde trasversali (onde S) eseguiti lungo tre base sismiche le cui ubicazioni sono mostrate nelle figure che seguono.



Fig. 14: Ubicazione base sismica U.M.I. 10



Fig. 15: Ubicazione base sismica U.M.I. 11



Fig. 16: Ubicazione base sismica U.M.I. 12

L'area in progetto si trova nella zona di espansione dell'abitato di Molfetta nella parte più prossima al centro abitato. Di seguito verranno illustrate le metodologie utilizzate, le tecniche operative, i dati sperimentali ottenuti nonché i modelli interpretativi del sottosuolo investigato utili, insieme agli altri dati geognostici disponibili per la stessa area, per la ricostruzione dei lineamenti geologico-tecnici locali ed in particolare per la caratterizzazione sismica del territorio.

8.8 Sismica a Rifrazione di Superficie

La finalità delle indagini sismiche è, in primo luogo, di rilevare l'andamento sismostratigrafico del sottosuolo, ricercando le superfici di discontinuità fisica - rifrattori - ed in particolare quelle superfici che separano porzioni di ammasso roccioso o terroso con differente grado di densità e compattezza.

La strumentazione utilizzata è del tipo a 12 canali, modello 12S12L della PASI interfacciato con un computer portatile, con acquisizione digitale, funzione di incremento multiplo del segnale, tempi di acquisizione compresi tra 25 e 1000 msec, filtri in ingresso compresi tra 0 e 950 Hz (per eliminare le frequenze indesiderate) e monitoraggio del noise ambientale in continuo.

Per l'opera in progetto è stata eseguita, per quanto riguarda la geometria adottata nell'esecuzione delle basi sismiche, sei basi sismiche (tre con onde P e tre con onde S) con spaziatura geofonica di 5 metri con due punti di scoppio coniugati A e B.

I punti di scoppio A, B sono stati posizionati esternamente allo stendimento geofonico rispettivamente a 5 metri dal geofono n°1 e dall'ultimo geofono. Questo tipo di geometria, due punti di scoppio coniugati esterni, ha portato ad uno stendimento per base sismica pari a 30 metri per le onde P e a 30 metri per le onde S che complessivamente (basi sismiche onde longitudinali e basi sismiche onde trasversali) ammontano a 120 metri.

Come energizzazione è stata utilizzata una mazza battente (da 8 Kg) sia per generare le onde di tipo P (longitudinali) che per generare le onde di tipo S (Trasversali).

Il rilievo dei tempi di primo arrivo è stato ottenuto mediante la tecnica degli impulsi bidirezionali che, una volta mediati, hanno portato ai diagrammi tempi-distanze di seguito riportati (dromocrone onde trasversali).

I geofoni utilizzati per i rilievi sismici sono del tipo a 14 Hz per le onde P e a 10 Hz per le onde S, mentre la tecnica utilizzata è stata quella degli scoppi coniugati del tipo, A, B, sia per la registrazione delle onde longitudinali, che per la registrazione delle onde trasversali. Per la realizzazione della campagna geognostica è stato pertanto necessario eseguire un totale di 12 stazioni di scoppio.

I tempi di arrivo delle onde P ed S, sono stati letti inizialmente sui sismogrammi sperimentali, fase di lavoro effettuata con l'ausilio di un computer e di appropriati

programmi di analisi, e successivamente sono riportati nei diagrammi tempo-distanza (dromocrone).

Anche l'interpretazione delle dromocrone è stata effettuata con processi computerizzati, sia secondo modelli con superfici di discontinuità piane, che secondo più complessi modelli bidimensionali. Queste vengono qui nel seguito riportate.

