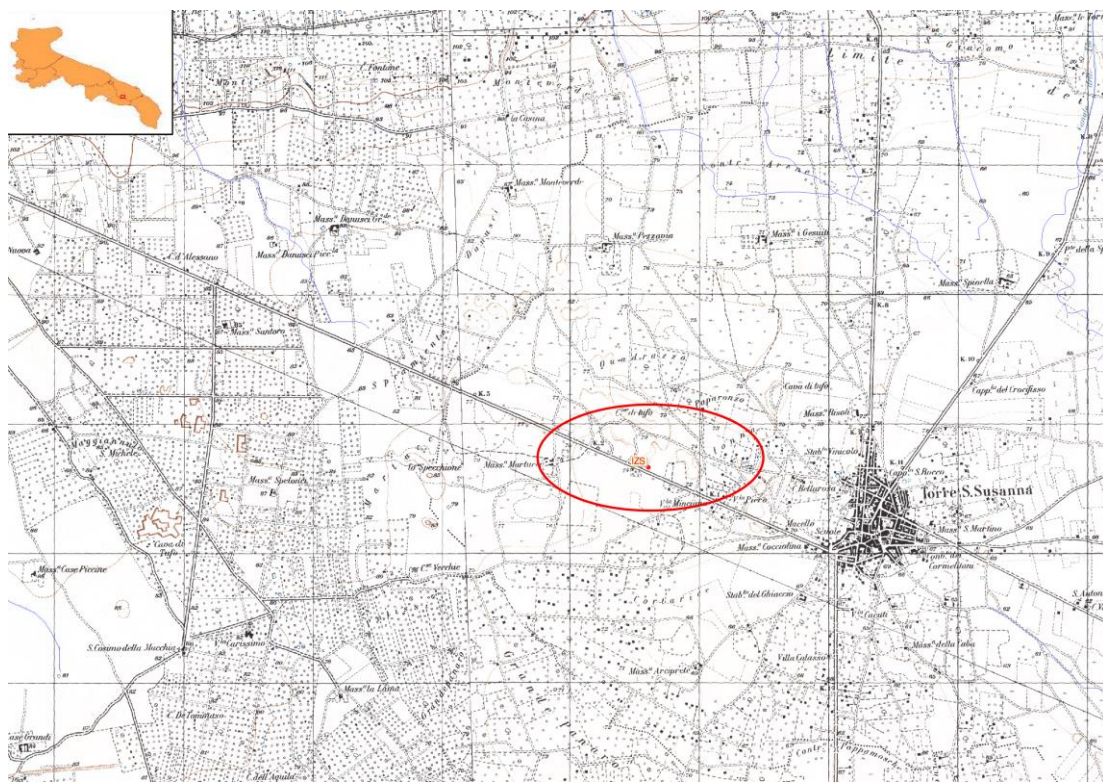




COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA



RELAZIONE GEOLOGICA

Indagine GEOLOGICO-TECNICA (D.M. 14.01.2008 - Norme Tecniche per le Costruzioni) sui terreni di fondazione ubicati nel territorio comunale di L Torre S. Susanna (BR) lungo la S.P. per Oria, censiti al foglio di mappa n° 25 particella n° 875, che saranno interessati dalla "realizzazione della pavimentazione sterna con annesso arredo urbano e zona verde".

COMMITTENTE:

Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Puglia e della Basilicata
S.P. per Oria s.n.
72028 TORRE SANTA SUSANNA (BR)

IL TECNICO:

STUDIO TECNICO & AMBIENTALE

Geologo dott. Dario FISCHETTO

Corso Garibaldi, 27 – 72100 Brindisi (BR)
Tel./Fax 0831 597236 Cell. 389 0382220
e.mail: fischetto.dario@libero.it
P.IVA: 01892970748 C.F.: FSCDRA71E27B180Z



INDICE

1. PREMESSA	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI.....	3
3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA INVESTIGATA.....	4
4. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO	6
4.1 ASSETTO GEOLOGICO.....	6
4.2 ASSETTO MORFOLOGICO	7
5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA	8
5.1 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI REGIONALE	8
5.2 LINEAMENTI IDROGRAFICI DELL'AREA INDAGATA.....	9
5.3 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA INDAGATA	9
6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE, ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO	12
7. INDAGINI GEOGNOSTICHE	13
8. DEFINIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO, CONDIZIONI TOPOGRAFICHE E PARAMETRI SISMICI LOCALI	14
8.1 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO	17
8.1.1 Definizione categoria di sottosuolo locale	18
8.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	22
8.2.1 Definizione condizioni topografiche locali	22
8.3 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI LOCALI	23
9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI INDAGATI.....	24
9.1 PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE	24
9.2 PARAMETRI GEOTECNICI DEI DEPOSITI INDAGATI.....	30
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	31

1. PREMESSA

L'Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Puglia e della Basilicata con sede in Torre Santa Susanna lungo la S.P. per Oria s.n., ha affidato allo scrivente Geologo dott. Dario FISCHETTO, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Puglia con il N° 475 con studio in Brindisi (BR) al Corso Garibaldi civ. 27, l'incarico di effettuare uno studio geologico-geotecnico sui terreni ubicati nel territorio comunale di Torre Santa Susanna (BR) lungo la S.P. per Oria, censiti al foglio di mappa n° 25 particella n° 875, che saranno interessati dalla "realizzazione della pavimentazione sterna con annesso arredo urbano e zona verde".

Lo studio dell'area che sarà interessata dai lavori, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", è finalizzato alla definizione:

- a. della caratterizzazione e modellazione geologica al fine della ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio indagato onde verificare la fattibilità tecnica delle opere in progetto;
- b. della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati, definire il modello geotecnico e la categoria sismica di sottosuolo ed i parametri e coefficienti sismici locali.

L'indagine, svolta in conformità alle normative tecniche vigenti, è stata articolata nelle seguenti fasi di studio:

- raccolta e consultazione della documentazione geologica e geomorfologica esistente relativa a studi ed analisi effettuate nella stessa area, in aree limitrofe o in situazioni del tutto analoghe;
- raccolta ed analisi accurata della cartografia dell'area;
- rilievi di superficie, effettuati allo scopo di definire le forme e l'estensione delle strutture di superficie e di descrivere l'idrografia superficiale (Rilievo geomorfologico), di riconoscere l'estensione areale ed i limiti dei litotipi presenti nell'area (Rilievo geolitologico), di individuare eventuali strutture di tipo fragile e di tipo duttile (Rilievo geologico - strutturale);
- indagine di prospezione sismica dei terreni realizzate a mezzo di **N° 1 indagini sismiche con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 1 indagini sismiche con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** eseguite dallo scrivente all'interno dell'area interessata dalle opere in oggetto;
- indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di **N° 1 prova sismica con metodologia e Rifrazione** eseguite dallo scrivente all'interno dell'area interessata dalle opere in oggetto;
- elaborazione dei dati e stesura della presente relazione geologico – tecnica.

La Committenza, con la presente e con quanto altro dovesse rendersi necessario, intende adempiere alle prescrizioni legislative in vigore secondo la prassi corrente.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni".
- D.M. 14.01.2008 – "Norme Tecniche per le Costruzioni".
- D.M. 11.03.1988 - "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione", applicabile per le costruzioni di tipo 1 e 2 e Classe d'uso I e II, limitatamente a siti ricadenti in Zona 4 (CAPITOLO 2.7 del D.M. 14.01.2008).

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO DELL'AREA INVESTIGATA

L'area investigata, ubicata nel territorio comunale di Mesa Mesagne (BR) lungo la S.P. per Oria, censiti al foglio di mappa n° 25 particella n° 875, è cartografata nel II quadrante del foglio n° 203 della Carta Geologica d'Italia scala 1:100.000 denominata "BRINDISI", più precisamente nella tavoletta, scala 1:25.000, N.O. denominata "TORRE SANTA SUSANNA".

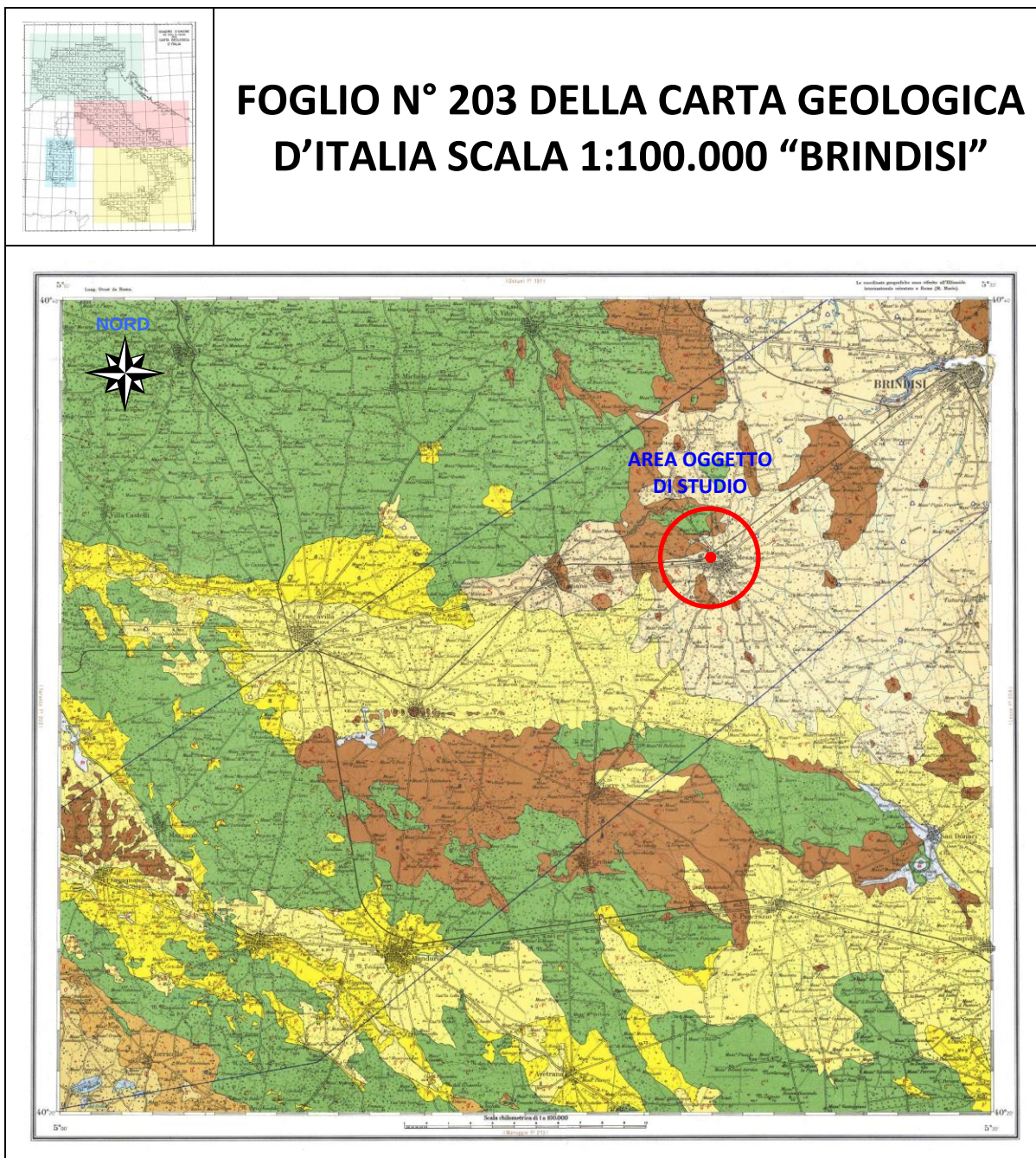


FIG. 3.1: Foglio n° 203 della Carta D'Italia Scala 1:100.000 "BRINDISI" - Ubicazione dell'area indagata

RELAZIONE GEOLOGICO-GEOTECNICA

(D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni")

LEGENDA:



Depositi eluviali principali e di "terra rossa".



Sabbie, sabbie argillose e limi grigi lagunari-palustri recenti.



Sabbie argillose giallastre, talora debolmente cementate, in strati di qualche cm. di spessore, che possono inferiormente a sabbie argillose e argille grigio-azzurrastre (q_1^1); spesso l'unità ha intercalati banchi arenacei e calcarenitici ben cementati (q_1^1). Nelle sabbie più elevate si notano talora *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.), *Ammonia perlucida* (HER. ALL. EARL.) (PLEISTOCENE). Nelle sabbie argillose ed argille sottostanti, accanto a *Arctica islandica* (LIN.), *Chlamys septemradiata* MULL. ed altri molluschi, sono frequenti: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Bolivina catanensis* SEG. (CALABRIANO). FORMAZIONE DI GALLIPOLI.



(q_1^1) 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.). In trasgressione su (q_1^1), oppure sulle formazioni cretache. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

(q_2^1) 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 trasgressione su (p^1) oppure sul Cretacico. In base ai rapporti stratigrafici, questo livello è attribuibile al Pleistocene.

