



COMUNE DI MARUGGIO

SETTORE III: LAVORI PUBBLICI E MANUTENZIONE DEL PATRIMONIO
PUBBLICO

VIA VITTORIO EMANUELE, 41 - 74020 MARUGGIO

CUP: E17B16000640002

PROGETTO ESECUTIVO

INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDRAULICA

RTP:



RUP: Ing. Paolo Magrini



Studio Ing. De Venuto & Ass.



Geol. Francesco Forte

ED.02.01

Relazione geologica

Prot. N.	Data	Scala	Codice intervento:
	Gennaio 2023	-	Codice SAP:

00	01/2023	Emesso per Progetto Esecutivo	FF	GA	GP
rev.	data	descrizione	red.	contr.	appr.



Sommario

1	PREMESSA.....	3
2	INTRODUZIONE ALL' ARGOMENTO E DESCRIZIONE DELLE OPERE PROGETTUALI	5
3	UBICAZIONE GEOGRAFICA DELLE OPERE DI PROGETTO E LINEAMENTI TOPOGRAFICI DEL TERRITORIO	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
4.1	Caratteristiche generali desunte dalla letteratura di pertinenza	12
4.2	Caratteristiche locali evidenziate dalle indagini <i>in situ</i> e dalle prove di laboratorio	17
4.2.1	Programmazione della campagna di indagini geognostiche	17
4.2.2	Indagini dirette e indirette <i>in situ</i>	18
4.2.3	Modellazione geologico - stratigrafica del suolo e del sottosuolo delle opere di progetto	24
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	26
5.1	Caratteristiche morfologiche del sito progettuale e dei dintorni	26
6	CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO NELLE AREE DI INTERVENTO.....	28
7	IDROGRAFIA DELLE AREE DI INTERVENTO E DI UN LORO INTORNO.....	42
8	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	43
8.1	Falde idriche sotterranee	43
8.2	Caratteristiche di permeabilità dei litotipi affioranti nel territorio comunale di Maruggio.....	45
9	CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ E CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE	46
9.1	Classificazione in categorie (DM 9 gennaio 1996) e in zone (OPCM n. 3274/2003) sismiche	46
9.2	Classificazione sulla base della maglia elementare di riferimento (OPCM n. 3519/2006).....	48
10	LINEAMENTI SULLA VALUTAZIONE DELLE STRUTTURE FONDAZIONALI	52
11	RAPPORTI TRA IL TERRITORIO DI MARUGGIO E IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE (PTA) DELLA REGIONE PUGLIA	53



12	RAPPORTI TRA IL TERRITORIO DI MARUGGIO E IL PIANO PAESAGGISTICO	
	TERRITORIALE REGIONALE (PPTR) DELLA PUGLIA	56
12.1	Principi e finalità del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale	56
12.2	Aspetti paesaggistici locali.....	56
13	RAPPORTI TRA IL TERRITORIO DI MARUGGIO E IL PIANO DI BACINO STRALCIO	
	ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) DELLA REGIONE PUGLIA	58
14	CONCLUSIONI.....	61
15	BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE DI PERTINENZA	62
	TAVOLE E ALLEGATI.....	64



1 PREMESSA

Il Comune di Maruggio, sito in provincia di Taranto, in Via Vittorio Emanuele n. 41 e facente parte dell'Unione dei Comuni “Montedoro”, nella veste del Settore Lavori Pubblici e Manutenzione del Patrimonio Pubblico, ha affidato, mediante procedura aperta - ai sensi dell'art. 60 comma 1 del D.Lgs. 50/2016 con aggiudicazione secondo il criterio dell'offerta economicamente più vantaggiosa (art. 95 del D.Lgs. 50/2016) - al Raggruppamento Temporaneo di Impresa, costituito da IA.ING s.r.l. (capogruppo mandataria), Italprogetti s.r.l. (mandante), Studio di Ingegneria De Venuto & Associati (mandante), Dott. Geol. Francesco Forte (mandante), i servizi di ingegneria di progettazione definitiva, progettazione esecutiva, relazione geologica, direzione lavori, misure e contabilità e coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, indagini geologiche per la realizzazione di “interventi di sistemazione idraulica” nel comune di Maruggio. In particolare, lo scrivente Dott. Geol. Francesco Forte, iscritto all'Ordine dei Geologi della Puglia al n. 524 e al relativo Albo Unico Nazionale e avente Studio Tecnico a Maglie (LE) in Via Giuseppe Saragat n. 21, ha avuto l'incarico di redigere la relazione geologica del progetto definitivo ed esecutivo, nell'ambito dei succitati servizi tecnici.

Il Progetto è parte del Programma POR FESR FSE 2014 – 2020 “Intervento di mitigazione del rischio idraulico” Asse V - Azione 5.1 “Interventi di riduzione del rischio idrogeologico e di erosione costiera”.

In particolare, i servizi tecnici consisteranno nella costruzione di un argine in terra, un canale a cielo aperto, un ponte per consentire l'attraversamento del canale sotto la strada provinciale n. 136 “Maruggio – Manduria”, un attraversamento in corrispondenza di una strada comunale realizzato mediante l'installazione di un elemento scatolare in calcestruzzo prefabbricato e, infine, una staccionata a protezione del canale.

Più precisamente, i contenuti di codesto elaborato vertono sullo studio delle caratteristiche topografiche, geologiche, geomorfologiche, idrografiche e idrogeologiche e sulla caratterizzazione geotecnica del sottosuolo delle aree ove saranno eseguite le opere di progetto, in ottemperanza alle vigenti norme di legge.

Nella fase preliminare, lo scrivente ha acquisito un congruo numero di informazioni, provenienti da studi pregressi e appartenenti alla letteratura scientifica e tecnico - professionale di pertinenza, sulle aree di intervento e su un loro intorno; tali ricerche sono documentate attraverso precise referenze bibliografiche, citate sia nel testo che nel paragrafo finale. Nella fase esecutiva, invece, lo scrivente, in stretta sinergia con i progettisti, ha acquisito nuove ed esaustive informazioni dall'esecuzione sia di indagini dirette (sondaggi geognostici a carotaggio continuo) e sia di prove di laboratorio, nonché di prove geofisiche (sismica ed elettrica), per definire, in funzione delle *costruende* opere di progetto, il modello geologico e stratigrafico del sottosuolo, nelle aree di intervento.

Pertanto, il testo delle pagine seguenti descriverà sia la letteratura scientifica che quella tecnico - professionale di pertinenza, nonché i risultati delle investigazioni indirette e dirette del suolo e del sottosuolo, emersi dopo la campagna delle indagini *in situ* compiute il 29 novembre e il 12 dicembre 2022, utili alla definizione del modello geologico, in ossequio alle principali normative (Decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni, DPR 207/2010 per la parte ancora in vigore).



Per effettuare la modellazione geologica del suolo e del sottosuolo dei luoghi di intervento, lo scrivente si è avvalso di:

- letteratura scientifica di pertinenza geologica relativa alla Cartografia Ufficiale (Foglio 203 “Brindisi” e Foglio 213 “Maruggio” della Carta Geologica d’Italia, in scala 1:100.000, redatte dal Servizio Geologico Nazionale e relative Note Illustrative; Carta Geologica delle Murge e del Salento di Ciaranfi *et al.*, 1988). È d’uopo ricordare che il territorio d’indagine non è stato ancora coperto dalla Carta Geologica Regionale (CAR.G.), in scala 1:50.000;
- cartografia tematica del Sistema Informativo Territoriale (SIT) della Regione Puglia;
- informazioni tecnico - professionali provenienti da studi geologici pregressi, compiuti su aree limitrofe a quelle di intervento;
- informazioni provenienti da uno speditivo rilevamento geologico e geomorfologico della superficie del terreno, eseguito nelle aree degli interventi progettuali e in un loro intorno;
- informazioni provenienti da studi pregressi riguardanti il deflusso delle acque superficiali (idrografia) e la circolazione idrica relativamente alla falda profonda (idrogeologia);
- nuove informazioni scaturite sia da indagini indirette di tipo geofisico (sismica ed elettrica) che da indagini dirette (perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo) e da prove geotecniche di laboratorio.

In sintesi, questo elaborato approfondirà alcuni aspetti fondamentali, inerenti 1) la bibliografia di pertinenza geologica e geomorfologica con specifico riguardo agli studi tecnico - professionali e scientifici compiuti in precedenza da altri Autori su aree vicine a quelle di intervento, 2) un nuovo approccio metodologico in riferimento alle indagini dirette e indirette e alle prove geotecniche di laboratorio, eseguite per lo specifico sito di intervento, 3) la classificazione sismica del sottosuolo di fondazione nel luogo in cui saranno realizzate le nuove opere, 4) i rapporti esistenti tra i luoghi di intervento e i principali strumenti di pianificazione della Regione Puglia, quali il Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall’*ex* Autorità di Bacino della Puglia (ora afferente al Distretto Idrografico dell’Appennino Meridionale) e approvato nel 2005, il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) del 2015 con i relativi aggiornamenti e, infine, il Piano di Tutela delle Acque (PTA) del 2009 con la proposta di aggiornamento 2015 - 2021 adottata dalla Regione Puglia.



2 INTRODUZIONE ALL'ARGOMENTO E DESCRIZIONE DELLE OPERE PROGETTUALI

Le opere che i progettisti intendono costruire nel territorio comunale di Maruggio consistono nella realizzazione:

- di un argine a difesa dell'abitato di Maruggio e al fine di convogliare le acque verso la zona a est del centro abitato; l'argine ha un'altezza pari a circa 1,5 m dal piano campagna e ha una larghezza in sommità pari a 3 m; esso sarà realizzato a monte del Canale Cupo e si svilupperà in direzione ONO - SE. L'argine si compone di due parti: la prima a monte del canale con lunghezza pari a 870 m e la seconda a valle del canale con lunghezza pari a 290 m. La forma dell'argine sarà a trapezio rettangolo e il lato di monte sarà verticale e costituito da una palizzata in legno. Per la costruzione degli argini sarà utilizzato il terreno di scavo, compatibilmente con le caratteristiche chimiche, fisiche e meccaniche; si precisa che l'argine avrà un andamento sinuoso in modo da ridurre il numero di ulivi da espiantare e ripiantare. La sua ubicazione può essere individuata da due coppie di coordinate riferite ai suoi due punti estremi: il primo punto, posto a ONO, ha coordinate 40.3381 latitudine Nord e 17.5656 longitudine Est; il secondo punto, posto a Sud - Est, ha coordinate 40.3289 latitudine Nord e 17.5824 longitudine Est;
- di un canale a cielo aperto, per una lunghezza pari a circa 650 m, che si estende a Nord dell'abitato di Maruggio e che interessa il territorio in corrispondenza dell'intersezione con la strada provinciale n. 136. La sezione prevista del canale è di tipo trapezoidale e le sue sponde avranno pendenza pari a 1:1 per tutta la sua lunghezza; la larghezza dell'alveo del canale sarà variabile tra 8 e 12 m. Il canale presenta due attraversamenti: il primo, subito a monte con la strada comunale, dove è prevista l'installazione di un elemento scatolare in calcestruzzo prefabbricato e, il secondo, con la strada provinciale dove il canale sarà rivestito, sia in alveo che lungo le sponde, da materassi tipo "Reno", costituiti da una rete metallica a doppia torsione a maglia esagonale, che saranno poi riempiti con pietre formando delle strutture monolitiche flessibili e permeabili. I materassi interesseranno un'area del canale di lunghezza pari a 50 m e saranno opportunamente ancorati al terreno al fine di evitare fenomeni di scivolamento dei medesimi; inoltre, all'intersezione con la strada provinciale n. 136 si prevedrà la realizzazione di un ponte in calcestruzzo. Lungo le sponde del canale sarà realizzata una staccionata in legno per delimitare l'opera e per proteggerla da eventuali rischi connessi alla caduta accidentale di qualsiasi tipo di materiale;
- di un ponte a un'unica campata di 12 m, realizzato mediante scatolare in calcestruzzo armato, per consentire l'attraversamento del canale sotto la strada provinciale n. 136 che collega Maruggio a Manduria e viceversa. Le coordinate del ponte, misurate nel punto intermedio fra le due pile (distanti fra loro 12 m e profonde 5,5 m dal piano campagna), sono circa 40.3324 latitudine Nord e 17.5782 longitudine Est, nel sistema di riferimento WGS84 UTM zona 33 Nord.
- di un attraversamento della strada comunale. Il canale ha origine a monte dell'attraversamento con la strada comunale e, per dare continuità allo stesso canale, sarà installato un elemento scatolare in calcestruzzo prefabbricato per permettere il naturale deflusso dell'acqua al di sotto del piano stradale.

Le opere di sistemazione idraulica sono necessarie poiché, nell'evenienza di eventi piovosi intensi, le acque di ruscellamento e quelle areali raggiungono da Nord il paese, provocando allagamenti e, di conseguenza, aumentando i



livelli di pericolosità idraulica e di rischio sia per gli esseri umani, la flora e la fauna che per le aree di intervento e per quelle circostanti, occupate da uliveti e boschi. I frequenti allagamenti sono causati, oltre che da eventi meteorici di forte intensità che si manifestano soprattutto in autunno e inverno, anche da una carenza di opere di contenimento, nonché da una scarsa e poco assidua azione di manutenzione e ripulitura delle aree alluvionali.

Il lavoro si è articolato in quattro fasi. La prima riguarda la ricerca bibliografica di pertinenza per acquisire le necessarie informazioni tecnico - scientifiche preliminari e focalizzare la conoscenza del territorio; la seconda si incentra sulle osservazioni superficiali in campagna; la terza avvia la programmazione del piano delle indagini, indirette e dirette, sul campo, nonché delle prove da eseguire in laboratorio. La quarta e ultima fase concerne la stesura del *report*.

In via preliminare, lo scrivente ha compiuto uno speditivo rilevamento della superficie del terreno, al fine di conoscere le caratteristiche dei litotipi affioranti e dei morfotipi dei luoghi di intervento e di un loro intorno. In seguito, mirando alle soluzioni progettuali con riferimento al ponte e ai brevi tratti sottostanti del canale e dell'argine, lo scrivente ha programmato con gli ingegneri progettisti, dapprima, le indagini indirette che consistono 1) nell'esecuzione di prove sismiche (una *MASW*, *Multichannel Analysis of Surface Waves* associata a due tomografie sismiche a rifrazione, una in onde P e un'altra in onde S), utili per definire i parametri sismici e l'azione sismica di progetto, nonché per restituire le sezioni sismostratigrafiche e 2) nell'esecuzione di una tomografia elettrica per ricostruire la stratigrafia dei luoghi, localizzare eventuali faglie sepolte altrimenti non riscontrabili, individuare eventuali cavità sotterranee come quelle dovute, ad esempio, alla dissoluzione delle rocce carbonatiche, rilevare la presenza della falda e distinguere corpi costituiti da materiali anomali rispetto a quelli circostanti; poi, le indagini dirette, che consistono in due sondaggi a carotaggio continuo eseguiti a una distanza di 80 - 100 m dalle pile del *costruendo* ponte con prove sismiche *down-hole*, nel prelievo di campioni indisturbati e in appropriate analisi geotecniche di laboratorio, in modo da ottenere una ricostruzione ottimale del modello geologico del sottosuolo. A seguito di un sopralluogo, effettuato il 28 novembre 2022 dal Dott. Ing. Gianluca Perrone, dallo scrivente Dott. Geol. Francesco Forte e dalla ditta Geoprove s.r.l. esecutrice delle indagini in campagna e rappresentata dal Dott. Geol. Marcello De Donatis, si è optato di eseguire i sondaggi diretti e indiretti nella seconda piazzola di sosta, posizionata a destra della SP136 a una distanza di 80 - 100 m in direzione Nord verso Manduria rispetto alla prima banchina che sarà interessata dalle costruende opere progettuali (ponte, argine, canale), per i seguenti motivi:

- il terreno della prima banchina è molto più accidentato rispetto a quello della seconda piazzola di sosta e ciò rendeva difficile l'approntamento e il corretto equilibrio della macchina durante l'esecuzione delle operazioni di perforazione;
- la prima banchina rispetto alla seconda piazzola di sosta è leggermente più stretta e meno lunga; il posizionamento della macchina perforatrice nella seconda banchina risultava, quindi, essere più agevole anche per non ostacolare il traffico dei veicoli sulla SP136 in direzione Nord, verso Manduria.

I progettisti non hanno ritenuto opportuno eseguire indagini, sia lungo l'argine che lungo il canale al di fuori della zona del *costruendo* ponte, poiché queste opere hanno basso impatto e modesta rilevanza ai fini fondazionali.

L'ultima fase di queste operazioni si è attuata con la stesura di questa relazione geologica che, quindi, rappresenta la sintesi delle conoscenze acquisite e usate in maniera critica per maturare le ipotesi progettuali.



3 UBICAZIONE GEOGRAFICA DELLE OPERE DI PROGETTO E LINEAMENTI TOPOGRAFICI DEL TERRITORIO

Le opere ricadranno in un'area che è compresa in parte nel Foglio 203 “Brindisi” e, per la restante parte, nel Foglio 213 “Maruggio”, entrambi in scala 1:100.000, della Carta Topografica d'Italia redatta dall'Istituto Geografico Militare Italiano (IGMI, 1947 – 1948), più precisamente nelle Tavole 203 III SO, 213 IV NE e 213 IV NO, in scala 1:25.000. Il ponte, invece, che sarà realizzato lungo l'asse della strada provinciale n. 136, all'intersezione tra questa e il canale, passando sopra quest'ultimo per non interrompere il flusso del traffico veicolare di ingresso e di uscita da Maruggio, ricadrà solamente nella tavoletta 213 IV NE. Le opere di sistemazione idraulica rappresentate dall'argine e dal canale saranno posizionate nella parte settentrionale dell'abitato, a circa 300 m da questo nei punti più vicini, e si allungheranno in direzione ONO – SE (Figg. 1a e 1b; Tavola 1). La viabilità di accesso alle zone che saranno interessate dagli interventi progettuali (Fig. 2) è rappresentata principalmente dalla SP136 che collega Maruggio a Manduria e viceversa (Fig. 3) e da due strade rurali: la prima, uscendo dal paese, a sinistra della SP136, ha l'asse in direzione Sud – Nord; la seconda, poco al di fuori dell'abitato di Maruggio, a destra della medesima strada provinciale, ha l'asse in direzione Ovest – Est.

Dal punto di vista geografico, il territorio di Maruggio si trova nella parte meridionale della provincia di Taranto e confina a Nord con il comune di Sava, a Sud con il Mar Ionio, a Est con il comune di Manduria e a Ovest con quello di Torricella. Il centro abitato è ubicato in un'avvallamento naturale, a un'altitudine media di 26 m s.l.m., a circa 30 Km a Est di Taranto, ai piedi delle Murge tarantine, nel Salento nord - occidentale. Il comune comprende anche la frazione di Campomarino, la quale si affaccia sul Mar Ionio per circa 9 Km.

Dal punto di vista topografico, il territorio è generalmente subpianeggiante e, a luoghi, lievemente ondulato, con quote altimetriche che variano al variare della distanza (Fig. 4). In particolare, i tracciati dell'argine e del canale si attestano a quote gradualmente decrescenti da Nord a Sud (da circa 60 m a circa 50 m s.l.m.) e da Ovest verso Est (da circa 65 m a circa 45 m s.l.m.). I valori medi della pendenza, in questa area, toccano appena l'1%, sia in direzione Nord – Sud che in quella Ovest – Est.