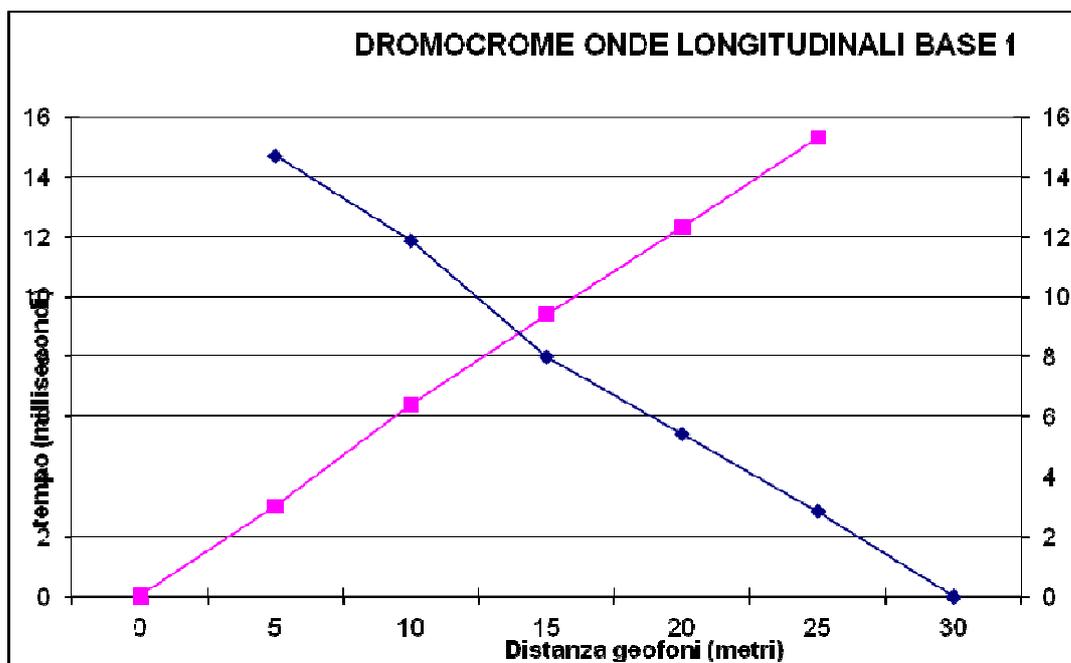


Fig. 17

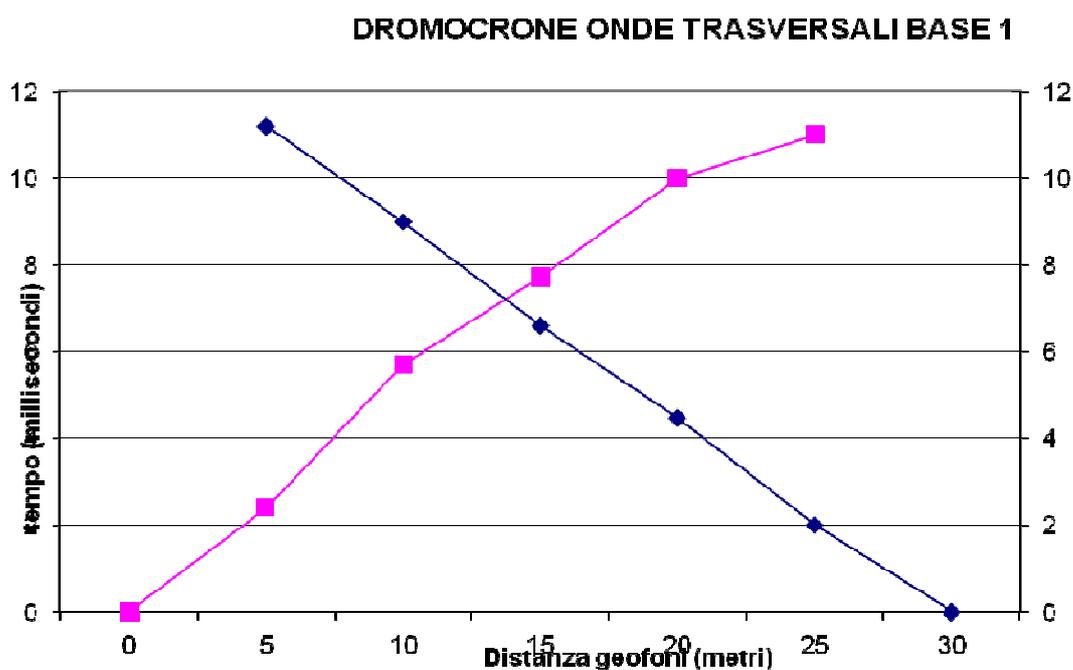


Fig. 18

DROMOCROME ONDE LONGITUDINALI BASE 2

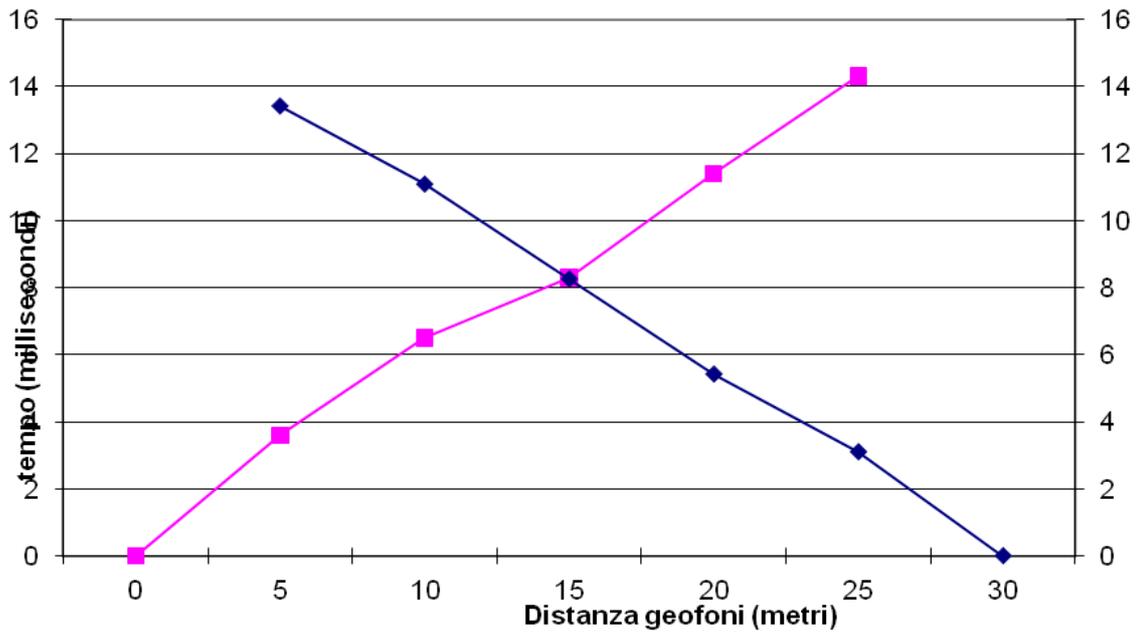


Fig. 19

DROMOCROME ONDE TRASVERSALI BASE 2

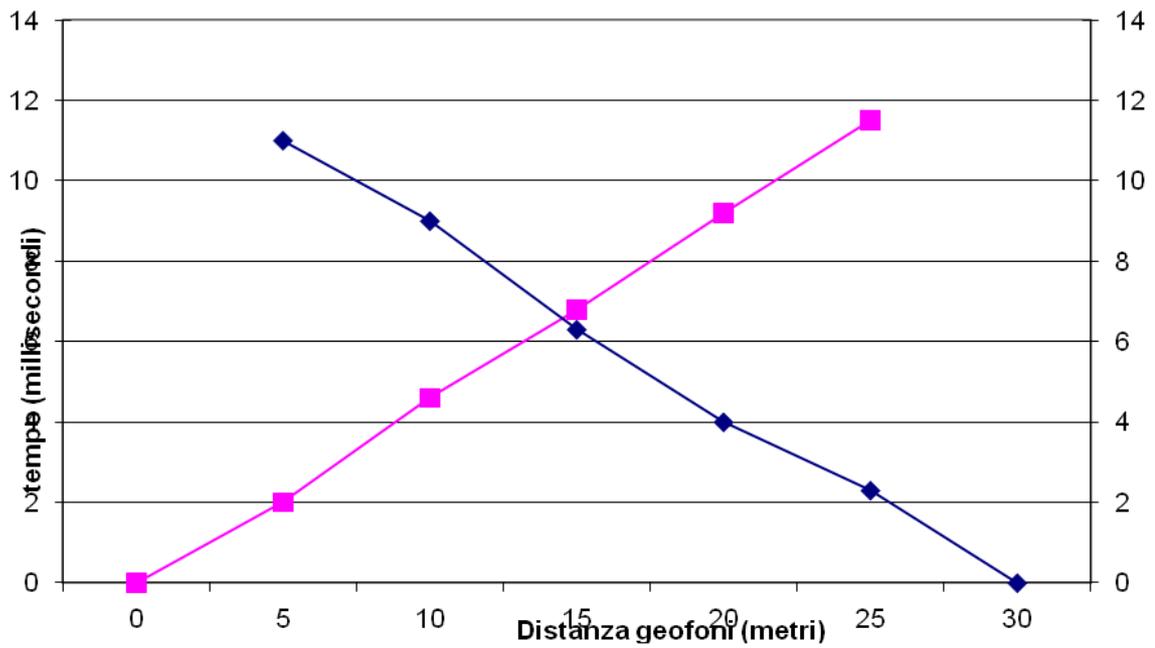


Fig. 20

Dromocrone onde longitudinali base 3

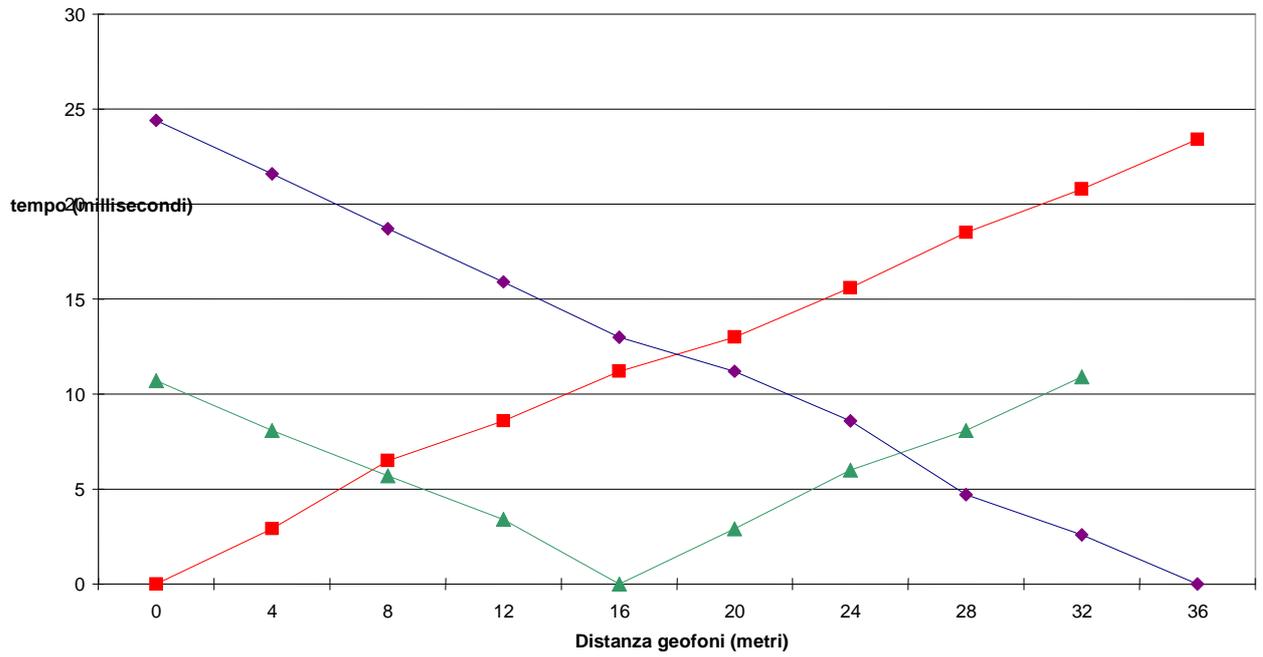


Fig. 21

Dromocrone onde trasversali base 3

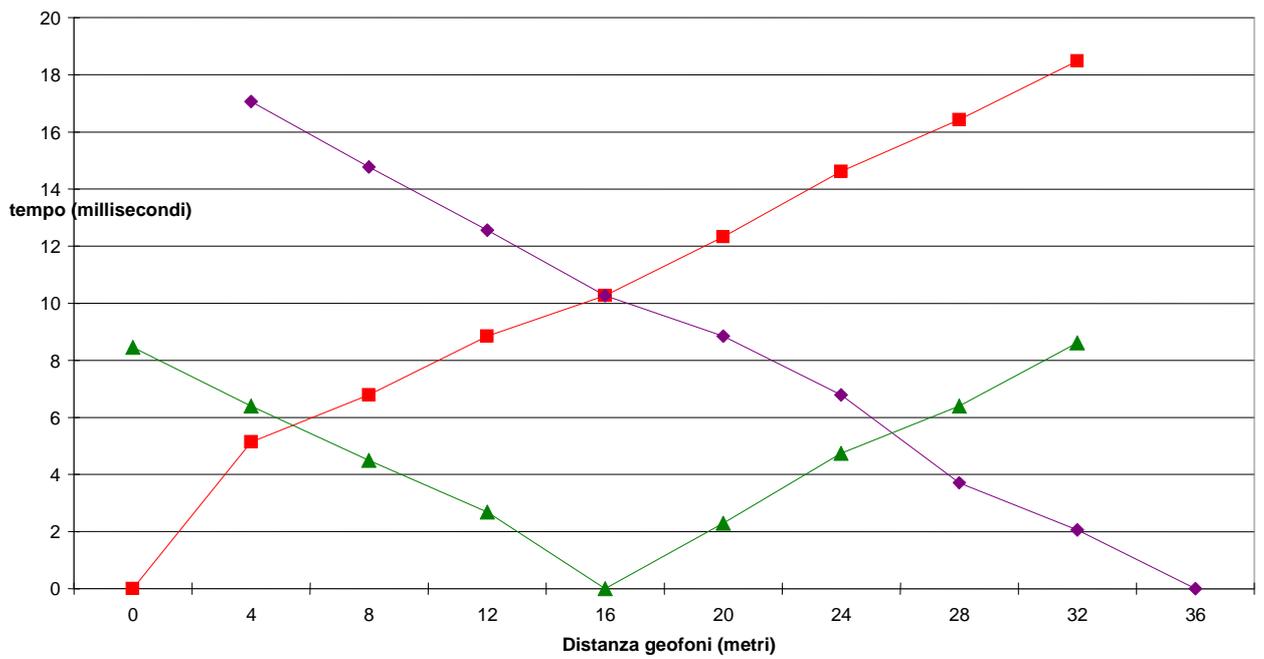


Fig. 22

Dalla sismostratigrafia ottenuta, e con l'ausilio dei rapporti fra le velocità delle onde P ed S, è possibile ricavare lo spessore e le caratteristiche geomeccaniche degli strati così riconosciuti in particolare la velocità delle onde elastiche, il coefficiente di Poisson e i moduli elastici dinamici. Inoltre dai valori delle velocità ottenute è possibile ricavare i valori di Rigidità Sismica dei singoli sismostrati al fine di valutare ad esempio l'amplificazione sismica locale o la suscettibilità alla liquefazione di terreni saturi non coesivi e classificare i terreni alla luce della recente normativa sismica (Vs30).

I Sismogrammi sperimentali registrati sul disco fisso del sismografo in campagna, sono stati successivamente letti, elaborati ed interpretati secondo un procedimento informatico basato sull'utilizzo di due programmi dedicati: uno per l'individuazione dei primi tempi di arrivo delle onde sismiche che hanno permesso la redazione delle dromocrone; l'altro che interpretando congiuntamente le dromocrone con metodologia GRM ha fornito:

- i valori delle velocità, in metri al secondo, sia delle onde longitudinali (onde P) che delle onde trasversali (onde S) di ciascun sismostrato;
- i valori delle profondità (espressi in metri) delle discontinuità sismiche meglio indicate con il termine rifrattori che permettono di determinare i sismostrati.

Per comodità di lettura le velocità registrate lungo il profilo sono riportate nelle tabelle seguenti.

BASE 1	Vp m/sec	Vs m/sec	Spessori m
Strato 1	1620	790	0,4÷0,9
Strato 2	1866	925	

Tab. 19

BASE 2	Vp m/sec	Vs m/sec	Spessori m
Strato 1	1610	786	0,4÷0,9
Strato 2	1912	948	

Tab. 20

BASE 2	Vp m/sec	Vs m/sec	Spessori m
Strato 1	1400	705	0,5÷1,5
Strato 2	2065	1016	

Tab. 21

8.9 Correlazioni

Sulla scorta dei risultati ottenuti è possibile ricondurre ad un modello a tre strati la stratigrafia dell'area secondo la seguente successione costituita (dall'alto) da:

- Sismostrato superficiale ($V_p = 1600 \div 1800$ m/sec, $V_s = 750 \div 950$ m/sec), rappresentato da roccia calcarea fratturata e/o alterata ;