Livelli appartenenti alle CALCARENITI DEL SALENTO, aventi le seguenti caratteristiche:



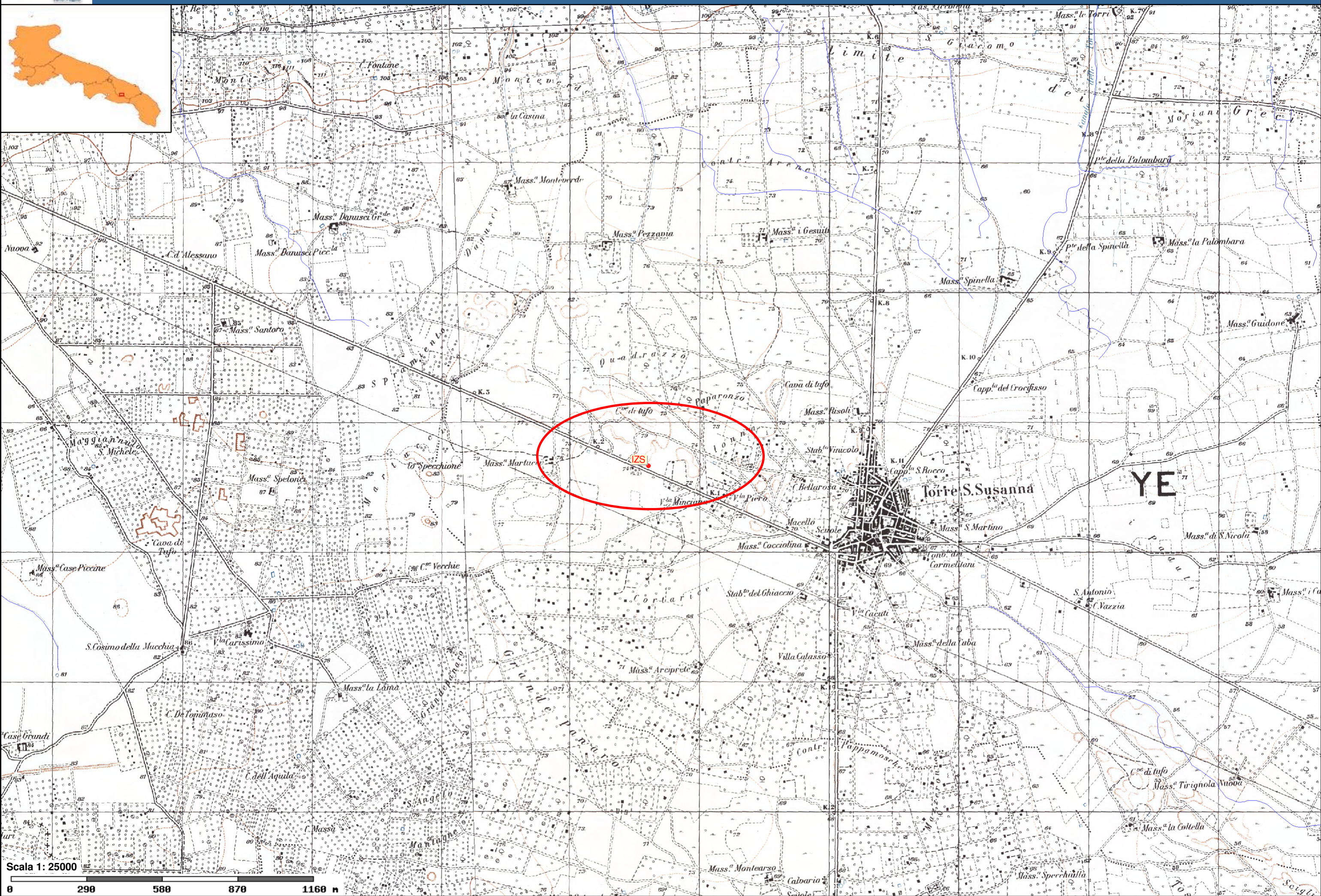
(q_1^1 - p^1) Sabbie calcaree poco cementate, con intercalati banchi di panchina, sabbie argillose grigio-azzurre. Verso l'alto associazione calabrianica: *Hyalinea balthica* (SCHR.), *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Bulimina marginata* D'ORB., *Ammonia beccarii* (LIN.) (CALABRIANO-PLIOCENE SUP.?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.



(p^1) Calcareniti, calcari tipo panchina, calcareniti argillose giallastre. Macrofauna a Coralli, Cirripedi, Molluschi, Echinidi, Crostacei tra cui *Cancer siamondai* MEY. var. *antiatina* MAX. Microfauna ad Ostracodi e Foraminiferi: *Bulimina marginata* D'ORB., *Cassidulina laevigata* D'ORB. var. *carinata* SILV., *Discorbis orbicularis* (TERQ.), *Cibicides ungerianus* (D'ORB.), *C. lobatulus* (WALK. e JAC.), *Globigerinoides ruber* (D'ORB.), *G. sacculifer* (BRADY), *Orbulina universa* D'ORB., *Hastigerina aequilateralis* (BRADY) (PLIOCENE SUP.-MEDIO?). In trasgressione sulle formazioni più antiche.

Calcari dolomitici e dolomie grigio-nocciola, a frattura irregolare, calcari grigio-chiari. Microfossili non molto frequenti: *Thaumatoporella* sp., *Pragelobotruncana stephani* (GAND.), *P. stephani turbinata* (REICH.), *Rotalipora appenninica appenninica* (RENZ), *R. cf. reicheli* (MORN.), *Nummoloculina* sp. (CENOMANIANO SUP. e forse TURONIANO). DOLOMIE DI GALATINA con passaggio graduale al CALCARE DI ALTAMURA (verso Nord e verso Ovest).

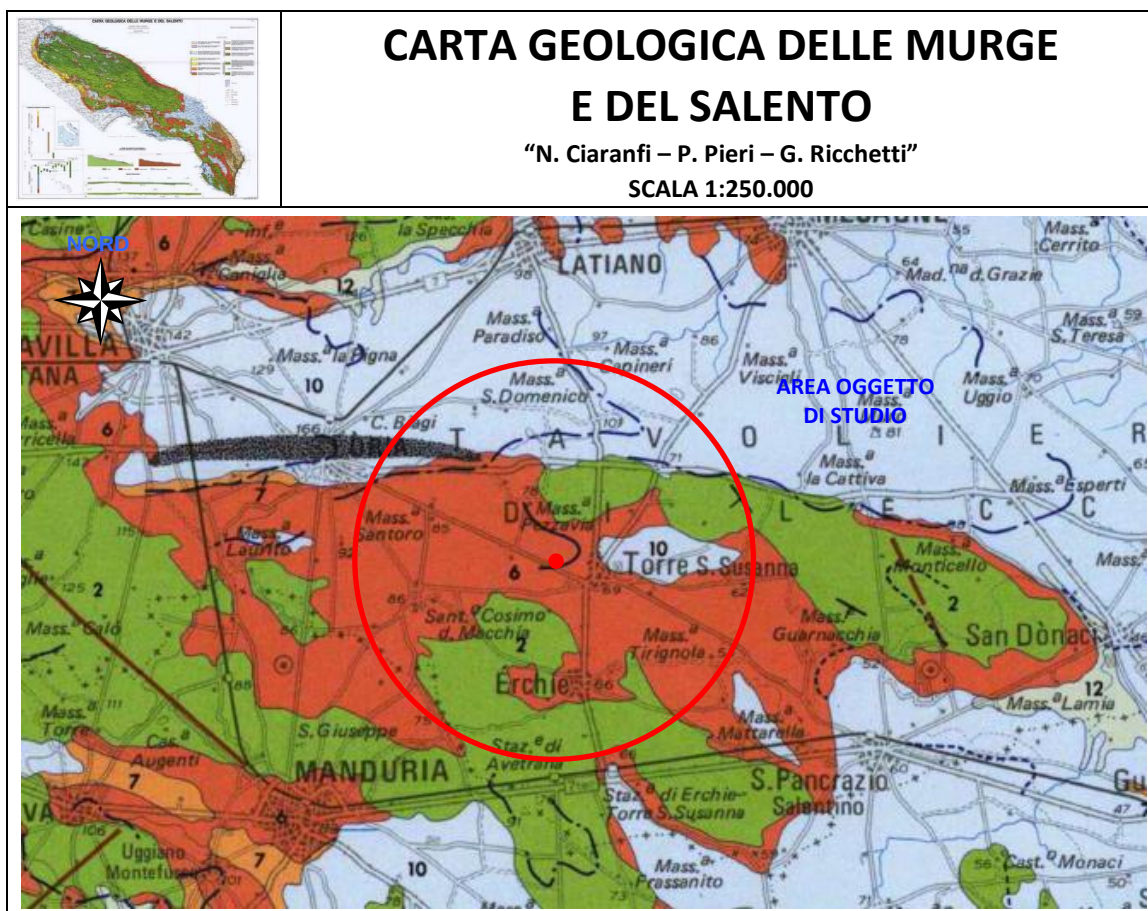




4. INQUADRAMENTO MORFOLOGICO E GEOLITOLOGICO

4.1 ASSETTO GEOLOGICO

L'area interessata dall'intervento in progetto, ubicata ad una quota media di circa 67,00 mt. s.l.m.m. rappresenta, come da Fig. 4.1, il tratto meridionale dell'altopiano delle Murge, potente complesso calcareo di età cretacea in facies di piattaforma epiocanica caratterizzata da piatti fondali e acque limpide profonde da qualche metro ad alcune decine di metri; esse rivestono nel contesto degli eventi orogenetici cenozoici, un ruolo di avampaese debolmente piegato ma in linea di massima stabile.



LEGENDA:

- | | |
|---|--|
| <div style="background-color: #add8e6; width: 30px; height: 20px; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-weight: bold;">10</div> <div style="background-color: #3cb371; width: 30px; height: 20px; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-weight: bold;">2</div> <div style="background-color: #ff4500; width: 30px; height: 20px; margin-bottom: 5px; display: flex; align-items: center; justify-content: center; font-weight: bold;">6</div> | <p>Complesso di depositi di spiaggia e di piana costiera, riferibili a numerose unità litostratigrafiche terrazzate in vari ordini collegate a distinte fasi eustatico – tettoniche: sabbie, conglomerati, calcareniti e calcari coralgali. PLEISTOCENE MEDIO-SUPERIORE.</p> <p>Calcare di Altamura: successione carbonatica di piattaforma interna caratterizzata da ripetute sequenze cicliche di mare sottile (tidale, lagunare), con sedimentazione compensata da subsidenza; micriti e dolomicriti ad alche, calcareniti a foraminiferi e frequenti livelli con rudiste. CRETACEO.</p> <p>Calcareniti di Gravina: depositi calcarenitici e calciruditici in facies litorale, con foraminiferi, alghe, molluschi ed echini. PLEISTOCENE MEDIO-INFERIORE.</p> |
|---|--|

Figura 4.1: Carta geologica dell'area indagata (Carta geologica delle Murge e del Salento "Ciaranfi N. – Pieri P. – Ricchetti G.")

Al di sotto di una più o meno spessa copertura vegetale di terreno alterato, si evidenziano condizioni geologiche piuttosto semplici ed uniformi; nelle sue linee essenziali lo schema stratigrafico dell'area indagata, può essere distinta, in ordine cronologico dalla più antica alla più recente, come

segue:

- **Calcare di Altamura (Cretacico sup.: Turoniano sup.-Maastrichtiano)**
- **Calcareni di Gravina (Pleistocene inf.: Calabrian)**
- **Depositi alluvionale**

Si riporta una descrizione sintetica della successione geologica riscontrata:

- **Calcare di Altamura:** costituiti da calcari prevalentemente micritici, alle volte detritici, calcari dolomitici e dolomie di colore grigio-nocciola, organizzati in strati dello spessore variabile dal decimetro a qualche metro e costituiscono l'ossatura rigida del territorio della Provincia di Brindisi; tale formazione è costituita da rocce molto compatte ma a luoghi intensamente fratturata e interessata da fenomeni di dissoluzione di tipo carsico il cui ambiente deposizionale viene riferita ad una zona interna di piattaforma carbonatica (laguna) caratterizzata da debole energia idrodinamica. Tale deposito è sede della cosiddetta falda profonda abbondantemente sfruttata. Ottime le caratteristiche fisico-meccaniche con valori a rottura a compressione semplice con carico monoassiale anche superiori ai 500 kg/cm².

In tutta l'area rilevata, tale unità è ricoperta da terra rossa per uno spessore variabile da qualche centimetro a qualche decimetro.

- **Calcareni di Gravina:** giacciono con contatto trasgressivo sui calcari cretacei e si presentano in strati orizzontali o con rara pendenza in direzione NNE.

Le Calcareni, formate da livelli calcarenitici e calciruditici con orizzonti a diverso contenuto fossilifero, costituiscono il prodotto del disfacimento meccanico dei sottostanti calcari, presentano caratteristiche variabili da luogo a luogo con diverso grado di diagenesi passando da terreni compatti "tufi" fortemente porosi a calcari e terreni non litificati localmente definiti "tufine". Questa unità è formata dalla ripetizione verticale di set di strati dello spessore variabile da 40 cm a 2 mt separati tra loro da livelli riferibili a probabili regressioni marine.