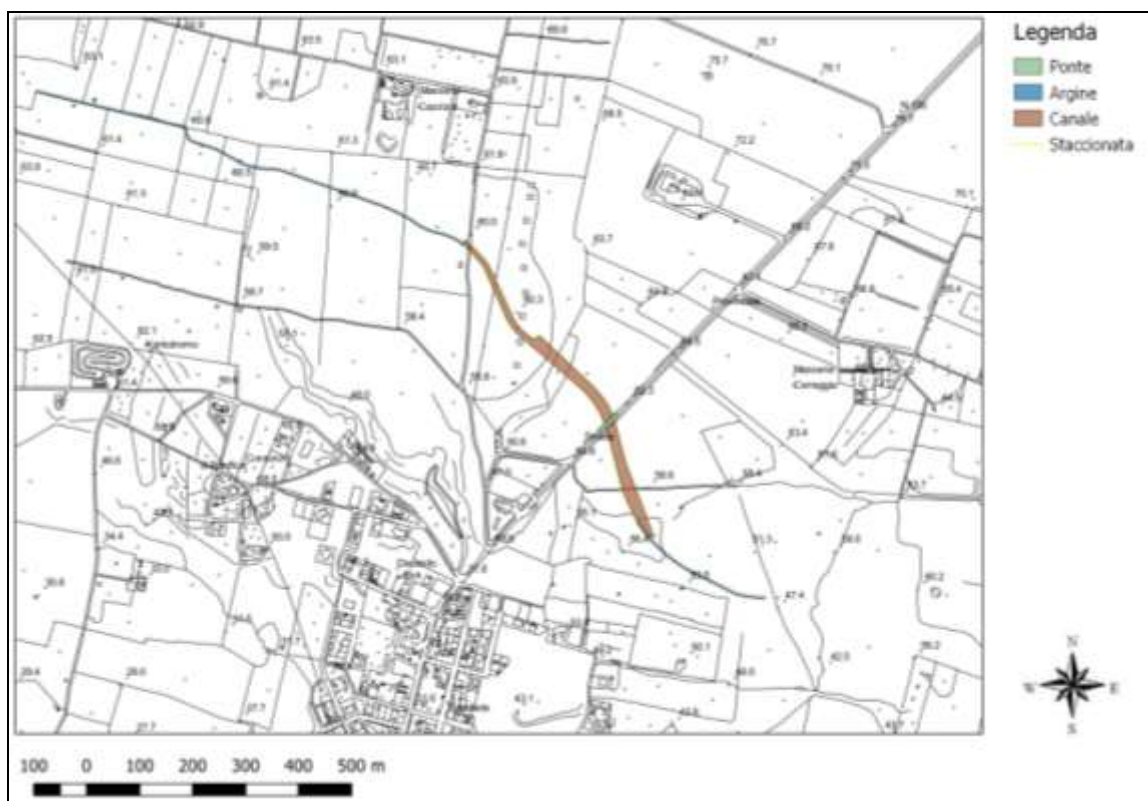


Fig. 1a – Ubicazione delle opere di progetto, nel territorio comunale di Maruggio (TA), su Carta Tecnica Regionale.



Fig. 1b – Opere di progetto localizzate a breve distanza dall’abitato di Maruggio (TA) e individuate su ortofoto del 2016.



Fig. 2 – Tratto di campo, ora occupato da uliveti sparsi e situato a sinistra della SP136 che collega Maruggio a Manduria, destinato alla realizzazione del canale.



Fig. 3 – Piazzola di sosta, tratto stradale e bosco, ubicati a sinistra della SP136 che collega Manduria a Maruggio, destinati alla realizzazione del canale.



Fig. 4 – Topografia del centro abitato di Maruggio e di un suo ampio intorno, osservata mediante un Modello Digitale del Terreno (DTM); nell’illustrazione si notano i terrazzi marini, disposti in direzione Est - Ovest (da IA.ING s.r.l., 2021).



4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1 Caratteristiche generali desunte dalla letteratura di pertinenza

Generalmente, le aree interessate dalle *construende* opere di progetto e il loro intorno non sono contraddistinte da importanti evidenze tettoniche, secondo quanto è descritto nella letteratura bibliografica di pertinenza e sulla scorta di uno speditivo rilevamento di campagna. Tuttavia, si può dedurre che la successione litostratigrafica nel sottosuolo possa essere stata controllata da movimenti tettonici che hanno formato, su ampia scala, strutture plicative così estremamente blande da far apparire l'assetto strutturale locale di tipo “tabulare” o di tipo “a monoclinale”. Mancano macrofratture, come le faglie, riconducibili a uno stile tettonico di tipo disgiuntivo, tali da poter causare fenomeni di instabilità o situazioni di rischio sismico. Dunque, il sottosuolo di queste aree risulta essere, nel complesso, tettonicamente stabile.

a) Definizione dei litotipi secondo la Carta Geologica d'Italia

In ossequio ai Fogli 203 “Brindisi” e 213 “Maruggio” della Carta Geologica d'Italia redatti da Rossi (1969) per conto del Servizio Geologico Nazionale (Tavola 2), il basamento roccioso sul quale saranno realizzati l'argine, il canale e il ponte è costituito dalla Formazione carbonatica del Cretaceo (Cenomaniano e, forse, Turoniano), nella fattispecie le Dolomie di Galatina sulle quali giacciono, in trasgressione e nelle aree circostanti, la Formazione delle Calcareni del Salento argillose giallastre (Pliocene superiore – medio ?) e la Formazione delle Calcareni del Salento (Pleistocene) nel duplice aspetto dei calcari bioclastici grigio chiari, ben cementati e ricchi di fossili e dei calcari e calcari tipo panchina con ricca fauna, ricoperti da terra bruno - rossastra.

Pertanto, nei suddetti Fogli, in un esteso intorno delle aree nelle quali saranno realizzate le opere di progetto, si osservano le seguenti Formazioni geologiche, descritte in ordine cronologico, dalla più antica alla più recente, utilizzando le denominazioni convenzionali dei relativi Fogli della Carta Geologica d'Italia e le pertinenti Note Illustrative:

- **Dolomie di Galatina (Cretaceo, Cenomaniano e, forse, Turoniano);**
- **Calcareni del Salento (Pliocene superiore – medio ?);**
- **Calcareni del Salento (Pleistocene).**

Dolomie di Galatina (indicate con le sigle C⁷⁻⁶ e C⁸⁻⁶; Cenomaniano e, forse, Turoniano)

Il basamento dell'area è costituito da una potente successione carbonatica mesozoica dello spessore di alcune migliaia di metri. Essa affiora nel sito degli interventi, poco a Nord dell'abitato di Maruggio, laddove le quote topografiche aumentano, ovverosia in corrispondenza delle ultime propaggini delle “Serre salentine”. La Formazione geologica è rappresentata da litotipi quali 1) dolomie e calcari dolomitici, grigi, talora bituminosi; in alcuni livelli la dolomitizzazione si è compiuta durante la prima diagenesi (dolomitizzazione penecontemporanea, dimostrata dalla grana assai minuta, dalla porosità scarsa, dalle strutture originarie ben conservate), mentre in altri livelli, più frequenti, la dolomitizzazione è di diagenesi tardiva (grana più grossa, porosità notevole, strutture originarie praticamente scomparse), 2) calcari micritici,



chiari, spesso laminari, 3) calcari a intraclasti, 4) calcari a *pellets*, 5) calcari a bioclasti, 6) brecce calcaree. I calcari dolomitici e le dolomie grigio - nocciola presentano fratture irregolari, mentre i calcari sono grigi e, spesso, vacuolari. Tra i fossili è frequente *Apricardia carantonensis* (D'ORB.); la microfauna è scarsa e rappresentata da *Miliolidae*, *Ophthalmidiidae* e *Textulariidae*.

Calcareniti del Salento (indicate con la sigla P³; Pliocene superiore - medio ?)

Nei Fogli geologici 203 e 213, rispettivamente “Brindisi” e “Maruggio”, l'orizzonte affiora ai margini di antiche depressioni, occupate dal mare plio - pleistocenico, sulle scarpate di raccordo tra queste e le Serre di periodo cretacico. Esso è rappresentato da vari lembi più o meno estesi, spesso allungati, ben raccordati l'uno all'altro, a quote variabili da 60 ai 70 m circa e ubicati, poco al di sopra delle opere di progetto, tra l'abitato di Maruggio e quello di Manduria.

Il litotipo prevalente è costituito da calcareniti argillose giallastre, più o meno cementate in banchi generalmente potenti (spessore ≥ 1 m) e non molto netti.

Nelle zone prossime al contatto di discordanza, nel caso specifico col Cretaceo, le calcareniti argillose passano a calcari più puri, molto porosi, di colore grigio-chiaro. In corrispondenza del contatto possono esservi lenti di brecce e conglomerati, con frammenti provenienti dal materiale al quale sono accostate.

I fossili, sia interi che in frammenti, sono molto frequenti e sono rappresentati da Lamellibranchi, Gasteropodi, Echinidi, Cirripedi, ecc. e abbondante microfauna a Foraminiferi e Ostracodi. Nonostante l'abbondanza dei microfossili, le associazioni cronologicamente significative non sono molto frequenti. Oltre alle forme precedenti sono anche presenti *Uvigerina peregrina* CUSH., *Hasterigerina mammilla* (WILL.), *Elphidium crispum* (LIN.), *Planorbulina mediterraneensis* D'ORB., *Cibicides boveanus* (D'ORB.), *Cibicides refulgens* (MONT.). Non è possibile stabilire con certezza se la Serie stratigrafica appartenga solo al Pliocene superiore oppure appartenga in parte anche al Pliocene medio.

Ai bordi esterni dei vari lembi, l'orizzonte in questione è spesso tagliato da una superficie di erosione, che rappresenta una antica linea di costa.

La potenza è determinabile solo in base ai dati dei pozzi scavati per ricerche di acqua. Mentre nel Foglio 203 “Brindisi” essa sembra essere, al massimo, una cinquantina di metri, nel Foglio 213 “Maruggio”, laddove ricopre un truogolo scavato nel periodo cretacico, ha uno spessore intorno a 130 m.

Le caratteristiche litologiche e paleontologiche permettono di precisare che l'ambiente di deposizione è di mare poco profondo, tra il neritico e il litorale.

Calcareniti del Salento (indicate con la sigla Q²; Pleistocene)

Esse sono rappresentate da calcari bioclastici ben cementati ricchi di fossili non indicativi: *Elphidium complanatum* (D'ORB.), *E. crispum* (LIN.), *Discorbis orbicularis* (TERQ.), *Ammonia beccarii* (LIN.), *Cibicides floridanus* (CUSH). In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene. Nel Foglio 213 “Maruggio”, all'esterno delle alture cretache, denominate localmente “Serre”, si estendono due ampi terrazzi marini, il più alto dei quali è



distribuito a quote leggermente decrescenti, da 30 - 40 m nelle aree più interne a 15 - 20 m sui bordi esterni. Il terrazzo inferiore, che si raccorda con quello superiore mediante una scarpata relativamente ripida, occupa la fascia più esterna, fino alla linea di costa. Il terrazzo più alto è occupato da calcari bioclastici ben cementati, porosi, di colore grigio chiaro; la loro potenza sembra raggiungere circa 50 m. La succitata associazione microfaunistica è, cronologicamente, poco significativa.

È possibile avere qualche indicazione più precisa sull'età del sedimento in base ai rapporti stratigrafici. Esso, nella parte meridionale del Foglio 213 “Maruggio”, si accosta in netta discordanza, lungo un'antica linea di costa, all'orizzonte del Pliocene superiore: quindi, dovrebbe essere di periodo pleistocenico.

Calcareniti del Salento (indicate con la sigla Q³; Pleistocene)

Le Calcareniti del Salento sono costituite da calcareniti e calcari tipo panchina, con ricca fauna non indicativa a *Elphidium crispum* (LIN.), *Bulimina marginata* (D'ORB.), *Cassidulina laevigata* (D'ORB.) var. *carinata* (SILV.), *Uvigerina peregrina* (CUSH.), *Sphaeroidina bulloides* (D'ORB.), *Cibicides boueanus* (D'ORB.), *Cibicides floridanus* (CUSH). Esse sono in trasgressione sulla Formazione siglata con Q² oppure sulla Formazione geologica cretacea. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

Questo orizzonte caratterizza il terrazzo marino inferiore del Foglio 213 “Maruggio”; in esso la microfauna è cronologicamente poco indicativa. Tuttavia, poiché l'orizzonte si addossa a una linea di costa tagliata, spesso nell'orizzonte prima descritto, esso deve ritenersi successivo a quest'ultimo.

È inoltre probabile, per ragioni altimetriche, che sia coevo ai livelli calcarenitici nelle vicinanze di Gallipoli, attribuiti al Tirreniano in base alla presenza di *Strombus bubonius* (LAM.).

b) Definizione dei litotipi secondo la Carta Geologica delle Murge e del Salento

Osservando un estratto della Carta Geologica delle Murge e del Salento (Tavola 3) di Ciaranfi *et al.* (1988), le Formazioni geologiche, presenti in un esteso intorno delle aree di studio e descritte dalla più antica alla più recente, sono le seguenti:

- **Calcere di Altamura (Cretaceo, Turoniano superiore ? – Maastrichtiano);**
- **Calcarenite di Gravina (Pliocene medio ? – Pleistocene inferiore);**
- **Depositi di spiaggia e di piana costiera (Pleistocene medio e superiore);**
- **Depositi alluvionali (Pleistocene medio e superiore – Olocene).**

Calcere di Altamura (Cretaceo, Turoniano superiore ? – Maastrichtiano)

Esso è rappresentato da una successione carbonatica di piattaforma interna, caratterizzata da ripetute sequenze cicliche di mare sottile (tidale, lagunare), con sedimentazione compensata da subsidenza; lacune stratigrafiche nella parte alta della successione sono testimoniate da *facies* di soglia; sono presenti micriti ad alghe, calcareniti a foraminiferi e frequenti livelli con Rudiste; nella parte alta, si osservano calcareniti, calciruditi e *patch reef* a Rudiste.



Calcarenite di Gravina (Pliocene medio ? – Pleistocene inferiore)

Esse sono costituite da depositi calcarenitici e calciruditici, in *facies* litorale, con foraminiferi, alghe, molluschi ed echini.

Depositi di spiaggia e di piana costiera (Pleistocene medio e superiore)

Si tratta di un complesso di depositi di spiaggia e di piana costiera, riferibile a numerose Unità litostratigrafiche terrazzate in vari ordini, collegate a distinte fasi eustatico - tettoniche (sabbie, conglomerati, calcareniti e calcari coralgali).

Depositi alluvionali (Pleistocene medio e superiore – Olocene)

Nella Formazione sono inclusi depositi alluvionali antichi, recenti e attuali; depositi recenti e attuali di spiaggia emersa; dune costiere.

c) Definizione dei litotipi secondo uno studio a carattere tecnico - professionale

Stani (2009), nella sua relazione geologica e idrogeologica dal titolo “Studio di analisi del comportamento idraulico della rete idrografica nella situazione attuale del comune di Maruggio e verifica dell’efficacia degli interventi di sistemazione idraulica”, afferma che le Formazioni geologiche caratterizzanti il territorio del medesimo comune e descritte in ordine cronologico, dalla più antica alla più recente, sono le seguenti:

- **Calcere di Altamura: calcari e calcari dolomitici (Cretaceo);**
- **Calcarenite di Gravina: calcareniti (Pleistocene inferiore);**
- **Argille Subappennine: argille (Pleistocene);**
- **Depositi Marini Terrazzati (Pleistocene superiore);**
- **Depositi dunari attuali e recenti, palustri ed eluviali (Olocene).**

Calcere di Altamura (Cretaceo)

I calcari e i calcari dolomitici affiorano estesamente a Nord dell’abitato di Maruggio e si estendono su tutta l’area settentrionale con direzione NO-SE. Generalmente, essi presentano una stratificazione piano - parallela di vario spessore; talora, lo spessore degli strati supera il metro costituendo veri e propri banchi. Le rocce sono caratterizzate da fratture con inclinazione generalmente subverticale e direzione prevalente NNE-SSO, NO-SE e Nord - Sud. Le fratture sono spesso interessate da fenomeni di dissoluzione chimica e sono riempite di terra rossa. Sotto il profilo litologico si tratta di calcari micritici e calcari dolomitici a frattura irregolare, a granulometria più o meno fine, di colore avano, a luoghi contenenti cristalli di calcite, alternati a dolomie grigie e nocciola.

Calcarenite di Gravina (Pleistocene inferiore)

Le calcareniti sono trasgressive sulla Formazione carbonatica mesozoica e si sovrappongono a questa in discordanza angolare. Localmente, la superficie di contatto è rimarcata dalla presenza di un livello di brecce calcaree ben cementato.



Si tratta di calcareniti detritiche a granulometria molto variabile, da ruditica a siltitica, altamente porose e scarsamente diagenizzate, di colore grigio chiaro o bianco - giallastro, spesso associate a sabbioni calcarei. Si presentano in struttura massiva, non stratificate.

Argille Subappennine (Pleistocene)

Le Argille Subappennine affiorano saltuariamente in corrispondenza dell'abitato di Maruggio, mentre si rinvencono nel sottosuolo dello stesso a profondità variabili.

Esse si sono deposte in continuità di sedimentazione sulla sottostante Calcarenite di Gravina e presentano diffusamente, al contatto con queste, un livello di fanghiglia argilloso - calcarea, a struttura laminare, spesso circa un metro, con piccole conchiglie di ostriche. Procedendo verso l'alto della serie stratigrafica, questi sedimenti non contengono macrofossili, mentre la microfauna è costantemente caratterizzata dalla presenza di *Hyalinea Baltica*.

Tale deposito pelitico si presenta in due *facies*: una prima *facies* argillosa e argilloso - marnosa che passa verso l'alto a una seconda *facies* rappresentata da limi e limi argillosi e/o sabbiosi.

Depositi Marini Terrazzati (Pleistocene superiore)

Essi rappresentano i depositi trasgressivi di chiusura del ciclo sedimentario plio - pleistocenico, poggiano sulle argille e sono riferibili al Pleistocene medio e superiore. Si tratta di calcareniti a grana media e medio - grossolana, disposte in modesti strati o a struttura massiva e costituite da un tritume di clasti calcarei e frammenti di fossili in abbondante cemento sparitico di colore giallo - rosato (Dell'Anna *et al.*, 1978).

I depositi si rinvencono in due terrazzi marini dei quali, il più esterno, si estende fino alla zona costiera.

Depositi dunari (Olocene)

Si tratta di depositi di sabbie calcaree di colore grigio - chiaro, a luoghi a stratificazione incrociata. Lungo il litorale essi danno luogo a dune con scarsa vegetazione e, quindi, mobili, mentre verso l'interno presentano un grado di cementazione più elevato, dando luogo alla formazione di depositi calcarenitici.

Depositi alluvionali (Olocene)

Essi sono presenti in lembi ridotti con uno spessore maggiore nelle zone più depresse o nelle aree interessate dalla presenza di solchi erosivi come, ad esempio, quello presente nell'abitato di Maruggio.