- Sismostrato intermedio ($V_p = 1650 \div 1900$ m/sec, $V_s = 750 \div 950$ m/sec), rappresentato da un ammasso "roccioso" correlabile ad un orizzonte calcareo mediamente fratturato;
- Sismostrato profondo ($V_p = 1400 \div 2100$ m/sec, $V_s = 700 \div 1100$ m/sec), rappresentato da un ammasso "roccioso" correlabile ad un orizzonte calcareo debolmente fratturato.

9. Moduli dinamici e VS30

Dai valori delle velocità delle onde sismiche P ed S ottenuti nel sondaggio, sono stati ricavati i Moduli Dinamici del sottosuolo investigato per ciascun orizzonte sismico individuato.

Dai valori delle velocità rilevate dall'indagine, è possibile ricavare un ulteriore parametro: il Coefficiente di Poisson (μ), ottenuto dal rapporto delle due velocità rilevate.

Da questi dati, assumendo come valore di peso di volume per il primo strato il valore di $\gamma = 2,1$ g/cm³ mentre per gli altri strati il valore di $\gamma = 2,3$ g/cm³, è stato possibile ricavare ulteriori parametri calcolati, quali:

il Modulo di Taglio G ottenuto dal rapporto tra il peso di volume del sismostrato di riferimento per il quadrato della Velocità delle onde trasversali;

il Modulo di Young o modulo di elasticità dinamico (E, in Kg/cm²),

il Modulo elastico statico (E, in Kg/cm²),

l'angolo di attrito ϕ derivante dall'E dinamico e statico,

la Rigidità Sismica R (definita come il prodotto fra peso di volume e velocità delle onde S, in t/m³ * Km/sec) utile per il calcolo del Coefficiente di Fondazione ϵ e per la stima del fattore di incremento del coefficiente sismico c.

Di seguito si riportano in tabella i valori dei parametri dianzi descritti.

BASE 1	Vp m/sec	Vs m/sec	μ	G	E Kg/cm² dinam.	ϕ dinam.	E Kg/cm² statico	ϕ statico	R	ϵ
Strato 1	1620	790	0.344	0.00	34.200	32.92	11.400	23.38	1579	1.00
Strato 2	1866	925	0.337	0.00	50.170	36.25	16.720	26.70	1989	0.97

Tab. 22

BASE 1	Vp m/sec	Vs m/sec	μ	G	E Kg/cm² dinam.	φ dinam.	E Kg/cm² statico	φ statico	R	ε
Strato 1	1612	786	0.334	0.00	33.860	32.83	11.290	23.29	1572	1.00
Strato 2	1912	948	0.337	0.00	52.670	36.67	17.560	27.13	2038	0.97

Tab. 23

BASE A2	Vp m/sec	Vs m/sec	μ	G	E Kg/cm² dinam.	φ dinam.	E Kg/cm² statico	φ statico	R	ε
Strato 1	1400	705	0.33	0.00	28320	31.28	2832	21.74	1480	1.01
Strato 2	2065	1016	0.34	0.00	64950	38.49	6495	28.95	2338	0.96

Tab. 24

Il territorio comunale di Molfetta a seguito dell'Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 23/3/2003 che riclassifica l'intero territorio nazionale, ricade in zona sismica 3.