In tutta l'area rilevata, tale unità è ricoperta da terra rossa per uno spessore variabile da qualche centimetro a qualche decimetro.

- **Depositi alluvionali:** trattasi di sedimenti continentali sciolti formati da elementi provenienti dall'accumulo da parte delle acque superficiali dei canali. La litologia dell'alluvione dipende da quella dei terreni attraversati dalle acque superficiali: argillosa, sabbiosa e ciottolosa, a secondo che vengano erose argille, calcareniti o calcari. Trattandosi di depositi attuali e recenti sono da attribuirsi all'Olocene.

4.2 ASSETTO MORFOLOGICO

Dal punto di vista morfologico l'area oggetto dell'intervento progettuale, ubicata ad una quota topografica di circa 74,00 mt s.l.m.m., si presenta generalmente pianeggiante e caratterizzata da deboli pendenze 0,5 ÷ 2 % molto lievi e poco apprezzabili.

Dai rilievi di superficie eseguiti, si evince come l'area oggetto dell'intervento progettuale non mostri evidenze strutturali che lascino intendere alla presenza di aree di instabilità morfologica.

5. IDROGRAFIA ED IDROGEOLOGIA DELL'AREA INDAGATA

5.1 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI REGIONALE

I caratteri litologici delle diverse formazioni, le loro giaciture ed i relativi rapporti di posizione, fanno sì che in Puglia la circolazione idrica sotterranea si espliciti attraverso di due distinti sistemi la cui interazione tende a variare da luogo a luogo.

Il primo, più profondo, come falda di base o profonda è rappresentato dalla falda carsica circolante nel basamento carbonatico mesozoico, fortemente fratturato e carsificato; il secondo, rinvenibile nei depositi della copertura post-cretacea è costituito da una serie di falde superficiali, che si rinvergono a profondità ridotte dal piano campagna, ovunque la presenza di livelli impermeabili vada a costituire uno sbarramento a letto.

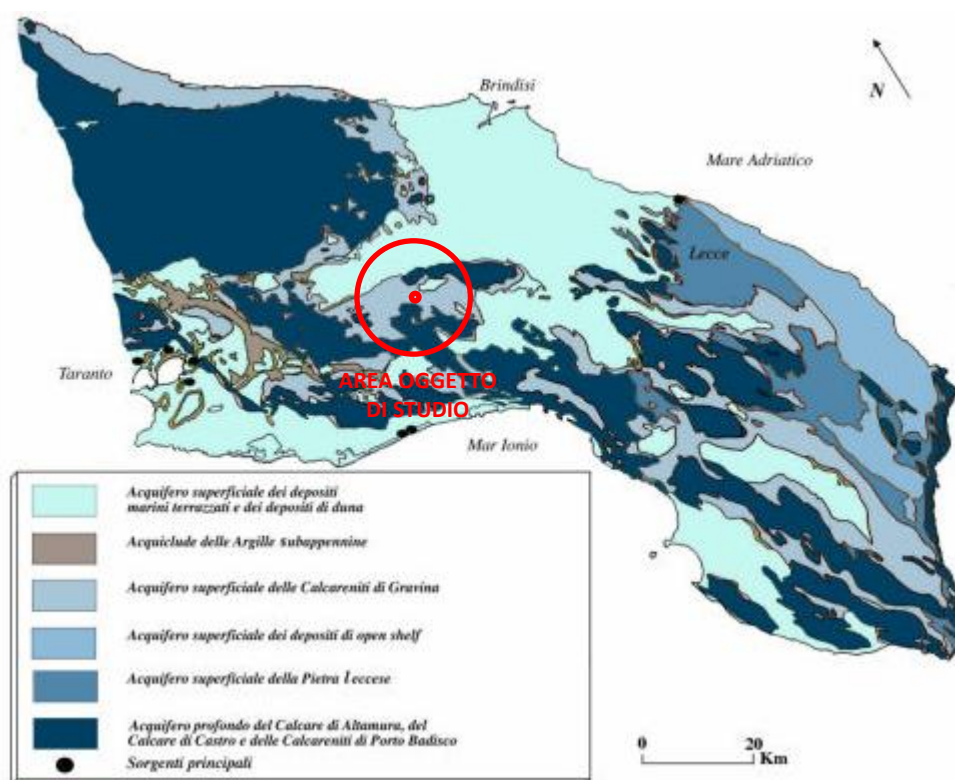


Fig. 5.1: Carta della permeabilità e delle principali manifestazioni sorgentizie costiere del Salento

Le acque dolci della falda profonda, invece, sono sostenute alla base dalle acque marine di invasione continentale, dalle quali sono separate da una fascia idrica di transizione, la zona di diffusione, caratterizzata da un rapido incremento verticale del contenuto salino; naturalmente, essendo l'equilibrio fra queste acque legato al carico idraulico delle acque dolci, lo spessore di queste ultime si riduce man mano che ci si avvicina alla linea di costa, fino ad annullarsi completamente.

Nell'ambito della falda profonda sono inoltre individuabili tre distinte unità idrogeologiche; la garganica, la murgiana e la salentina. In particolare, queste ultime due sono in contiguità laterale tra di loro lungo l'allineamento Taranto-Brindisi attraverso il quale, in virtù dei differenti carichi idraulici, si

concretizza un forte sversamento di acque sotterranee dall'unità murgiana in quella salentina; nell'unità idrogeologica murgiana, infatti, si riscontrano sempre carichi idraulici molto alti, anche oltre i 50 metri, ed una circolazione prevalentemente in pressione, mentre in tutto il Salento si hanno carichi modesti, mai superiori ai 4 metri, con una circolazione usualmente a pelo libero.

5.2 LINEAMENTI IDROGRAFICI DELL'AREA INDAGATA

L'area indagata come da tavola 4.1, rappresenta la zona più meridionale dell'altopiano delle Murge, potente complesso calcareo di età cretacea in facies di piattaforma epiocanica caratterizzata da piatti fondali e acque limpide profonde da qualche metro ad alcune decine di metri le cui caratteristiche litologiche ne condizionano la circolazione idrica superficiale e sotterranea.

Essa si colloca, dal punto di vista geomorfologico, nel sistema morfoclimatico temperato con regime pluviometrico di tipo mediterraneo-marittimo caratterizzato da un periodo di massima piovosità compreso tra ottobre e marzo (con massimi in novembre e dicembre) e da un periodo di magra compreso tra aprile e settembre (con minimi in luglio e agosto).

Il fenomeno carsico, i caratteri di permeabilità delle formazioni presenti, comune a tutto il territorio salentino o se vogliamo sud pugliese, nonché quelle delle precipitazioni meteoriche non favoriscono il regolare deflusso delle acque di origine meteorica verso il mare per via superficiale portando ad un modesto sviluppo della rete idrografica che, come da Carta Idrogeomorfologica della Puglia estratta dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it> riportata in allegato, è caratterizzata per lo più dalla presenza di una serie di canali più o meno profondi che a loro volta hanno disegnato un reticolo idrografico oramai appena accennato a causa dell'intenso sfruttamento agricolo e della forte urbanizzazione che ha cancellato o ha mascherato molto di quello che può essere significativo dal punto di vista morfologico.

5.3 LINEAMENTI IDROGEOLOGICI DELL'AREA INDAGATA

Le caratteristiche della circolazione idrica sotterranea presente nell'area indagata sono la diretta conseguenza dell'assetto geologico – strutturale e litologico, illustrato nel capitolo precedente.

In relazione alla litologia e quindi a seconda delle loro caratteristiche di permeabilità, i depositi che interessano l'area di studio si suddividono in tre gruppi:

- a. **impermeabili** a cui appartengono i terreni affioranti costituiti da argille e limi, presenti seppur fino a modeste profondità, in maniera quasi omogenea su tutto il territorio comunale ed in particolar modo in quello indagato (coefficiente di permeabilità compreso tra $10^{-7} \div 10^{-9}$ cm/s);
- b. **permeabili per porosità** a cui appartengono i terreni più superficiali quali le sabbie, i limi e i depositi calcarenitici, il cui grado di permeabilità aumenta all'aumentare della componente sabbiosa costituente il deposito e rappresentano i depositi utilizzati per lo smaltimento delle acque meteoriche (coefficiente di permeabilità compreso tra $1 \cdot 10^{-4} \div 1 \cdot 10^{-6}$ cm/s);

- c. **permeabili per fessurazione**, a cui appartengono le rocce permeabili del complesso carbonatico, la formazione mesozoica calcarea che, costituente l'acquifero sotterraneo, è caratterizzato dalla presenza di fratture, piani di stratificazione e condotti carsici dovuti all'allargamento di fratture e giunti di strato che conferiscono al deposito in oggetto un'elevata permeabilità che varia sia verticalmente che lateralmente al variare della natura litologica ed al relativo grado di carnificazione (coefficiente di permeabilità compreso tra $10^{-1} \div 10^{-2}$ cm/sec).

Il modesto sviluppo della rete idrografica sopradescritta, si contrappone ad un più accentuato afflusso al sistema idrico sotterraneo che, in virtù di quanto sopra, nell'area in oggetto è caratterizzata dalla presenza di un sistema idrico sotterraneo la cui superficie piezometrica si attesta nell'ammasso carbonatico alla profondità compresa tra i 65 ÷ 70 mt dal p.c. che galleggia, per minore densità, sulle acque salate di intrusione marina con un carico idraulico che varia nell'area oggetto di studio fra i 6 ed i 7 mt s.l.m.m. (Fig. 5.2).