4.2 Caratteristiche locali evidenziate dalle indagini *in situ* e dalle prove di laboratorio

4.2.1 Programmazione della campagna di indagini geognostiche

La campagna di indagini geologiche e geognostiche (Fig. 5), da eseguire nelle vicinanze del ponte (le cui pile sono distanti fra loro 12 m e profonde 5,5 m dal piano campagna) sulla SP136 che collega Maruggio a Manduria e programmata con i progettisti dell'opera, consisterà in:

- n. 1 profilo *MASW* (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) con profondità di indagine fino a 10 m, eseguito parallelamente alla suddetta strada, utile per definire i parametri sismici e l'azione sismica di progetto; inoltre, il profilo restituirà i moduli elastici dinamici;
- n. 2 profili di tomografia sismica a rifrazione, uno in onde P e un altro in onde S, eseguiti parallelamente alla suddetta strada e associati al profilo *MASW*, con elaborazione e restituzione di sezioni sismostratigrafiche;
- n. 1 profilo di tomografia elettrica con profondità di indagine fino a 10 m, utile per 1) ricostruire la stratigrafia dei luoghi, 2) localizzare eventuali faglie sepolte altrimenti non riscontrabili, 3) individuare eventuali cavità sotterranee come quelle dovute, ad esempio, alla dissoluzione di rocce carbonatiche, 4) rilevare la presenza di eventuali piccole falde di acqua e 5) distinguere eventuali corpi costituiti da materiali diversi rispetto a quelli circostanti;
- n. 2 perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo, ciascuna spinta fino alla profondità di 10 m dal piano campagna, contrassegnate dalle sigle P1 e P2 e dovranno essere complete di stratigrafie;
- n. 2 prove *down-hole*, una per ogni perforazione, per determinare le caratteristiche sismostratigrafiche;
- determinazione dell'indice *Rock Quality Designation* di qualità dell'ammasso roccioso, in ciascuna perforazione;

In aggiunta alle suddette indagini saranno eseguite prove di laboratorio su campioni indisturbati di terreno, prelevati durante l'esecuzione delle perforazioni. Esse definiranno puntualmente le caratteristiche fisiche e meccaniche dei materiali terebrati e consisteranno in:

- n. 4 prelievi di campioni indisturbati, due per ogni foro, a diverse profondità:
 - per la perforazione P1: campione C1 da 4,00 m a 4,15 m; campione C2 da 7,00 m a 7,18 m;
 - per la perforazione P2: campione C3 da 5,00 m a 5,20 m; campione C4 da 9,80 m a 10,00 m,con il riconoscimento, la descrizione e la documentazione fotografica del campione;
- determinazione, per ciascuno dei quattro campioni, delle seguenti caratteristiche fisiche:
 - peso specifico P_s ;
 - peso di volume P_v ;
 - grado di compattezza C ;
 - porosità totale n ;
 - coefficiente di imbibizione C_i .
- determinazione, per ciascuno dei quattro campioni, delle seguenti caratteristiche meccaniche:
 - resistenza alla compressione uniassiale o carico di rottura σ_r ;
 - modulo di elasticità normale E (*Young*);

- modulo di elasticità tangenziale o modulo di rigidità G ;
- resistenza al taglio τ .

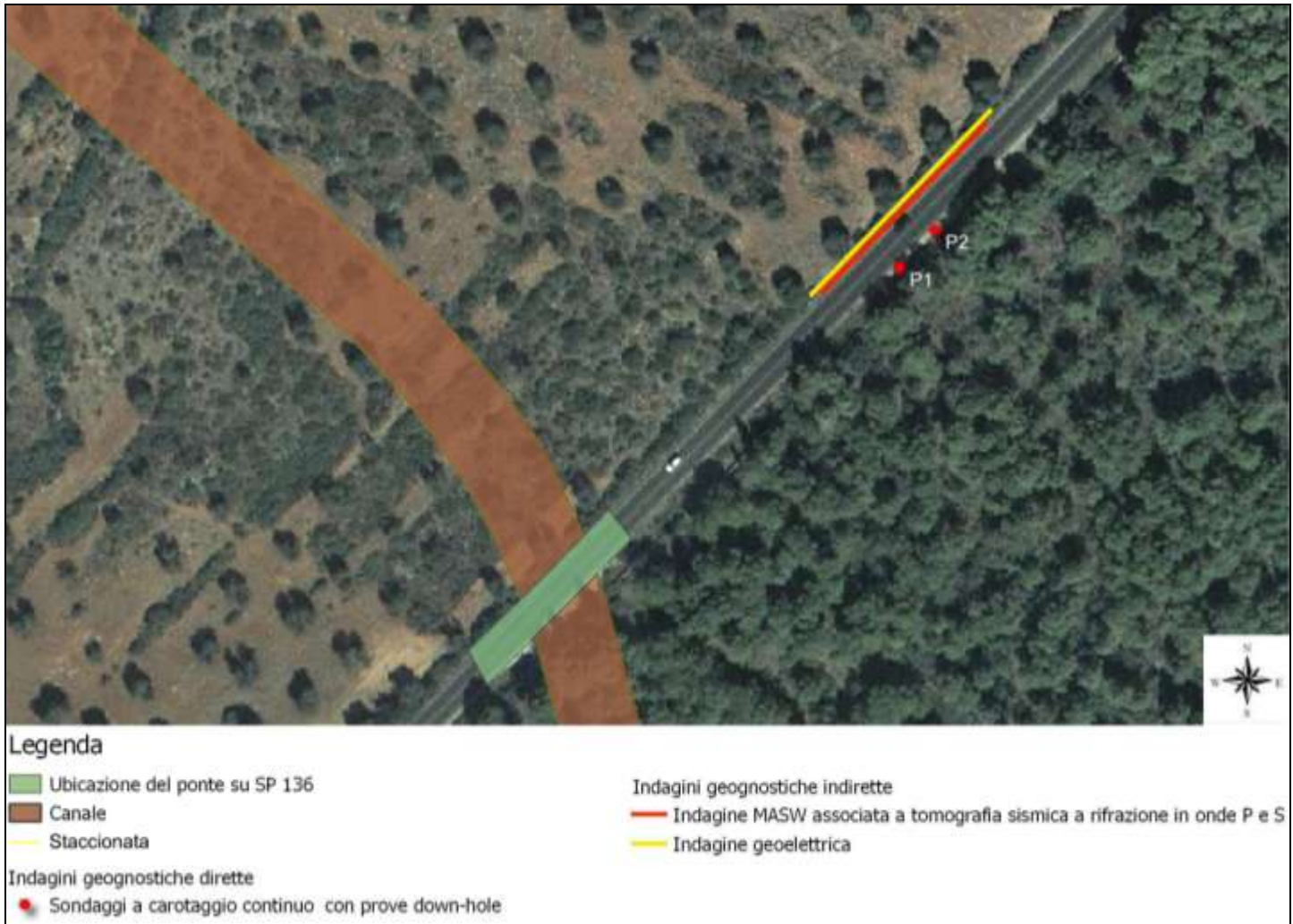


Fig. 5 – Ubicazione su ortofoto delle perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo e delle prospezioni geofisiche, distanti circa 80 - 100 m dal *construendo* ponte sulla strada provinciale n. 136.

4.2.2 Indagini dirette e indirette *in situ*

La campagna delle indagini *in situ*, dirette e indirette, le quali modellano in dettaglio la stratigrafia del sottosuolo dei luoghi di intervento, sotto il profilo geologico, geotecnico e sismico, è stata compiuta il 29 novembre e il 12 dicembre 2022.

Più precisamente, i litotipi sono stati riconosciuti sia mediante stratigrafie di sondaggio e prove di laboratorio su campioni di roccia prelevati dai luoghi di intervento che mediante prove indirette, tutte mirate alla caratterizzazione dei terreni con valori geomeccanici.



Le indagini dirette, programmate e descritte nel precedente paragrafo, sono presentate schematicamente nella Tabella 1 e consistono in due perforazioni, denominate con le sigle P1 e P2, dalle quali sono stati prelevati campioni di roccia a diverse profondità per misurarne i parametri geotecnici. Prima delle indagini dirette sono state eseguite quelle indirette, consistenti in prospezioni geofisiche suddivise, a loro volta, in sismiche ed elettriche.

Sito	Sigla	Tipo di sondaggio e localizzazione	Profondità del sondaggio dal piano campagna (m)	Profondità di prelievo dei campioni di roccia (m)
Strada provinciale n. 136 “Maruggio – Manduria”	P1	Perforazione a carotaggio continuo con prova <i>down-hole</i>	10	C1 da 4,00 m a 4,15 m; C2 da 7,00 m a 7,18 m
	P2	Perforazione a carotaggio continuo con prova <i>down-hole</i>	10	C3 da 5,00 m a 5,20 m; C4 da 9,80 m a 10,00 m

Tab. 1 – Schema riepilogativo dei valori della profondità delle perforazioni a carotaggio continuo e di quelli della profondità di prelievo dei campioni di roccia.

Le due perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo (*vide* Allegato II), attrezzate ciascuna per la prova *down-hole*, sono state eseguite da GEOPROVE s.r.l., sita a Ruffano in Via II Giugno n. 2, mediante sonda a rotazione Casagrande C5 XP-2 (Figg. 6a e 6b), con movimentazioni a cingoli. Inoltre, esse sono state realizzate utilizzando aste e carotieri semplici di diametro esterno $\phi = 101$ mm.

Per ciò che concerne le prove geotecniche da eseguire in laboratorio, sono stati estratti dal carotiere quattro campioni di roccia di lunghezza variabile, da 15 a 18 cm, fino a 20 cm, aventi diametro $\phi = 85$ mm.



Figg. 6a e 6b – Messa in opera della macchina perforatrice per eseguire il sondaggio a carotaggio continuo.

Per ciò che concerne le prospezioni geofisiche, sono state eseguite un'indagine sismica e una geoelettrica. Quella sismica (Fig. 6c), cioè una *MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)* a cui si associano due profili di tomografia a rifrazione, uno in onde P e un altro in onde S, la cui ubicazione è riportata nell'Allegato II e in Figura 5, è stata eseguita mediante un sismografo DAQ LINK – III a 24 bit della “*Seismic Source Co*” con intervallo minimo di campionamento di 0,0208 ms e altissima risoluzione (118 db), lungo un profilo di indagine di 55 m per rilevare le oscillazioni del suolo e del sottosuolo (tomografie a rifrazione).

L'indagine geoelettrica (Fig. 6d), la cui posizione è mostrata nell'Allegato II e in Figura 5, è stata eseguita con una strumentazione multielettrodo della IRIS (il *Syscal Pro*) lungo uno stendimento di 69 m per rilevare la resistività del sottosuolo in esame che consente di individuare eventuali passaggi stratigrafici, cavità ipogee e sottoservizi.



Fig. 6c – Indagine sismica eseguita nei pressi del ciglio stradale destro, andando verso Maruggio.



Fig. 6d – Indagine geoelettrica eseguita nei pressi del ciglio stradale destro, andando verso Maruggio.

Per ciò che concerne l'indagine *MASW*, poiché il substrato sismico (caratterizzato da $V_{s30} > 800$ m/s) risulta affiorante con V_{s30} pari a 1061 m/s (nei primi metri), $V_{s,eq} = 0$, si ha che $V_{s,eq}=0 - V_{s30}$ è pari a 1385 m/s.

Le indagini tomografiche, invece, sono state finalizzate alla caratterizzazione sismostratigrafica del sottosuolo.



Sulla SP136 che collega Manduria a Maruggio, sul lato destro della carreggiata, sono stati eseguiti due profili di tomografia sismica a rifrazione, uno in onde P e un altro in onde S, le cui sezioni sono mostrate nell'Allegato II.

L'elaborazione dei dati ha consentito di ricostruire il sottosuolo secondo due sismostrati, come segue:

- nel 1° sismostrato, con una profondità media di 0,4 - 0,6 m dal piano campagna, $V_P = 370$ m/s e $V_S = 170$ m/s;
- nel 2° sismostrato, sottostante al primo alla profondità di 2 - 3 m dal piano campagna, $V_P = 1450$ m/s e $V_S = 690$ m/s;
- nel 3° sismostrato, sottostante al secondo, V_P aumenta gradualmente con la profondità e il suo valore medio è pari a 2500 m/s; il valore medio della velocità V_S è pari a 1200 m/s.

Per la correlazione tra caratteristiche fisico - dinamiche e quelle geologico - tecniche del sottosuolo, si può ritenere che:

- il 1° sismostrato è rappresentato da terreno vegetale e da terra rossa con pietrame calcareo;
- il 2° sismostrato è rappresentato da litotipi calcarei estremamente fratturati con venature di terra rossa;
- il 3° sismostrato è rappresentato da litotipi calcarei con grado di fratturazione che diminuisce in profondità, passando da un calcare molto fratturato a un calcare fratturato.

Nella Tabella 2a sono mostrati i valori delle velocità sismiche, il coefficiente di *Poisson* ν e i valori dei moduli dinamici *E* (*Young*), *G* (taglio) e *K* (compressibilità), espressi in MPa. Tali valori sono calcolati mediando i pesi di volume emersi dalle prove di laboratorio (per la roccia calcarea).

Spessore medio (m)	V_P (m/s)	V_S (m/s)	ν	γ	<i>E</i>	<i>G</i>	Litotipi
0 ÷ 0,5	370	170	0,36	1,4	111	40	Terra rossa
0,5 ÷ 2	1450	690	0,35	2,38	3068	1133	Calcare estremamente fratturato
> 2	2500	1200	0,35	2,38	9256	3427	Calcare da estremamente fratturato a fratturato

Tab. 2a – Valori dei parametri risultanti dalla tomografia sismica a rifrazione.

Inoltre, sono state eseguite due prove *down-hole*, una per ogni perforazione di sondaggio, utilizzando il sismografo Geode della *Geometrics* con un geofono da foro tridimensionale *3D Twin Borehole Geophone* dell'Ambrogeo. Esse hanno restituito i valori dei seguenti parametri (Tabb. 2b e 2c):

Strato n.	Profondità base (m)	Velocità onde P (m/s)	Velocità onde S (m/s)	<i>Poisson</i> ν	<i>Mod. ed.</i> (MPa)	<i>Young</i> (MPa)	<i>Share</i> (MPa)	<i>Bulk</i> (MPa)	γ (KN/m ³)
1	1,76	1692,31	789,24	0,36	6876,66	4071,27	1495,66	4882,44	23,55
2	5,02	2012,35	931,43	0,36	9618,94	5620,34	2060,73	6871,30	23,29
3	10	2338,03	1109,13	0,35	13316,02	8119,83	2996,68	9320,44	23,89

Tab. 2b – Valori dei parametri risultanti dalla prova *down-hole* nella perforazione di sondaggio P1.

Strato n.	Profondità base (m)	Velocità onde P (m/s)	Velocità onde S (m/s)	<i>Poisson</i> ν	<i>Mod. ed.</i> (MPa)	<i>Young</i> (MPa)	<i>Share</i> (MPa)	<i>Bulk</i> (MPa)	γ (KN/m ³)
1	1,28	1580,25	744,19	0,36	6020,15	3624,88	1335,12	4239,99	23,64
2	4,02	1779,22	845,68	0,35	7413,15	4535,51	1674,77	5180,13	22,96
3	10	2382,47	1154,44	0,35	13906,02	8793,32	3265,06	9552,61	24,03

Tab. 2c – Valori dei parametri risultanti dalla prova *down-hole* nella perforazione di sondaggio P2.



Infine, dall'analisi del profilo di tomografia elettrica eseguito lungo lo sviluppo del *costruendo* ponte e dall'elaborazione dei profili bidimensionali (*vide* Allegato II), si evince che:

- il profilo geoelettrico E1 ha valori di resistività variabili da 95 a 2880 $\Omega \times m$ per la configurazione dipolo - dipolo e da 133 a 2170 $\Omega \times m$ per la configurazione *Wenner*. Nella parte superiore della sezione e fino a una profondità di 0,4 - 0,6 m dal piano campagna, si hanno valori di resistività relativamente più bassi (tra 95 e 200 $\Omega \times m$ in configurazione dipolo - dipolo e da 133 a 230 $\Omega \times m$ per la configurazione *Wenner*); tali valori si possono associare alla presenza di terra rossa con inclusioni di litoidi calcarei. Nella parte inferiore della sezione di resistività, i valori tendono progressivamente ad aumentare assumendo range tipici associabili alla presenza di un deposito calcareo da estremamente fratturato a fratturato, man mano che la profondità aumenta;
- lungo il profilo geoelettrico, non sono presenti cavità carsiche ipogee;
- fino alla profondità di indagine, non si rilevano falde d'acqua.

4.2.3 Modellazione geologico - stratigrafica del suolo e del sottosuolo delle opere di progetto

Come già descritto in precedenza, nell'area di pertinenza degli interventi progettuali regna il basamento roccioso rappresentato dalle Dolomie di Galatina, con un passaggio graduale al Calcere di Altamura man mano che la profondità aumenta. In generale, i litotipi appartenenti a questa Formazione geologica sono rappresentati da calcari dolomitici, da dolomie grigio - nocciola a frattura irregolare e da calcari grigio - chiari, tutti datati al periodo cretaceo. Nell'area meridionale del Foglio 203 “Brindisi”, dove ricadranno gli interventi progettuali, predominano i litotipi calcarei su quelli dolomitici. Nelle immediate vicinanze della SP136, nelle due perforazioni di sondaggio P1 e P2, sono stati determinati i valori dell'indice *RQD* (*Rock Quality Designation*) che sono pari, rispettivamente, a 7,14% e 12,22%. Il valore medio di tale indice fa presupporre che l'ammasso roccioso calcareo è attraversato da molte fratture, evidenti soprattutto nei primi 4 - 5 m della stratigrafia e meno frequenti in profondità, nonché da giunti di stratificazione aventi inclinazioni minori di 10°, nei luoghi situati a Nord - Est di quelli interessati dalle opere progettuali; in prossimità di queste e, a Ovest, nella vallecchia carsica della lama del Canale “Cupo”, invece, le inclinazioni degli strati possono superare i 10°. In generale, quindi, si può affermare che la stratificazione dell'ammasso roccioso calcareo mostra un assetto strutturale “a monoclinale”.

Come già affermato, le perforazioni di sondaggio, denominate P1 e P2, sono state eseguite a una distanza di 80 - 100 m a Nord rispetto alla posizione delle pile del *costruendo* ponte., lungo la strada provinciale n. 136.

Per la modellazione geologico - stratigrafica del sottosuolo del sito di intervento è stata compiuta una correlazione tra i litotipi calcarei descritti nelle due relative stratigrafie di sondaggio. In particolare, dall'alto verso il basso, si osserva uno spessore di 0,3 m di suolo bruno - rossastro; verso il basso si passa a calcari e calcari dolomitici di colore variabile dal biancastro al grigio chiaro, con fratturazioni contenenti materiale di alterazione (terra rossa) alle profondità di 1,70 - 1,80 m e 2,00 - 2,10 m dal piano campagna (sondaggio P1) e con brecce calcaree presenti, nel sondaggio P1, alle profondità di 1,30 - 1,40 m, 3,70 - 4,00 m, 5,20 - 5,50 m, 6,10 - 6,40 m, 7,40 - 7,60 m dal piano campagna e, nel sondaggio P2, alle profondità di 2,00 - 2,80 m e 3,30 - 4,00 m dal piano campagna.



Altrove, nella restante stratigrafia, si osserva un litotipo calcareo e calcareo - dolomitico un po' meno fratturato, specialmente alle profondità di 5,00 - 10,00 m dal piano campagna. Tale litotipo, nelle zone più profonde, è caratterizzato dalla presenza di cristalli e vene di calcite ed è spesso vacuolare e, talora, sono presenti patine di materiale di alterazione di colore rossastro e intercalazioni di sabbioni calcarei (*vide* Allegato II).

Inoltre, poiché l'argine e il canale hanno lunghezze modeste, i caratteri litologici e strutturali sopra descritti possono essere verosimilmente riconosciuti anche lungo i tracciati di queste opere. Con riferimento a questi interventi, pur mancando l'informazione geologica del sottosuolo proveniente da indagini geognostiche, tuttavia lo scrivente ha rappresentato questo litotipo calcareo in otto sezioni litologiche, tracciate trasversalmente all'argine e al canale e distanziate tra loro con passo di poco variabile dall'inizio del primo tronco dell'argine di progettazione fino al *costruendo* ponte e con passo molto variabile a partire da quest'ultimo fino alla fine del secondo tronco dell'argine (*vide* Allegato I).