Con l'entrata in vigore del D.M 14/01/2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "Sito dipendente" e non più secondo il criterio "Zona dipendente".

In pratica l'azione sismica di progetto, in base alla quale valutare i diversi stati limite da prendere in considerazione, viene definita partendo dalla pericolosità di base del sito oggetto di costruzione.

Il valore di Vs30, calcolato così come previsto dalla recente normativa sismica, è stato ottenuto avendo realizzato uno stendimento sismico tale da investigare, una porzione di sottosuolo pari o superiore a 30 metri di profondità.

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_i}}$$

con h_i = spessore in metri dello strato i-esimo

V_i = velocità dell'onda di taglio i-esima

n = numero di strati

dando come risultato un valore pari a **Vs30 = 925,48 m/sec**, il quale essendo $V_{s30} > 800$ m/sec consente di classificare i terreni di fondazione come appartenenti alla "categoria di suolo A" secondo quanto richiesto dalle NTC 2008; di seguito sarà anche illustrata la tabella riassuntiva che viene riportata nei testi legislativi ai fini di

classificare la categoria di suolo in funzioni dei valori di propagazione della velocità delle onde sismiche ed altri parametri e che per promemoria si riporta di seguito.

10. 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.

11. 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.

12. Descrizione delle costruzioni

Le strutture, destinate a civile abitazione, secondo quanto riportato al par. 2.4.2. del DM 14.01.2008 e cioè *Classe II*: 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 particolare saranno realizzate travi di fondazione e pilastri in ca e coperture in latero-cemento.

Inoltre 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.

13. Input dei dati generali di calcolo

In questo paragrafo vengono forniti i dati necessari alla definizione delle caratteristiche principali dei diversi litotipi riscontrati, anche soprattutto in funzione delle risultanze emerse dalle indagini geofisiche eseguite.

Per quanto riguarda la categoria topografica (**par. 3.2.2 DM 14.01.2008**), così come riportato nella **tab. 3.2.IV**, i terreni in oggetto rientrano nella **T1** e cioè “superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”.

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche

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

In mancanza di determinazioni più accurate, valide soprattutto per le costruzioni strategiche, per le componenti orizzontali del moto e per le categorie del terreno di fondazione, la forma spettrale sui sottosuoli viene modificata attraverso il coefficiente stratigrafico S_s , il coefficiente topografico S_t ed il coefficiente C_c che modifica il valore del periodo T_c . Questi sono calcolati mediante le espressioni fornite nella tab. 3.2.V, qui riportata, nelle quali g è l’accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_c^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_c^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_c^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_o \cdot \frac{a_E}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_c^*)^{-0,40}$

Per tener conto delle condizioni topografiche ed in assenza di specifiche analisi di riposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_t , riportati nella tab. 3.2.IV qui sotto riportata, in funzione delle categorie topografiche e dell’ubicazione dell’opera e dell’intervento.

Tabella 3.2.VI – Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

14. 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. 25: 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 $i = 9$ **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	“	2.10
i piani di fratturazione	piani/metro	9
n' porosità in sito	%	22.2
C' grado di compattezza	---	0.78
σ_s tensione di rottura in sito	kg/cmq	11.98

Tab. 26 : 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.	0.35
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.

15. Valutazione delle resistenze di progetto e tipologie fondali adottate

Secondo quanto riportato nelle “Norme tecniche per le costruzioni”, nel metodo semi-probabilistico agli stati limite, per tenere conto di eventuali altre cause di indeterminazione si dividono i valori caratteristici dei parametri geotecnici, per coefficienti parziali γ_m indicati nella Tab. 6.2.II allegata al paragrafo 6.2.3.1.2 dello stesso decreto.

Tab.6.2.II del D.M. 14 gennaio 2008

PARAMETRO	PARAMETRO AL QUALE APPLICARE IL COEFF. PARZIALE	COEFF. PARZIALE	
		ϕ_m	
		M1	M2
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'} = 1,00$	$\gamma_{\phi'} = 1,25$
Coesione efficace	c'_k	$\gamma_{c'} = 1,00$	$\gamma_{c'} = 1,25$
Resistenza non drenata	c_{uk}	$\gamma_{cu} = 1,00$	$\gamma_{cu} = 1,40$
Peso dell'unità di volume	γ	$\gamma_{\gamma} = 1,00$	$\gamma_{\gamma} = 1,00$

Per i terreni e per le rocce a struttura complessa (ad esempio calcari estremamente fratturati con terra rossa, formazioni flyscioidi, etc.) è necessario verificare le resistenze del terreno R_d nei confronti degli stati limiti ultimi (SLU) applicando ai valori caratteristici dei parametri geotecnici sia i coefficienti parziali della colonna M1 sia quelli della colonna M2 della tabella sopra riportata.

Solo per le rocce ed i materiali lapidei non fratturati (ad esempio calcari compatti o ammassi calcarenitici omogenei) la resistenza R_d può essere rappresentata da valore caratteristico della resistenza alla compressione uniassiale q_u , diviso per un coefficiente parziale $\gamma_{qu} = 1,6$.

Pertanto nel caso in esame applicando i coefficienti di sicurezza parziali previsti nelle colonne M1 ed M2 del T.U. si ha:

	VALORI CARATTERISTICI ORIGINARI	COLONNA M1	COLONNA M2
Peso di volume	20.000 N/m ³	20.000 N/m ³	20.000/1.0 = 20.000 N/m³
Angolo di attrito efficace (ϕ')	35°	35°	tg35° = 0.7/1.25 = 0.56 arctg 0.56 = 29°
Coesione efficace (c')	0.10N/mm ²	0.10N/mm ²	0.1/1.25 = 0.08 N/mm²

Tab. 27

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.

Per la determinazione della resistenza di progetto si ipotizzano **fondazioni superficiali a travi di larghezza** $B = 1.0$ m e dotate di opportuna altezza tali da considerarle rigide. Date queste ipotesi, utilizzando le varie formule riportate in letteratura per il calcolo della capacità portante delle fondazioni superficiali (formula trinomia di Terzaghi e altre), assumendo un F.S. pari ad 1 in quanto l'analisi è svolta con il metodo semiprobabilistico agli stati limite e non più alle tensioni ammissibili, tenendo conto della qualità del materiale attraverso l'RQD (prendendo come valore di riferimento quello medio pari al 37.5%), calcolando prima con i valori della colonna M1 (di fatto coincidenti con quelli originari) e poi con quelli della colonna M2 si ottengono i seguenti valori di resistenza ultima del terreno, così come riportato nella tabelle che seguono.