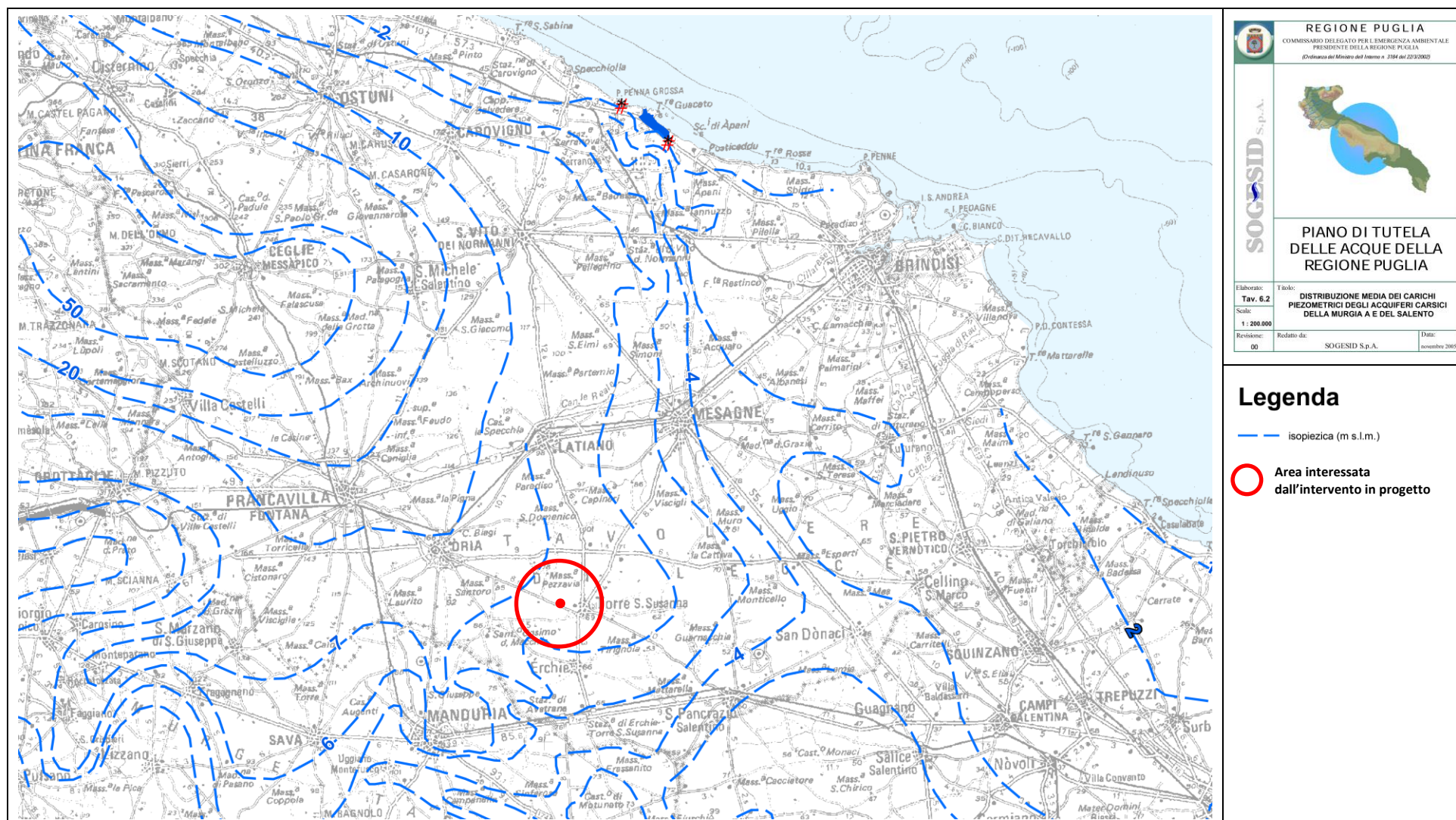
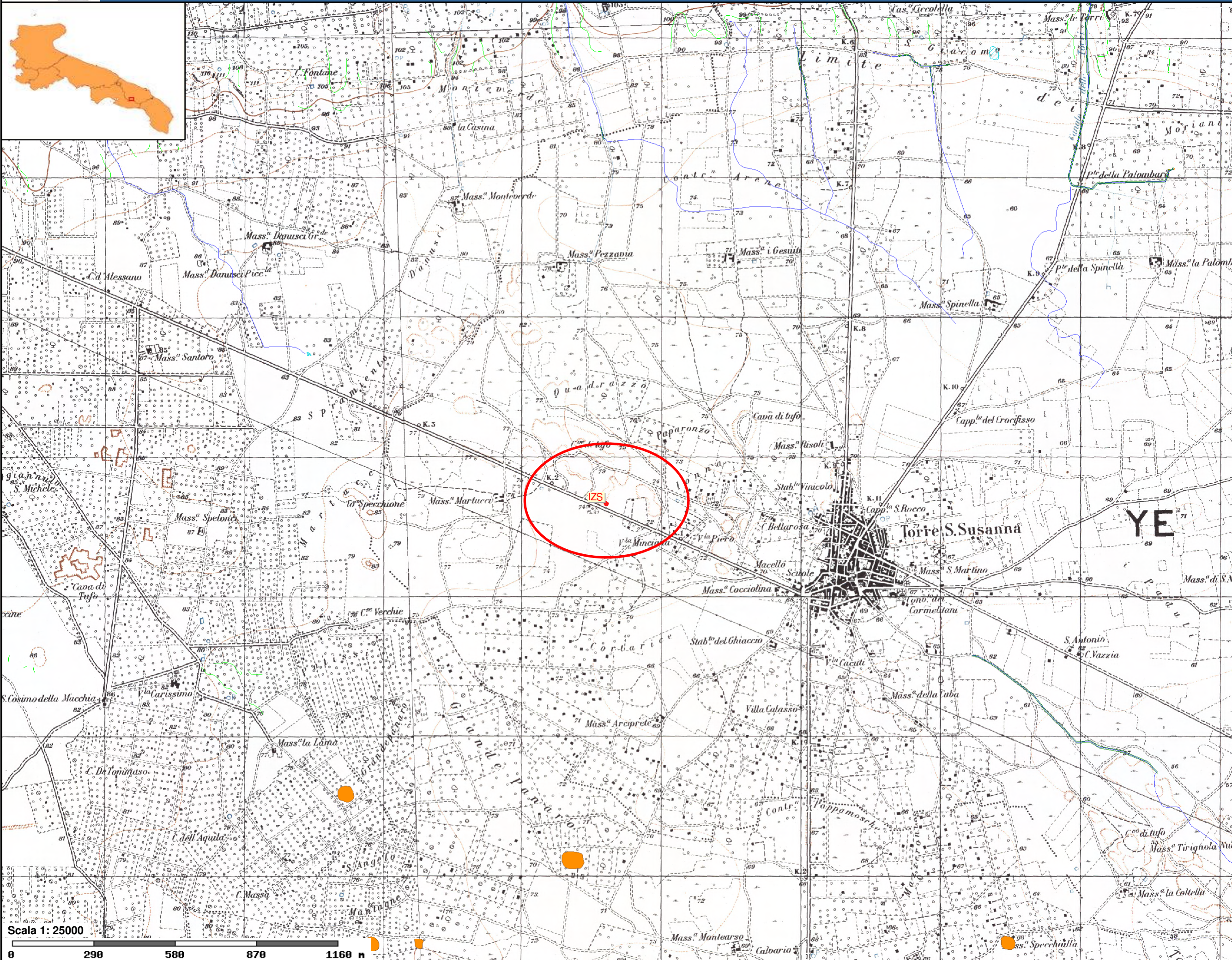


Fig. 5.2: Estratto Tav. 6.2 "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi carsici della murgia e del Salento" del Piano di tutela delle acque della Regione Puglia - Isofreatiche dell'acquifero profondo



Forme di modellamento di corso d'acqua

Cigli e ripe

- Ciglio di sponda
- Ripa di erosione

Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale

Corsi di acqua

- Corso d'acqua
- Corso d'acqua episodico
- Corso d'acqua obliterato
- Corso d'acqua tombato
- Recapito finale di bacino endoreico

Sorgenti

- Sorgenti
- Canali lagunari

Bacini Idrici

Bacini

- Lago naturale
- Lago artificiale
- Laguna costiera
- Salina
- Stagno, acquitrino, zona palustre

Forme Carsiche

- Doline
- Grotte naturali
- Orlo di depressione carsica
- Voragini

Cartografia di base

6. PERICOLOSITA' GEOLOGICHE, ASSETTO IDROGEOLOGICO ED IDROGRAFICO

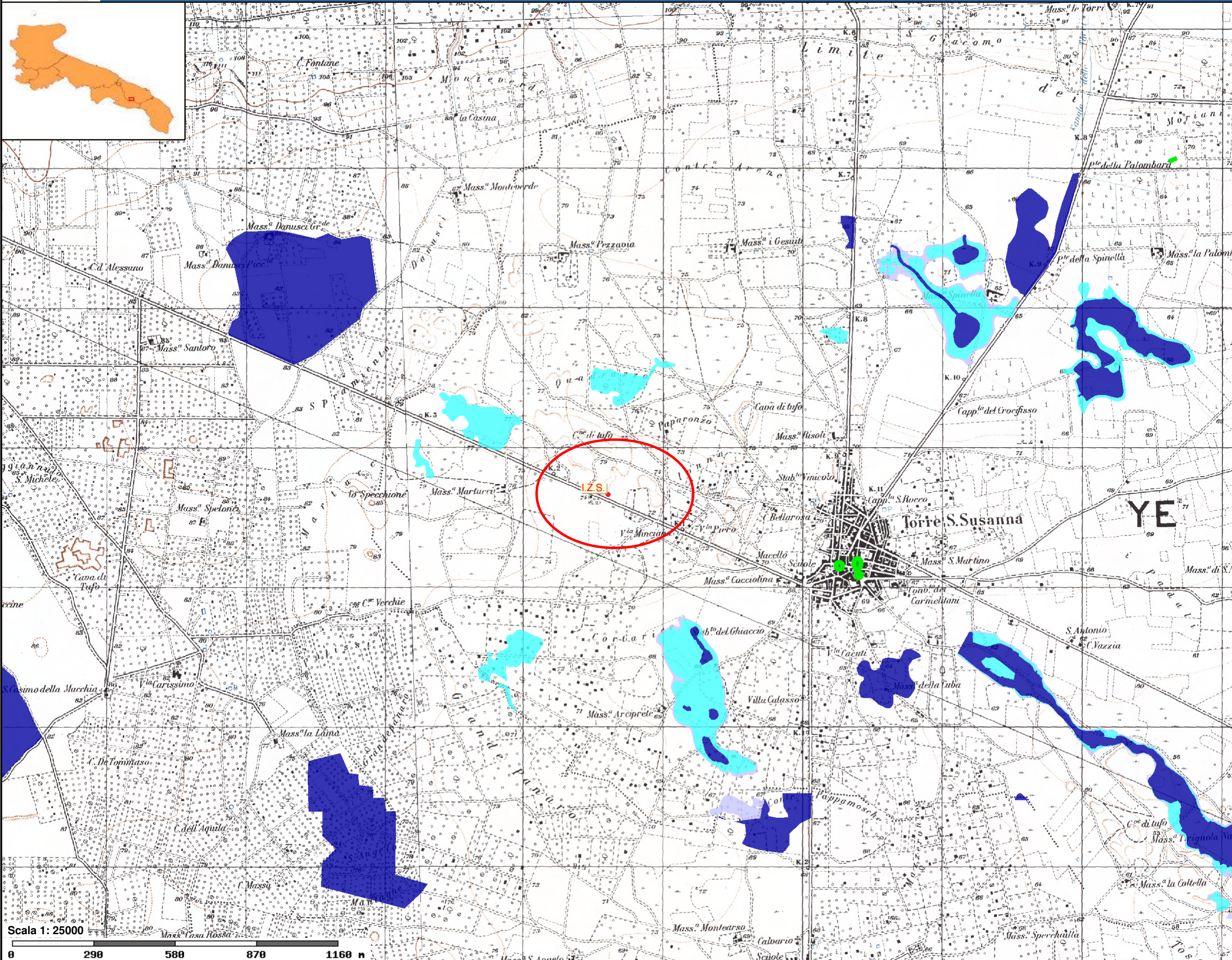
Al fine di effettuare una valutazione complessiva della pericolosità geomorfologia, idraulica e del rischio, è stata effettuata:

1. l'analisi della cartografia allegata al **Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino ha individuato le aree esposte a pericolosità geomorfologia e idraulica e pertanto a rischio, di cui agli stralci riportati nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>;
2. l'analisi della **Carta Idro-geomorfologica della Regione Puglia allegata al Piano di bacino stralcio assetto idrogeologico (P.A.I.)** della Regione Puglia in cui l'Autorità di Bacino, al fine della salvaguardia dei corsi d'acqua, della limitazione del rischio idraulico e per consentire il libero deflusso delle acque, ha individuato il reticolo idrografico in tutto il territorio di competenza, nonché l'insieme degli alvei fluviali in modellamento attivo e le aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità, di cui agli stralci riportate nelle pagine seguenti, estratte dal sito internet dell'Autorità di Bacino della Puglia <http://www.adb.puglia.it>.

Dall'analisi di cui ai punti precedenti, si evidenzia che l'area interessata dalle opere in progetto non ricade, neanche parzialmente:

- in aree perimetrate a pericolosità geomorfologica;
- in aree perimetrate a pericolosità idraulica;
- in aree perimetrate a pericolosità geomorfologica;
- in aree perimetrate a rischio idraulico o geomorfologico;
- a meno di 75 mt da tratti di reticolo idrografici, alveo in modellamento attivo ed aree golenali non arealmente individuabili;

pertanto, secondo tale analisi, *sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio.*



Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.
media e moderata (PG1)

elevata (PG2)

elevata (PG3)

Peric. Idraulica

bassa (BP)

media (MP)

alta (AP)

Cartografia di base

Scala 1: 25000

0 290 580 870 1160 m

7. INDAGINI GEOGNOSTICHE

L'indagine geognostica effettuata per la definizione dei caratteri litologici, stratigrafici e strutturali per la caratterizzazione fisico-meccanica e per la definizione della categoria di sottosuolo e dei parametri e coefficienti sismici locali dei terreni oggetto dell'intervento in progetto, è consistita nella realizzazione di:

- indagine di prospezione sismica dei terreni realizzate a mezzo di **N° 1 indagini sismiche con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 1 indagini sismiche con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**;
- indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di **N° 1 prova sismica con metodologia e Rifrazione**;

eseguite dallo scrivente all'interno dell'area interessata dalle opere in oggetto.



Fig. 7.1 Ubicazione delle indagini geognostiche di riferimento

LEGENDA:

- | | |
|--|--|
|  Area oggetto di interesse |  Prova Penetrometrica Dinamica Superpesante (DINAMIC PROBING SUPER HEAVY) |
|  Profilo sismico M.A.S.W. - RE.MI |  Profilo sismico a Rifrazione |

8. DEFINIZIONE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO, CONDIZIONI TOPOGRAFICHE E PARAMETRI SISMICI LOCALI

L'attuale normativa sismica si fonda sull'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20.03.2003 pubblicata sulla G.U. n° 105 del 08.05.2003 recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zone sismiche" .

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 rappresenta un primo tentativo di allineamento della normativa italiana con quella europea dato che esso si ispira completamente all'Eurocodice 8.

In prima fase di applicazione dell'ordinanza e fino alla formale individuazione e riclassificazione delle zone sismiche delle singole regioni, tale ordinanza, individua 4 nuove zone sismiche da 1 (maggiore pericolo) a 4 (minore pericolo) nelle quali suddivide l'intero territorio nazionale in relazione all'intensità e frequenza dei terremoti del passato.

A differenza della precedente classificazione, con l'O.P.C.M. n° 3274/2003, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4.

Secondo tale provvedimento legislativo, tutti i comuni italiani sono stati classificati in 4 categorie principali, indicative del loro rischio sismico, calcolato in base al PGA, Peak Ground Acceleration, cioè il valore di accelerazione massima del suolo (picco di accelerazione al suolo) misurata nel corso di un terremoto o attesa in un determinato sito che tiene conto dell'influenza degli eventuali effetti di amplificazione del moto sismico dovuti alle caratteristiche del sottosuolo o alla topografia.

Zona 1 (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ROSSO**): Sismicità alta

Identifica la zona più pericolosa dove "possono verificarsi fortissimi terremoti" (PGA oltre 0,25 g).