Infine nell'area d'indagine, come pure in un suo ampio intorno, sono presenti in superficie suoli di colore variabile dal bruno al rossastro, aventi spessori variabile da alcuni decimetri fino a 1 m; essi sono stati originati dagli agenti esogeni locali mediante processi congiunti di disaggregazione fisico - meccanica e di alterazione chimica delle rocce carbonatiche (Fig. 7).



Fig. 7 – Suolo di colore bruno - rossastro, formatosi per disaggregazione fisica e alterazione chimica del basamento calcareo - dolomitico, osservato a Nord - Ovest dell’abitato di Maruggio (TA), poco lontano dal kartodromo.

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

5.1 Caratteristiche morfologiche del sito progettuale e dei dintorni

Dal punto di vista morfologico, i terreni delle *costruende* opere di progetto e quelli di un loro intorno costituiscono, oggi, superfici di modellamento subaereo, ma un tempo erano sommerse dal mare. Infatti, le fasi di ingressione e regressione del mare, avvenute durante il Pleistocene inferiore, hanno generato terrazzi di origine marina, decrescenti in quota man mano che si procede dall’entroterra verso il mare. Nel Foglio Geologico 213 “Maruggio” e nella fascia meridionale estrema del Foglio 203 “Brindisi”, all’esterno delle Serre cretatiche, esistono tre ordini di superfici di terrazzi marini: la prima, più alta e più antica, tra i 60 - 70 m nelle aree più interne fino a 40 - 45 m sui bordi esterni; la seconda, intermedia, è distribuita a quote leggermente decrescenti, da 30 - 40 m nelle zone più interne fino a 15 - 20 m sui limiti esterni. Il terrazzo inferiore, che si raccorda con quello intermedio mediante una scarpata relativamente ripida, occupa la fascia più esterna, fino alla linea di costa. La superficie più elevata e quella intermedia sono caratterizzate da calcari bioclastici ben cementati, porosi, di colore grigio chiaro.

Di fatto, mancano corsi d’acqua a regime perenne. A Sud del sito degli interventi progettuali, si allungano incisioni canalizie che attraversano da Nord a Sud l’abitato di Maruggio, lungo le superfici dei terrazzi marini; queste incisioni



sono rappresentate dalla lama del Canale “Cupo”. In località “Castigno”, a più di 3 Km a Ovest del paese, si estende un secondo canale lungo circa 1,5 Km, denominato “Il Curso”, con il quale sembra raccordarsi, verso Nord, la lama che si genera nei pressi di Masseria “Le Fabbriche” e in località “Monte Spicchiuddo”. Durante i periodi di pioggia tali incisioni, specialmente nei tratti impermeabili coperti da suoli bruno - rossastri o cementati, sono interessate dal deflusso di acqua che, se abbondante, può straripare causando severi allagamenti.

Sul sito delle opere di progetto, a Nord dell’abitato di Maruggio, laddove affiorano i calcari cretatici, il carsismo che si attua, dapprima, con processi di disgregazione fisica e, poi, con quelli di alterazione chimica, assume manifestazioni areali, mai puntuali (si dovrà accertare con le prospezioni geoelettriche), generando così suoli di colore bruno - rossastro. Molto lontano dal sito degli interventi di progetto, pare essere presente una sola cavità naturale, denominata “Ora”, cioè un inghiottitoio che è ubicato poco a Nord di contrada “Le Fabbriche”. Tuttavia, osservando gli elementi morfologici principali contenuti nella Carta idrogeomorfologica dell’Autorità di Bacino distrettuale dell’Appennino Meridionale, della quale la Figura 8 rappresenta un estratto, eccetto per il *layer* tematico delle forme marine che sono state riconosciute invece mediante l’osservazione del Modello Digitale del Terreno (DTM), non sono presenti doline, vore e inghiottitoi nelle aree delle opere progettuali e in tutto il territorio comunale maruggese.

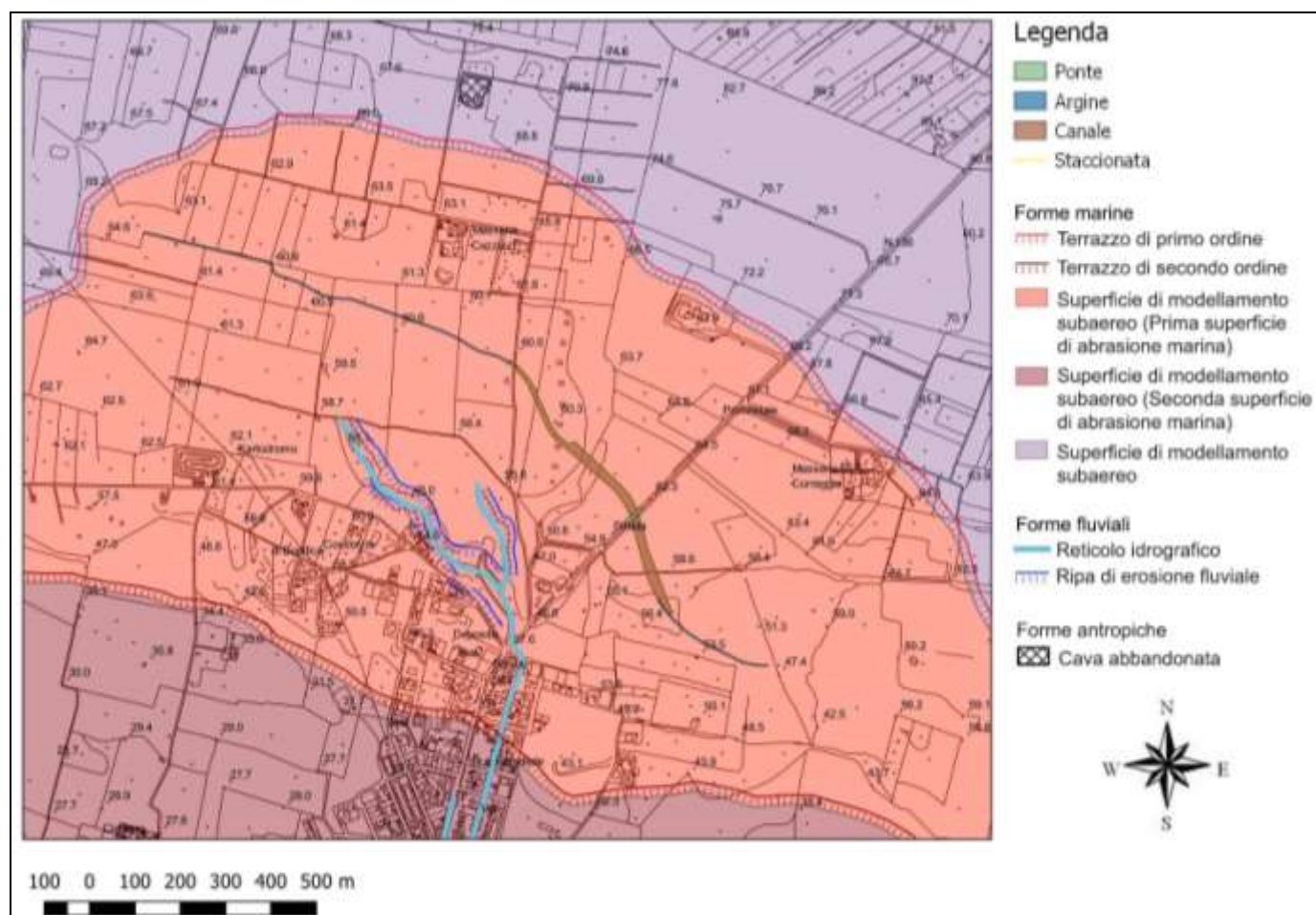


Fig. 8 – Carta degli elementi morfologici principali dell’area delle opere progettuali e di un suo intorno.



La costa è prevalentemente sabbiosa, con tratti rocciosi nella parte orientale, a partire dalla periferia di Campomarino fino alla località “Monaco Mirante” e nelle località di “Capoccia Scorcialupi” e “Acquadolce Cirenaica”, nel versante occidentale del litorale. Il litorale è caratterizzato da tratti di spiaggia in erosione, causata dall’azione del moto ondoso. All'estremità occidentale della costa maruggese si erge, inoltre, il basso promontorio di Monte dell'Ovo, alto circa 15 m. I tratti sabbiosi, in particolare lungo la costa orientale e la località di “Acquadolce Cirenaica”, sono spesso accompagnati da dune recenti e fossili (le dune di Campomarino), alte fino a 12 m, disposte per lunghi tratti in più file parallele e sono sito di interesse comunitario. Le dune, di norma a contatto diretto con la fascia intercotidale, sono costituite da sabbie prevalentemente calcaree e grigio - chiare, prive di cementazione, nelle quali è spesso riconoscibile una stratificazione incrociata. Esse sono in parte coperte da vegetazione costituita da radi arbusti e dalla macchia mediterranea.

Nei pressi di Masseria “Mirante”, in località “Il Boschetto”, a circa 2 Km a Ovest da “Campomarino di Maruggio”, sembra che si osservino efflussi di acqua dolce verso il mare che sono rappresentati, in forma singola o associata, da sorgenti denominate del “Chidro”. Secondo Ricchetti (1987), sul terreno sono sparsi cigli di gradini morfologici.

Infine, a circa 500 m a Nord del *construendo* argine di progetto, si riconoscono anche alcune forme antropiche, per esempio una cava, ora dismessa, nella quale un tempo si estraeva il calcare.

6 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL SOTTOSUOLO NELLE AREE DI INTERVENTO

Nel campo della progettazione delle infrastrutture di Ingegneria civile, in riferimento al caso specifico della costruzione di un ponte sulla SP 136 che collega Maruggio a Manduria e viceversa e a quello della realizzazione di un argine e di un canale, che intersecano tale strada, al fine di mitigare il rischio idraulico, difficilmente si possono avere informazioni dettagliate sulle caratteristiche di resistenza e di deformabilità dell’ammasso roccioso interessato dalla progettazione. Allora diventa importante poter utilizzare uno schema che possa soddisfare le richieste, un metodo empirico che permetta di risolvere i problemi dovuti alla scarsa conoscenza di una determinata area.

Le classificazioni di *Bieniawsky* (1973, 1974, 1989) e Romana (1985) (la seconda è derivata dalla prima, la quale risultava troppo “conservativa”) consentono di soddisfare i quesiti richiesti e le problematiche che si presentano.

La classificazione di *Bieniawsky* si basa sulla valutazione, in laboratorio e in campagna, di sei parametri:

- A1 = resistenza a compressione uniassiale;
- A2 = *Rock Quality Designation Index* (Indice di qualità dell’ammasso roccioso *RQD*);
- A3 = spaziatura delle discontinuità;
- A4 = condizioni delle discontinuità;
- A5 = condizioni idrauliche;
- A6 = orientamento delle discontinuità.

Da questi sei parametri si ricava il *Rock Mass Rating (RMR)* di *Bieniawsky*. Il *Rock Mass Rating*, nella pratica, si differenzia in:



$$RMR \text{ di base} = RMR_b = A1 + A2 + A3 + A4 + A5$$

$$RMR \text{ corretto} = RMR_c = (A1 + A2 + A3 + A4 + A5) + A6$$

6.1 Valore di resistenza a compressione uniassiale (A1)

Il valore della resistenza a compressione uniassiale S_u è stato determinato su campioni dell'ammasso roccioso sia mediante prove di laboratorio (*Point Load Test*) e sia mediante prove speditive (*Standard ISRM*).

6.1.1 La prova *Point Load Test*

Le prove *Point Load* sono state eseguite in laboratorio sui quattro campioni prelevati dall'ammasso roccioso a diverse profondità durante le perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo. Esse hanno restituito quattro valori della resistenza a compressione uniassiale S_u che sono i seguenti:

- campione C1 (sondaggio P1) da 4,00 m a 4,15 m di profondità: $S_u = 33,91$ MPa
- campione C2 (sondaggio P1) da 7,00 m a 7,18 m di profondità: $S_u = 37,86$ MPa
- campione C3 (sondaggio P2) da 5,00 m a 5,20 m di profondità: $S_u = 52,94$ MPa
- campione C4 (sondaggio P2) da 9,80 m a 10,00 m di profondità: $S_u = 53,07$ MPa

Il valore medio della resistenza a compressione uniassiale S_u è pari a 44,445 MPa.

Definito il valore medio della resistenza a compressione uniassiale S_u , è stato definito il valore del primo parametro A1. Essendo state eseguite prove *Point Load*, è risultato più agevole ricavare il valore A1, rispetto alle tabelle e ai grafici proposti da *Bieniawsky*, trasformando i grafici nella forma delle seguenti equazioni (Tab. 3a):

S_u (MPa)	Equazione
$\leq 44,5$	$A1 = (4/44,5) S_u + 1$
$44,5 \div 93,75$	$A1 = (4/49,25) S_u + 1,368$
$93,75 \div 140$	$A1 = (3/46,25) S_u + 2,919$
$140 \div 180$	$A1 = 0,0375 S_u + 6,75$
$180 \div 240$	$A1 = 0,025 S_u + 9$
> 240	$A1 = 15$

Tab. 3a – Determinazione del parametro A1 mediante le equazioni derivanti dai grafici di *Bieniawsky*.

Essendo i valori S_u ricadenti nel primo intervallo ($\leq 44,5$), è stata usata la prima equazione che ha restituito un valore A1 pari a 4,99.

6.1.2 *Standard ISRM*

In via preliminare, mancando prove di laboratorio, il valore S_u è stato stimato osservando la risposta della roccia alla sua percussione con il martello, secondo la seguente classificazione (Tab. 3b):



Comportamento o risposta della roccia	S_u (MPa)
La roccia si incide con l'unghia o si sbriciola con le mani	$0,25 \div 1$
La roccia si sbriciola sotto i colpi della punta, lastre sottili si rompono con facilità con le mani	$1 \div 5$
La punta lascia deboli buchi, lastre sottili si rompono con forti pressioni delle mani	$5 \div 25$
La roccia si frattura con un colpo di martello	$25 \div 50$
La roccia si frattura dopo due - tre colpi di martello	$50 \div 100$
La roccia si frattura solo dopo molti colpi di martello	$100 \div 200$
La roccia si scheggia solamente	> 200

Tab. 3b – Stima del valore S_u in funzione della risposta della roccia alla percussione con il martello o con le mani.

Tale prova speditiva è stata eseguita nella vallecchia carsica della lama del Canale “Cupo”, sull'unico affioramento di roccia esistente in zona, costituito da calcare più dolomitico e distante circa 400 m dal *costruendo* ponte (Fig. 9a). Il risultato di questa prova evidenzia che, sul giunto di stratificazione, la “roccia si scheggia solamente”. Sul bordo, invece, vicino alla testata dello strato, la “roccia si frattura con un colpo di martello” e, quindi, il valore della resistenza a compressione uniassiale S_u ricade nell'intervallo compreso tra 25 e 50 MPa, confermando il valore ottenuto dalla prova di laboratorio. Il valore A1 è stato ottenuto dalla seguente tabella (Tab. 3c), proposta da *Bieniawsky* nell'ultima versione del sistema (1989), ed è pari a 4.

S_u (MPa)	> 200	$100 \div 200$	$50 \div 100$	$25 \div 50$	$5 \div 25$	$1 \div 5$	< 1
A1	15	12	7	4	2	1	0

Tab. 3c – Determinazione del parametro A1 con lo *Standard ISRM*.



Fig. 9a – Risposta della roccia alla percussione con il martello.



6.2 Valore dell'indice di qualità dell'ammasso roccioso (*Rock Quality Designation Index, A2*)

Poiché sono stati eseguiti due sondaggi di perforazione a carotaggio continuo nei pressi del *costruendo* ponte, sono stati ricavati i valori *Rock Quality Designation (RQD)*, da cui si ottiene il coefficiente A2, dal recupero di percentuale di carotaggio riferito alla somma degli spezzoni di carota con lunghezza maggiore o uguale a 10 cm:

$$RQD = [(\sum L_c)/L_f] \times 100$$

dove:

L_c = lunghezza dello spezzone di carota maggiore di 10 cm;

L_f = lunghezza totale del foro di sondaggio pari a 1000 cm.

I valori dell'indice *RQD* sono i seguenti:

- per il sondaggio P1, *RQD* = 7,14%
- per il sondaggio P2, *RQD* = 12,22%

Calcolato il valore medio dell'indice *RQD* pari a 9,68%, è stato ricavato il parametro A2 utilizzando la corrispondente equazione tra quelle seguenti (Tab. 4), che derivano sempre dai grafici di *Bieniawsky*:

<i>RQD</i> (%)	Equazione
$\leq 26,5$	$A2 = (3/26,6) RQD + 3$
$26,5 \div 39$	$A2 = (2/12,4) RQD + 1,71$
$39 \div 76,6$	$A2 = (7/37,6) RQD + 0,739$
$> 76,6$	$A2 = (5/23,4) RQD - 1,367$

Tab. 4 – Determinazione del parametro A2 mediante le equazioni derivanti dai grafici di *Bieniawsky*.

Nel caso specifico, il valore del parametro A2 è pari a 4,09.

6.3 Spaziatura delle discontinuità (A3)

Sull'affioramento roccioso della vallecchia carsica della lama del Canale “Cupo”, è stata misurata la spaziatura media (Fig. 9b), cioè la distanza media tra due discontinuità adiacenti. Con questo valore, è stato ricavato il parametro A3 mediante l'equazione corrispondente, fra quelle indicate nella seguente Tab. 5:

s (m)	Equazione
$\leq 0,2$	$A3 = 15 s + 5$
$0,2 \div 0,4$	$A3 = 10 s + 6$
$0,4 \div 0,66$	$A3 = 7,752 s + 5,9$
$0,66 \div 0,94$	$A3 = 7,067 s + 7,35$
$0,94 \div 1,6$	$A3 = 6,07 s + 8,288$
$1,6 \div 2$	$A3 = 5 s + 10$
> 2	$A3 = 20$

Tab. 5 – Determinazione del parametro A3 mediante le equazioni derivanti dai grafici di *Bieniawsky*.



Nel caso specifico, essendo il valore medio della spaziatura s pari a 0,75 m, la corrispondente equazione ha restituito il parametro $A3$ che è uguale a 12,65.



Fig. 9b – Misura del valore medio della spaziatura tra due discontinuità adiacenti.



6.4 Condizioni delle discontinuità (A4)

Dalle tavole di classificazione di *Bieniawsky*, la determinazione del valore numerico relativo alla condizione delle discontinuità risulta, invece, molto soggettivo.

Perciò, per valutare correttamente il parametro A4 sull'affioramento roccioso della vallecchia carsica della lama del Canale “Cupo”, conviene procedere sommando i coefficienti attribuibili alla persistenza del giunto (V1), all'apertura del giunto (V2), alla rugosità dello stesso (V3), all'alterazione delle pareti (V4) e al materiale di riempimento (V5):

$$A4 = V1 + V2 + V3 + V4 + V5$$

I valori da assegnare sono indicati nelle seguenti tabelle (Tabb. 6a ÷ 6e):

Persistenza del giunto (m)	V1
≤ 1	6
1 ÷ 3	4
3 ÷ 10	2
10 ÷ 20	1
> 20	0

Tab. 6a – Coefficienti V1 sulla base della valutazione della persistenza o continuità del giunto.

Nella fattispecie, essendo il valore della persistenza del giunto compreso tra 1 e 3 m (Fig. 9c), il coefficiente V1 è pari a 4.



Fig. 9c – Valutazione della persistenza o continuità del giunto, lungo la direzione della stratificazione.