CAPACITA' PORTANTE DELLE ROCCE						
per fondazioni nastriformi						
Criterio di calcolo: Terzaghi						
Tabella 4.1 di J.E. Bowles (1991) "Fondazioni" ed. McGraw-Hill						
PARAMETRI DELL'AMMASSO ROCCIOSO						
	angolo d'attrito dell'ammasso=		35	gradi		
	coesione dell'ammasso=		100	kPa		
	Peso di volume roccia =		20	kN/mc		
	R.Q.D.=		37.5	%		
COEFFICIENTI DI FONDAZIONE						
	fattore Nc=		68.1			
	fattore Nq=		50.3			
	fattore Ng=		51.3			
FATTORI DI FORMA						
	fattore di forma Sc=		1.0			
	fattore di forma Sg=		1.0			
	coefficiente di sicurezza=		1			
Larghezza	Profondità	Sigma n	Qr	Q'r	qamm	qamm
B (m)	D (m)	kPa	kPa	kPa	kPa	kg/cmq
0.20	0.0	0	6 911	972	972	9.53
0.30	0.0	0	6 962	979	979	9.60
0.50	0.0	0	7 065	994	994	9.74
0.70	0.0	0	7 167	1 008	1 008	9.88
0.90	0.0	0	7 270	1 022	1 022	10.03
1.00	0.0	0	7 321	1 030	1 030	10.10
1.20	0.0	0	7 424	1 044	1 044	10.24
1.50	0.0	0	7 577	1 066	1 066	10.45
1.70	0.0	0	7 680	1 080	1 080	10.59
2.00	0.0	0	7 834	1 102	1 102	10.80

Tab. 28

CAPACITA' PORTANTE DELLE ROCCE						
per fondazioni nastriformi						
Criterio di calcolo: Terzaghi						
Tabella 4.1 di J.E. Bowles (1991) "Fondazioni" ed. McGraw-Hill						
PARAMETRI DELL'AMMASSO ROCCIOSO						
	angolo d'attrito dell'ammasso=		29		gradi	
	coesione dell'ammasso=		80		kPa	
	Peso di volume roccia =		20		kN/mc	
	R.Q.D.=		37.5		%	
COEFFICIENTI DI FONDAZIONE						
	fattore Nc=		41.5			
	fattore Nq=		23.9			
	fattore Ng=		24.9			
FATTORI DI FORMA						
	fattore di forma Sc=		1.0			
	fattore di forma Sg=		1.0			
	coefficiente di sicurezza=		1			
Larghezza	Profondità	Sigma n	Qr	Q'r	qamm	qamm
B (m)	D (m)	kPa	kPa	kPa	kPa	kg/cmq
0.20	0.0	0	3 372	474	474	4.65
0.30	0.0	0	3 397	478	478	4.69
0.50	0.0	0	3 447	485	485	4.75
0.70	0.0	0	3 497	492	492	4.82
0.90	0.0	0	3 547	499	499	4.89
1.00	0.0	0	3 572	502	502	4.93
1.20	0.0	0	3 622	509	509	4.99
1.50	0.0	0	3 697	520	520	5.10
1.70	0.0	0	3 746	527	527	5.17
2.00	0.0	0	3 821	537	537	5.27

Tab. 29

Quindi i valori di resistenza ultima del terreno sono rispettivamente:

$$R_d (M1) = 1.010 \text{ N/mm}^2$$

$$R_d (M2) = 0.493 \text{ N/mm}^2$$

Nel caso in esame, nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali e geotecnici si è fatto riferimento all'Approccio Progettuale 2 di cui alle Norme Tecniche.

Nell'Approccio 2 si impiega un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e per la resistenza globale (R).

In particolare, per la verifica agli SLU nel caso di fondazioni superficiali, si fa riferimento ai coefficienti parziali

$$(A1 + M1 + R3)$$

Quindi, per le azioni si adopereranno i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1 della Tabella 2.6.I delle NTC, per i parametri geotecnici si adopereranno i valori della colonna M1 della Tabella 6.2.II delle NTC; per la capacità portante si adopereranno i valori della colonna R3 della Tabella 6.4.I delle NTC.

Nel nostro caso, per questo motivo, il valore della resistenza ultima del terreno da adottare è $R_d(M1)$, da dividersi per il coefficiente parziale $\gamma_R = \underline{2,3}$, ossia

$$R_d = \underline{0,439 \text{ N/mm}^2}$$

Le combinazioni di carico di progetto assunte per gli SLU sono proprio quelle che fanno capo all'Approccio 2 (A1).

Si badi che nelle verifiche finalizzate al dimensionamento strutturale della stessa fondazione, il coefficiente γ_R non deve essere portato in conto.

Sulla base di quanto detto i valori caratteristici del terreno oggetto di analisi sono i seguenti.

parametro	unità di misura	valore
γ_v peso di volume del materiale	N/mc	20.000
ϕ' angolo di attrito intergranulare	gradi	35
cm valore medio della coesione	N/mmq	0.10
Ed modulo elastico	N/mmq	200
Kv costante di sottofondo	N/cmc	300
σ_{SLU} tensione allo Stato Limite Ultimo	N/mmq	0.493

Tab. 30: parametri caratteristici del terreno

Come strutture fondali potranno essere adottate travi della larghezza di 1.0 m ed altezza di 0.6 m..

A favore della sicurezza non è stato valutato lo scarico che verrà operato sul piano di sedime a causa della realizzazione del piano seminterrato, posto a quota media di – 2.60 m dall’attuale p.c. e considerando un’altezza di circa 0.6 m delle strutture fondali, lo scarico tensionale è pari a :

$$\sigma_{sc} = \gamma_v \times h = 2 \times 3.2 = 6.4 \text{ t/mq}$$

pari a circa il 21% delle sollecitazioni massime che saranno trasmesse.

16. 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 risulta < 0.025 g.