Zona 2 (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **ARANCIONE**): Sismicità medio-alta

In questa zona possono verificarsi forti terremoti (PGA fra 0,15 e 0,25 g).

Zona 3 (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GIALLO**): Sismicità medio-bassa

In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari (PGA fra 0,05 e 0,15 g).

Zona 4 (identificata nella carta della "Classificazione sismica del territorio nazionale" con il colore **GRIGIO**): Sismicità bassa

È la zona meno pericolosa (PGA inferiore a 0,05 g).

L'O.P.C.M. n° 3274/2003 attribuisce alle singole regioni la facoltà di introdurre o meno l'obbligo della progettazione antisismica in opere da edificare in zona 4 ad eccezione delle tipologie di edifici ed opere strategiche e rilevanti ai fini di protezione civile e del collasso degli stessi ove sussiste comunque l'obbligo di progettazione antisismica anche in zona 4.

In seguito con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3519 del 28 aprile 2006, è stato adottato un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale, fornendo alle

Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale, alcune Regioni hanno classificato il territorio nelle quattro zone proposte, altre Regioni hanno classificato diversamente il proprio territorio, ad esempio adottando solo tre zone (zona 1, 2 e 3) e introducendo, in alcuni casi, delle sottozone per meglio adattare le norme alle caratteristiche di sismicità.

La Regione Puglia, con Deliberazione di Giunta n° 153 del 02.03.2004 pubblicata sul B.U.R.P. n° 33 del 18.03.2004, in recepimento della previgente normativa statale ha, provveduto alla classificazione sismica dell'intero territorio pugliese, elencando i comuni ricadenti nelle zone sismiche 1, 2, 3 e 4, nonché individuando le tipologie di edifici di interesse strategico e delle opere infrastrutturali la cui funzionalità, durante gli eventi sismici assumeva rilievo fondamentale per le finalità di protezione civile, nonché degli edifici e delle opere infrastrutturali che potevano assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso, così come distinti negli elenchi "A" e "B", allegati alla medesima delibera n° 153/04. Contestualmente, stabiliva, "sino ad eventuale diversa determinazione" l'insussistenza dell'obbligo "della progettazione antisismica per gli edifici e le opere da realizzare sul territorio pugliese classificato in zona sismica 4", eccezion fatta per gli edifici di interesse strategico e/o rilevanti di cui ai suddetti elenchi "A" e "B", per i quali erano immediatamente applicabili i disposti normativi introdotti dalla citata O.P.C.M. n° 3274/03 e s.m.i., di cui all'O.P.C.M. n° 3316/03.

A seguito dell'anticipazione alla data dell'01.07.2009 dell'entrata in vigore delle Norme Tecniche, approvate con D.M. 14.01.2008, in conseguenza degli eventi sismici avvenuti in Abruzzo, al fine di meglio tutelare la pubblica e privata incolumità, la Regione Puglia con D.G.R. n. 1626 del 15 settembre 2009 ha ritenuto opportuno l'estensione dell'obbligo della progettazione antisismica anche per le costruzioni private da realizzare in zona sismica classificata "4", modificando quanto precedentemente previsto, nella fattispecie, dalla succitata delibera di G.R. n° 153/04. Pertanto, per tutte le tipologie di fabbricati ricadenti in siti classificati come zona sismica 4, il riferimento normativo è da ricondursi al disposto di cui al cap. 2 punto 2.7 delle Norme Tecniche di cui al D.M. 14.01.2008 come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", nonché al capitolo C7 della relativa circolare esplicativa ministeriale 02 febbraio 2009 n° 617.

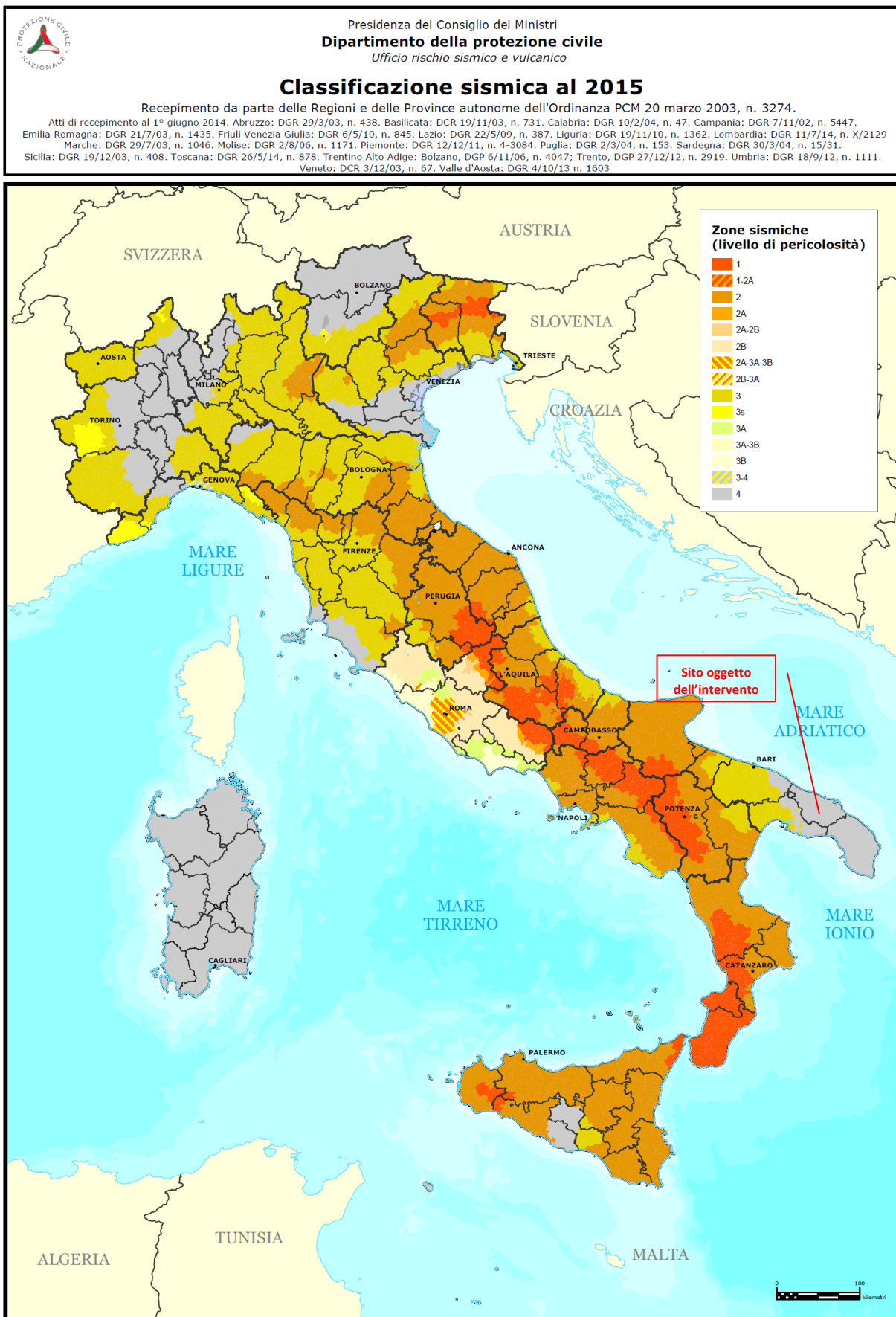


Fig. 8.1 Classificazione sismica del territorio nazionale aggiornata al 2015 (<http://www.protezionecivile.gov.it/jcms/it/classificazione.wp>)

8.1 DEFINIZIONE CATEGORIA DI SOTTOSUOLO

In ottemperanza a quanto prescritto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni", ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC 2018).

In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II di cui al D.M. 17 gennaio 2018 come sotto riportata, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

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

CATEGORIA	DESCRIZIONE
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 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.

Fatta salva la necessità della caratterizzazione geotecnica dei terreni nel volume significativo (si intende la parte di sottosuolo influenzata, direttamente o indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza il manufatto stesso), ai fini della identificazione della categoria di sottosuolo, la classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dalla seguente espressione

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

dove:

h_i = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

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

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{s,eq}$ è definita dal parametro $V_{s,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Il profilo delle velocità equivalenti di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ risulta necessario per:

- valutare l'azione sismica di progetto al livello delle fondazioni di qualunque struttura;
- valutare il rischio di liquefazione del terreno in sito;
- valutare rischi di instabilità dei pendii e/o delle opere di sostegno;
- valutare i cedimenti dei rilevati stradali, delle opere di sostegno, delle fondazioni degli edifici;
- valutare la trasmissione delle vibrazioni generate dai treni, dalle macchine vibranti, dalle esplosioni in superficie o in sotterraneo, dal traffico veicolare.

Le azioni sismiche delle cinque categorie di sottosuolo descritte nella tabella 3.2. Il sopra riportata, sono definite al § 3.2.3 delle NTC 2018.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

8.1.1 Definizione categoria di sottosuolo locale

Per la definizione della categoria di sottosuolo, come anticipato al capitolo precedente, ci si è riferiti alle risultanze di una campagna di indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di **N° 1 indagine sismica con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 1 indagine sismica con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** eseguite con sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments con geofoni a 4.5 Hz, attraverso uno stendimento di 44,00 mt con distanza geofonica pari a 4,00 mt, elaborate per mezzo del software MASW ver. 4.1.0.0.

L'**analisi sismica** di sito, effettuata tramite l'utilizzo di antenne sismiche e metodologie **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**, consente di determinare il profilo di rigidezza del sito (velocità delle onde di taglio S) tramite la misura di velocità di propagazione delle onde di superficie (onde di Rayleigh) ed un successivo processo di inversione. Le sorgenti sismiche sono rappresentate da una sorgente sismica passiva "rumori ambientali", o microtremori, costantemente generati da disturbi naturali o artificiali per la prova con metodologie **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e da una sorgente sismica attiva, quale una mazza del peso di 5 kg battente verticalmente su una piastra circolare in acciaio del diametro di 220 mm, per la prova con metodologie **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**.

Le metodologie sopra riportate permettono altresì di definire il parametro V_{seq} utile per la classificazione dei terreni nelle categorie di suolo da utilizzare in seguito per la progettazione delle costruzioni secondo la normativa antisismica.

L'elaborazione del segnale consiste nell'operare una trasformata bidimensionale "slowness-frequency" (p-f), che analizza l'energia di propagazione del rumore in entrambe le direzioni (orizzontale e verticale) della linea sismica, e nel rappresentarne poi lo spettro di potenza su un grafico p-f (Fig. 8.2).

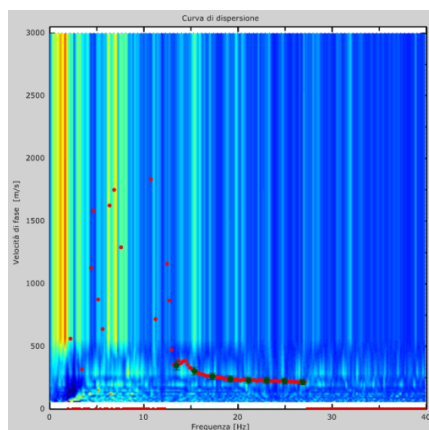


Fig. 8.2: Esempio di spettro di potenza p-f con picking.

Nell'immagine, riportata sopra, sono evidenziati gli andamenti che possiedono sia una spiccata coerenza di fase che una potenza rilevante, e ciò consente un riconoscimento visivo delle onde di Rayleigh in quanto queste presentano un carattere dispersivo rispetto a quelle riconducibili ad altre modalità e tipi d'onda.

Sullo spettro di frequenza è eseguito un "picking" (soprassegno con quadratini neri) attribuendo ad un certo numero di punti una o più slowness (inverso della velocità di fase) per alcune frequenze (Fig. 8.2).

Tali valori poi sono riportati su di un diagramma periodo-velocità di fase (Fig. 8.3) per l'analisi della curva di dispersione e l'ottimizzazione di un modello interpretativo.

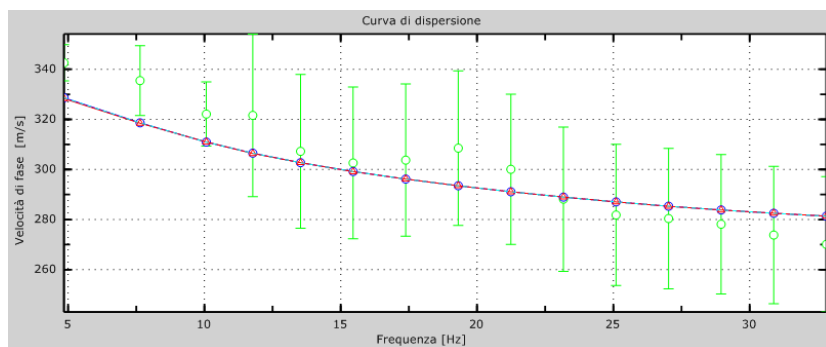


Fig. 8.3: Esempio di diagramma periodo-velocità di fase estratto dalla prova Re.Mi.