Apertura o beanza del giunto (m)	V2
Completamente chiuso	6
< 0,1	5
0,1 ÷ 1	4
1 ÷ 5	1
> 5	0

Tab. 6b – Coefficienti V2 sulla base della valutazione dell’apertura del giunto.

Nella caso particolare, essendo il valore dell’apertura o beanza del giunto maggiore di 5 mm (Fig. 9d), il coefficiente V2 è pari a 0.



Fig. 9d – Misura del valore dell’apertura o beanza del giunto.

Rugosità	V3
Molto rugoso	6
Rugoso	5
Leggermente rugoso	3
Liscio	1
Levigato	0

Tab. 6c – Coefficienti V3 sulla base della valutazione della rugosità del giunto.

Nel caso specifico, essendo i giunti “leggermente rugosi” (Fig. 9e), il coefficiente V3 è pari a 3.



Fig. 9e – Osservazione della rugosità del giunto.

Alterazione	V4
Non alterate	6
Leggermente alterate	5
Mediamente alterate	3
Molto alterate	1
Decomposte	0

Tab. 6d – Coefficienti V4 sulla base della valutazione dello stato di alterazione delle pareti del giunto.

Nella fattispecie, essendo le pareti del giunto “mediamente alterate” (Fig. 9f), il coefficiente V4 è pari a 3.



Fig. 9f – Osservazione dello stato di alterazione del giunto.

Riempimento (mm)	Caratteristiche del materiale di riempimento	V5
-	Assente	6
< 5	Compatto	4
> 5	Compatto	2
< 5	Soffice	2
> 5	Soffice	0

Tab. 6e – Coefficienti V5 sulla base della valutazione dello spessore e delle caratteristiche del materiale di riempimento.

Sull’affioramento è stato osservato che il materiale che riempie le discontinuità è “compatto” e il suo spessore è maggiore di 5 mm (Fig. 9g); pertanto, il coefficiente V5 è pari a 2.



Fig. 9g – Spessore e caratteristiche del materiale di riempimento.

Pertanto, la somma di tutti i coefficienti ottenuti in precedenza restituisce un valore del parametro A4 pari a 12.

6.5 Condizioni idrauliche (A5)

Il valore del parametro A5 è stato ottenuto dalle condizioni idrauliche osservate nella vallecchia carsica della lama del Canale “Cupo”, sul medesimo affioramento roccioso con assetto degli strati “a monoclinale” (Fig. 9h), su un fronte lungo più di 10 m. Dalla Tabella 7 di *Bieniawsky* si ottiene:

Venute di acqua (l/min) su un fronte roccioso lungo 10 m	Nessuna	< 10 l/min	10 ÷ 25 l/min	25 ÷ 125 l/min	> 125 l/min
Condizione	Asciutta	Umidità	Bagnata	Deboli venute	Forti venute
A5	15	10	7	4	0

Tab. 7 – Determinazione del parametro A5 per le condizioni idrauliche dell’ammasso roccioso.

Il fronte dell’ammasso roccioso affiorante risulta pressoché “asciutto” e il valore del parametro A5 è uguale a 15.



Fig. 9h – Affioramento di calcari cretatici con assetto strutturale “a monoclinale”,
sul fianco sinistro della valle carsica della lama del Canale “Cupo”.

6.6 Orientamento delle discontinuità (A6)

Per ciò che concerne l’orientamento delle discontinuità dell’ammasso roccioso affiorante nella vallecorsa carsica della lama del Canale “Cupo”, si applica il coefficiente di correzione di *Bieniawsky* A6, che risulta essere valido per le fondazioni (Tab. 8) e, nello specifico, per quelle del *costruendo* ponte, il quale non sarà edificato su alcuna zona interessata da versanti.

Applicazione	Molto favorevole	Favorevole	Mediocre	Sfavorevole	Molto sfavorevole
Fondazioni	0	- 2	- 7	- 15	- 25

Tab. 8 – Determinazione del parametro A6 per l’orientamento delle discontinuità.

Nella vallecorsa carsica, poiché gli strati dell’ammasso roccioso affiorante hanno un assetto strutturale “a monoclinale”, a “reggipoggio”, con inclinazione variabile da 10° a 15°, con direzione N20°E e immersione N110°E (Fig. 9i), si assume che l’orientamento di tali discontinuità sia “favorevole” e, pertanto, il valore del parametro A6 è uguale a - 2.



Fig. 9i – Giacitura degli strati “a monoclinale” dell’ammasso roccioso.

6.7 Calcolo del *Rock Mass Rating (RMR)*

Identificati tutti i coefficienti per i diversi parametri, sulla base del valore RMR_c corretto calcolato che, nella fattispecie, è pari a 45,74, si attribuisce la classe di appartenenza e la relativa qualità all’ammasso roccioso del sito progettuale, in accordo alle indicazioni illustrate nella Tabella 9:

RMR_c	100 ÷ 81	80 ÷ 61	60 ÷ 41	40 ÷ 21	≤ 20
Classe	I	II	III	IV	V
Descrizione	Molto buona	Buona	Mediocre	Scadente	Molto scadente

Tab. 9 – Classi di appartenenza dell’ammasso roccioso e relative qualità.

Pertanto, nel caso specifico, sulla base del valore RMR_c , l’ammasso roccioso ricade nella classe III e, quindi, possiede caratteristiche “mediocri”.



Dal valore del *Rock Mass Rating* di base (RMR_b), che nella fattispecie è uguale a 47,74, si ricavano, invece, secondo la classificazione di *Bieniawsky*, i parametri caratteristici dell'ammasso roccioso, aventi i seguenti valori:

- coesione $c = 5 \times RMR_b \approx 0,24$ MPa;
- angolo di attrito $\varphi = 0,5 \times RMR_b + 5 \approx 29^\circ$;
- modulo di deformazione $E = 10^{(RMR_b - 10/40)} = 3090,3$ MPa.

In riferimento alla parametrizzazione geotecnica dei litotipi, in superficie e in profondità, del sito di intervento, lo scrivente, in virtù delle opere che saranno realizzate, ritiene indispensabile evidenziare solamente quella relativa ai terreni che sono influenzati dalle opere e condizionanti la medesima. Come già descritto, il sottosuolo è rappresentato principalmente da calcari grigio - chiari e da calcari dolomitici appartenenti alla Formazione geologica delle Dolomie di Galatina.

Dal punto di vista geotecnico, gli studi di bibliografia e quelli di dettaglio compiuti per questo progetto mostrano una situazione di congruenza tra le caratteristiche genetiche e deposizionali della Formazione geologica poc'anzi commentata e quelle geotecniche del sottosuolo delle aree di intervento.

La caratterizzazione geotecnica del sottosuolo è stata eseguita sia utilizzando i risultati delle prove di laboratorio compiute, per la circostanza, da GEOPROVE s.r.l. e sia adottando la metodologia di *Bieniawsky* per valutare la qualità dell'ammasso roccioso e la classe di appartenenza, sulla base del valore del *Rock Mass Rating* corretto (RMR_c) calcolato, e per calcolare i coefficienti di coesione c , di angolo di attrito interno φ e il modulo di deformazione E sulla base del *Rock Mass Rating* di base (RMR_b) calcolato. I parametri fisici e meccanici riferiti a ciascuno dei 4 campioni prelevati nelle due perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo sono evidenziati nell'Allegato II e riassunti di seguito (Tab. 10a ÷ 10d).

Sondaggio P1: campione C1 da 4,00 m a 4,15 m							
P_s (Kg/m³)	P_v (Kg/m³)	C (compattezza)	n (%)	C_i (%)	E (MPa)	c (MPa)	φ (°)
2121,1	2161,79	0,79	20,7	2,80	21325	0,43	38,3

Tab. 10a – Valori delle caratteristiche fisiche e meccaniche del campione di roccia C1.

Sondaggio P1: campione C2 da 7,00 m a 7,18 m							
P_s (Kg/m³)	P_v (Kg/m³)	C (compattezza)	n (%)	C_i (%)	E (MPa)	c (MPa)	φ (°)
2200,3	2249,28	0,82	17,4	3,25	21079	0,43	38,3

Tab. 10b – Valori delle caratteristiche fisiche e meccaniche del campione di roccia C2.

Sondaggio P2: campione C3 da 5,00 m a 5,20 m							
P_s (Kg/m³)	P_v (Kg/m³)	C (compattezza)	n (%)	C_i (%)	E (MPa)	c (MPa)	φ (°)
2492,4	2536,67	0,92	7,3	0,92	30440	0,43	38,3

Tab. 10c – Valori delle caratteristiche fisiche e meccaniche del campione di roccia C3.

Sondaggio P2: campione C4 da 9,80 m a 10,00 m							
P_s (Kg/m³)	P_v (Kg/m³)	C (compattezza)	n (%)	C_i (%)	E (MPa)	c (MPa)	φ (°)
2600,5	2624,76	0,96	3,3	1,0	24711	0,43	38,3

Tab. 10d – Valori delle caratteristiche fisiche e meccaniche del campione di roccia C4.



I valori medi delle caratteristiche fisiche e meccaniche sono riportati di seguito (Tab. 10e):

Valori medi delle caratteristiche fisiche e meccaniche							
P_s (Kg/m³)	P_v (Kg/m³)	C (compattezza)	n (%)	C_i (%)	E (MPa)	c (MPa)	φ (°)
2353,6	2393,12	0,87	12,2	1,99	24389	0,43	38,3

Tab. 10e – Valori medi delle caratteristiche fisiche e meccaniche.

Da quanto descritto in precedenza si può affermare che, sulla base delle sue proprietà fisiche e meccaniche, l'ammasso roccioso in esame, sebbene sia stratificato e fratturato e abbia un assetto strutturale “a monoclinale”, presenta caratteristiche qualitative “mediocri”, sia in corrispondenza delle superfici di appoggio del corpo delle fondazioni che nel loro intorno.

Infatti, non si osservano variabilità nella genesi dell'ammasso roccioso sia in senso verticale che in quello laterale e gli stati di alterazione e ossidazione, maturati nel tempo geologico, sia negli interstrati che nelle fratture, non rendono scadenti le caratteristiche meccanico - elastiche delle rocce nel loro insieme, nonostante le analisi di laboratorio siano state eseguite solamente su alcuni campioni che rappresentano piccoli volumi rispetto a quelli del suolo e del sottosuolo, direttamente coinvolti dalle progettazioni. Le dimensioni e i volumi complessivi non sono stati considerati in senso assoluto.

Poiché l'ammasso roccioso può essere ritenuto generalmente omogeneo e isotropo, in direzione latero - verticale, nella natura dei litotipi (rocce carbonatiche), tuttavia le sue condizioni strutturali (presenza di giunti di stratificazione, fratture, stati di alterazione, ecc.) lo rendono localmente anisotropo. Nonostante l'esistenza di questa evidente situazione di anisotropia strutturale nell'ammasso roccioso carbonatico, comunque le sue caratteristiche fisico - meccaniche e quelle di resistenza sono tali da renderlo, sotto il profilo qualitativo, “mediocre” e tali da non generare in esso cedimenti differenziali nelle fondazioni, anche per l'assenza di cavità carsiche sotterranee.

Pertanto, lo scrivente suggerisce di utilizzare nei calcoli ingegneristici i valori numerici dei parametri fisici e meccanici precedentemente mostrati, raccomandando ai progettisti di prestare qualche particolare attenzione alle succitate condizioni strutturali, cioè alle discontinuità primarie (giunti di stratificazione) e a quelle secondarie (fratturazioni), in corrispondenza delle quali e a luoghi si manifestano fenomeni di dissoluzione chimica della roccia, soprattutto negli strati più superficiali.



7 IDROGRAFIA DELLE AREE DI INTERVENTO E DI UN LORO INTORNO

Lo scrivente ha osservato la topografia dei luoghi che saranno interessati dalle *construende* opere progettuali e di un loro intorno, dopo aver effettuato sia un rilevamento di superficie e sia un'analisi del Modello Digitale del Terreno (DTM) sviluppato con tecniche *GIS* (*Geographic Information System*) da IA.ING s.r.l. (2021), a proposito del “Progetto di fattibilità tecnico - economica” elaborato dal Raggruppamento Temporaneo di Impresa di cui in Premessa. Da queste osservazioni, sia dirette che indirette, si evince in particolare che le pendenze medie, lungo la traiettoria dell'argine e del canale, sono molto basse e toccano appena l'1%; invece, sulla SP136 che collega Maruggio a Manduria e viceversa, nelle vicinanze del *construendo* ponte, esse si elevano lievemente, con valori che si aggirano intorno a 3,5%. In generale, in un più ampio intorno delle opere progettuali, le pendenze via via decrescono da Nord verso Sud e da Ovest verso Est a causa della presenza di forme marine terrazzate.

Le caratteristiche di bassa acclività e la variabilità idrogeologica (in termini di permeabilità e/o impermeabilità) delle Formazioni geologiche affioranti nel territorio maruggese generano, all'occorrenza di eventi di pioggia severi, dapprima un diffuso dilavamento areale e, poi, fenomeni di ruscellamento concentrati lungo le linee di massima pendenza.

Di fatto, mancano corsi d'acqua a deflusso perenne; a Sud dei siti delle *construende* opere di progetto, si allungano incisioni canalizie che attraversano da Nord a Sud l'abitato di Maruggio, lungo le superfici dei terrazzi marini; queste incisioni sono rappresentate dalla lama del Canale “Cupo”. In località “Castigno”, invece, a più di 3 Km a Ovest del paese, si estende un secondo canale lungo circa 1,5 Km, denominato “Il Curso”, con il quale sembra raccordarsi, verso Nord, la lama che si genera nei pressi di Masseria “Le Fabbriche” e in località “Monte Spicchiuddo”.

Quando gli eventi piovosi diventano particolarmente significativi, si formano di frequente in paese estesi allagamenti che generano situazioni di criticità idraulica, come è confermato dalla cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) redatto dall'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale. Il deflusso delle acque di origine meteorica avviene, dapprima, lungo le direttrici di impluvio rappresentate dalle suddette incisioni canalizie e, successivamente, quando i canali non sono più in grado di contenere le abbondanti acque di precipitazione, il deflusso si manifesta in modo areale invadendo vaste porzioni del territorio comunale, in particolare l'abitato. Poiché le pendenze del territorio sono mediamente esigue, la velocità di deflusso dell'acqua di origine meteorica, caduta principalmente in autunno e in inverno, tenderebbe a valori molto bassi, formando in superficie estesi allagamenti che vengono smaltiti in lassi di tempo spesso lunghi, a causa della bassa velocità di infiltrazione dell'acqua nei terreni scarsamente permeabili (ad esempio, nei Depositi Marini Terrazzati) oppure a causa di un lento processo di evaporazione.

Inoltre, in passato, le acque meteoriche hanno scavato piccole incisioni preferenziali, ormai obliterate e orientate in diverse direzioni, che convogliavano le acque piovane verso le zone topograficamente più ribassate.

Nella Figura 10 e nella Tavola 4 è rappresentata la Carta dell'idrografia superficiale; il *layer* tematico è estratto dalla Carta idrogeomorfologica redatta dall'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale.

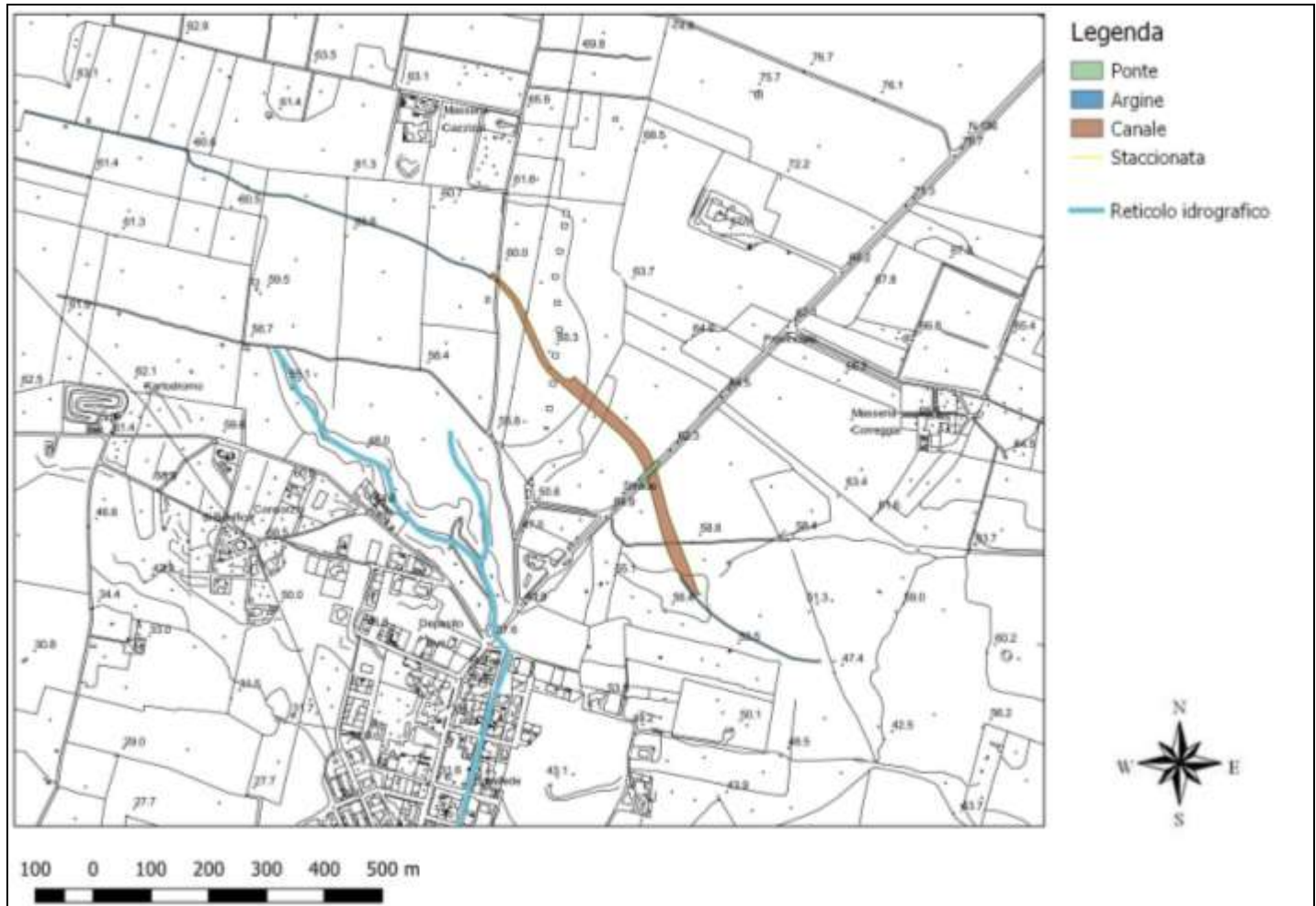


Fig. 10 – Carta dell'idrografia superficiale.