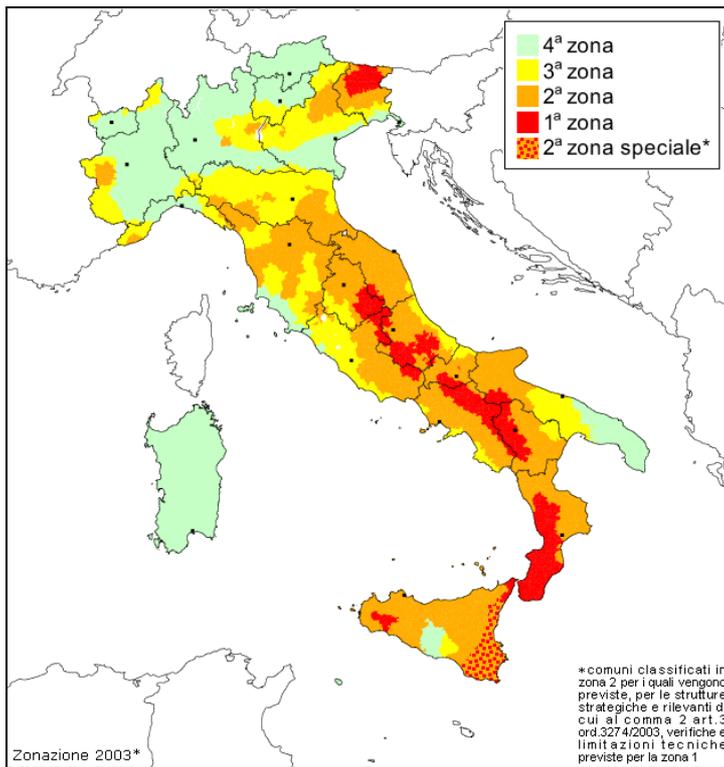


Fig. 23: Zonazione sismica del territorio nazionale

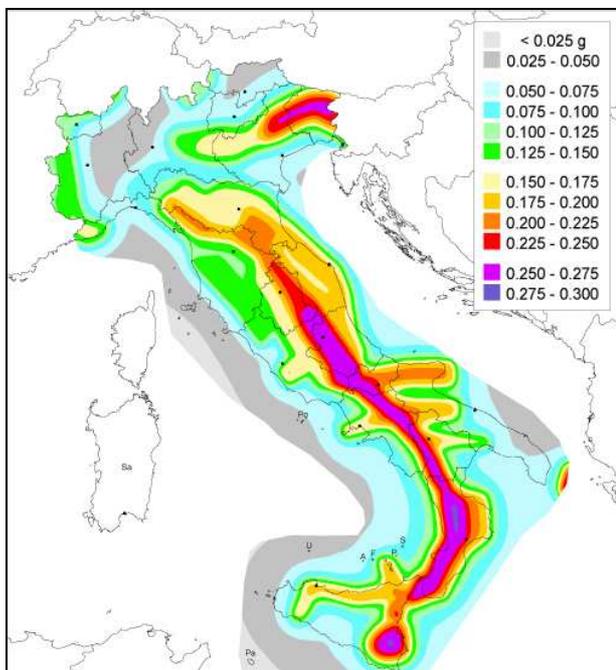


Fig. 24: Carta delle accelerazioni sismiche locali

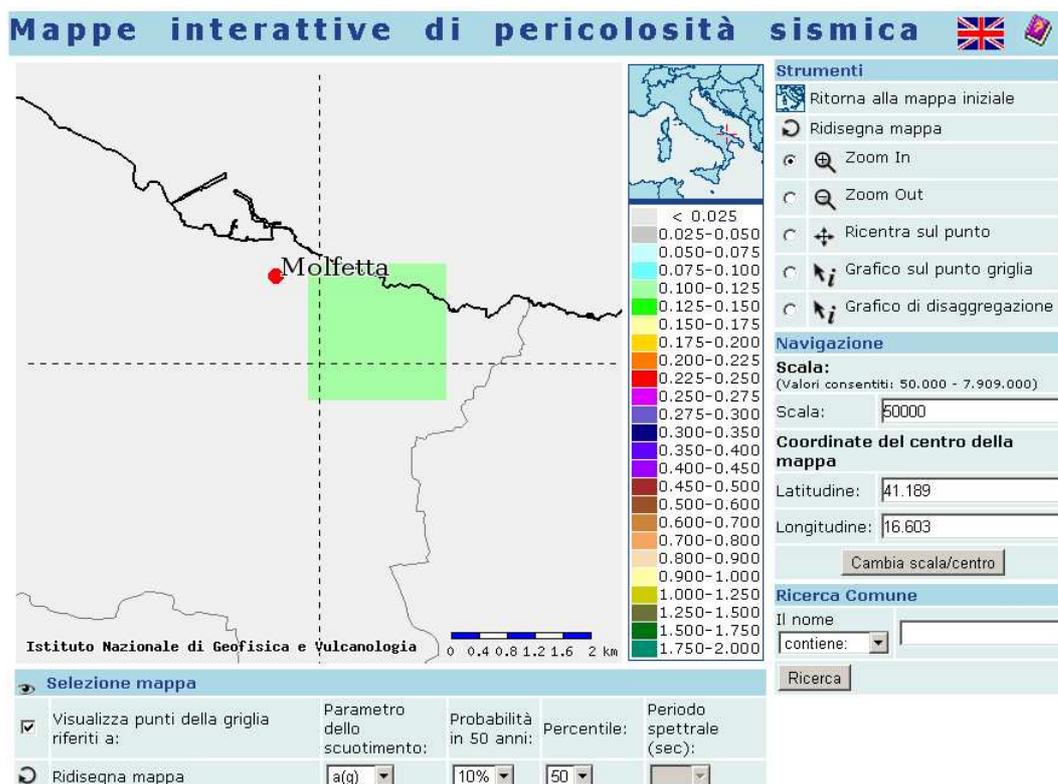


Fig. 25: Zonazione sismica nazionale (web-gis) in termini di accelerazione sismica locale

Sempre in 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 ai 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.

Fig. 26

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.

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).

Sono riportati anche i relativi grafici.

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita 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	SLO - $P_{VR} = 81\%$	<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