Variando la geometria del modello interpretativo ed i valori di velocità delle onde "S" si modifica automaticamente la curva calcolata di dispersione, rappresentata con il colore magenta nella figura 3; si consegue un buon fitting con i valori sperimentali e si assume tale modello come interpretativo.

Lo studio dello spettro di potenza permette in definitiva la ricostruzione di un modello sismico monodimensionale del sottosuolo, con le velocità delle onde di superficie "S" (esprese in m/s) e la profondità (espressa in metri).

Si riporta di seguito la documentazione fotografica e la restituzione grafica delle risultanze dell'indagine in oggetto.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 8.4: Documentazione fotografica Indagini Sismiche Re.Mi.-MASW

RESTITUZIONE GRAFICA INDAGINE RE.MI. - MASW

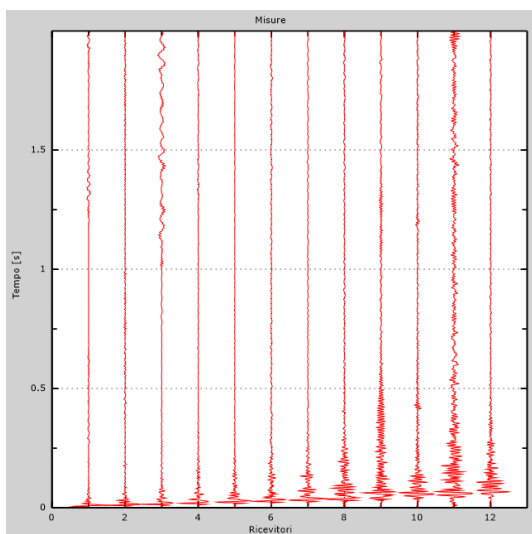


Fig. 8.5 Tracce sperimentali MASW

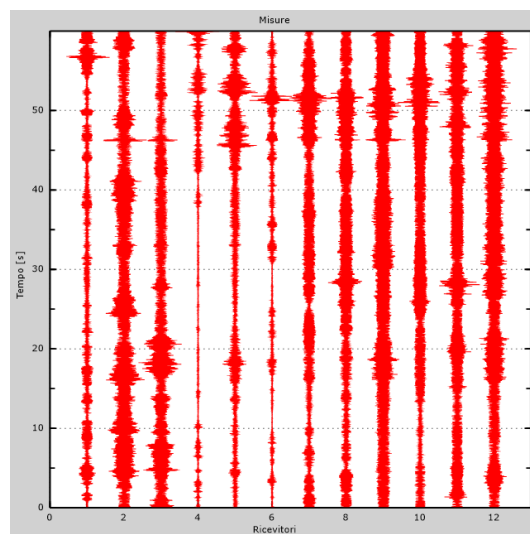


Fig. 8.6 Tracce sperimentali RE.MI

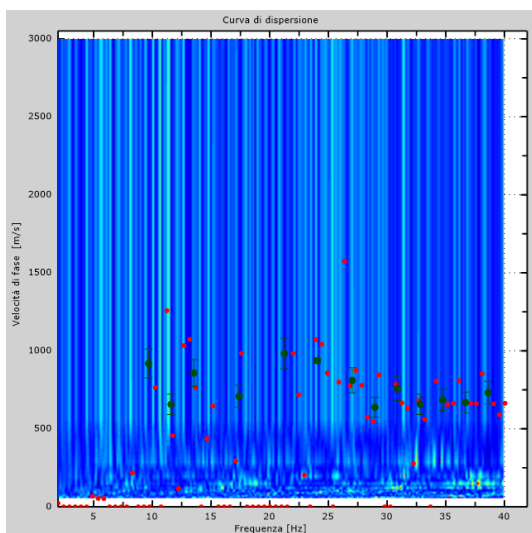


Fig. 8.7 Curva di dispersione nel piano f-p

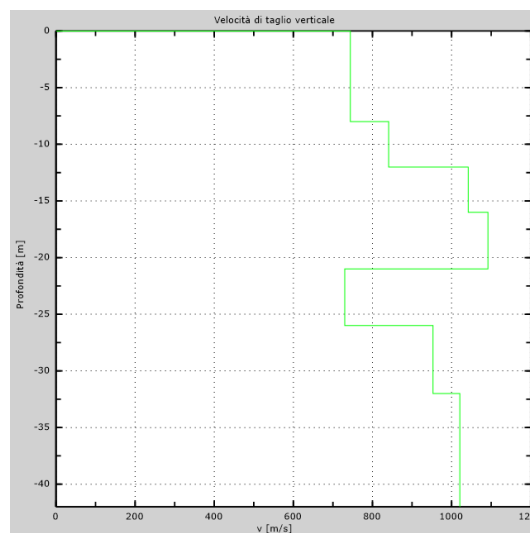


Fig. 8.8 Profilo Vs numerico

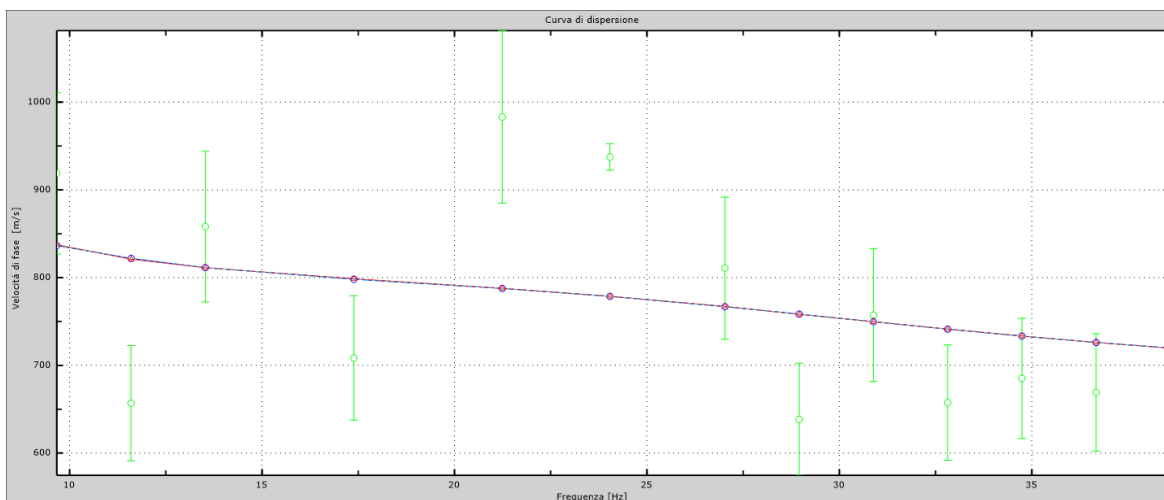


Fig. 8.9 Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), modi di Rayleigh (ciano), curva apparente (blu), curva numerica (rosso)

Dall'analisi sismica in sito effettuata tramite la metodologia **Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** di cui sopra ci si è ricavati un valore di V_{S30} , e considerando che nell'area di studio il substrato roccioso risulta affiorante, coincide con la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$, sulla base della quale è possibile classificare il sottosuolo di fondazione come segue:

Tabella: Classificazione della categoria di sottosuolo

$V_{S,eq}$ (m/s)	Descrizione	Stima categoria sottosuolo
857,00	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	A

8.2 CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

8.2.1 Definizione condizioni topografiche locali

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab. 3.2.III - NTC-2018):

Tabella 3.2.III – Categorie topografiche

CATEGORIA	CARATTERISTICHE DELLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Trovandoci in condizioni superficiali semplici sulla base di quanto sopra esposto, è possibile classificare le condizioni topografiche dell'area indagata come rientranti nella categoria **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

8.3 PARAMETRI E COEFFICIENTI SISMICI LOCALI

Sulla base delle considerazioni espone nei capitoli precedenti sono state determinati, attraverso l'utilizzo del software con **GeoStru PS Parametri sismici 2018** (disponibile sul sito internet <http://geoapp.eu/parametrisismici2018/>), i parametri e coefficienti sismici associato a ciascuno stato limite secondo le NTC e la Circolare Ministeriale n. 617 del 2 Febbraio 2009, come di seguito riportati.

PARAMETRO	VALORE
Tipo di costruzione (Tab. 2.4.I NTC-2018)	2. Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale
Vita nominale di progetto (V_N) (Tab. 2.4.I NTC-2018)	≥ 50 anni
Classe d'uso dell'opera (§ 2.4.2 NTC-2018)	Classe II - Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali,....
Coefficiente d'uso (§ 2.4.2 NTC-2018, Tab. 2.4.II)	1,0
Categoria di sottosuolo (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.II)	A ($V_{s,eq} = 857,00$ m/s)
Categoria topografica (§ 3.2.2 NTC-2018 Tab. 3.2.III)	T1
Periodo di riferimento per l'azione sismica (§ 2.4.3 NTC-2018 Tab. 2.4.II)	50 anni
Classificazione sismica (Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n°3274/03 come recepita dalla Regione Puglia con DGR n. 153 del 02.03.2004) come da figura di seguito riportata	Comune di Torre Santa Susanna (BR) – ZONA 4
Coordinate geografiche del sito espresse in WGS84	Latitudine: 40. 470010° Longitudine: 17. 719332°
Coordinate geografiche del sito espresse in ED50	Latitudine: 40. 470992° Longitudine: 17. 720121°
Punti della maglia	1 34585 2 34586
	3 34364 4 34363

PARAMETRI SISMICI:

STATO LIMITE	Probabilità di superamento (%)	T_R [anni]	a_g [g]	F_o [-]	T_c^* [s]
SLO	81	30	0,017	2,347	0,170
SLD	63	50	0,023	2,343	0,242
SLV	10	475	0,050	2,655	0,449
SLC	5	975	0,059	2,819	0,484

SLO = Stato Limite di Operatività - SLD = Stato Limite di Danno - SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso – T_R = Tempo di ritorno – a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno – F_o = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale – T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

COEFFICIENTI SISMICI:

STATO LIMITE	S_S [-]	C_c [-]	S_T [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	$Beta$ [-]
SLO	1,000	1,000	1,000	0,003	0,002	0,167	0,200
SLD	1,000	1,000	1,000	0,005	0,002	0,221	0,200
SLV	1,000	1,000	1,000	0,010	0,005	0,486	0,200
SLC	1,000	1,000	1,000	0,012	0,006	0,576	0,200

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica - S_T = coefficiente di amplificazione topografica – C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo – K_h = Coefficiente sismico orizzontale – K_v = Coefficiente sismico verticale – A_{max} = Accelerazione orizzontale massima attesa – $Beta$ = Coefficiente di riduzione per A_{max} .

9. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI DEPOSITI INDAGATI

9.1 PROFILO SISMICO A RIFRAZIONE

Per la definizione delle caratteristiche geotecniche dei depositi indagati, come anticipato al capitolo 7, ci si è riferiti alle risultanze di una campagna di indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di **N° 1 profilo sismico a rifrazione** eseguita dallo scrivente con sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments con geofoni a 4.5 Hz, attraverso n° 1 stendimento di 38,50 mt con distanza geofonica pari a 3,5 mt come di seguito ubicate, le cui risultanze sono state elaborate per mezzo del software INTERSISM del Geo&Soft.

La prospezione sismica studia i tempi di propagazione di onde elastiche che, generate al suolo, si propagano nel sottosuolo riflettendosi e rifrangendosi su eventuali superfici di discontinuità presenti.

Il principio secondo cui, quando un'onda sismica incontra una superficie di separazione tra due mezzi con caratteristiche elastiche differenti, una parte dell'energia dell'onda si riflette nello stesso mezzo in cui si propaga l'onda incidente, e una parte si rifrange nel mezzo sottostante, correlate con le note leggi di Snell permette di determinare la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

La sismica a rifrazione consiste quindi nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni, la cui velocità dipende dalle caratteristiche di elasticità degli stessi. In presenza di particolari strutture, possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove, tramite appositi sensori (geofoni), posti a distanza nota dalla sorgente lungo una linea retta, si misurano i tempi di arrivo delle onde longitudinali (onde P), al fine di determinare la velocità (V_p) con cui tali onde coprono le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

I dati così ottenuti si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze e in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente. In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla legge di Snell, ci permettono di determinare la velocità di propagazione delle onde V_p (Velocità longitudinale) e V_s (Velocità trasversale) e le costanti elastiche dei terreni attraversati.

Nello specifico è stato eseguito un profilo sismico coniugato, adottando una distanza tra i geofoni di 4 metri; l'energizzazione è stata ottenuta utilizzando una massa battente del peso di 5 kg ed una piastra circolare.

Le onde così generate sono state registrate con un sismografo DoReMi RS232 a 12 canali e 16 bit della SARA Electronic Instruments, il quale consente di ottenere le misurazioni dei tempi di arrivo delle onde sismiche che si propagano nel sottosuolo.

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Fig. 9.1: Documentazione fotografica Indagini Sismiche a RIFRAZIONE

L'interpretazione dei dati di campagna, è stata eseguita tramite l'applicazione congiunta e computerizzata del Metodo Reciproco Generalizzato (G.R.M.), ideato da Palmer (1980) e delle intercette, attraverso il software INTERSISM 2.2 della Geo&Soft.