8 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

8.1 Falde idriche sotterranee

La circolazione idrica sotterranea, nel territorio comunale di Maruggio, avviene attraverso due livelli: *a)* la falda idrica superficiale o falda superiore che circola nei depositi calcarenitici pleistocenici ed è sostenuta al letto da depositi argillosi appartenenti alla Formazione delle Argille Subappennine e *b)* la falda idrica profonda, presente nelle Dolomie di Galatina ovvero nel Calcare di Altamura, di periodo cretaco.

a) Falda idrica superficiale

L'acquifero superiore è presente nel sottosuolo dell'area su cui si fonda l'abitato di Maruggio e in quello delle zone limitrofe meridionali. La falda idrica superficiale è modesta e le oscillazioni del livello freatico dipendono strettamente dagli afflussi meteorici. I dati di letteratura indicano che vi sono variazioni della profondità della superficie freatica della falda; nella porzione centro - meridionale dell'area, essa può essere rinvenuta a poca profondità dal piano campagna.



b) Falda idrica profonda

La falda profonda di acqua dolce è presente nella Formazione geologica delle Dolomie di Galatina, stratificata e fratturata, ove in superficie avranno sede le opere di progetto; essa è sovrapposta all'acqua marina di intrusione continentale. L'alimentazione idrica di questa falda si compie per infiltrazione diffusa di acqua di precipitazione ricadente sugli affioramenti permeabili, ovvero concentrata laddove le acque sono drenate nel sottosuolo per effetto di fenomeni carsici. Per fattori connessi alle modalità di alimentazione, la falda può assumere una forma lenticolare, con spessori massimi verso l'entroterra e minimi verso la costa; la superficie ideale che separa i due liquidi a diversa densità, cioè acqua dolce e acqua salata, è denominata “interfaccia”.

Nell'ipotesi di assenza di deflusso, la legge che regola l'equilibrio tra acqua dolce e acqua salata è quella di *Ghyben-Herzberg* ed è data dalla seguente equazione:

$$H = \frac{d_f}{d_m - d_f} h$$

dove:

h = altezza del livello di falda (espressa in metri sul livello medio del mare);

H = profondità dell'interfaccia misurata dal livello medio del mare (espressa in metri sul livello medio del mare);

d_m = densità dell'acqua di mare (g/cm^3);

d_f = densità dell'acqua dolce di falda (g/cm^3).

Lo spessore della falda e la profondità dell'interfaccia risultano pertanto correlate all'altezza della superficie freatica sul livello del mare e alla densità dei due liquidi. Se si pone:

$$d_m = 1,028 \text{ g/cm}^3$$

$$d_f = 1,0028 \text{ g/cm}^3$$

si ottiene che

$$H \approx 40 h$$

Con riferimento alla zona delle opere progettuali, l'isopieza ha un valore poco più alto di 4 m sul livello del mare e la profondità dell'interfaccia tra acqua dolce e acqua salata è di poco superiore a 160 m, misurata a partire dal livello medio del mare; il flusso delle acque sotterranee avviene, in linea generale, nella direzione da NNO verso SSE.

Per quanto attiene alla rappresentazione cartografica della piezometria della falda, lo scrivente ha ritenuto opportuno utilizzare la Tavola 060200 intitolata “Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della Murgia e del Salento” del Piano di Tutela delle Acque, in scala 1:200.000, della Regione Puglia (2009). Al di là della succitata trattazione, tuttavia, la falda idrica profonda non avrà alcuna interferenza con le *costruende* opere progettuali.

La configurazione cartografica delle isopieze della falda profonda è illustrata nella Figura 11 e nella Tavola 5.

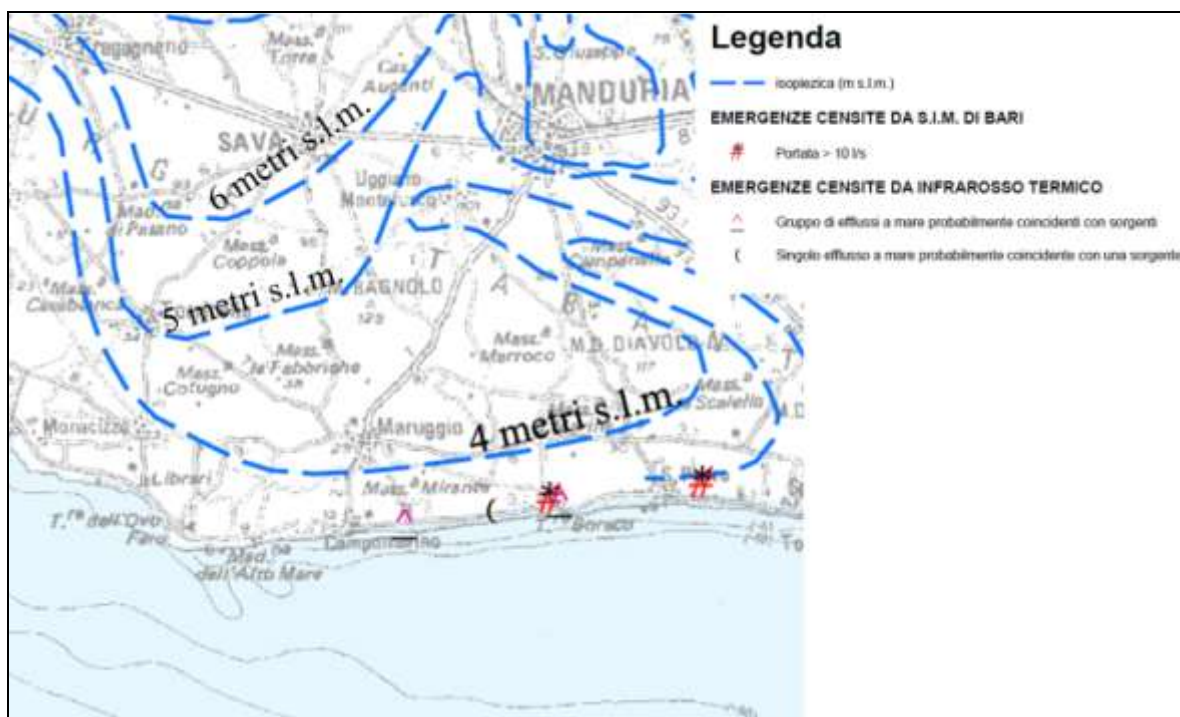


Fig. 11 – Carta delle isopieze della falda profonda
(estratta dalla Tavola 060200 del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia, 2009).

8.2 Caratteristiche di permeabilità dei litotipi affioranti nel territorio comunale di Maruggio

Sulla base dei caratteri litologici desunti dalla letteratura geologica e dalle osservazioni compiute in campagna nel rilevamento di superficie, per ciò che concerne la permeabilità dei litotipi affioranti, si possono riscontrare:

- rocce permeabili per fessurazione e carsismo;
- rocce permeabili per porosità di interstizi;
- rocce praticamente impermeabili.

Del primo gruppo fanno parte i litotipi calcareo - dolomitici, presenti in affioramento a Nord dell’abitato di Maruggio, sui quali saranno realizzate le opere di progetto. Questi terreni, per il loro alto grado di fessurazione e carsificazione, veicolano con facilità e con tempi molto limitati qualunque sostanza liquida in profondità. Per i litotipi calcarei e dolomitici, la letteratura scientifica e tecnico - professionale considera valori di permeabilità K dell’ordine di 10^{-4} m/s che, in ogni caso, possono localmente variare in modo sensibile in funzione di influenze morfologiche, strutturali e antropiche. Al secondo gruppo appartengono le calcareniti del Pleistocene che affiorano nell’abitato di Maruggio e nelle zone limitrofe. Per i litotipi pleistocenici, alcuni studi pregressi a carattere tecnico - professionale considerano valori di permeabilità K compresi tra 8×10^{-5} e 7×10^{-6} m/s. A questo gruppo appartengono anche quelle calcareniti, presumibilmente di epoca pliocenica, le quali mostrano una minore permeabilità, avendo contenuti di argilla.

Alla terza categoria appartengono i litotipi limoso - argillosi che costituiscono i depositi eluviali e colluviali. Generalmente, essi tendono a colmare le zone topografiche più depresse.



9 CARATTERISTICHE DI SISMICITÀ E CLASSIFICAZIONE DEL SOTTOSUOLO DI FONDAZIONE

9.1 Classificazione in categorie (DM 9 gennaio 1996) e in zone (OPCM n. 3274/2003) sismiche

I riferimenti legislativi in materia di costruzioni in zona sismica e classificazione sismica del territorio nazionale, ossia il DM del 9 gennaio 1996 e l'OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003 e ss.mm.ii., hanno suddiviso il territorio nazionale, il primo, in tre categorie sismiche, ognuna caratterizzata da un coefficiente di intensità sismica “C” e un grado di sismicità “S”; il secondo, in quattro zone sismiche (Tab. 11), ciascuna caratterizzata da un diverso valore del parametro a_g = accelerazione orizzontale massima su suolo di categoria A. I valori di a_g , espressi come frazione dell'accelerazione di gravità, da adottare in ciascuna delle zone sismiche del territorio nazionale, sono i seguenti:

Zona	Accelerazione orizzontale massima a_g	Accelerazione orizzontale a_g, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	0,35	$> 0,25$
2	0,25	$0,15 - 0,25$
3	0,15	$0,05 - 0,15$
4	0,05	$< 0,05$

Tab. 11 – Suddivisione in zone sismiche e valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo.

In ottemperanza al DM del 9 gennaio 1996, il comune di Maruggio non risulta essere classificato in alcuna categoria sismica (Tab. 12). Inoltre, questa norma esprime lo spettro di risposta elastico del terreno attraverso la relazione:

$$a_g = C \times I \times \beta \times e \times R$$

dove:

C = coefficiente di intensità sismica;

I = coefficiente di protezione sismica (variabile tra 1 e 1,4);

B = coefficiente di struttura;

e = coefficiente di fondazione (variabile tra 1 e 1,3);

R = coefficiente di risposta sismica, funzione del periodo proprio T_0 di oscillazione della struttura.

L'OPCM n. 3274/2003 contempla, per la definizione delle azioni sismiche di progetto, cinque categorie principali di terreno di fondazione, individuate dai valori medi della velocità delle onde di taglio ($V_{s,30}$) nei primi 30 m di sottosuolo o dalla resistenza penetrometrica N_{SPT} o dalla coesione non drenata c_u .

In ossequio a tale Ordinanza, il territorio comunale di Maruggio, essendo classificato come zona 4 (Fig. 12), non manifesta condizioni litostratigrafiche e tettoniche di instabilità, avendo un'accelerazione orizzontale massima $a_g = 0,05$ e un valore di accelerazione orizzontale, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, $a_g < 0,05$.



Codice ISTAT	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1998)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi del presente documento (OPCM n. 3274 del 2003)
16073014	Maruggio	NC	NC	4

Tab. 12 – Classificazione sismica del comune di Maruggio (TA).

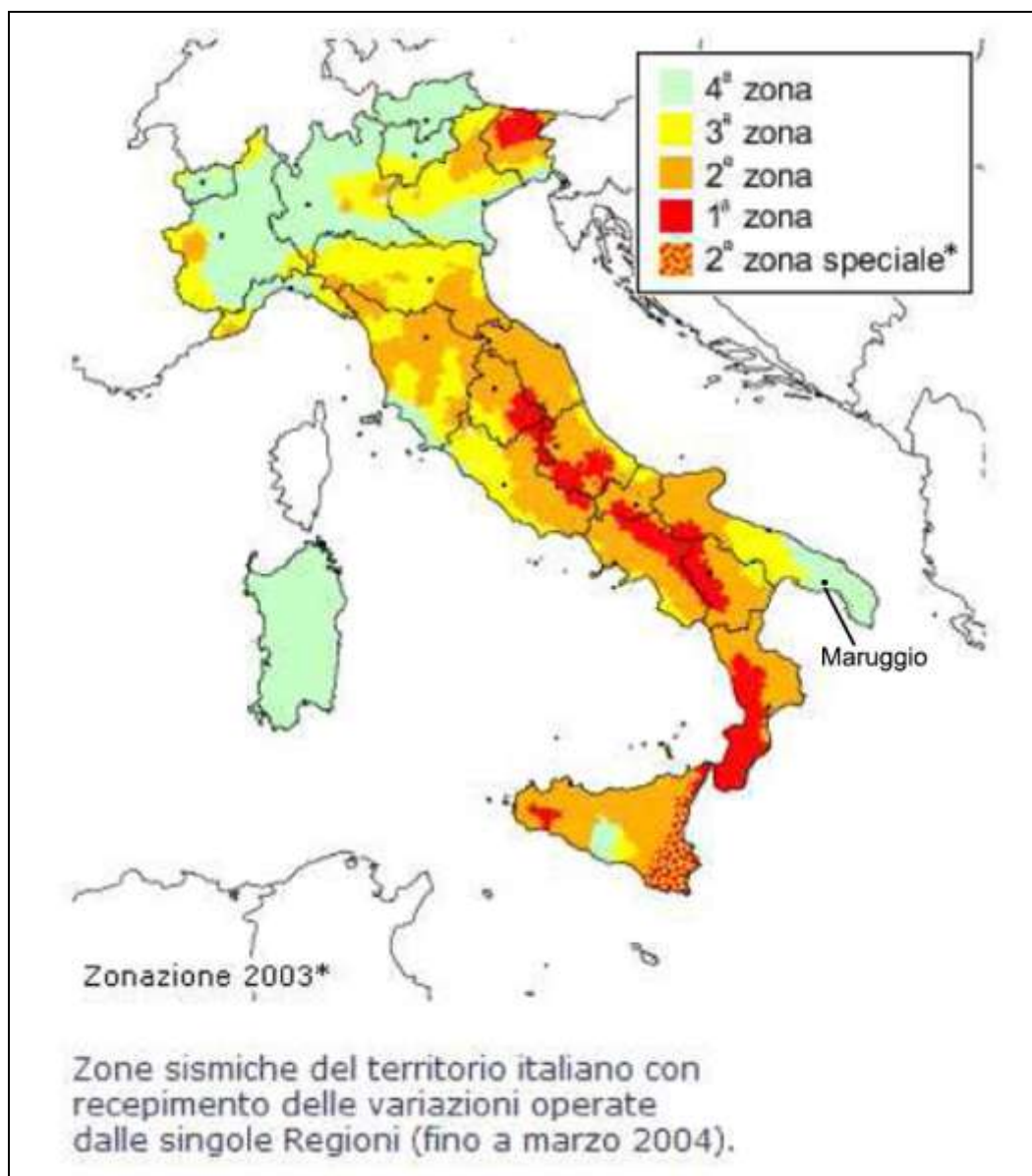


Fig. 12 – Classificazione sismica del comune di Maruggio (TA) nel contesto della zonazione nazionale.

Il sito degli interventi di progetto può essere considerato pressochè stabile sotto l’aspetto sismo-tettonico e si escludono dissesti geologici dovuti a rotture di unità litotecniche nel sottosuolo in seguito a movimenti tellurici.

La classificazione sismica nazionale valuta la zona 4 come una zona in cui i terremoti sono rari. Pertanto, in tale area, può essere trascurabile il fattore di pericolosità dovuto a eventi sismici significativi.



9.2 Classificazione sulla base della maglia elementare di riferimento (OPCM n. 3519/2006)

Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 (NTC 2018), come già anche quelle del 2008, hanno definitivamente abbandonato il concetto di zone sismiche che, comunque, continua a rivestire un ruolo e un significato meramente amministrativo. Ai sensi dell’OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006, è stato introdotto un nuovo metodo di calcolo che considera la maglia elementare di riferimento come parametro più preciso per la classificazione sismica del territorio.

Questo metodo considera le caratteristiche specifiche e consente di stimare meglio le accelerazioni di picco al suolo (a_g), i fattori amplificativi degli spettri (F_0) e i periodi (T_c) relativi a ciascun possibile sito, ovvero, i tre parametri da cui dipende lo spettro di risposta usato nella determinazione delle azioni sismiche.

In base alle succitate Norme Tecniche, per ogni costruzione bisogna fare riferimento a un’accelerazione “propria”, individuata sulla base delle coordinate geografiche dei luoghi di intervento e in funzione della vita nominale delle *costruende* opere. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale su una maglia di 5 Km di lato.

Da una griglia di passo $0,05^\circ$ evidenziata nella mappa della pericolosità sismica (Fig. 13) si può dedurre il valore di accelerazione sismica orizzontale a_g , con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni da applicare alle quattro zone sismiche, utile per la gestione, la pianificazione e il controllo del territorio da parte degli Enti. Per ciò che concerne il sito degli interventi, tale valore è compreso tra 0,050 e 0,075.

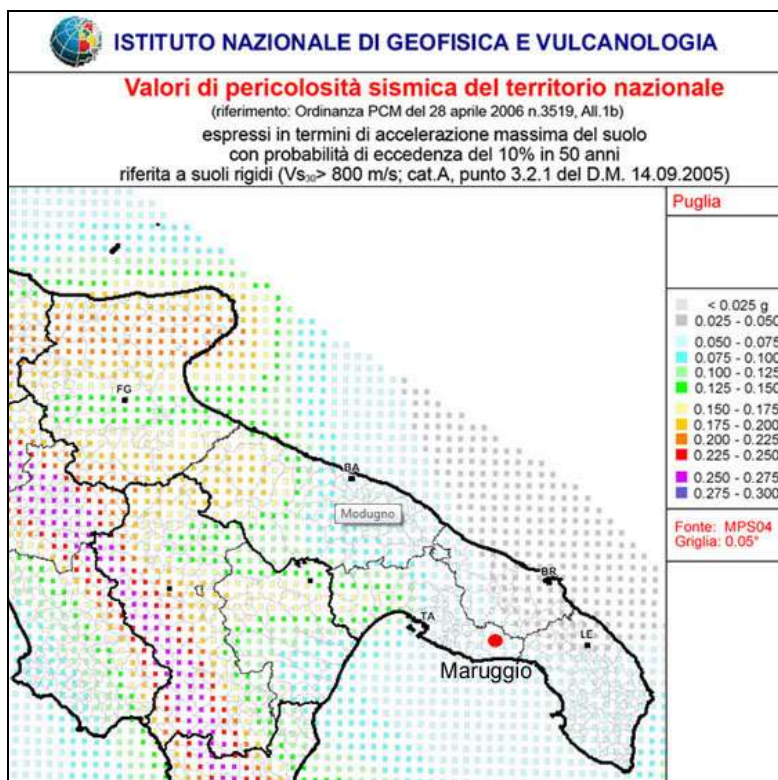


Fig. 13 – Valori di pericolosità sismica (OPCM n. 3519 del 28 aprile 2006) espressi in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi.



Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018 (NTC 2018), ai sensi del punto 2.4.2, individua gli interventi progettuali ricadenti in *Classe d'uso III* “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso”.

Le opere di progetto sono altresì identificabili nel *Tipo di costruzione 2* “Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale”, così come definito dalle norme tecniche.

Alla luce di quanto sopra esposto e in base alla Tabella 13, di seguito riportata:

P_{VR} (Stato limite)	C_U	V_N (anni)
81% Operatività (SLO)	0,7 (classe d'uso I. Strutture secondarie)	≤ 10 (Opere provvisorie)
63% Danno (SLD)	1,0 (classe d'uso II. Strutture ordinarie)	≥ 50 (Opere ordinarie)
10% Salvaguardia della Vita (SLV)	1,5 (classe d'uso III. Strutture importanti)	≥ 100 (Grandi opere)
5% Prevenzione del Collasso (SLC)	2,0 (classe d'uso IV. Strutture strategiche)	

Tab. 13 – Valori dei parametri utili per la definizione del periodo di ritorno.

per gli interventi progettuali, il Periodo di Riferimento dell'azione sismica è:

$$V_R = V_N \times C_U \geq 75 \text{ anni}$$

essendo:

V_N (Vita Nominale dell'opera) ≥ 50 anni per il *Tipo di costruzione 2*;

C_U (Coefficiente d'uso) = 1,5 per le strutture di *Classe d'uso III*.

I parametri sono tra loro combinati secondo la relazione:

$$T_R = - V_R / \ln (1 - P_{VR}) = - (V_N \times C_U) / \ln (1 - P_{VR})$$

dove:

T_R = periodo di ritorno dell'azione sismica;

V_R = vita di riferimento della costruzione ed è data dal prodotto V_N × C_U;

P_{VR} = probabilità di superamento nella vita di riferimento;

P_{VR}, C_U, V_N si ricavano dalla Tabella 13.