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametrizzazione

Strategia di progettazione

Stato Limite	Periodo di ritorno T_R [anni]
SLO	30
SLD	50
SLV	475
SLC	975

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

Fig. 27

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

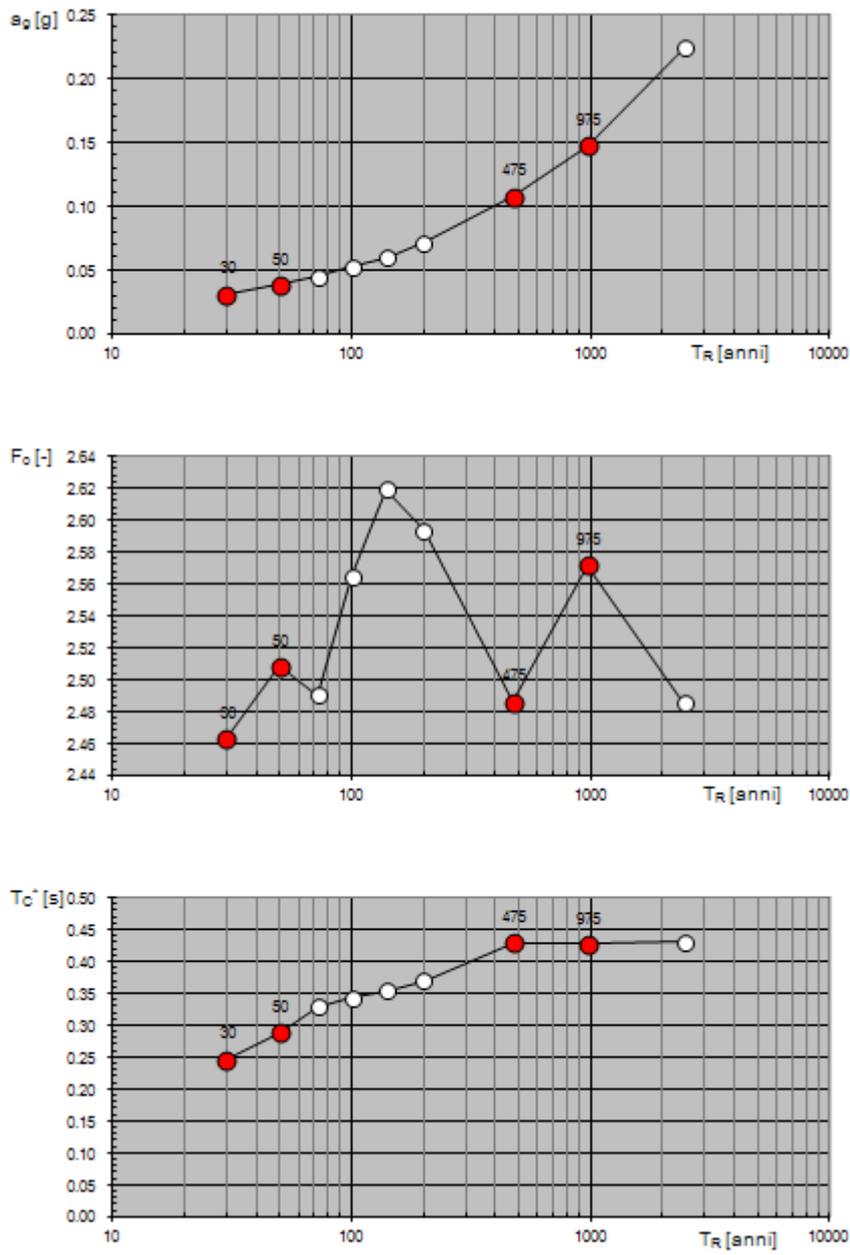


Fig. 28

Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite

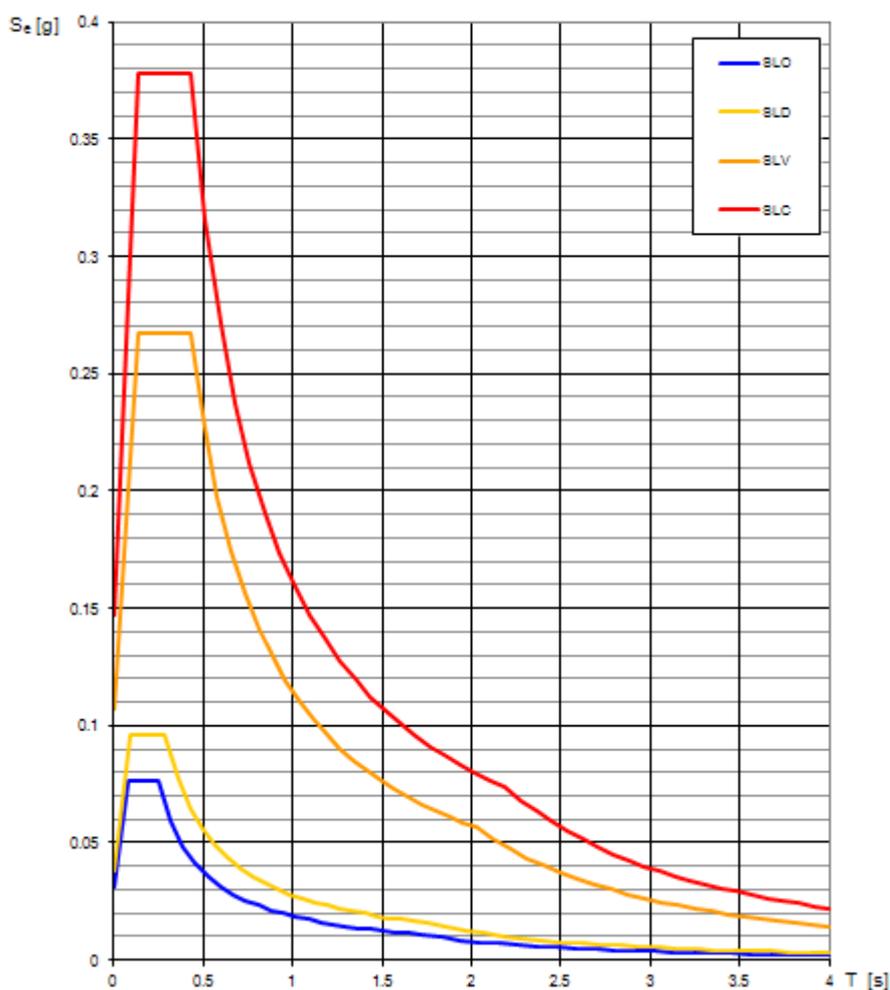


Fig. 29

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

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.031	2.463	0.246
SLD	50	0.038	2.508	0.289
SLV	475	0.107	2.486	0.429
SLC	975	0.147	2.572	0.427

Fig. 30

Nella successiva schermata relativa alla FASE 3 i parametri di input del software utilizzati consistono in una verifica in funzione dell'SLC (Stato Limite al Collasso, 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 3,6 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 a tale verifica.

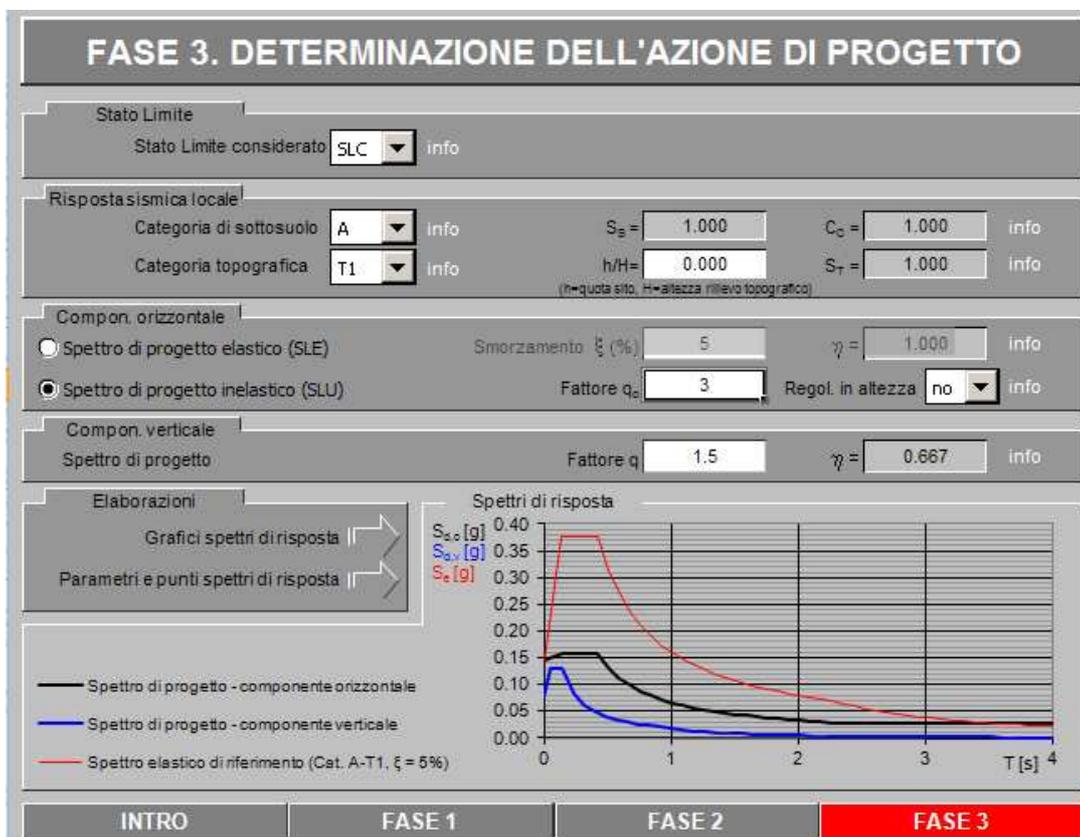
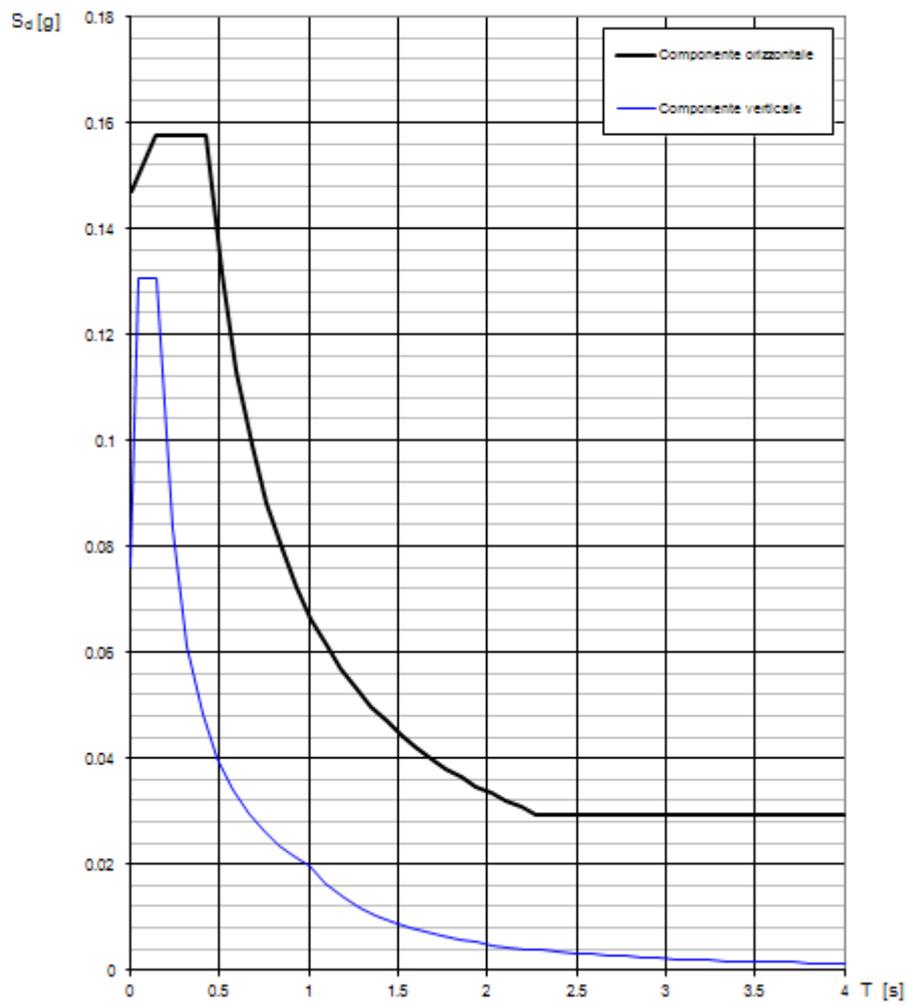