Dai profili sismici si individua un modello stratigrafico caratterizzato da due sismo-strati; in affioramento, con V_p di 987,1 m/sec, si evidenzia la presenza di un deposito calcarenitico mediamente cementato, seguiti alla profondità di circa 8,0 mt dal p.c. da depositi calcarei mediamente fratturati caratterizzati da una V_p di 2.097,7 m/sec per uno spessore di almeno 5 mt.

Quanto emerso dal rilevamento e dalle indagini geofisiche eseguite, opportunamente correlato con i dati di letteratura, ha permesso di ricostruire la stratigrafia ed i principali parametri geotecnici del sottosuolo come di seguito riportato.

ANALISI SISMICA A RIFRAZIONE

COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA (BR)
Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Puglia e della Basilicata
Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)

POSIZIONE DEGLI SPARI

Ascissa [m]	Quota [m]	Nome File
0.00	66.00	2018-09-25_12-38-53_01000_00200_012_Acquis_SEG2.dat
19.00	66.00	2018-09-25_12-42-25_01000_00200_012_Acquis_SEG2.dat
39.00	66.00	2018-09-25_12-43-52_01000_00200_012_Acquis_SEG2.dat

POSIZIONE DEI GEOFONI E PRIMI ARRIVI

N.	Ascissa [m]	Quota [m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 19,5 [ms]	FBP da 39 [ms]
1	3.00	66.00	4.35	19.75	28.80
2	6.00	66.00	8.58	13.55	29.00
3	9.00	66.00	9.50	8.70	26.00
4	12.00	66.00	13.30	5.15	22.20
5	15.00	66.00	17.70	3.20	18.60
6	18.00	66.00	21.45	1.95	19.20
7	21.00	66.00	22.05	1.40	15.80
8	24.00	66.00	21.70	4.20	12.60
9	27.00	66.00	25.10	7.40	9.80
10	30.00	66.00	34.45	10.60	7.40
11	33.00	66.00	31.95	13.60	4.40
12	36.00	66.00	28.60	17.00	2.20

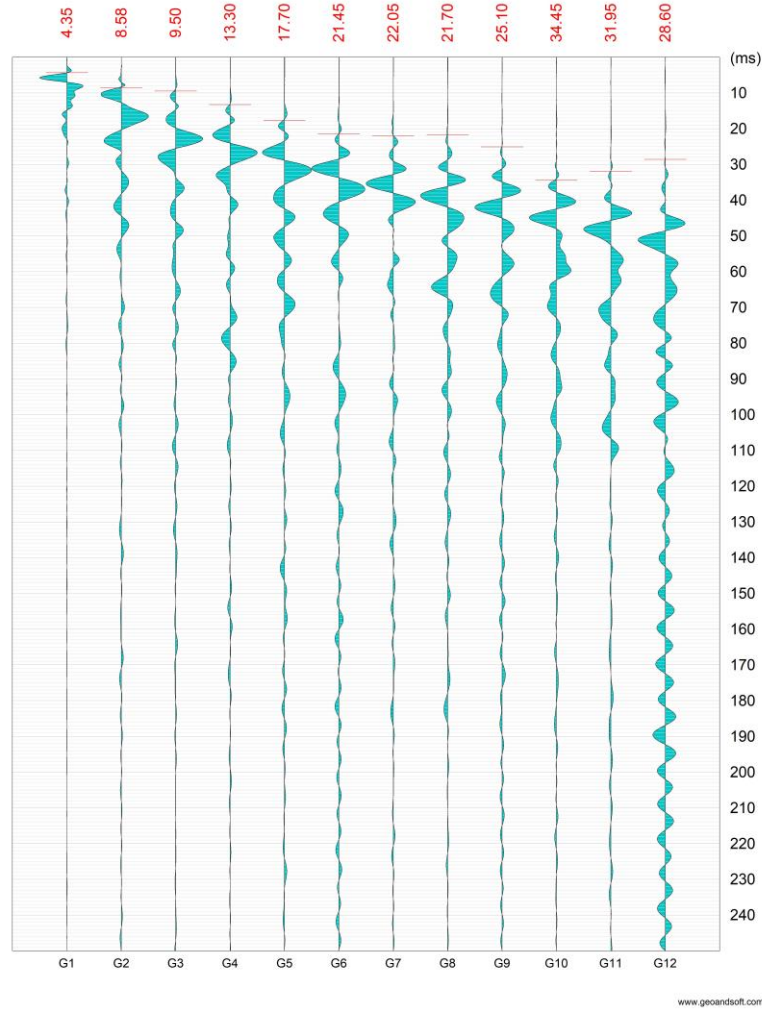
DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]
1	8.0
2	7.7
3	8.5
4	7.5
5	7.4
6	6.9
7	6.0
8	7.1
9	11.5
10	9.3
11	6.7
12	6.7

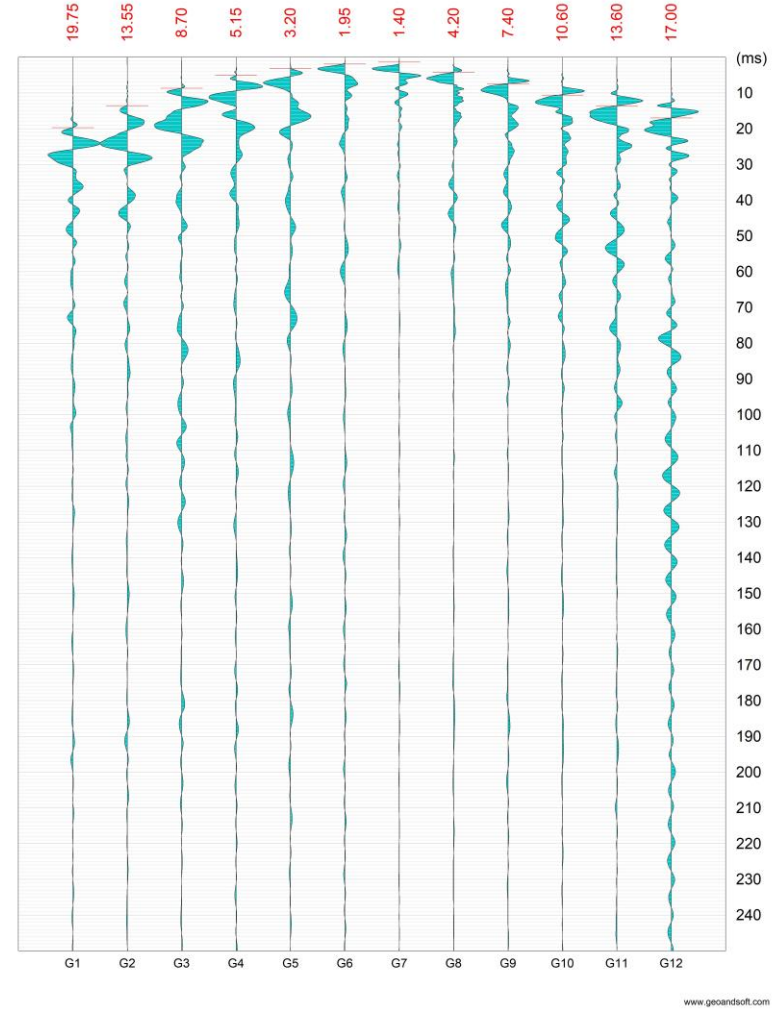
VELOCITA' DEGLI STRATI

N. Strato	Velocità [m/s]
1	987.1
2	2097.7

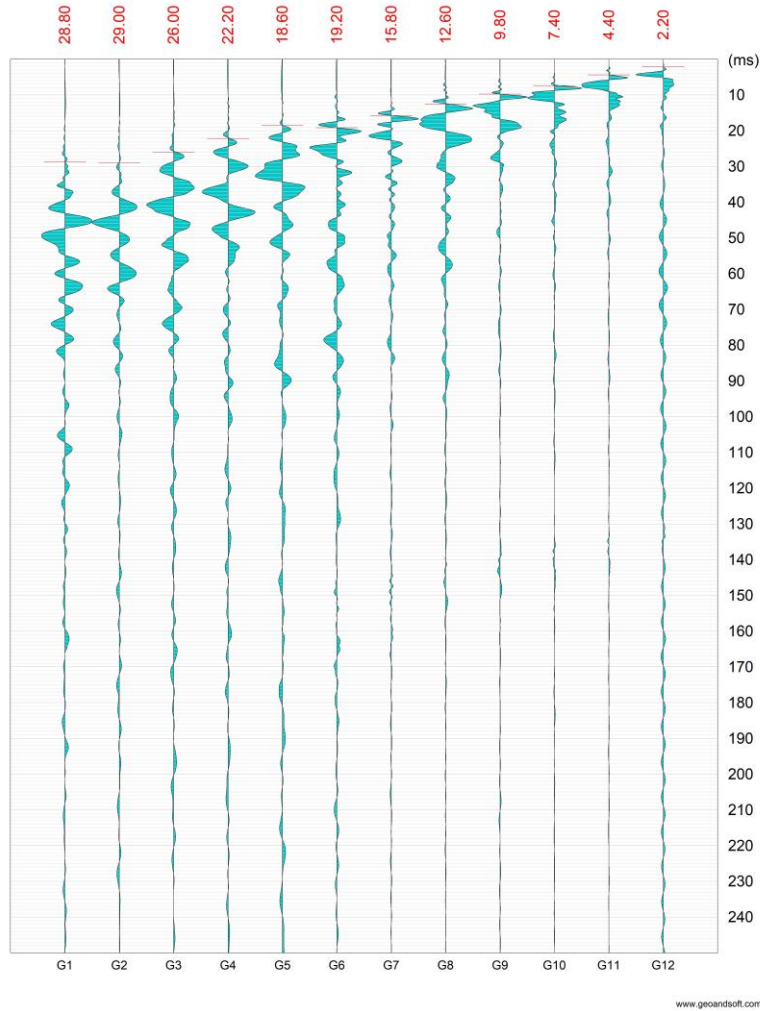
COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA (BR)
Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Puglia e della Basilicata
Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)



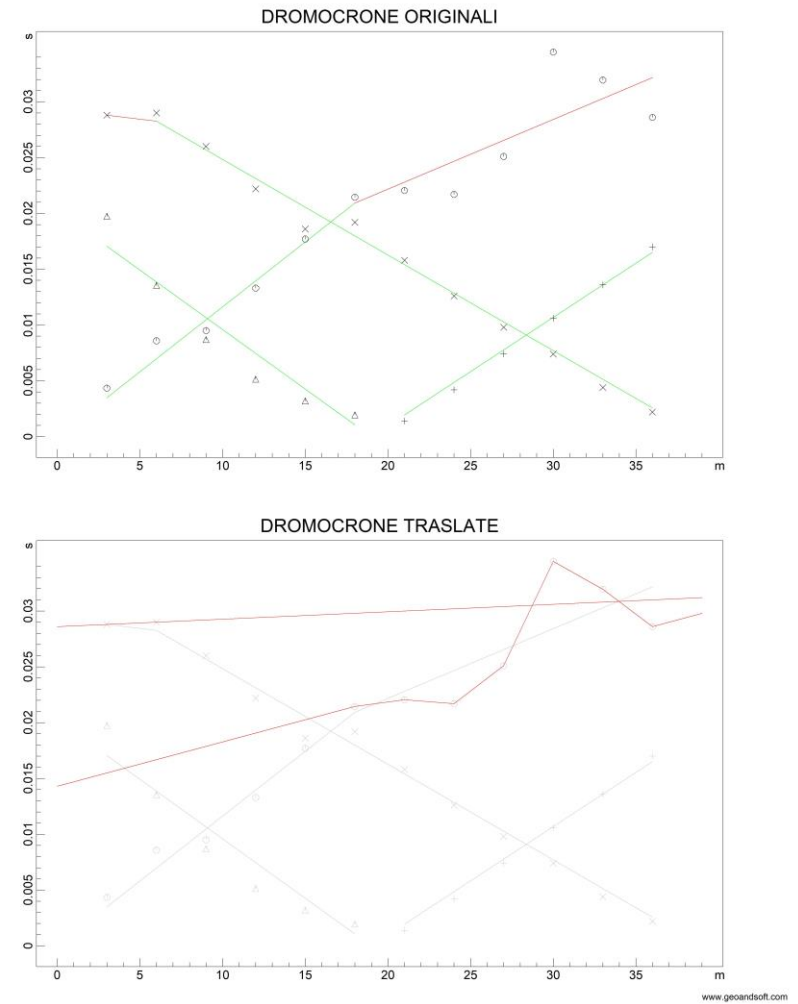
COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA (BR)
Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Puglia e della Basilicata
Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)

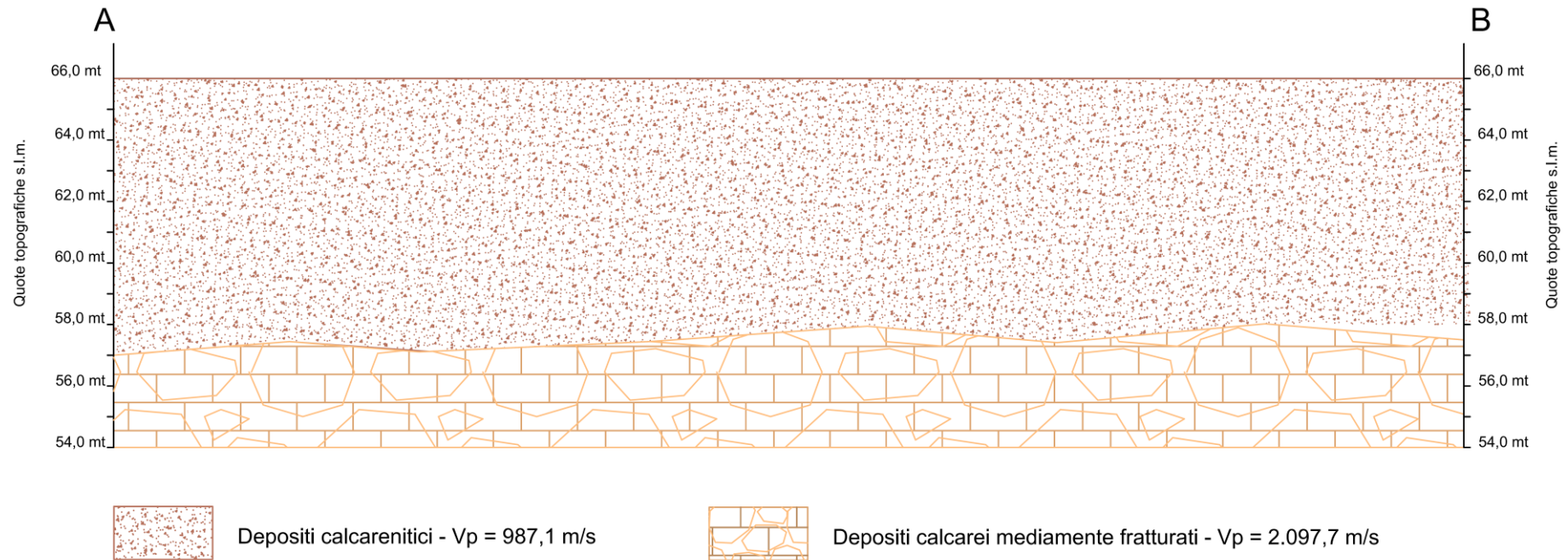


COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA (BR)
Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Puglia e della Basilicata
Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)



COMUNE DI TORRE SANTA SUSANNA (BR)
Istituto Zooprofilattico Sperimentale del Puglia e della Basilicata
Via Oria - Torre Santa Susanna (BR)





VELOCITÀ - MODULI ELASTICI - PARAMETRI GEOTECNICI											
Sismo-strato	Litologia	Prof. (m)	V_p (m/sec)	V_s (m/sec)	ν	γ (t/m^3)	E_d (Mpa)	E_s (Mpa)	ϕ ($^\circ$)	C_u (Kg/cm^2)	G_0 (Mpa)
1	Depositi calcarenitici mediamente cementati	0,00 ÷ 8,50	987,1	448,0	0,37	1,74	1928	232	32	0,05	572
2	Depositi calcarei da fratturati a mediamente fratturati	8,50 ÷ 14,0	2.097,7	998,0	0,35	2,1	12545	1511	38	0,28	3741

V_p = Velocità longitudinale; V_s = Velocità trasversale; ν = Modulo di Poisson; γ = Peso per unità di volume; E_d = Modulo elastico dinamico; E_s = Modulo elastico statico; ϕ = Angolo di resistenza al taglio (angolo di attrito); C_u = Coesione non drenata; G_0 = Modulo di taglio.

9.2 PARAMETRI GEOTECNICI DEI DEPOSITI INDAGATI

Sulla base delle indagini di cui ai paragrafi precedenti, sono stati definiti i principali parametri fisico meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, come di seguito riportati:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)		PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE
	DA	A		
DEPOSITI CALCARENITICI MEDIAMENTE CEMENTATI (ORIZZONTE 1)	0,00	8,50	Velocità onde longitudinali (Vp)	987,1 (m/sec)
			Velocità onde trasversali (Vs)	448,0 (m/sec)
			Peso unità di volume naturale (γ)	1,74 (t/mc)
			Angolo di attrito (ϕ)	32°
			Coesione (C)	0,05 (Kg/cm ²)
			Modulo elastico dinamico (Ed)	1.928,00 (Mpa)
			Modulo elastico statico (Es)	232,00 (Mpa)
			Coefficiente di Poisson (ν)	0,37
			Modulo di taglio (G)	572
			Falda superficiale dal p.c.	Non rilevata
DEPOSITI CALCAREI DA FRATTURATI A MEDIAMENTE FRATTURATI (ORIZZONTE 2)	8,50	14,00	Velocità onde longitudinali (Vp)	2.097,7 (m/sec)
			Velocità onde trasversali (Vs)	998,0 (m/sec)
			Peso unità di volume naturale (γ)	2,1 (t/mc)
			Angolo di attrito (ϕ)	38°
			Coesione (C)	0,28 (Kg/cm ²)
			Modulo elastico dinamico (Ed)	12.545,00 (Mpa)
			Modulo elastico statico (Es)	1.511,00 (Mpa)
			Coefficiente di Poisson (ν)	0,35
			Modulo di taglio (G)	3.741
			Falda superficiale dal p.c.	Non rilevata

10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Il presente studio è stato finalizzato alla definizione:

1. della caratterizzazione e modellazione geologica al fine della ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio indagato onde verificare la fattibilità tecnica delle opere in progetto;
2. della caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni indagati, definire il modello geotecnico e la categoria sismica di sottosuolo ed i parametri e coefficienti sismici locali, secondo quanto previsto dal D.M. 14.01.2008 "Norme Tecniche per le Costruzioni" come aggiornate dal D.M. 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni";

sui terreni ubicati nel territorio comunale di Torre Santa Susanna (BR) lungo la S.P. per Oria, censiti al foglio di mappa n° 25 particella n° 875, che saranno interessati dalla "realizzazione della pavimentazione sterna con annesso arredo urbano e zona verde".

L'indagine, svolta in conformità alle normative tecniche vigenti, è stata articolata nelle seguenti fasi di studio:

- raccolta e consultazione della documentazione geologica e geomorfologica esistente relativa a studi ed analisi effettuate nella stessa area, in aree limitrofe o in situazioni del tutto analoghe;
- raccolta ed analisi accurata della cartografia dell'area;
- rilievi di superficie, effettuati allo scopo di definire le forme e l'estensione delle strutture di superficie e di descrivere l'idrografia superficiale (Rilievo geomorfologico), di riconoscere l'estensione areale ed i limiti dei litotipi presenti nell'area (Rilievo geolitologico), di individuare eventuali strutture di tipo fragile e di tipo duttile (Rilievo geologico - strutturale);
- indagine di prospezione sismica dei terreni realizzate a mezzo di **N° 1 indagini sismiche con metodologia Re.Mi. (Refraction Microtremor)** e **N° 1 indagini sismiche con metodologia MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)** eseguite dallo scrivente all'interno dell'area interessata dalle opere in oggetto;
- indagine di prospezione sismica dei terreni a mezzo di **N° 1 prova sismica con metodologia e Rifrazione** eseguite dallo scrivente all'interno dell'area interessata dalle opere in oggetto.

In virtù di quanto sopra si attesta che:

- che l'area interessata dalle opere in progetto non ricade, neanche parzialmente:
 - a. in aree perimetrate a pericolosità geomorfologica;
 - b. in aree perimetrate a pericolosità idraulica;
 - c. in aree perimetrate a rischio idraulico o geomorfologico;
 - d. a meno di 75 mt da tratti di reticolo idrografici, alveo in modellamento attivo ed aree golenali non arealmente individuabili;

pertanto, secondo tale analisi, *sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio.*

- l'area indagata non è interessata dalla presenza di una falda idrica superficiale che possa interferire con le opere in progetto;
- sulla base del valore della velocità equivalente $V_{s,eq}$ di propagazione delle onde di taglio ricavata dall'**analisi sismica** in sito è possibile classificare il sottosuolo di fondazione di tipo **A** ($V_{s,eq} = 857,00$ m/s);
- le condizioni topografiche dell'area indagata fanno sì che la stessa rientri nella categoria **T1** "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ";
- sulla base delle premesse riportate al capitolo 7.3 considerando che l'area oggetto di studio è similmente classificata come zona 4, i parametri e coefficienti sismici locali sono sintetizzati nelle tabelle seguenti:

PARAMETRI SISMICI:

STATO LIMITE	Probabilità di superamento (%)	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_c^* [s]
SLO	81	30	0,017	2,347	0,170
SLD	63	50	0,023	2,343	0,242
SLV	10	475	0,050	2,655	0,449
SLC	5	975	0,059	2,819	0,484

SLO = Stato Limite di Operatività - SLD = Stato Limite di Danno - SLV = Stato Limite di salvaguardia della Vita - SLC = Stato Limite di prevenzione del Collasso - T_R = Tempo di ritorno - a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno - F_0 = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale - T_c^* = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

COEFFICIENTI SISMICI:

STATO LIMITE	S_S [-]	C_c [-]	S_T [-]	K_h [-]	K_v [-]	A_{max} [m/s ²]	$Beta$ [-]
SLO	1,000	1,000	1,000	0,003	0,002	0,167	0,200
SLD	1,000	1,000	1,000	0,005	0,002	0,221	0,200
SLV	1,000	1,000	1,000	0,010	0,005	0,486	0,200
SLC	1,000	1,000	1,000	0,012	0,006	0,576	0,200

S_S = coefficiente di amplificazione stratigrafica - S_T = coefficiente di amplificazione topografica - C_c = coefficiente funzione della categoria di sottosuolo - K_h = Coefficiente sismico orizzontale - K_v = Coefficiente sismico verticale - A_{max} = Accelerazione orizzontale massima attesa - $Beta$ = Coefficiente di riduzione per A_{max} .

- i principali parametri fisico-meccanici che caratterizzano il modello geotecnico dei depositi indagati, idonei ad ospitare le opere in progetto, sono sintetizzati nella tabella seguente:

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)		PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE
	DA	A		
DEPOSITI CALCARENITICI MEDIAMENTE CEMENTATI (ORIZZONTE 1)	0,00	8,50	Velocità onde longitudinali (V_p)	987,1 (m/sec)
			Velocità onde trasversali (V_s)	448,0 (m/sec)
			Peso unità di volume naturale (γ)	1,74 (t/mc)
			Angolo di attrito (ϕ)	32°
			Coesione (C)	0,05 (Kg/cm ²)
			Modulo elastico dinamico (E_d)	1.928,00 (Mpa)

LITOLOGIA (ORIZZONTE)	PROFONDITA' dal P.C. (mt)		PARAMETRI GEOTECNICI	VALORE
	DA	A		
			Modulo elastico statico (Es)	232,00 (Mpa)
			Coefficiente di Poisson (ν)	0,37
			Modulo di taglio (G)	572
			Falda superficiale dal p.c.	Non rilevata
DEPOSITI CALCAREI DA FRATTURATI A MEDIAMENTE FRATTURATI (ORIZZONTE 2)	8,50	14,00	Velocità onde longitudinali (Vp)	2.097,7 (m/sec)
			Velocità onde trasversali (Vs)	998,0 (m/sec)
			Peso unità di volume naturale (γ)	2,1 (t/mc)
			Angolo di attrito (ϕ)	38°
			Coesione (C)	0,28 (Kg/cmq)
			Modulo elastico dinamico (Ed)	12.545,00 (Mpa)
			Modulo elastico statico (Es)	1.511,00 (Mpa)
			Coefficiente di Poisson (ν)	0,35
			Modulo di taglio (G)	3.741
			Falda superficiale dal p.c.	Non rilevata

In conclusione, in relazione alle caratteristiche delle opere in progetto al fine di garantire la buona tenuta statica delle stesse ed evitare il verificarsi di cedimenti differenziali del terreno di fondazione non compatibili con la capacità di resistenza delle strutture in oggetto, si può ipotizzare la realizzazione di fondazioni dirette attestate alla profondità tale da raggiungere lo strato di terreno caratterizzato da parametri fisico-meccanici congeniali alle scelte progettuali, adottando i parametri geotecnici di cui alla tabella seguente e considerando una categoria sismica di sottosuolo di tipo **A**.

Dovendo sempre supporre un certo grado di imprevedibilità, caratteristica propria delle formazioni geologiche, si rimanda comunque al progettista e/o direttore dei lavori l'onere di verificare, in fase esecutiva, la rispondenza tra quanto previsto e quanto effettivamente riscontrato, differendo in caso contrario le soluzioni progettuali sulla scorta di ulteriori approfondimenti.

Tanto si doveva in espletamento dell'incarico affidatomi.

Brindisi, li 28.09.2018

IL TECNICO

(Timbro e firma)

Geologo dott. Dario FISCHETTO



[Handwritten signature in blue ink]