Dalla precedente equazione si ricavano i valori del periodo di ritorno dell'azione sismica T_R per i diversi stati limite, sia di esercizio (SLE) che ultimi (SLU) (Tab. 14).

Stati limite		Valore in anni del periodo di ritorno T_R per il periodo di riferimento V_R = 75 anni
Stati Limite di Esercizio (SLE)	Stato Limite di Operatività (SLO)	45
	Stato Limite di Danno (SLD)	75
Stati Limite Ultimi (SLU)	Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV)	712
	Stato Limite di Collasso (SLC)	1462

Tab. 14 – Valori del periodo di ritorno T_R.



Al fine di individuare le caratteristiche elastiche, geometriche, geotecniche dei terreni investigati, sono state eseguite prospezioni sismiche in corrispondenza dei luoghi di intervento.

L’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri, l’OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003, enuncia i “primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di norme tecniche per le costruzioni in zona sismica e per la verifica dell’esistente”; secondo tale Ordinanza, le categorie di sottosuolo di fondazione sono quelle descritte nella Tabella 15.

Categoria	Descrizione
A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, 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 resistenza penetrometrica $N_{SPT} > 50$, o coesione non drenata $C_U > 250$ kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < N_{SPT} < 50$, $70 < C_U < 250$ kPa).
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 180$ m/s ($N_{SPT} < 15$, $C_U < 70$ kPa).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di V_{s30} simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 m e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con $V_{s30} > 800$ m/s.

Tab. 15 – Categorie di sottosuolo di fondazione (OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003).

In aggiunta a queste categorie, se ne definiscono altre due per le quali sono richiesti studi speciali per la definizione dell’azione sismica da considerare. Esse sono:

S1 - Depositi costituiti da (o che includono) uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($I_p > 40$) e contenuto di acqua, caratterizzati da valori di $V_{s30} < 100$ m/s ($10 < C_U < 20$ kPa);

S2 - Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive o di qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Il valore medio della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s , entro 30 m di profondità, è calcolato con la seguente equazione:

$$V_s = \frac{30}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

h_i = spessore in metri dello strato *i-esimo*;

V_i = velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio $\gamma < 10^{-6}$) dello strato *i-esimo*, per un totale di N strati.

A differenza di quanto affermava l’OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003, nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente V_{seq} delle onde di taglio



(espressa in m/s) è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H = 30$ m nella seguente equazione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità:

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

dove:

h_i = spessore in metri dello strato *i-esimo*;

$V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nello strato *i-esimo*;

N = numero di strati;

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

In riferimento alle opere progettuali di Maruggio, poiché il substrato roccioso è ubicato a bassa profondità, al di sotto dello strato di suolo avente spessore massimo di 1 m e, in alcuni luoghi, esso è affiorante in superficie, la velocità equivalente $V_{s,eq}$ delle onde di taglio è definita sempre dalla precedente equazione, ma ponendo H uguale alla effettiva profondità del *bedrock*.

Pertanto l'indagine MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*), eseguita lungo il ponte sulla SP136, evidenzia che $V_{s,eq}=0 - V_{s,30}$ è pari a 1385 m/s, tale valore permette di attribuire il sottosuolo dei luoghi di intervento alla categoria “A” definito, secondo l'OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003, come “Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m”. Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2018, invece, secondo la Tabella 16, definiscono il sottosuolo investigato come “Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m”.

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

Tab. 16 – Categorie di sottosuolo di fondazione (NTC 2018).



10 LINEAMENTI SULLA VALUTAZIONE DELLE STRUTTURE FONDAZIONALI

In questo paragrafo lo scrivente fa alcune brevi riflessioni sulle opere fondazionali riguardanti gli interventi progettuali che saranno eseguiti nel comune di Maruggio. Naturalmente, la scelta del tipo di fondazioni dipende dalle condizioni degli ambienti geologico, geomorfologico, idrografico, idrogeologico, geomeccanico, come pure dai volumi e dalle tensioni trasmesse al suolo e al sottosuolo dalle medesime opere progettuali e, in particolare, dal ponte.

Le strutture fondazionali del ponte solleciteranno il basamento roccioso carbonatico rappresentato dalla Formazione delle Dolomie di Galatina, costituite da calcari e calcari dolomitici di colore variabile dal biancastro al grigio chiaro, alterati, stratificati e più o meno intensamente fratturati.

Le rocce interessate, grosso modo omogenee nelle loro proprietà idrogeologiche e geotecniche, non saranno soggette a importanti variazioni dei valori di deformabilità e compressibilità né a una diversa reazione allo stato tensionale indotto. Inoltre, in esse non si rileveranno diminuzioni dei valori di resistenza al taglio e, data la loro natura, non vi potranno accadere cedimenti differenziali o rotture.

Infine, poiché i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche *in situ* dimostrano che nell'area indagata è presente, sotto un esiguo spessore di terra rossa con litoidi calcarei, un litotipo calcareo da estremamente fratturato a fratturato e considerando sia i parametri geotecnici ed elastici del sottosuolo stimati con le analisi di laboratorio e con le indagini geofisiche e sia le caratteristiche fisiche e meccaniche “mediocri” dell'ammasso roccioso in generale stimate con la classificazione di *Bieniawsky*, lo scrivente e i progettisti ritengono che sia utile e sufficiente impiegare, per le fondazioni del ponte, pali prefabbricati in calcestruzzo armato che siano fissati all'interno di plinti e poggiati su solette, a una profondità non superiore a 5 - 6 m dal piano di campagna.



11 RAPPORTI TRA IL TERRITORIO DI MARUGGIO E IL PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE (PTA) DELLA REGIONE PUGLIA

La Regione Puglia, con Delibera di Giunta Regionale del 19 giugno 2007 n. 883, ha adottato, ai sensi dell'articolo 121 del Decreto Legislativo del 3 aprile 2006 n. 152, il Piano di Tutela delle Acque (PTA), approvato con modifiche e integrazioni e in via definitiva con Delibera del Consiglio Regionale del 20 ottobre 2009 n. 230. In base a tale Piano, tra l'altro, sono state codificate le misure di salvaguardia per le zone di Protezione Speciale Idrogeologica e le misure di tutela quali - quantitativa dei corpi idrici sotterranei.

Con Delibera di Giunta Regionale del 16 luglio 2019 n. 1333 è stata adottata, ai sensi dell'art. 121 del Decreto Legislativo del 3 aprile 2006 n. 152, la proposta di aggiornamento 2015 - 2021 del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia.

Le zone in cui si interverrà e quelle contermini non sono classificate tra quelle di Protezione Speciale idrogeologica. Ciò può essere osservato nella Tavola A, ivi non rappresentata ma allegata alla Relazione generale del Piano, che è stato redatto da Sogesid S.p.A. e coordinato dal Servizio Tutela delle Acque della Regione Puglia.

Tuttavia, le opere progettuali ricadranno in aree di vincolo d'uso degli acquiferi “*Acquifero carsico del Salento: aree vulnerabili da contaminazione salina*”, come si evince dalla Figura 14 che è uno stralcio della Tavola B allegata al Piano.

Riguardo alle prescrizioni sulle “*aree interessate da contaminazione salina*”, ai fini del presente progetto, non sarà richiesto alcun rilascio o rinnovo di nuove concessioni per il prelievo di acque dolci di falda da utilizzare a fini irrigui o industriali né sarà effettuato alcun prelievo di acque marine di intrusione continentale per usi produttivi.



Fig. 14 – Stralcio della Tavola B allegata alla relazione generale del Piano di Tutela delle Acque (PTA, 2009).

Per ciò che concerne la proposta di aggiornamento 2015 - 2021 del Piano regionale di Tutela delle Acque, adottata con Delibera di Giunta Regionale n. 1333 del 16 luglio 2019, di seguito si rappresenta una carta estratta dal *webGIS* che raffigura il sito d'indagine (Fig. 15). Nel territorio di Maruggio, per quanto riguarda le aree di vincolo d'uso degli acquiferi, l'aggiornamento del Piano non riporta alcuna variazione rispetto alla precedente e originaria versione.

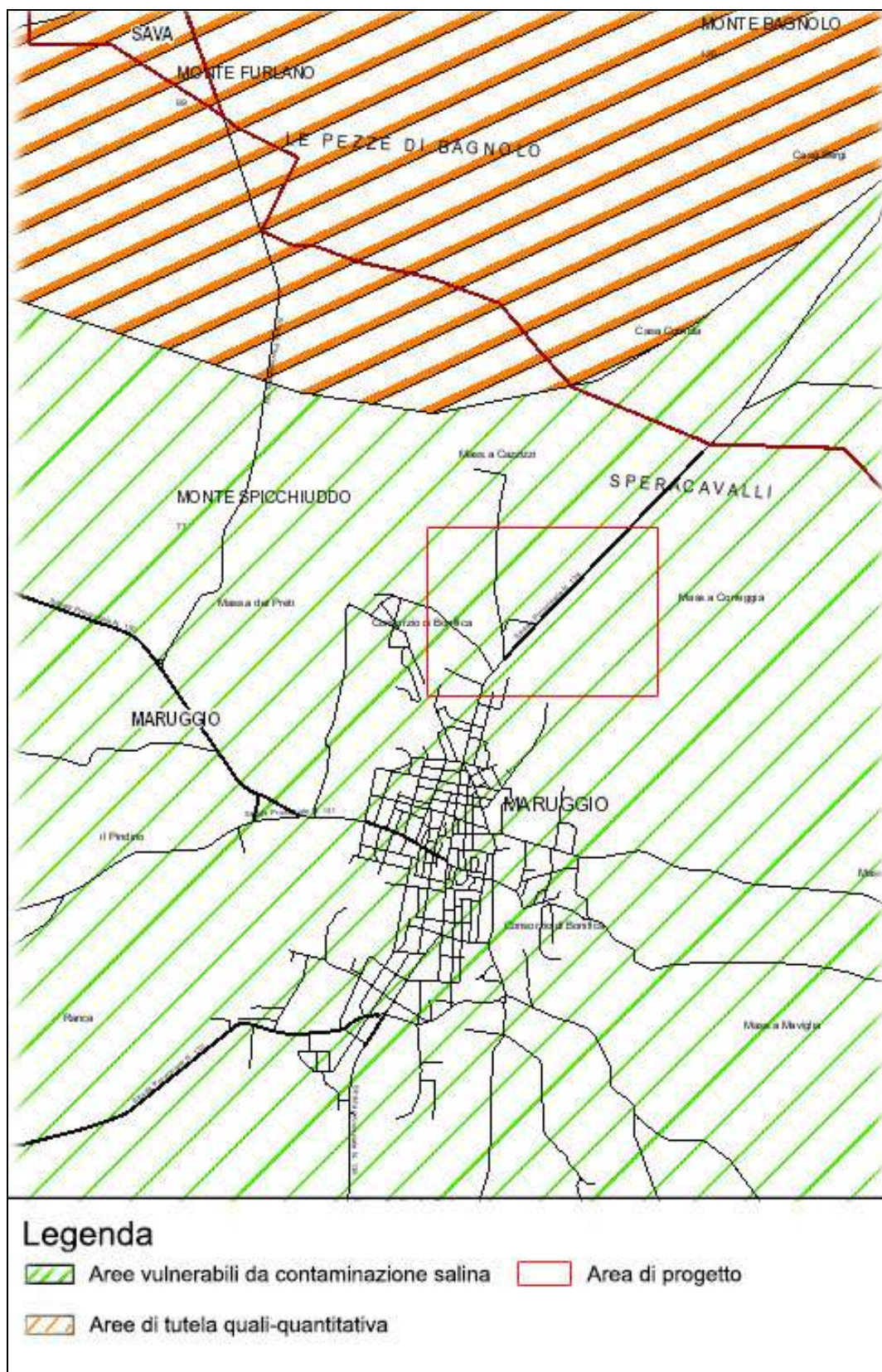


Fig. 15 – Rapporti tra il sito delle opere progettuali nel territorio comunale di Maruggio e l'aggiornamento del Piano di Tutela delle Acque (PTA, 2015 - 2021).



12 RAPPORTI TRA IL TERRITORIO DI MARUGGIO E IL PIANO PAESAGGISTICO TERRITORIALE REGIONALE (PPTR) DELLA PUGLIA

12.1 Principi e finalità del Piano Paesaggistico Territoriale Regionale

Il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale (PPTR) è un Piano ai sensi degli artt. 135 e 143 del Codice, con specifiche funzioni di piano territoriale ai sensi dell'art. 1 della L.R. n. 20 del 7 ottobre 2009 “Norme per la pianificazione paesaggistica”. Esso è rivolto a tutti i soggetti, pubblici e privati e, in particolare, agli Enti competenti in materia di programmazione, pianificazione e gestione del territorio e del paesaggio.

Il PPTR persegue le finalità di tutela e valorizzazione, nonché di recupero e riqualificazione dei paesaggi della Puglia, in attuazione dell'art. 1 della L.R. n. 20 del 7 ottobre 2009 “Norme per la pianificazione paesaggistica” e del D.Lgs. n. 42 del 22 gennaio 2004 “Codice dei beni culturali e del paesaggio” e successive modifiche e integrazioni, nonché in coerenza con le attribuzioni di cui all'art. 117 della Costituzione e in conformità ai principi di cui all'art. 9 della Costituzione e alla Convenzione Europea sul Paesaggio adottata a Firenze il 20 ottobre 2000, ratificata con Legge n. 14 del 9 gennaio 2006.

Il PPTR persegue, in particolare, la promozione e la realizzazione di uno sviluppo socio-economico autosostenibile e durevole e di un uso consapevole del territorio regionale, anche attraverso la conservazione ed il recupero degli aspetti e dei caratteri peculiari dell'identità sociale, culturale e ambientale, la tutela della biodiversità, la realizzazione di nuovi valori paesaggistici integrati, coerenti e rispondenti a criteri di qualità e sostenibilità.

12.2 Aspetti paesaggistici locali

In riferimento ai rapporti tra il territorio comunale di Maruggio e il Piano Paesaggistico Territoriale Regionale della Puglia, approvato con DGR n. 176 del 16 febbraio 2015, lo scrivente ha inserito di seguito uno stralcio della Carta (Fig. 16), che è estratto dal *web GIS* del medesimo Progetto ed è aggiornato alle rettifiche apportate con le successive Delibere di Giunta Regionale che sono le seguenti:

- DGR n. 240 dell'8 marzo 2016;
- DGR n. 1162 del 26 luglio 2016;
- DGR n. 496 del 7 aprile 2017;
- DGR n. 2182 del 12 dicembre 2017;
- DGR n. 623 del 17 aprile 2018;
- DGR n. 1471 del 2 agosto 2018;
- DGR n. 2439 del 21 dicembre 2018;
- DGR n. 1543 del 2 agosto 2019;
- DGR n. 1546 del 2 agosto 2019;
- DGR n. 2309 del 9 dicembre 2019;
- DGR n. 574 del 21 aprile 2020;
- DGR n. 1632 del 8 ottobre 2020;

- DGR n. 1103 del 7 luglio 2021
- DGR n. 650 dell'11 maggio 2022
- DGR n. 1263 del 19 settembre 2022

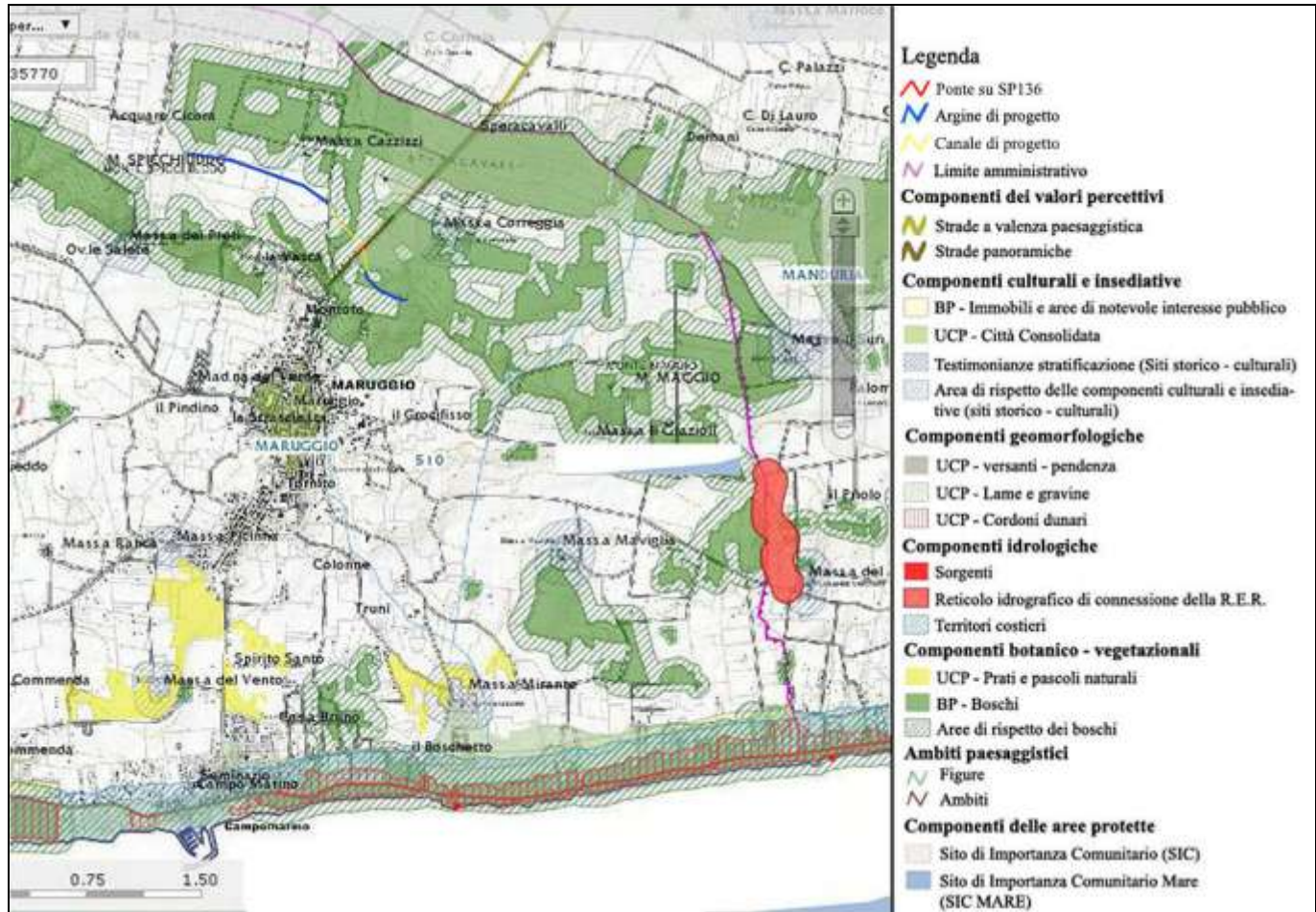


Fig. 16 – Carta degli elementi del paesaggio rilevati nel Piano Paesaggistico Territoriale Regionale - Puglia (PPTR, 2015).