Fig. 31

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite: SLC**Fig. 32**

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limSLC

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLC
a_g	0.147 g
F_o	2.572
T_c	0.427 s
S_s	1.000
C_c	1.000
S_T	1.000
q	2.400

Parametri dipendenti

S	1.000
η	0.417
T_B	0.142 s
T_C	0.427 s
T_D	2.188 s

Espressioni dei parametri dipendenti

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

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

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

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

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

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

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

$$T_B \leq T < T_C \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_o(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_o(T)$ 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]	Se [g]
	0.000	0.147
T_B	0.142	0.158
T_C	0.427	0.158
	0.510	0.132
	0.594	0.113
	0.678	0.099
	0.762	0.088
	0.846	0.079
	0.930	0.072
	1.014	0.066
	1.098	0.061
	1.182	0.057
	1.265	0.053
	1.349	0.050
	1.433	0.047
	1.517	0.044
	1.601	0.042
	1.685	0.040
	1.769	0.038
	1.853	0.036
	1.937	0.035
	2.020	0.033
	2.104	0.032
T_D	2.188	0.031
	2.274	0.029
	2.361	0.029
	2.447	0.029
	2.533	0.029
	2.620	0.029
	2.706	0.029
	2.792	0.029
	2.878	0.029
	2.965	0.029
	3.051	0.029
	3.137	0.029
	3.224	0.029
	3.310	0.029
	3.396	0.029
	3.482	0.029
	3.569	0.029
	3.655	0.029
	3.741	0.029
	3.827	0.029
	3.914	0.029
	4.000	0.029

Fig. 33

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

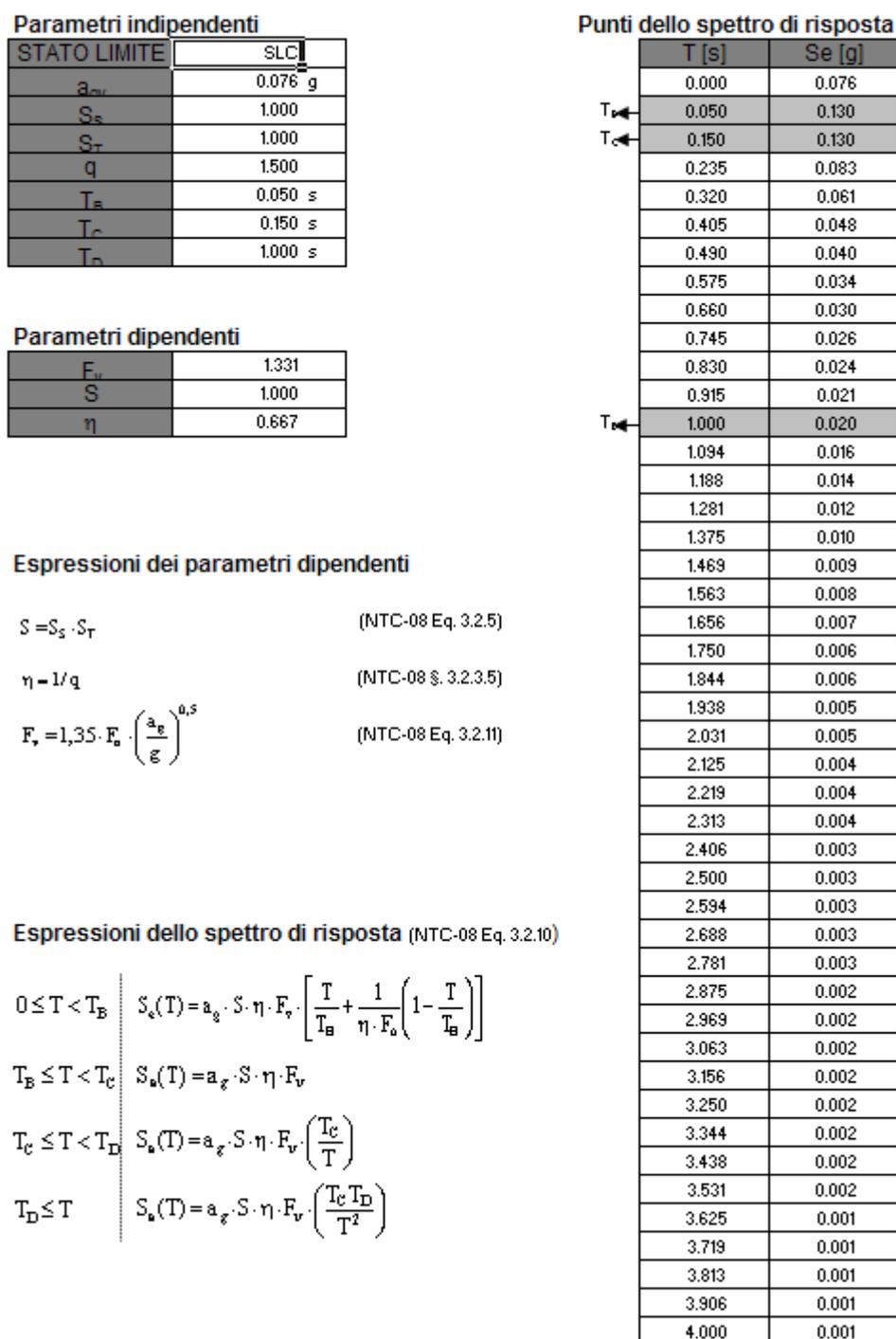


Fig. 34

17. Modellazione sismica.

Premessa

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.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
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_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	<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_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	<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_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

Tabella 3.2.III – *Categorie aggiuntive di sottosuolo.*

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{v,30} < 20$ 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.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Nell'area in esame, il calcolo del $V_{s,30}$, 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 3.00 m dal p.c. Il valore ottenuto è di **925,48 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'area di sedime ha giacitura piano orizzontale e non è interessata da fenomeni di instabilità di alcun genere. Non sono attese evoluzioni fisiografiche dovute agli agenti erosivi, né sono previsti fenomeni di dissesto profondo per l'accertata natura geolitologica del sottosuolo. L'area, inoltre, non presenta, in superficie, scoli o canali e la falda freatica, a causa della permeabilità delle formazioni superficiali e per la presenza di intensa fratturazione dei calcari cretacei, si trova a notevole profondità, come risulta d'altronde da numerose trivellazioni realizzate nel territorio molfettese.

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

Pertanto, ai fini della definizione dell'azione sismica il profilo sismostratigrafico del terreno, associa quelli presenti alla **categoria A** e cioè: *“Formazioni litoidi o suoli omogenei caratterizzati da valori di V_{S30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 3 m”*.

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

- asportare dal piano fondale le porzioni rocciose più fratturate ed allentate;
- eseguire la corretta pulizia degli scavi a sezione ristretta per l'esecuzione delle fondazioni;
- laddove si riscontrino sacche terrose sul piano ultimo di sbancamento, si consiglia di eseguire fiorettature di controllo per valutare la potenza di tali strati ed eventualmente intervenire con bonifiche parziali del sedime (spicconature ed allontanamento del materiale terroso che potrà essere sostituito con una maglia di ferri disposti a croce e con getto di cls Rbk 250).

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

Particolare attenzione dovrà essere posta alla regimentazione delle acque meteoriche che andranno convogliate, previo trattamento di grigliatura e disabbatura, in apposite condotte di fogna bianca ovvero smaltite sugli strati superficiali del sottosuolo.

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, stante la particolare situazione geologico-strutturale riscontrata, è prescrittivo eseguire indagini preventive di tipo diretto o indiretto.

Allo stato non si riscontrano particolari condizioni di rischio idraulico, sismico, idrogeologico e geologico l.s. per cui non ci sono limitazioni alla realizzazione del progetto in parola.

Molfetta,

geologo

(geol. Ignazio L. Mancini)