L'analisi della vincolistica del PPTR evidenzia che le opere progettuali ricadranno in:

- ambito “Tavoliere salentino”;
- figura “Le Murge tarantine”;
- Componenti idrogeomorfologiche
 - UCP - Vincolo idrogeologico
- Componenti botanico - vegetazionali
 - BP - Boschi
 - UCP - Rispetto boschi
- Componenti antropiche e storico - culturali
 - UCP - Strade panoramiche



13 RAPPORTI TRA IL TERRITORIO DI MARUGGIO E IL PIANO DI BACINO STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) DELLA REGIONE PUGLIA

L'Autorità di Bacino (A dB) della Puglia istituita, tra le altre, con la Legge n. 183 del 18 maggio 1989 e afferente dal 2015 al Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale, come stabilito dal D.Lgs. n. 152 del 3 aprile 2006 che ha istituito le Autorità di Distretto, ha redatto il Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico e ha provveduto alla perimetrazione delle aree a pericolosità e rischio idraulico e geomorfologico. Tale Piano è stato approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30 novembre 2005 e, ai sensi dell'art. 17 comma 6 *ter* della Legge n. 183 del 18 maggio 1989, ha valore di Piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo, tecnico - operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino.

I terreni interessati dagli interventi di progetto non ricadono in aree a pericolosità idraulica e geomorfologica, come si evince dalle cartografie del PAI (Figg. 17 e 18), estratte dalle relative perimetrazioni dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale. Le opere da realizzare hanno la finalità di intercettare le acque alluvionali provenienti dalle zone a monte e di ridurre le attuali situazioni di pericolosità e di rischio idraulico che attualmente gravano sull'abitato di Maruggio.

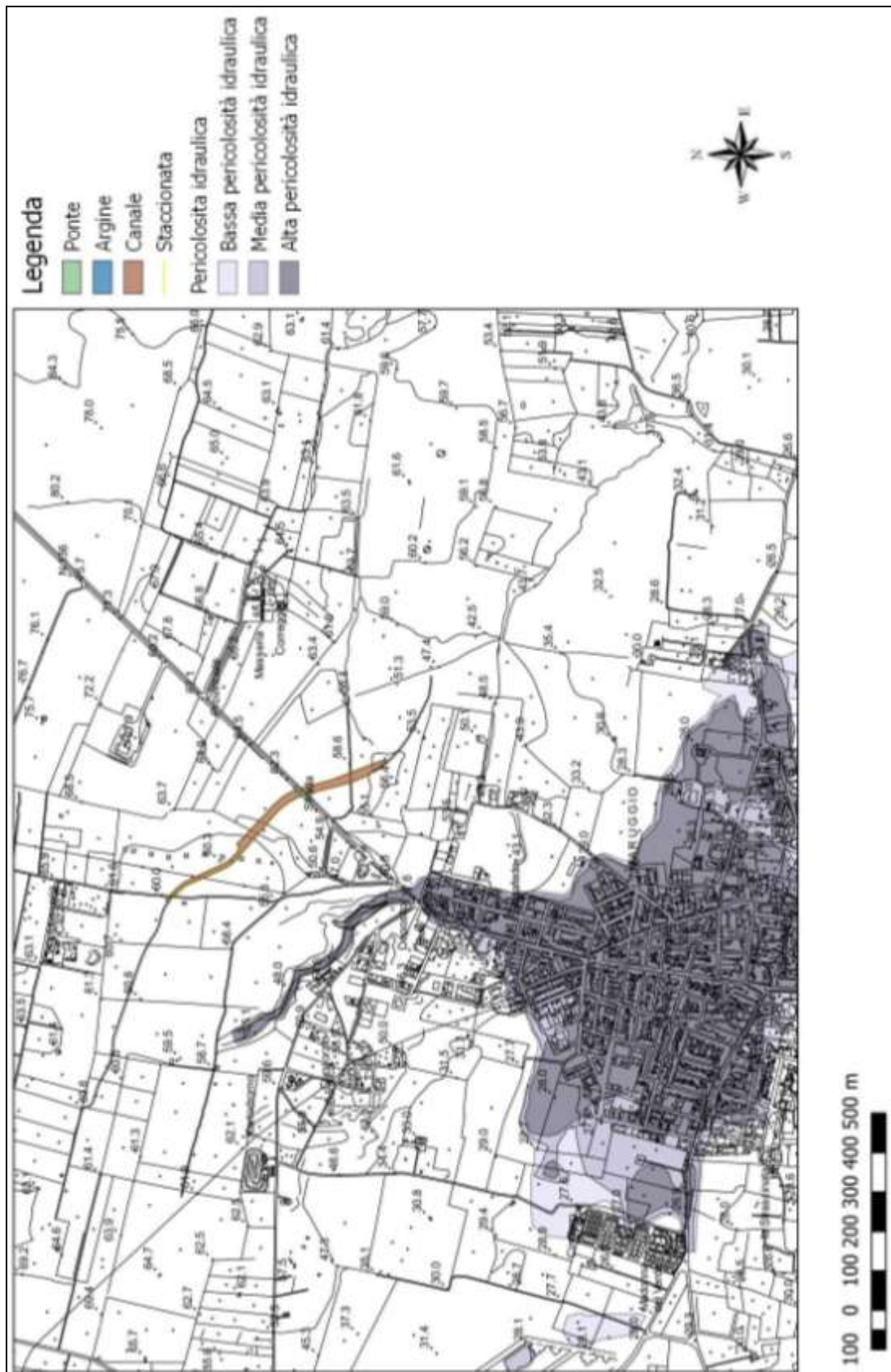


Fig. 17 – Condizioni di pericolosità idraulica (Autorità di Bacino distrettuale dell’Appennino Meridionale).

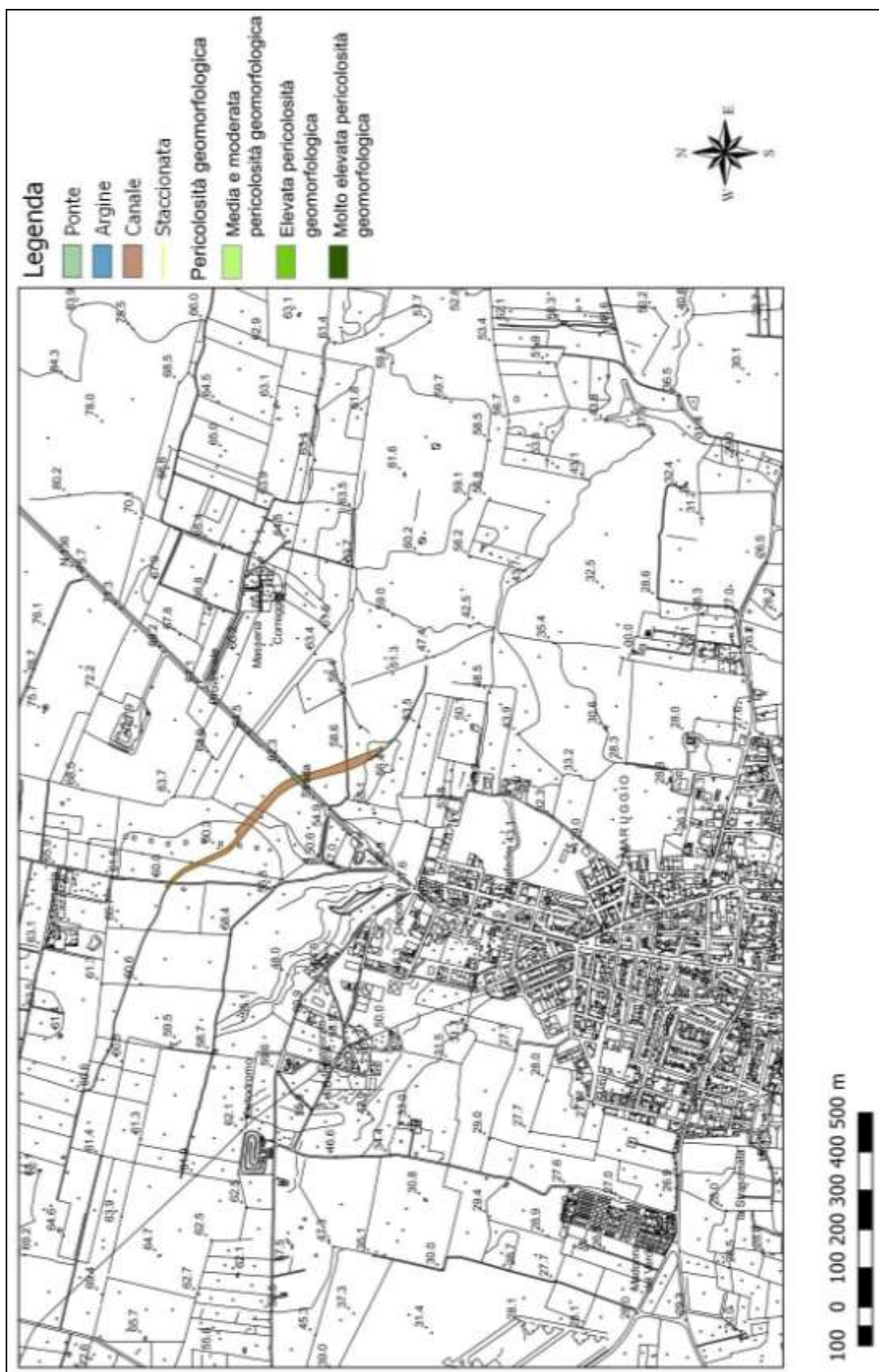


Fig. 18 – Condizioni di pericolosità geomorfologica (Autorità di Bacino distrettuale dell’Appennino Meridionale).



14 CONCLUSIONI

Gli studi compiuti dimostrano che, in corrispondenza del sito degli interventi di progetto, affiora il basamento carbonatico del periodo cretacico, descritto dalla letteratura geologica come Dolomie di Galatina ovvero Calcare di Altamura, la cui giacitura degli strati in linea generale è orizzontale o poco superiore a 10°. A poca distanza dall'argine e dal canale, verso Nord, affiorano lembi, estesi e allungati, di Calcareni del Salento, cioè di quei litotipi carbonatici forse attribuibili al Pliocene superiore - medio. In un ampio intorno del sito degli interventi progettuali, nella parte meridionale, la successione litostratigrafica è costituita dal basamento carbonatico cretacico, su cui poggiano in trasgressione le Argille Subappennine ovvero la Formazione di Gallipoli (Pleistocene), i Depositi Marini Terrazzati ovvero le Calcareni del Salento (Pleistocene medio e superiore) e, infine, suoli di colore bruno o bruno - rossastro generati dal carsismo areale mediante processi di disgregazione meccanica e di alterazione chimica delle rocce *in situ*.

Per ciò che concerne l'idrografia superficiale, di fatto, mancano corsi d'acqua a regime perenne. A Sud del sito degli interventi progettuali, si allungano incisioni canalizie che attraversano da Nord a Sud l'abitato di Maruggio, lungo le superfici dei terrazzi marini; queste incisioni sono rappresentate dalla lama del Canale “Cupo”. In località “Castigno”, a più di 3 Km a Ovest del paese, si estende un secondo canale lungo circa 1,5 Km, denominato “Il Curso”, con il quale sembra raccordarsi, verso Nord, la lama che si genera nei pressi di Masseria “Le Fabbriche” e in località “Monte Spicchiuddo”. Durante i periodi di pioggia tali incisioni, specialmente nei tratti coperti da suoli impermeabili e/o cementati, sono interessati da deflussi di acqua di origine meteorica che, se abbondanti, superano il livello dei canali causando estesi allagamenti.

Nel sottosuolo del sito degli interventi di progetto è presente un unico grande acquifero, la falda profonda, che permea con continuità regionale il basamento carbonatico rappresentato dalle Dolomie di Galatina ovvero dal Calcare di Altamura, una Formazione rocciosa fessurata e carsificata. A Sud delle aree progettuali, nei Depositi Marini Terrazzati, possono giacere falde superficiali, nella forma di lenti di acqua dolce, sostenute da livelli argillosi.

Inoltre, le opere di progetto ricadono in aree di vincolo d'uso degli acquiferi “Acquifero carsico del Salento: aree vulnerabili da contaminazione salina”, in ossequio al Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia.

Infine, la cartografia del Piano di Assetto Idrogeologico non individua, nel sito degli interventi progettuali, condizioni di pericolosità e di rischio idraulico e geomorfologico. Tali situazioni esistono nell'abitato di Maruggio per ciò che concerne le criticità idrauliche e nella località costiera di “Campomarino di Maruggio” per quanto riguarda le criticità geomorfologiche.

Nella fase di progettazione esecutiva, per l'approfondimento degli aspetti geologici, geotecnici e sismici dei terreni oggetto di interventi di opere idrauliche, lo scrivente Dott. Geol. Francesco Forte, in stretta sinergia con i progettisti, ha compiuto una campagna di indagini geologiche e geognostiche consistenti in prospezioni indirette, indagini dirette e prove di laboratorio. Le prime riguardavano un profilo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) associato due profili di tomografia sismica a rifrazione, uno in onde P e un altro in onde S, per definire l'azione sismica di progetto (calcolo dei valori delle velocità V_{seq} , descrizione della categoria del terreno di fondazione e restituzione di sezioni sismostratigrafiche)



e un profilo di tomografia elettrica per evidenziare l'assenza di cavità carsiche ipogee. Le indagini dirette, invece, consistevano in due perforazioni di sondaggio a carotaggio continuo, in ognuna delle quali è stata eseguita una prova sismica *down-hole*. I quattro campioni di roccia prelevati da questi sondaggi sono stati portati in laboratorio per eseguire le opportune analisi geotecniche.

Infine, poiché i risultati delle indagini geognostiche e geofisiche *in situ* dimostrano che nell'area indagata è presente, sotto un esiguo spessore di terra rossa con litoidi calcarei, un litotipo calcareo da estremamente fratturato a fratturato e considerando sia i parametri geotecnici ed elastici del sottosuolo stimati con le analisi di laboratorio e con le indagini geofisiche e sia le caratteristiche fisiche e meccaniche “mediocri” dell'ammasso roccioso in generale stimate con la classificazione di *Bieniawsky*, lo scrivente ritiene che sia utile e sufficiente impiegare, per le fondazioni del ponte, pali prefabbricati in calcestruzzo armato che siano fissati all'interno di plinti (monachini) e poggiati su solette, a una profondità non superiore a 5 - 6 m dal piano di campagna.

15 BIBLIOGRAFIA ESSENZIALE DI PERTINENZA

AUTORITÀ DI BACINO DELLA PUGLIA – DISTRETTO IDROGRAFICO DELL'APPENNINO MERIDIONALE, *Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico*, Norme Tecniche di Attuazione (NTA) e cartografia delle aree a pericolosità e rischio idraulico e geomorfologico, Valenzano (Bari) 2005.

BIENIAWSKY Z.T., *Engineering classification of jointed rock masses*, Trans. S. African Inst. Civ. Engrs., vol. XV, n. 12, 1973, pp. 335 - 344.

BIENIAWSKY Z.T., *Geomechanics classification of rock masses and its application in tunnelling*, Proc. 3rd Cong ISRM, Denver 2A 1974, p. 27.

BIENIAWSKY Z.T., *Engineering rock mass classifications*, A complete manual for Engineers and Geologists in mining, civil and petroleum engineering, New York, Wiley, 1989, p. 251.

CIARANFI N., PIERI P., RICCHETTI G., *Note alla Carta Geologica delle Murge e del Salento (Puglia centro - meridionale)*, Memorie della Società Geologica Italiana, vol. XLI, Roma 1988, pp. 449 - 460.

DELL'ANNA L., DE MARCO A., RICCHETTI G., DI PIERRO M., *Ricerche geologiche e mineralogiche sulle “Calcareniti di Monte Castiglione”*, Boll. Soc. Geol. It., vol. 97, Roma 1978, pp. 451 - 474.

IA.ING s.r.l., *Progetto di fattibilità tecnico - economica per le opere di mitigazione idraulica del comune di Maruggio*, Relazione tecnico - illustrativa, 2021, p. 17.



IGMI (ISTITUTO GEOGRAFICO MILITARE ITALIANO), *Fogli 203 e 213 della Carta Topografica d'Italia in scala 1:100.000*, Firenze 1947 - 1948.

REGIONE PUGLIA, *Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia*, Deliberazione del Consiglio Regionale n. 230 del 20 ottobre 2009. Relazione generale del Piano e Tavola 060200, Sogesid S.p.A., 2009.

REGIONE PUGLIA, *Proposta di aggiornamento 2015 - 2021 del Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia*, Delibera di Giunta Regionale n. 1333 del 16 luglio 2019. Estratto della cartografia *webGIS*, SIT, 2022.

REGIONE PUGLIA, *Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia*, approvato con Decreto di Giunta Regionale n. 176 del 16 febbraio 2015. Relazioni di Piano ed elaborati *web GIS* cartografici, Gruppo di Lavoro Regione Puglia, 2015.

RICCHETTI G., *Carta geomorfica del Salento meridionale*, Convegno su “Le conoscenze geologiche del territorio salentino – dati e prospettive”, Lecce 1987.

ROMANA M., *New adjustment ratings for application of Bieniawsky classification to slopes*, in Proceedings of the International Symposium on the Role of Rock Mechanics in Excavations for Mining and Civil Work, International Society of Rock Mechanics, Zacatecas 1985, pp. 49 - 53.

ROSSI D., *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000: Fogli 203, 204, 213 “Brindisi - Lecce - Maruggio”*, Servizio Geologico d'Italia, Roma 1969, p. 64.

STANI M., *Studio di analisi del comportamento idraulico della rete idrografica nella situazione attuale del comune di Maruggio e verifica dell'efficacia degli interventi di sistemazione idraulica*, Relazione geologica e idrogeologica del Progetto preliminare, 2009, p. 15.

Tanto dovevasi in ottemperanza all'incarico ricevuto.

Maglie (LE), dicembre 2022

IL TECNICO GEOLOGO

Dott. Francesco FORTE





TAVOLE E ALLEGATI

TAVOLA 1 (formato A3) - CARTA DELL'UBICAZIONE DELLE OPERE DI PROGETTO (su Carta Tecnica Regionale);

TAVOLA 2 (formato A3) - CARTA GEOLOGICA (estratta dal Foglio 213 “Maruggio” del Servizio Geologico Nazionale e riportata su Carta Tecnica Regionale);

TAVOLA 3 (formato A3) - CARTA GEOLOGICA DELLE MURGE E DEL SALENTO (estratta dalla Carta di Ciaranfi *et al.*, 1988);

TAVOLA 4 (formato A3) - CARTA DELL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE (estratta dalla Carta idrogeomorfologica dell'Autorità di Bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale e riportata su Carta Tecnica Regionale);

TAVOLA 5 (formato A3) - CARTA DELLE ISOPIEZE DELLA FALDA PROFONDA (estratta dal Progetto Piano di Tutela delle Acque e riportata su Carta Tecnica Regionale);

ALLEGATO I – N. 8 SEZIONI LITOLOGICHE, DI CUI N. 5 TRASVERSALI ALLA LUNGHEZZA DELL'ARGINE E N. 3 TRASVERSALI ALLA LUNGHEZZA DEL CANALE, CON RELATIVA CARTA GEOLOGICA DI DETTAGLIO RIPORTANTE LE TRACCE DELLE SEZIONI;

ALLEGATO II – Relazione su indagini geognostiche e geofisiche, redatta da GEOPROVE s.r.l., contenente:

- N. 2 STRATIGRAFIE DI ALTRETTANTE PERFORAZIONI DI SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO UBICATE A UNA DISTANZA DI 80 - 100 m DAL *CONSTRUENDO* PONTE CON PROVE *DOWN-HOLE*;
- N. 1 INDAGINE SISMICA CONSISTENTE IN UNA *MASW* ASSOCIATA A DUE PROFILI DI TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE, UNO IN ONDE P E UN ALTRO IN ONDE S);
- N. 1 PROVA DI TOMOGRAFIA ELETTRICA;
- PROVE GEOTECNICHE DI LABORATORIO SU N. 4 CAMPIONI DI ROCCIA PRELEVATI DURANTE LE PERFORAZIONI DI SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO.