



COMUNE DI DISO

PROVINCIA DI LECCE



C.I.S. Brindisi - Lecce - Costa Adriatica

"PIANO DI INTERVENTI MIRANTI AL MIGLIORAMENTO DELLA FRUIZIONE DEL LITORALE DEL
COMUNE DI DISO"

CUP. G92H22000000001

CIG. 94614435C2

PROGETTO DEFINITIVO € 2.000.000,00

PROGETTAZIONE:

GeoChem s.r.l.

Direttore Tecnico: Ing. Ivan Matteo Contrino

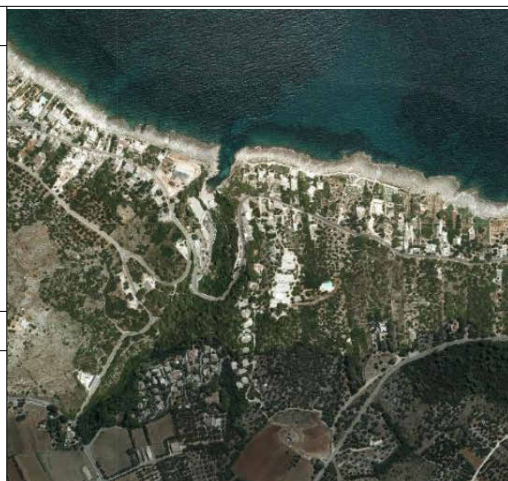
Dott. Giovanni Luca Miggiano

Arch. Nicola Coluccia Pacella

COLLABORAZIONE:

Ing. Mariangela Mele

Arch. Mariella Ferraro



RELAZIONE GEOLOGICA

SCALA:



GeoChem s.r.l.

VIA DUCA DEGLI ABRUZZI 98A - 73020 SANTA CESAREA TERME (LE)

ALL.DD. 05

CODICE:PR-10/23 DATA: GEN. 2024

Disegnato da	Controllato da	Approvato da	Descrizione	Data
Ing. Ivan M. Contrino	GeoChem s.r.l.	GeoChem s.r.l.	Progetto Definitivo	MARZO 2024
Ing. Ivan M. Contrino	GeoChem s.r.l.	GeoChem s.r.l.	Progetto Def. Rev.01	MARZO 2025
Ing. Ivan M. Contrino	GeoChem s.r.l.	GeoChem s.r.l.	Progetto Def. Rev.02	GIUGNO 2025

1. PREMESSA

Su commissione dell'Amministrazione comunale di Diso, veniva eseguita una campagna di indagini mirata a caratterizzare i litotipi costituenti il terreno di fondazione di un'area interessata dal progetto C.I.S. "BRINDISI – LECCE – COSTA ADRIATICA". Piano di interventi mirati al miglioramento della fruizione del litorale del comune di Diso, in località Acquaviva.

Al fine di individuare le caratteristiche elastiche, geometriche e geotecniche dei terreni indagati, veniva eseguito un profilo di sismica a rifrazione e la registrazione dei microtremori per la determinazione della microzonazione sismica.

Le suddette indagini sono state ubicate in corrispondenza del terreno oggetto d'intervento.

Nel presente lavoro si riportano i risultati emersi dalle indagini eseguite, i relativi parametri geotecnici e stratigrafici desunti dalle prove, nonché la categoria sismica determinate secondo quanto previsto dalle nuove norme tecniche sulle costruzioni (ex D.M. 17.01.2018).

2. CARATTERI GEOLOGICI

L'area oggetto di intervento è modellata in depositi calcarei oligocenici trasgressivi su un potente basamento calcareo preneogenico, con i caratteri stratigrafici e strutturali di seguito riportati.

Calcari di Melissano (Cretaceo Superiore)

Questa formazione non affiora nell'area rilevata. Generalmente tale formazione è rappresentata da un'irregolare alternanza di litotipi calcarei, calcareo-dolomitici e dolomitico calcarei di colore dal biancastro all'avana, con subordinate dolomie grigio scure. L'origine dei calcari è biochimica, mentre è probabilmente secondaria per le dolomie. Petrograficamente i calcari sono costituiti in prevalenza da micriti più o meno fossilifere e intraclastiche, raramente a pellets, talora dolomitizzate, cui si associano intramicriti, biomicriti, biomicruditi e biomicriti intraclastiche, talora a intraclasti e, raramente, sparsi bioclasti.

Dal punto di vista geochimico tali rocce sono costituite quasi esclusivamente dai carbonati calcite e dolomite, che da soli superano il 99% del totale, in un rapporto che ne determina la classificazione (da calcare a dolomia con tutti i termini intermedi).

I termini calcarei, attaccati blandamente con HCl, mandano in soluzione oltre ai carbonati anche piccole quantità di Al_2O_3 , Fe_2O_3 , Na_2O , SO_3 , P_2O_5 e SiO_2 , con Al_2O_3 che prevale su tutti gli altri e con Fe_2O_3 in quantità relativamente non trascurabili.

Assai raramente la roccia si presenta massiccia: la stratificazione, sempre ben evidente con strati di potenza di ordine decimetrico o metrico, associata alla fratturazione, localmente anche intensa, origina una rete di fessure che conferisce alla formazione in parola una permeabilità medio alta, alla scala dell'ammasso.

Su questa influisce anche la diffusione dei fenomeni carsici, più o meno sviluppati lungo particolari orizzonti, interessati di volta in volta dalla circolazione

idrica a seconda delle variazioni del livello della falda in essi contenuta, dipendente a sua volta dalle oscillazioni del livello del mare.

I fenomeni di dissoluzione carsica talora sono assai spinti e determinano nel sottosuolo la presenza di vere e proprie cavità, comunicanti tra loro e talvolta anche con la superficie (vore). Queste cavità possono presentarsi in parte o per nulla riempite da terreni residuali (terre rosse).

Le terre rosse hanno granulometria di tipo siltoso argilloso e composizione mineralogica costituita da abbondanti idrossidi di Fe e Al, parzialmente cristallini e minerali argillosi (illite e caolinite), e da subordinati quarzo, feldspati, miche, pirosseni, apatite rutilo e zirconi, a cui corrisponde una composizione chimica rappresentata da SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 , H_2O ed anche TiO_2 , P_2O_5 , CaO , MgO ed Na_2O . Questi caratteri chimici e mineralogici sono confrontabili con quelli dei residui insolubili dei calcari.

Le faune presenti permettono di riferire il Calcare di Altamura ad un intervallo esteso dal Senoniano fino al Paleocene, probabilmente.

Calcari di Castro (Oligocene)

La formazione dei Calcari di Castro, trasgressiva su terreni calcarei più antichi riferibili ai “Calcari di Melissano”, con un contatto normalmente marcato da un livello brecciato, è costituita da calcari bioclastici grigio chiari, riccamente fossiliferi, a frattura concoide, stratificati in banchi e talora massicci; la giacitura è data da una direzione sub-parallela alla linea di costa e da inclinazioni di circa 30° verso E e SE. Essi affiorano nei pressi della costa.

I calcari risultano attraversati da un sistema di fratture aventi direzione N-S e NW-SE e interessati da un diffuso e, talora, assai elevato grado di maturità carsica.

Calcareniti di Andrano (Miocene)

Le Calcareniti di Andrano sono rappresentate da una calcarenite e calcari detritici a tratti marnose, di colore bianco giallastro, che si presenta generalmente a

stratificazione indistinta o in grosse bancate. Quando è ricoperta da formazioni più recenti, invece, è caratterizzata da notevole anisotropia poichè talvolta si presenta in uno stato sabbioso-limoso, di colore grigio-verdastro, talaltra a struttura sabbioso-arenacea con durezza e tenacità molto variabili.

Con l'aumento della profondità le caratteristiche delle calcareniti marnose cambiano continuamente assumendo l'aspetto di calcareniti biancastre, o di sabbie siltose, di colore giallo-ocra, sature d'acqua.

Petrograficamente si tratta di micriti e biospariti con prevalenti foraminiferi planctonici, caratterizzate generalmente dalla abbondante presenza di microgranuli fosfatici e molto subordinatamente di microgranuli glauconitici. Il colore di queste rocce varia soprattutto in funzione della quantità di questi due componenti passando dall'avana chiara, a toni marcatamente più scuri in virtù della maggiore presenza di granuli fosfatici, infine a tonalità verdastre là dove prevale decisamente la componente glauconitica.

Essa da un punto di vista mineralogico è costituita essenzialmente da calcite organogena che contiene piccole quantità di Mg^{++} vicariante del Ca^{++} . Il residuo insolubile è costituito da SiO_2 , Al_2O_3 , Fe_2O_3 .

Lo spessore di questa formazione è variabile, è può essere valutato intorno ai 70-80 metri.

Sintema di Miggiano

I sedimenti plio-pleistocenici, affioranti ad ovest dell'area, sono riferibili secondo la vecchia bibliografia alla formazione delle Calcareniti del Salento ed alla Formazione di Gallipoli, di recente attribuiti al Sintema di Miggiano.

Il Sintema di Miggiano risulta trasgressivo sul basamento calcareo, con cui è in netta discordanza angolare, con un contatto evidenziato da un sottile livello conglomeratico.

E' costituito prevalentemente da brecce e conglomerati (Pliocene inf.) in

matrice calcarea o sabbiosa, e da sabbie, argille e calcari organogeni grigio giallastri, a stratificazione variabile, talora indistinta o incrociata, alternate a livelli marnosi a geometria a luoghi lenticolare, presenti soprattutto nella porzione superiore della successione, insieme a calcareniti poco cementate e piuttosto friabili.

Non di rado si rinvencono all'interno dell'orizzonte calcarenitico, che in generale presenta un buon grado di omogeneità litologica, delle sacche o lenti di sabbia frutto di rare anomalie sedimentarie.

Verso l'alto, fa seguito una sequenza di sabbie giallastre, calcareniti e calcari marnosi, a tratti stratificate in banchi di spessore variabile dal decimetro a più metri, in banchi incoerenti alternati a livelli compatti e concrezionati.

Formazione di Lèuca (pliocene)

Questa unità fu individuata per la prima volta nella zona di Capo d'Otranto e descritta sotto la voce “conglomerati e brecce” da Giannelli et al. (1965), i quali più tardi (1966) ne perfezionarono le conoscenze, estendendole (1968) anche alla zona di Lèuca. Il nome è stato introdotto nella letteratura geologica del Salento da Bossio et al. quasi venti anni dopo (1986), ma la formazione è stata formalizzata dagli stessi Autori solo nel 2002, indicandone come area-tipo quella circostante l'abitato di Lèuca e come stratotipo la successione del promontorio di Punta Ristola. La formazione è stata istituita soprattutto per comprendervi brecce e conglomerati, la sua espressione sedimentaria più ubiquitaria e più estesa caratterizzante la base del Pliocene. Nonostante che a più riprese fosse stata auspicata una loro separazione almeno a livello di membro, per motivi di praticità vi sono stati inclusi anche i piccoli lembi di marne chiare e di biomicriti glauconitiche che si rinvencono sporadicamente sopra le brecce e i conglomerati ma che non sono cartografabili separatamente per l'esiguità dei loro affioramenti. Solo nell'area considerata in questa nota le marne hanno un'estensione tale da poter essere rappresentate in carta e distinte come unità a se stante che abbiamo denominato Membro di Palmariggi, dal nome della sua area tipo (circostante il centro abitato). Si ricorda inoltre che

recentemente Bosellini et al. (1999) considerano (anche se con dubbio) del Messiniano terminale la Formazione di Lèuca e la parte grossolanamente clastica di questa come il risultato dello smantellamento subaereo durante l'emersione della Penisola Salentina nel corso del "lowstand" legato alla "crisi di salinità" del Messiniano mediterraneo. Come replica a quanto interpretato da questi Autori rimandiamo, comunque, a quanto già osservato da Bossio et al. (2002, p. 142). Caratteristiche Brecce e conglomerati- Rappresentano il litotipo basale e l'espressione più caratterizzante della formazione, se non altro perchè costantemente presente; nell'area sono diffusi da Nord a Sud e giacciono in discordanza su unità diverse del Miocene e del pre-Neogene. Talora il contatto avviene su una superficie molto ripida, quasi verticale, spesso costituita da uno specchio di faglia a mo' di sponda, talaltra la superficie di trasgressione si presenta dolcemente inclinata e, quando libera almeno parzialmente dal sedimento soprastante, ben levigata ed ondulata. Molto spesso è palese che il contatto taglia strati diversi delle unità sottostanti. A costituire il sedimento trasgressivo sono brecce e conglomerati in un ammasso caotico, disorganizzato e non stratificato, ad elementi carbonatici di unità diverse (mioceniche, cretache, etc.), eccezionalmente di una sola unità, eterometrici (dal millimetro ai 50-60 cm, raramente di 1 m o oltre). In genere gli elementi a spigoli vivi e quelli elaborati sono associati in uno stesso deposito e la prevalenza degli uni o degli altri dipende dalle zone; ricorrenti comunque anche i casi in cui un solo tipo costituisce pressochè l'intero affioramento. A luoghi il deposito è clasto-sostenuto oppure con matrice più o meno abbondante (carbonatica, marnosa, sabbiosa, calcarenitica, micro conglomeratica). Caratteristica assai diffusa del tratto basale è la presenza di plaghe più o meno estese di una matrice calcarea molto tenace, massiccia, color vinaccia o marrone scuro; nei relativi blocchi sparsi sul terreno (o accatastati sui muri divisorii delle proprietà) e liberi dai clasti appare come un calcare "cariato". Qua e là sono presenti sacche più o meno grandi di sabbia fine o grossolana, lenti sottili di calcari laminatici verdolini o giallastri, argille e marne chiare. Il colore d'insieme è biancastro. I macrofossili sono alquanto

saltuari e rappresentati soprattutto da Ostrea; in qualche caso sono stati osservati Chlamys e Spondylus. Lo spessore è variabile ma contenuto in genere in alcuni metri; eccezionalmente può raggiungere la trentina di metri.

Formazione di Uggiano la Chiesa (plio-pleistocene)

La formazione è stata istituita da Alvino (1966) e ne sono un sinonimo più recente le “Sabbie di Uggiano” della cartografia ufficiale (Largaiolli et al., 1969; Rossi, 1969a, b; Martinis, 1970). Anche se non esplicitamente indicata, dal lavoro di Alvino è evidente che l’area-tipo dell’unità è quella della fascia prospiciente il mare, compresa tra Otranto e Uggiano la Chiesa. Per l’evoluzione più recente delle conoscenze su quest’area in relazione alla formazione, si rimanda alla breve sintesi di Bossio et al. (1989c), i quali hanno peraltro realizzato uno studio micropaleontologico (foraminiferi, nannofossili calcarei ed ostracodi) di una sezione completa dell’unità, ubicata circa 2 km a Sud di Otranto, nella zona di Monte Lauro Vecchio. I risultati hanno portato ad attribuire la Formazione di Uggiano la Chiesa all’intervallo compreso tra la parte superiore delle zone a Globorotalia aemiliana ed a Discoaster pentaradiatus e la parte rispettivamente sommitale e superiore della Zona a G. inflata e della Zona a Crenalithus doronicoides; quindi, in termini cronostratigrafici, al Piacenziano sommitale- Santerniano basale. Caratteristiche Nei limiti dell’area rilevata la formazione si estende ampiamente, livellando le preesistenti depressioni, a Est e a Ovest della fascia delle unità cretacico-mioceniche (a direzione SE-NW) congiungente S. Cesarea Terme a Cànnole. Nel settore occidentale dà luogo ad un’area pianeggiante, nella quale, se si esclude la zona delle cave a Nord di Poggiardo, gli affioramenti scarseggiano e sono limitati a piccole pareti o tagli artificiali, ubicati soprattutto al contatto con le unità sottostanti o in vicinanza di esso. Nell’area orientale, anche se non mancano blande ondulazioni, forma una superficie nelle sue linee generali degradante dolcemente verso il mare della zona otrantina; ottime esposizioni si rinvencono soprattutto a Sud di Otranto, tra l’altopiano costiero e il Canale Carlo Magno, nonchè, più a Sud, nella Zona a Est

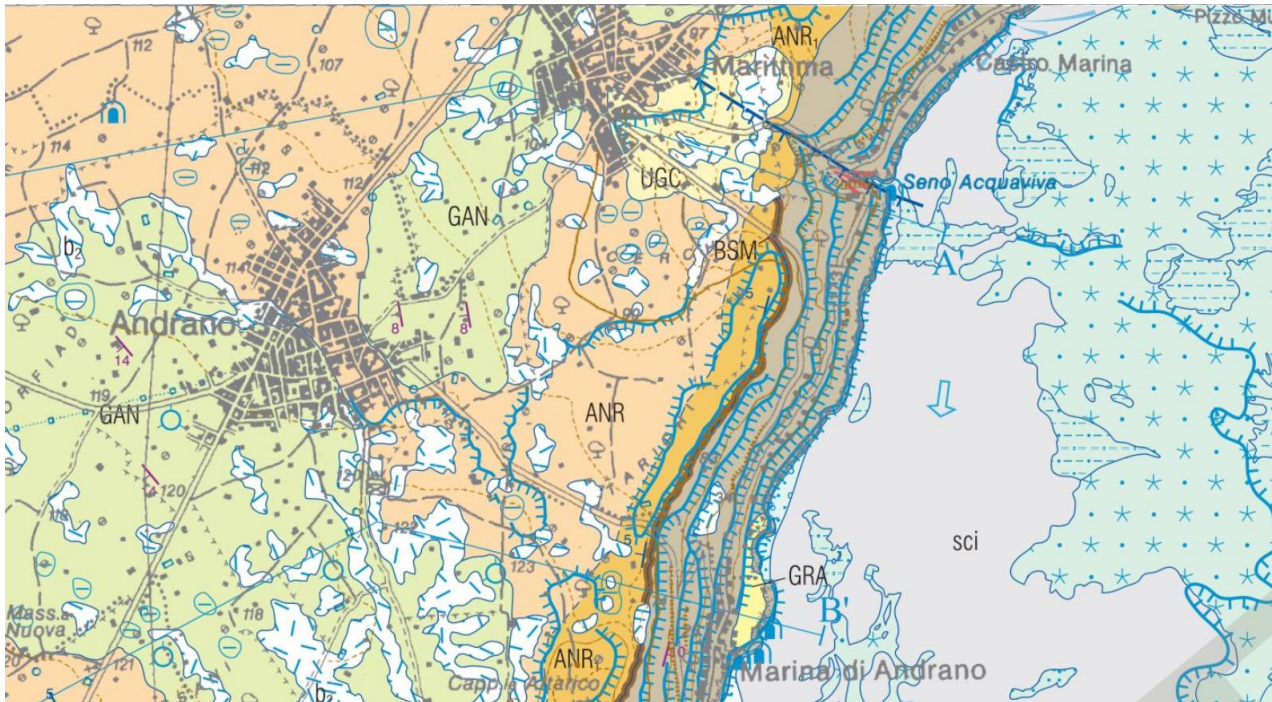
di Uggiano la Chiesa. La formazione presenta un'ampia variabilità nell'ambito delle rocce carbonatico-detritiche, sia per composizione, sia per grana o per compattezza. Da sabbie calcareo-organogene poco cementate si passa a calcari detritico-organogeni più o meno friabili, talvolta marnosi soprattutto nel tratto inferiore dell'unità, con prevalente grana medio-fine, a calcari con quantità variabile di componente marnosa; nella parte superiore sono spesso presenti calcari bioclastici grossolani, talora teneri talaltra tenaci. Queste tipologie litologiche possono variamente alternarsi lungo una stessa sezione, od essere prevalenti in determinate aree. Ad esempio, nell'areatipo prevalgono biomicriti marnose e solo alla sommità compaiono livelli bioclastici grossolani; nella zona a Nord di Poggiardo si nota una porzione inferiore più omogenea e più friabile, costituita da biomicriti a grana da fine a media e con una certa componente marnosa, e una parte superiore più grossolana e tenace, formata soprattutto da biospariti. La stratificazione è più o meno evidente, con livelli mediamente di qualche decimetro di spessore; ricorrenti, comunque, anche quelli centimetrici o metrici. Il colore prevalente è giallastro, ma non mancano livelli o intervalli grigi o addirittura biancastri. Elementi caratterizzanti sono inoltre bioturbazioni e fossili, ambedue diffusi e talora molto frequenti. Lo spessore massimo non supera i 60 m. La giacitura della Formazione di Uggiano la Chiesa è trasgressiva su espressioni sedimentarie diverse, in termini di litologie e biozone, della Formazione di Lèuca o, addirittura, su termini miocenici e pre-neogenici, rispetto ai quali evidenzia peraltro una marcata discordanza. Il contatto spesso non è osservabile direttamente ma, almeno la sua ubicazione, è ben intuibile su base morfologica in quanto l'inizio dell'unità corrisponde al bordo di una zona pianeggiante. Di sovente, il contatto è molto inclinato, ad andamento pressoché rettilineo almeno nelle sue linee generali e parallelo alle locali deformazioni di stile rigido.

Calcarenite di Gravina (Pleistocene)

Nella sua più tipica espressione la formazione è costituita da calcareniti

grossolane più o meno friabili e porose (meglio definibili come biolititi, biospariti, biomicriti) e da calcari detritico-organogeni compatti, a luoghi tipo “panchina”. Talora a questi litotipi si alternano livelli o intervalli calcarenitici a grana fine o sabbie organogene. L’impalcatura della roccia è costituita spesso da minuti frammenti di alghe o, in subordine, di altri organismi. Nella porzione inferiore possono essere presenti livelli sabbioso-argillosi e siltosi, di colore grigio o verdolino. Intercalazioni di livelli decimetrici argillosi e marnosi si possono rinvenire anche nella porzione superiore della formazione, a costituirne intervalli fino a 5-6 m di spessore. Il colore d’insieme dell’unità è in genere avana-giallastro, ma non sono infrequenti tonalità biancastre e bruno-rossicce o rosate. La stratificazione è evidente, ma spesso irregolare, marcata soprattutto da livelli a diversa competenza; gli spessori degli strati sono estremamente variabili, da pochi centimetri ad oltre 1 m (sono stati notati anche di 2-3 m). Comune la caratteristica stratificazione incrociata a piccola, media e grande scala. I fossili e le bioturbazioni sono molto diffusi; i primi, che localmente si ritrovano accumulati in livelli paralleli alla stratificazione, spesso sono sparsi in un impasto di alghe coralline. Nei limiti della carta lo spessore massimo della formazione si aggira sui 50 m. Le Calcareniti di Gravina trasgrediscono, talora addossandosi a ripide sponde, su unità sia neogeniche che pre-neogeniche, sulle quali la base forma ondulazioni più o meno ampie e con le quali la formazione manifesta una più o meno accentuata discordanza. Spesso a giacere sul substrato è direttamente la tipica espressione detritico-organogena, la quale può contenere tutt’al più piccoli ciottoli sparsi nei suoi 50-70 cm inferiori. A luoghi si interpone, invece, un conglomerato di modesto spessore (entro il metro), con ciottoli calcarei eterometrici (fino ad alcuni decimetri di diametro) e più o meno elaborati. Raramente è presente una breccia, anche a grossi elementi e fino oltre 1 m di potenza.

CARTA GEOLITOLOGICA



CALCARI DI CASTRO

Calcarei massicci coralligeni di colore bianco, con passaggi laterali a calcari micritici macrofossiferi stratificati di retroscogliera e a bioclastiti clinostratificate di avanscogliera; nei calcari biocostruiti sono presenti numerose cavità riempite da micriti laminari, di norma glauconitiche. Macrofauna dominata da numerosi generi di coralli costruttori (*Acropora*, *Alveopora*, *Antiguastrea*, *Astreopora*, *Caulastrea*, *Favites*, *Goniopora*, *Hydnophora*, *Montastrea*, *Porites*, *Thegiostrea*, *Tarbellastrea*, ecc.), alghe coralline, lamellibranchi, gasteropodi, echini e briozoi, nonché da macroforaminiferi bentonici [*Lepidocyclina* (*Nephrolepidina*) *praemarginata* DOUVILLÉ, L. (*Eulepidina*) *dilatata* MITCHELL, *Heterostegina* sp., ecc.]; microfauna a foraminiferi planctonici [*Globigerina* *ciperoensis* BOLLÉ, *G. praebuloides* (BLOW), *G. tripartita* KOCH, *G. venezuelana* HEDBERG, *Globigerinoides* *primordius* BLOW & BANNER, *G. trilobus* (REUSS), *Orbulina* *suturalis* BRONNIMAN, *O. universa* D'ORBIGNY, *Globorotalia* *scitula* (BRADY)].

Sistema carbonatico di laguna-sogliera marginale (*fringing reef*)-pendio. Limite inferiore inconforme, discordante sul basamento cretaceo e paraconcordante sul calcare di Torre Tiggiano (TTG) tramite un sottile *hardground*; limite superiore inconforme, paraconcordante con le calcareniti di Porto Badisco e discordante con le formazioni mio-pleistoceniche; probabile limite laterale eteropico con la Formazione di Galatone (vedi Note Illustrative).

Spessore massimo residuo intorno a 30 metri.

OLIGOCENE SUPERIORE: Cattiano inferiore-medio

CALCARENITE CORALLIGENA DI SERRA DEL MITO

Arenite fosfatico-glaucionitica di colore grigio-bruno, gremita di macrofossili, in prevalenza coralli (*Heliastrea* cf. *baulini* EDWARDS & HAIME, *Flabellum* *extensum* MICHELIN, *Ceratopora* *duodecimcostatus* GOLDFUSS, *Stephanophyllia* *imperialis* MICHELIN, *Lobophyllia* cf. *contorta* MICHELIN, *Balanophyllia* sp.), gasteropodi (*Trochus* sp., *Turbo* *speciosus* MICHELOTTI, *Natica* *millepunctata* LAMARCK, *Xenophora* *cumulans* BRONGNIART, *Vermetus* *arenarius* LINNEUS, *Turritella* *subangulata* BROCCCHI, *Cypraea* *utriculata* LAMARCK, *C. minor* GRATELOUP, *Cypraea* sp., *Eudolium* *subfasciatum* SACCO, *Ficula* *geometra* BORSON, *Triton* *nodiferum* LAMARCK, *Triton* sp., *Nassa* *bisotensis* DEPONT, *N. brugnonis* BELLARDI, *Nassa* sp., *Fusus* sp., *Ancillaria* *obsoleta* BROCCCHI, *Priamus* *deshayesianus* DA COSTA, *Pleurotoma* *rotata* BROCCCHI, *Conus* *russeggeri* HAUER, *C. antidiluvianus* BRUGUIERE, *C. pushi* MICHELOTTI, *C. cf. clavatus* LAMARCK, *Conus* sp.), lamellibranchi (*Ostrea* *cochlear* POLII, *Pecten* *malviniae* DUBOIS, *P. haveri* MICHELOTTI, *P. cristatus* BRONN, *P. koheni* FUCHS, *Spondylus* *concentricus* BRONN, *Lima* sp., *Arca* cf. *nodulosa* MÜLLER, *Pectunculus* *insubricus* BROCCCHI, *Cardita* *globulina* MICHELOTTI, *Cardium* spp., *Chama* *gryphoides* LINNEUS, *Isocardia* *cor* LINNEUS, *Meiocardia* *moltianoides* BELLARDI, *M. deshayesi* BELLARDI, *Coralliophaga* *lithophagella* LAMARCK, *Venus* *multilamella* LAMARCK, *Venus* sp., *Dosinia* *exoleta* LINNEUS, *Lucina* *spinifera* MONTAGU var. *meneghinii* DE STEFANI & PANTANELLI), cefalopodi nautiloidi (*Aturia* *aturi* BASTEROT, *A. formae* PARONA), denti di squaloidi e microfauna a foraminiferi pelagici [*Globorotalia* *foshi* *peripheroronda* BLOW & BANNER, *G. suterae* CATALANO & SPROVIERI, *Globigerinoides* *seiglei* (BOLLÉ & SAUNDERS), *G. gr. trilobus*, *Orbulina* *suturalis* BRONNIMAN, *O. universa* D'ORBIGNY].

Sequenza condensata (*hardground*) su rilievi sottomarini (*sea mount*). Limite inferiore inconforme, discordante sul substrato cretaceo e paraconcordante sulle formazioni eo-oligoceniche; limite superiore inconforme, paraconcordante con le formazioni del Miocene superiore; probabile limite laterale eteropico con la *Pietra leccese* (vedi Note Illustrative).

Spessore residuo non superiore ai 60 centimetri.

MIocene INFERIORE-MEDIO (Langhiano - Tortoniano ?)

CALCARENITI DI ANDRANO

Calcareni e calciruditi stratificate, a luoghi oolitiche, diagenizzate e/o semicoerenti di colore grigio e avana o violaceo, con abbondanti macrofossili: in prevalenza modelli di lamellibranchi e gasteropodi di medie o piccole dimensioni oltre a brachiopodi, echini, briozoi. Nella parte inferiore, ripetute intercalazioni di livelli calcisiltitici semicoerenti con laminazione planare da millimetrica a centimetrica, di norma scompaginati e brecciati da deformazioni gravitative (*slump*).

Nella fascia di passaggio eteropico con il membro di Gagliano del Capo (ANR₁), presenza di calcareniti biancastre a diagenesi incompleta con grossi frammenti di *Porites*.

Microfauna a foraminiferi bentonici (*Bolivina* spp.; *Bulimina echinata* D'ORBIGNY; *Elphidium* spp.; Miliolidi) e planctonici (*Globorotalia acostaensis* (BLOW), *G. conomiozea* KENNET; *Globigerina bulloides* D'ORBIGNY; *G. nepenthes* TODD; *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *G. bolli* BLOW; *Neoglobobulimina acostaensis* (BLOW); *Orbulina universa* D'ORBIGNY, *O. suturalis* BRONNIMANN, *O. bilobata* D'ORBIGNY, *Orbulina* spp., ostracodi (*Aurila* spp.; *Callistocythere* spp.; *Loxococoncha* spp.) e rari nannofossili (*Amaurolithus* spp., *Calcidiscus* spp., *Discoaster* spp.).

Ambiente tidale intertidale di piattaforma carbonatica interna.

Limite inferiore inconforme, paraconcordanza sulla calcarenite coralligena di Serra del Mito (BSM) e discordante sulle formazioni cretacee; limite laterale eteropico con il membro di Gagliano del Capo (ANR₁); limite superiore inconforme, discordante con le formazioni plioceniche e pleistoceniche.

Spessore massimo esposto intorno a 30 metri.

MIocene SUPERIORE: Messiniano inferiore (pre-evaporitico)

Membro di Gagliano del Capo

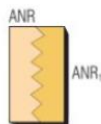
Calcare coralligeno (*Porites* sp., *Siderastrea* sp. e di *Tarbellastrea* sp.) - algale (*Halimeda* sp.), massivo di colore bianco-grigiastro, passante lateralmente a breccie e calciruditi con frammenti corallini, e quindi a calcareniti laminari clinostratificate gremite di serpulidi (*Spirobranchus* sp.) e vermetidi (*Petalocochus* sp.) nonché "lumachelle" a pettinidi, con irregolari intercalazioni di calcareniti e calcisiltiti a foraminiferi sia bentonici (*Amphistegina* sp., *Bolivina* spp.; *Bulimina* e *chinata* D'ORBIGNY; *Elphidium* spp.) sia planctonici (*Globigerina bulloides* D'ORBIGNY; *G. nepenthes* TODD; *Globigerinoides trilobus* (REUSS), *Globorotalia acostaensis* (BLOW), *Orbulina universa* D'ORBIGNY) e ostracodi di "tipo saheliano" (*Pokomyella italica* RUGGIERI, RUSSO & MASOLI, *P. devians* BONADUCE, RUGGIERI & RUSSO, *Aurila albicans* (RUGGIERI), *A. subtilis* (GIESBRECHT), *Arutella sahelensis* RUGGIERI).

Ambiente di margine-pendio di piattaforma carbonatica.

Limite inferiore inconforme, paraconcordanza sulla calcarenite coralligena di Serra del Mito (BSM); limite laterale eteropico con la formazione delle Calcareniti di Andrano (ANR); limite superiore inconforme, discordante con le formazioni plioceniche e pleistoceniche.

Spessore compreso tra qualche metro e 30 metri.

MIocene SUPERIORE: Messiniano inferiore (pre-evaporitico)



SISTEMA DI MIGGIANO

Calcareni e calciruditi macrofossilifere, di colore grigio giallastro, con tipica giacitura clinostratificata a medio ed alto angolo o festonata; alla base ciottoli carbonatici derivanti dalle formazioni più antiche, in prevalenza dal substrato cretaceo. Associazione a lamellibranchi [*Arctica islandica* (LINNEUS), *Acanthocardia aculeata* (LINNEUS), *A. paucicostata* (SOWERBY), *Aequipecten opercularis* (LINNEUS), *Glycymeris glycymeris* (LINNEUS), *G. bimaculata* (POLI), *Glycymeris insubrica* (BROCCHI), *Mytilus* sp., *Ostrea edulis* LINNEUS, *Pecten jacobaeus* (LINNEUS)], gasteropodi [*Astrea* (*Bolma*) *rugosa* (LINNEUS), *Theridium vulgatum* (BRUGUIÈRE), *Natica* sp., *Turritella* cf. *turbina* MONTEROSATO, *Trochus* sp., scafopodi (*Dentalium* spp.), echinidi (*Spatangus purpureus* MÜLLER), briozoi e noduli algali (rodoliti). Microfauna costituita da foraminiferi bentonici (*Amphistegina* spp., *Bulimina* spp., *Cibicides* spp., *Elphidium* spp.).

Ambiente intertidale caratterizzato da sedimentazione progradante. Limite inferiore inconforme, discordante sulle formazioni prepioceniche; limite superiore erosivo.

Spessore massimo affiorante intorno a 15 metri.

PLEISTOCENE MEDIO

UNITÀ DELL'AVANFOSSA APPENNINICO-DINARICA

CALCARENITE DI GRAVINA

Calcareni e calciruditi di color bianco-giallastro, con tipica giacitura clinostratificata e frequenti discordanze geometriche, di norma macrofossilifere, con lamellibranchi [*Cardium* sp., *Chlamys varia*, *Glycymeris* sp., *Mytilus* sp., *Ostrea edulis* LINNEUS, *Pecten jacobaeus* (LINNEUS), *Pectunculus* sp., *Spondylus gaederopus* LINNEUS, *Venus* sp.] gasteropodi (*Cerithium* sp., *Turritella tricarinata pliocenica* SCALIA), scafopodi (*Dentalium* spp.), brachiopodi (*Terebratulina scillae* SEGUENZA), echini (*Spatangus* sp.), noduli algali (rodoliti), briozoi e balanidi. Associazione microfossilifera a foraminiferi bentonici [*Amphistegina* spp., *Bolivina* sp., *Bulimina marginata* D'ORBIGNY, *Cibicides* spp., *Elphidium* spp., e subordinatamente *Hyalinea baltica* (SCHROETER)] e planctonici [*Globigerina bulloides* D'ORBIGNY, *Globorotalia irsuta* (D'ORBIGNY), *G. inflata* (D'ORBIGNY), *Globigerinoides elongatus* (D'ORBIGNY)], ostracodi (*Aurila* spp. e *Callistocythere* spp.), e da nannofossili (*Gephyrocapsa* spp.) con forme di piccole dimensioni. Alla base calciruditi ben litificate senza macrofossili (Marina di Novaglie).

Ambiente di pendio costiero. Limite inferiore inconforme, discordante sulle formazioni oligocenico-mioceniche; limite superiore erosivo.

Spessore massimo 20 metri circa.

PLEISTOCENE INFERIORE: Calabro

FORMAZIONE DI UGGIANO LA CHIESA

Calcareni e calcisiltiti macrofossilifere, a diagenesi incompleta, di color giallo chiaro, massive o stratificate in banchi, a luoghi con struttura a lamine planari parallele alla stratificazione e a festoni; alla base (periferia di Marittima), sono presenti grossi noduli e clasti fosfatici, di colore rosato o bruno.

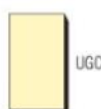
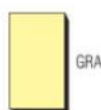
Macrofossili: lamellibranchi [*Aequipecten* spp., *Neoplicnodonte* spp., *Acanthocardia mucronata* (POLI), *A. paucicostata* (SOWERBY)]; gasteropodi [*Theridium vulgatum* (BRUGUIÈRE), rissoidi e trochidi] e noduli algali (rodoliti). Microfauna a foraminiferi bentonici (*Ammonia* sp., *Bolivina* sp., *Cibicides* spp., *Discorbis* sp., *Elphidium* spp., *Rotalia* sp., *Textularia* sp.) e planctonici (*Globigerina bulloides* D'ORBIGNY, *G. falconensis* BLOW, e *Globorotalia aemiliana* COLALONGO & SARTONI, *G. crassaformis* GALLOWAY & WISSLER).

Ambiente di piattaforma costiera, marginato verso il mare aperto da una scarpata.

Limite inferiore inconforme, discordante sulle formazioni più antiche; limite superiore inconforme, paraconcordanza con le formazioni del Pleistocene medio.

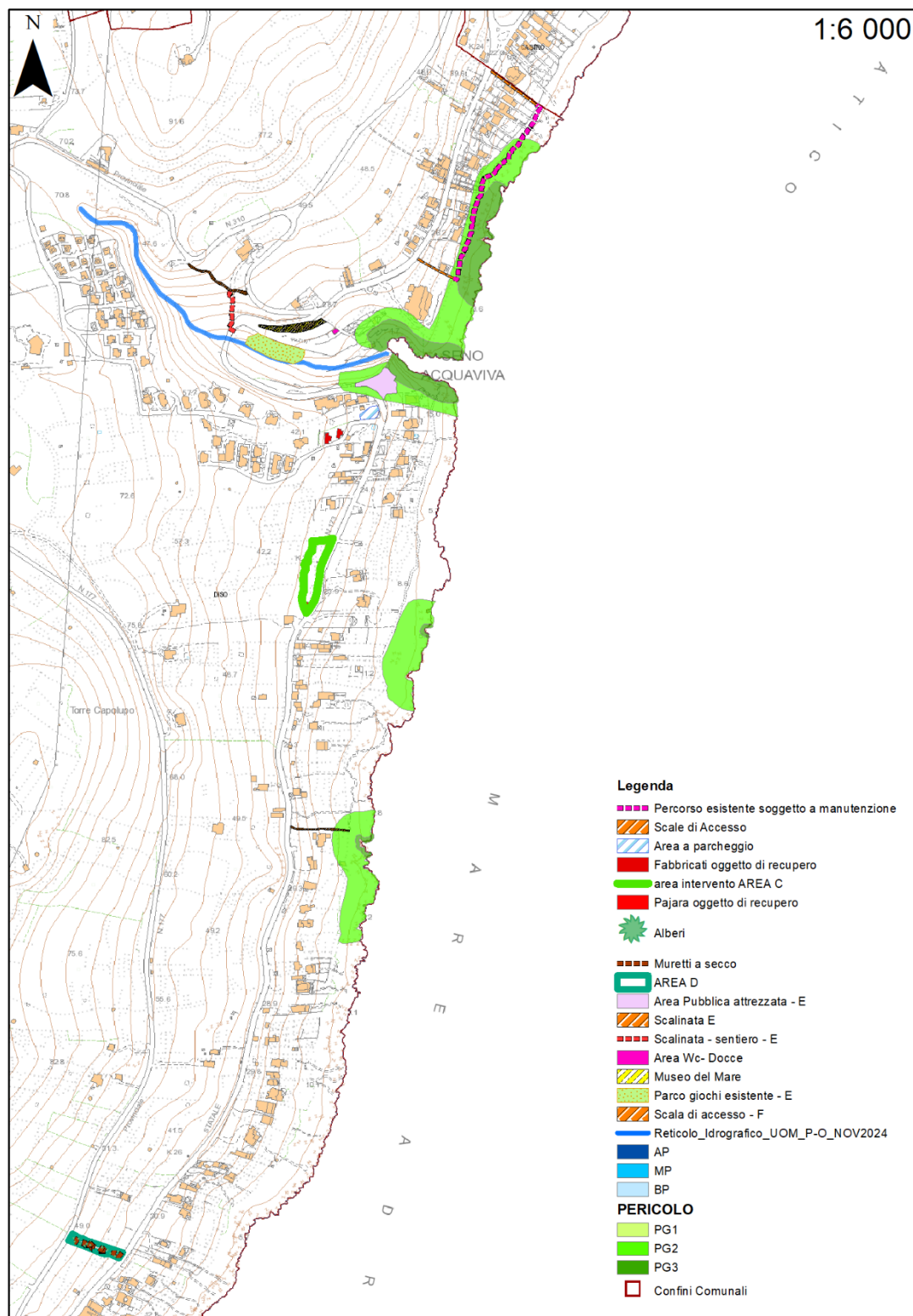
Spessore residuo affiorante compreso tra qualche metro e i 35 metri.

PLIOCENE MEDIO? - SUPERIORE: Piacenziano superiore? - Gelasiano

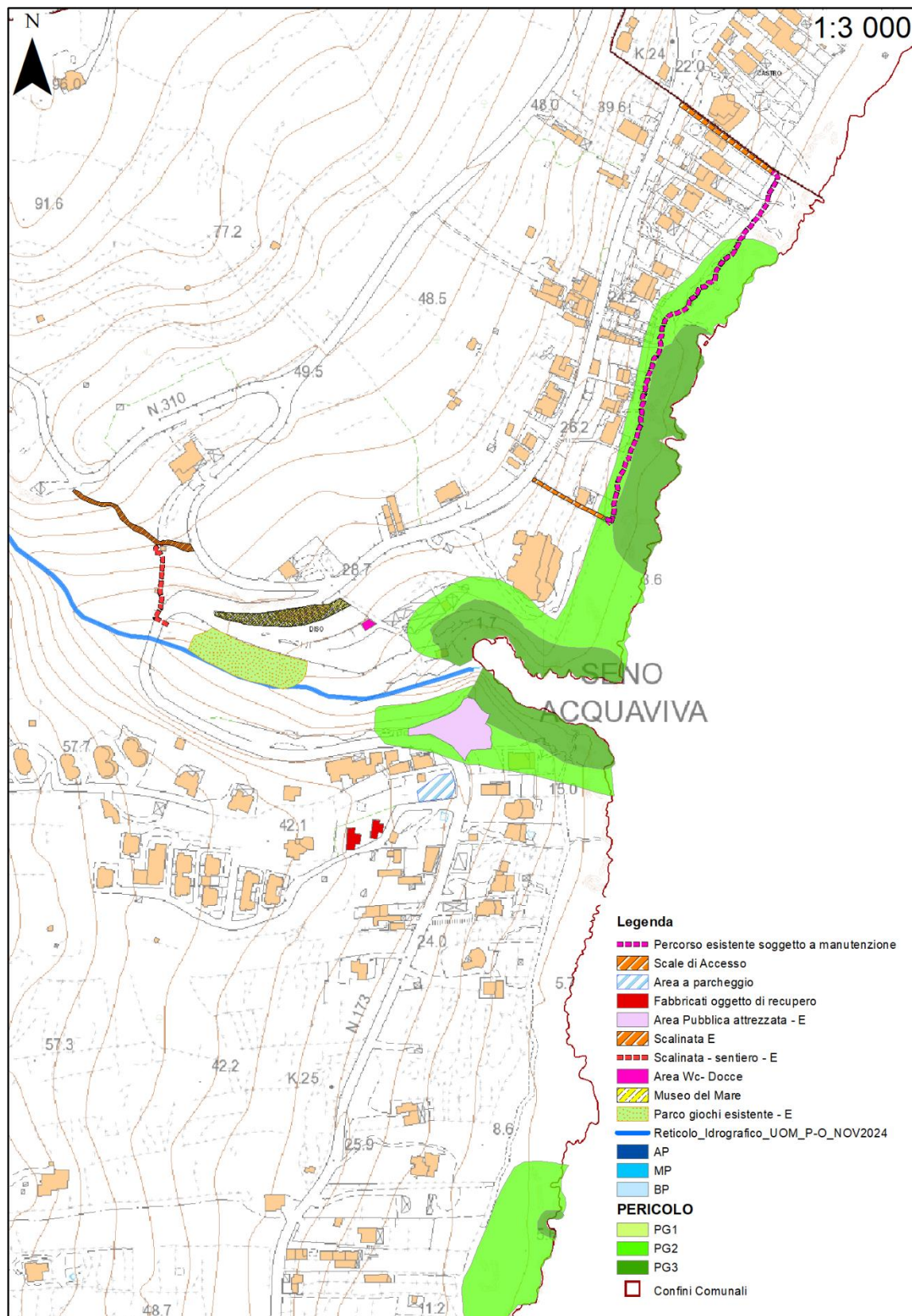


2.1. Pericolosità geologica dell'area

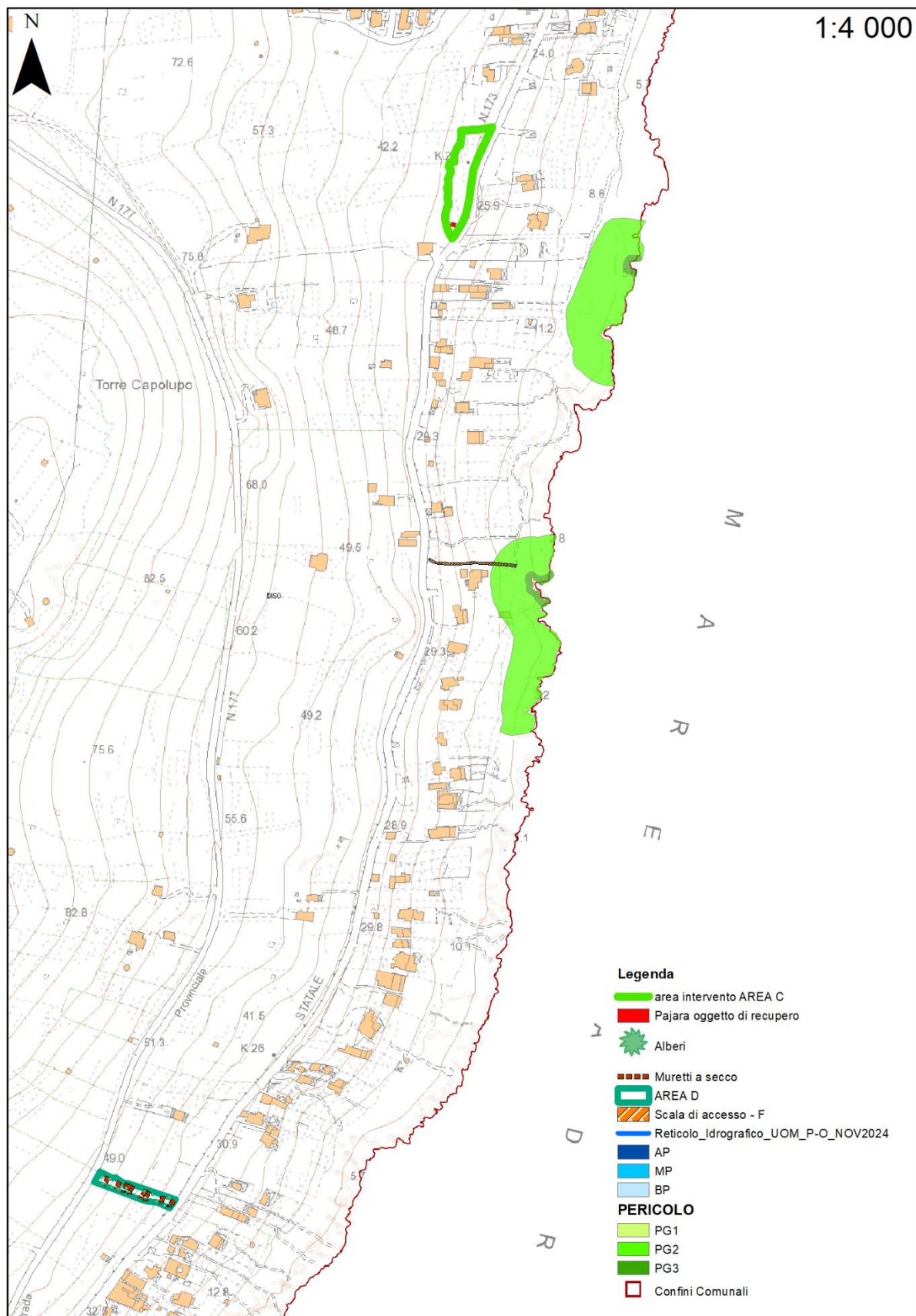
Le aree B, C e D non sono soggette a pericolosità idraulica o geomorfologica.



Le aree A ed E sono soggetta in parte a pericolosità geomorfologica **PG2**.



L'area F è soggetta in parte a pericolosità geomorfologica PG2.



3. CARATTERI IDROGEOLOGICI

I caratteri idrogeologici dell'area indagata sono in stretta relazione con le caratteristiche di permeabilità dei terreni ivi presenti.

Generalmente i terreni calcarenitici sono caratterizzati da un elevato grado di permeabilità per fessurazione e carsismo, come peraltro è dimostrato dalla totale assenza dell'idrografia superficiale e dalla cospicua presenza di acque nel sottosuolo che danno vita alla falda profonda.

Le formazioni costituenti i terreni di copertura neogenici sono caratterizzate dalla presenza di numerose falde di spessore ridotto e di bassa produttività, le cui caratteristiche sono strettamente connesse con la presenza di livelli a bassa permeabilità che le sostengono alla base e le isolano talora anche dagli orizzonti di terreno superiori.

E' presente, inoltre, un'imponente falda ospitata all'interno del substrato calcareo il cui livello piezometrico è posto a circa 101 metri dal p.c..

Tale falda giace all'interno di orizzonti a maggiore permeabilità o carsificati grazie alla presenza alla base da acqua marina di intrusione continentale ed ha un gradiente idraulico di circa 1.5 m s.l.m., con una cadente piezometrica verso sud est dello 0.03 %.

Questo sistema idrodinamico trova l'equilibrio al livello del mare, dove sono presenti una serie di sorgenti lungo la costa; tuttavia, proprio a causa della notevole complessità, esso è soggetto a forti disequilibri innescati da pur minime variazioni.

In condizioni di equilibrio lo spessore della falda profonda è legato con la legge di Ghyben - Herzberg all'acqua marina di intrusione continentale dalla seguente relazione:

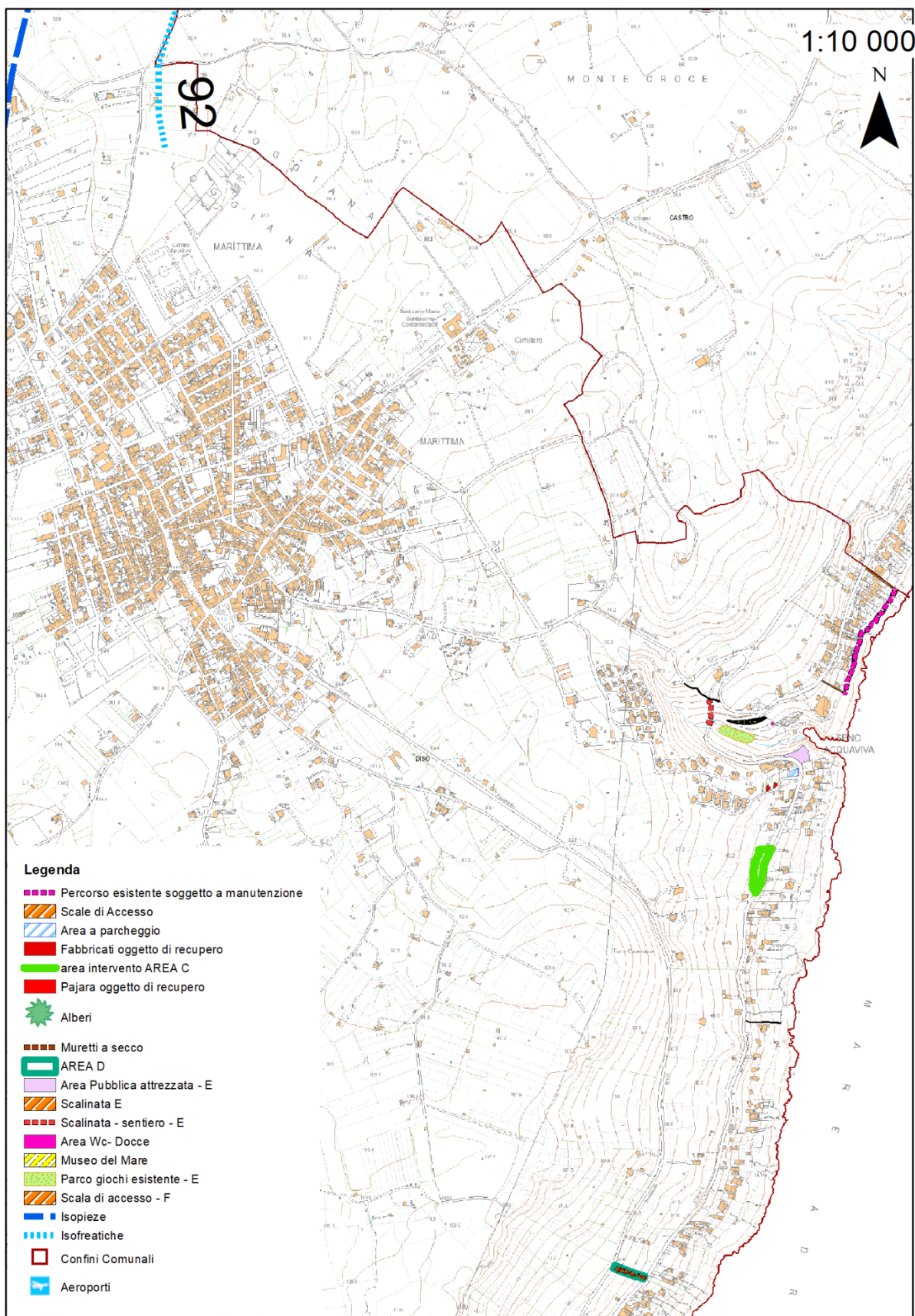
$$H = 35 h$$

dove: H = spessore delle acque di falda h = gradiente idraulico in virtù della precedente relazione lo spessore di acqua dolce risulta di circa 50 metri, per cui il passaggio tra la base della falda profonda e l'acquamarina dovrebbe trovarsi alla

profondità di circa 150 metri dal p.c..

Nell'area non è presente all'interno dei depositi pliocenici costituenti il substrato, la falda freatica.

CARTA IDROGEOLOGICA



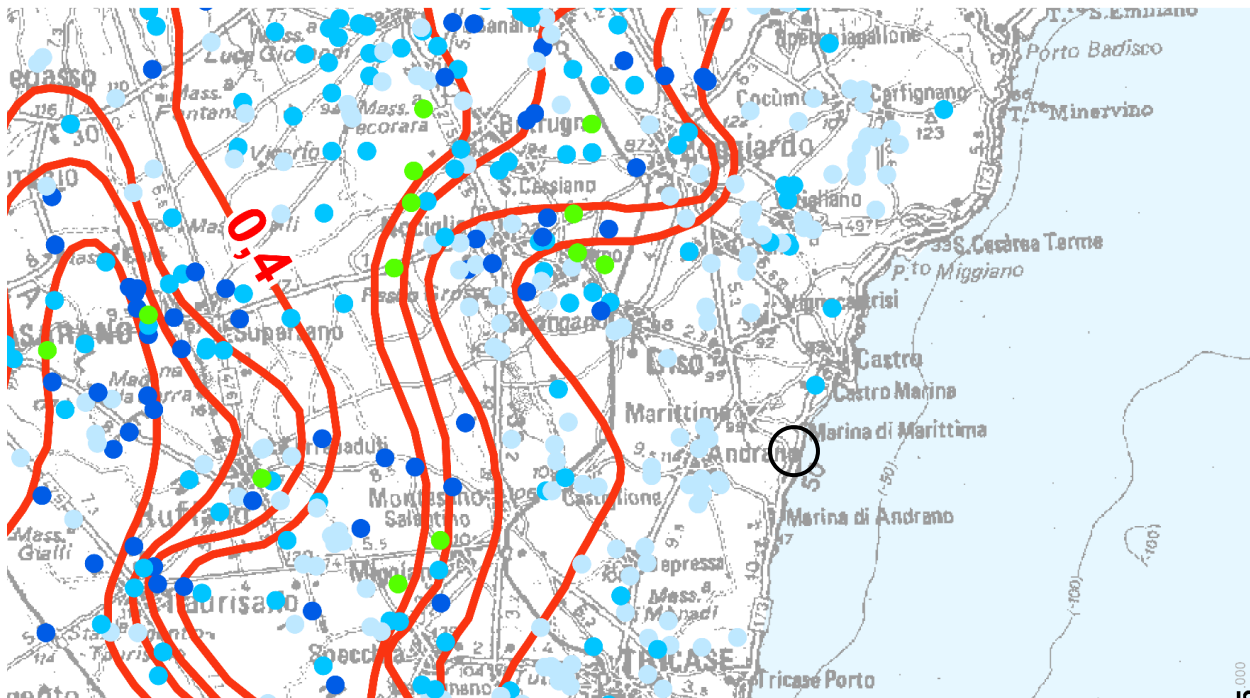
4. CHIMISMO DELLE ACQUE DI FALDA

La falda presente nell'area è allocata negli orizzonti fessurati dei calcari; pertanto, il contenuto salino è strettamente connesso alle caratteristiche mineralogiche degli acquiferi.

Gli altri parametri quantificati rivelano che l'acqua oggetto di utilizzazione non è interessata da fenomeni di inquinamento antropico come testimonia l'assenza degli inquinanti microbiologici.

Il contenuto salino previsto è di 1 mg/l.

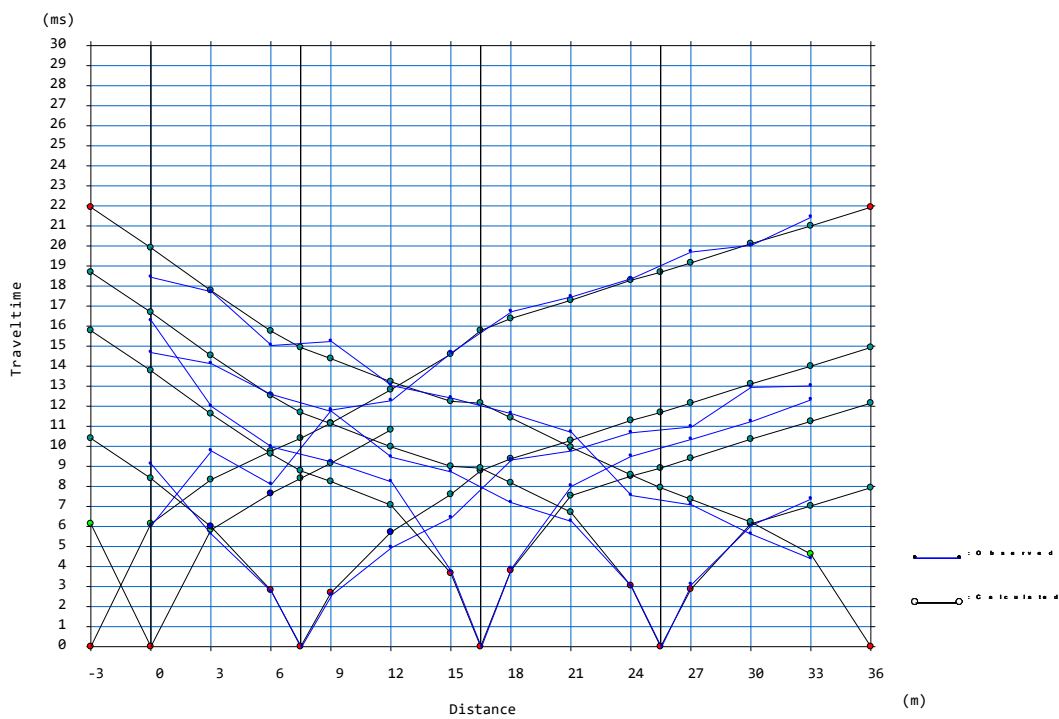
Tale situazione è in uno stato di equilibrio molto sensibile ed è condizionata da numerosi fattori le cui variazioni, anche di scarsa entità, possono alterare irrimediabilmente l'intero sistema; bastano, infatti, emungimenti maggiori di quelli tollerati dal sistema per portare notevoli perturbazioni che alterino irrimediabilmente il chimismo delle acque di falda.



5. INDAGINI INDIRETTE

Il metodo sismico a rifrazione risulta adatto all'individuazione di anomalie limitate, anche non superficiali, e consente una caratterizzazione geomeccanica media dell'intero substrato. Tale metodo consiste nel provocare delle onde sismiche che si propagano nei terreni con una velocità che dipende dalle caratteristiche elastiche degli stessi. In presenza di particolari strutture possono essere rifratte e ritornare in superficie, dove tramite appositi sensori (geofoni) si misurano i tempi di arrivo impiegati affinché la perturbazione copra le distanze tra la sorgente ed i vari ricevitori.

Le onde sismiche, prodotte da una massa battente, attraversano il terreno seguendo percorsi differenti; alcune giungono direttamente ai geofoni più vicini (onde dirette); altre, attraversato il primo strato, vengono immediatamente riflesse e ritornano in superficie (onde riflesse); altre ancora, attraversano il primo strato e, viaggiando sulla superficie di separazione col secondo, riemergono, ripassando per il primo (onde rifratte).

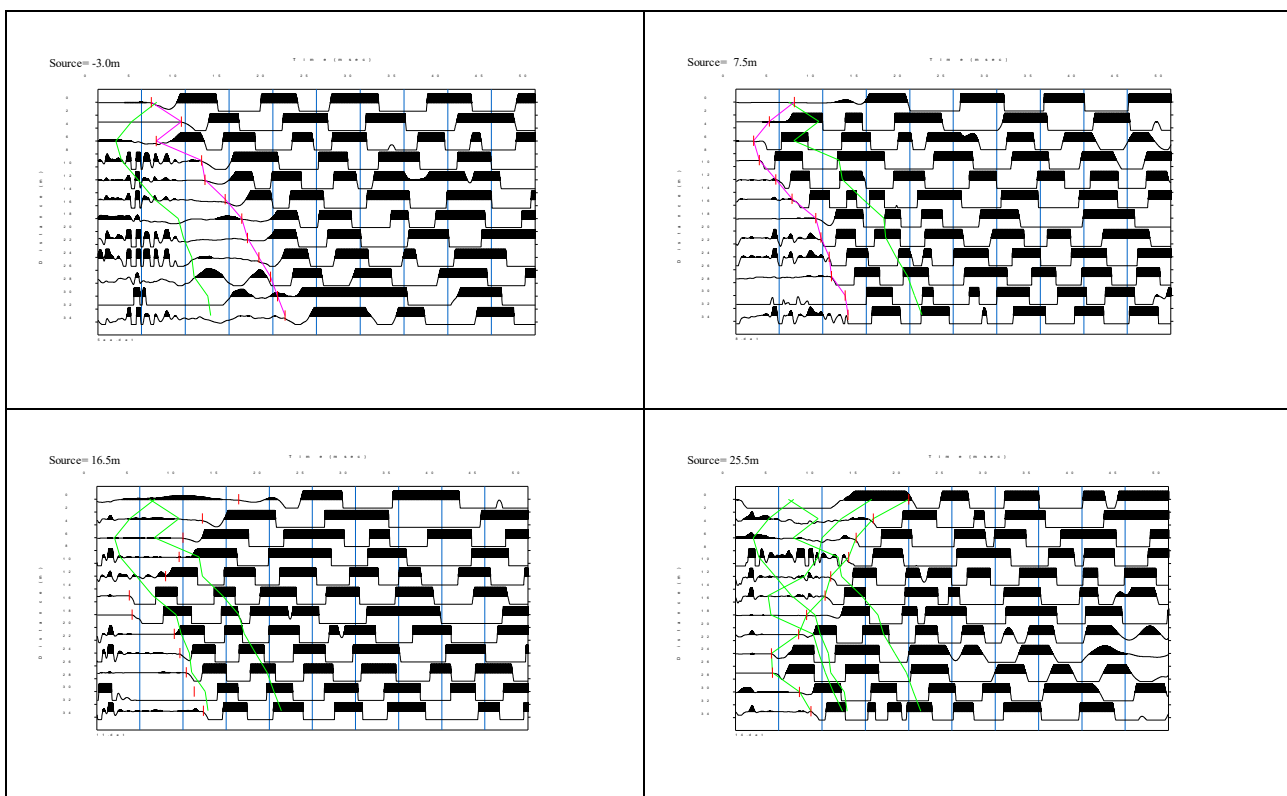


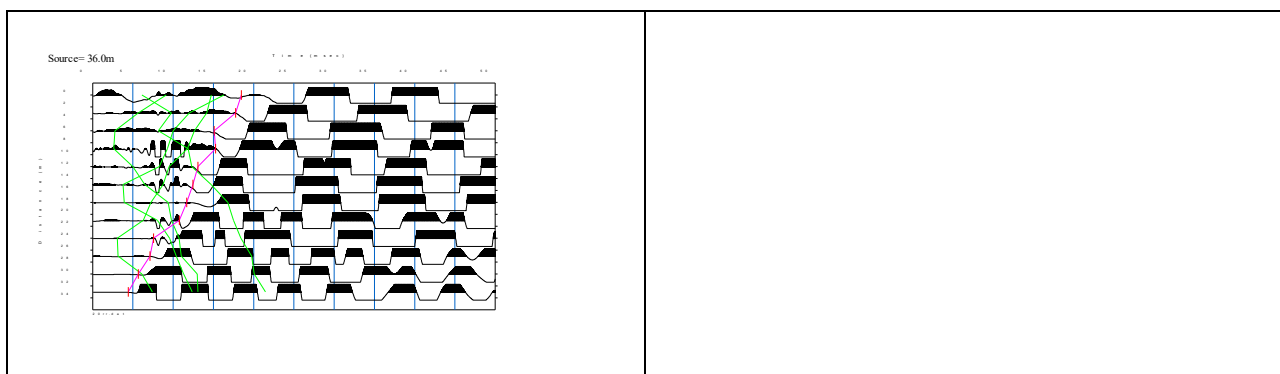
Essendo note le distanze che intercorrono tra il punto di energizzazione ed i geofoni, ed avendo misurato i tempi di arrivo, si possono diagrammare i dati ottenendo delle curve (dromocrone) da cui è possibile calcolare le velocità dei livelli attraversati, il loro spessore e le costanti elastiche degli stessi.

L'energizzazione del terreno è stata ottenuta tramite una massa battente le cui onde elastiche sono state registrate con un sismografo 12 canali GEODE della Geometrics.

L'interpretazione dei dati di campagna eseguita con adeguati supporti informatici è basata sull'applicazione del metodo dei "tempi di ritardo" ed ha permesso la ricostruzione stratigrafica rappresentata nella sezione tomografica allegata.

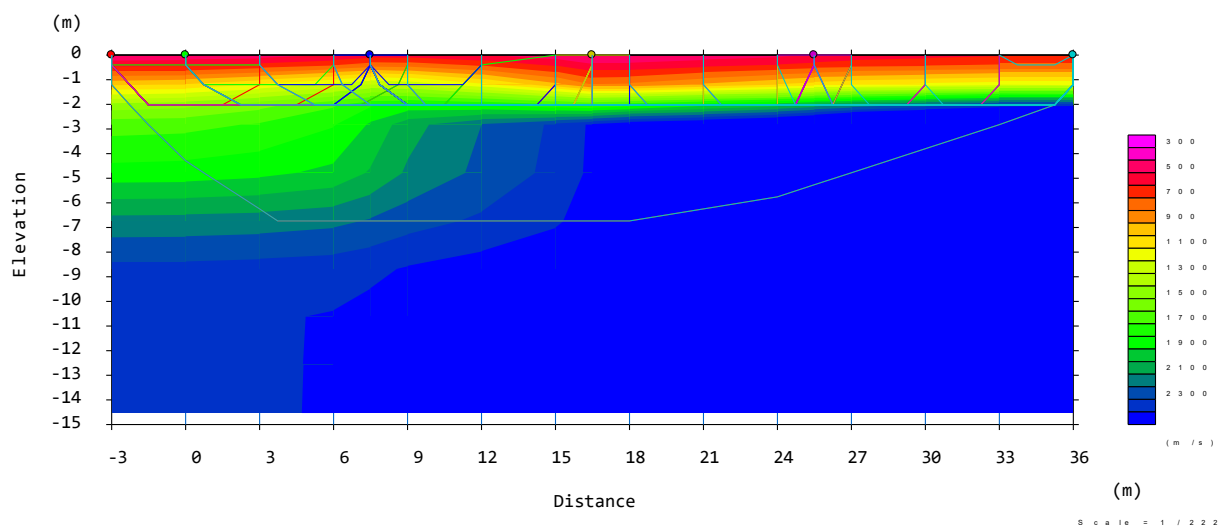
La base è costituita da 12 geofoni intervallati da una distanza di 3 metri per un totale di 33 metri.



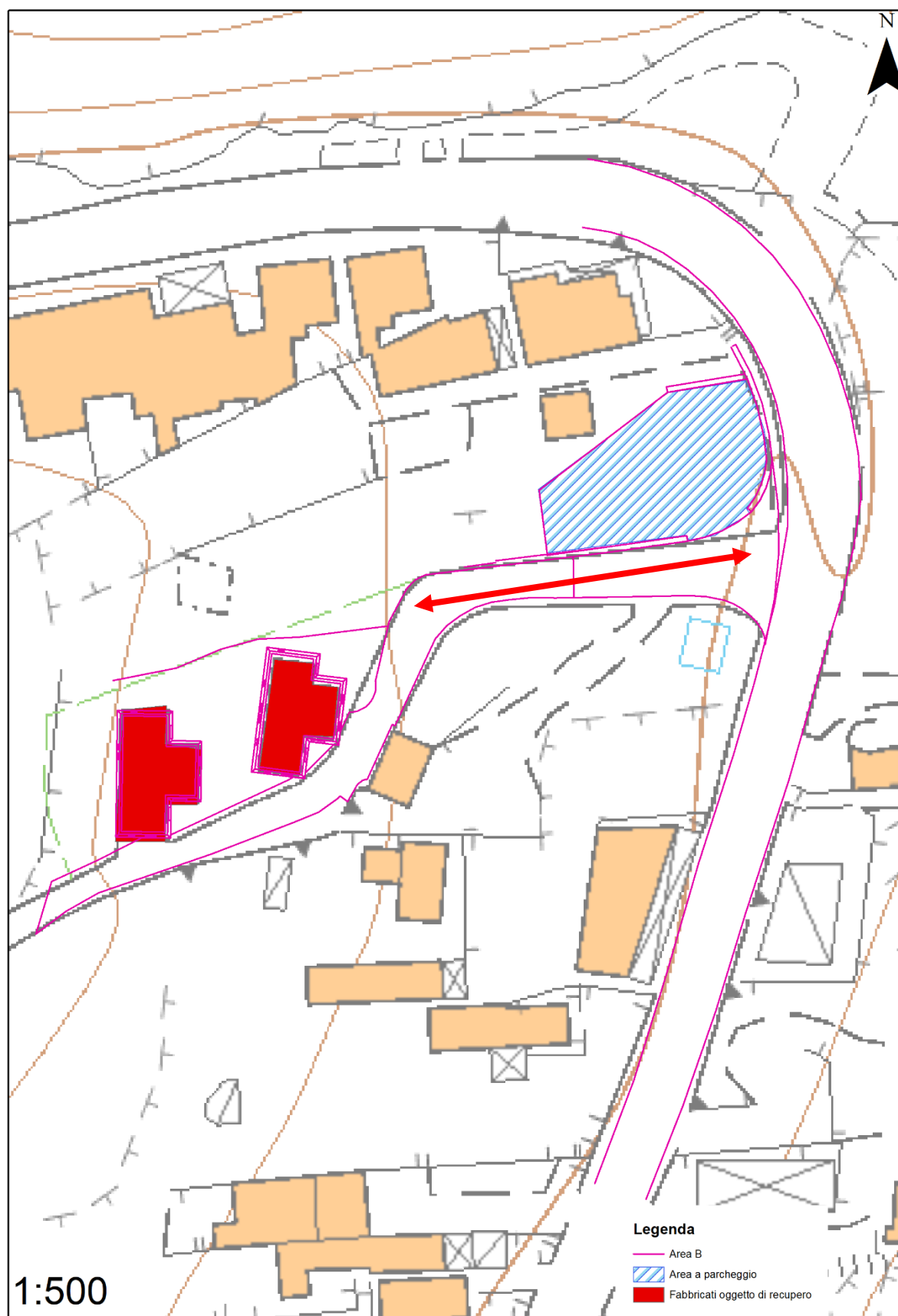


Nella sezione orizzontale eseguita sul piano campagna esterno sono presenti: aree di colore verdastro, ascrivibili a banchi di calcareniti e sabbie addensate, ed aree di colore rosso che delimitano terreno vegetale e substrato alterato fino alla profondità di 0.5– 1.2 m.

La restante parte della sezione è caratterizzata dal colore giallo, per i quali sono stati eseguiti i calcoli di seguito riportati, che identifica il substrato calcareo mediamente compatto.



UBICAZIONE PROFILO SISMICO



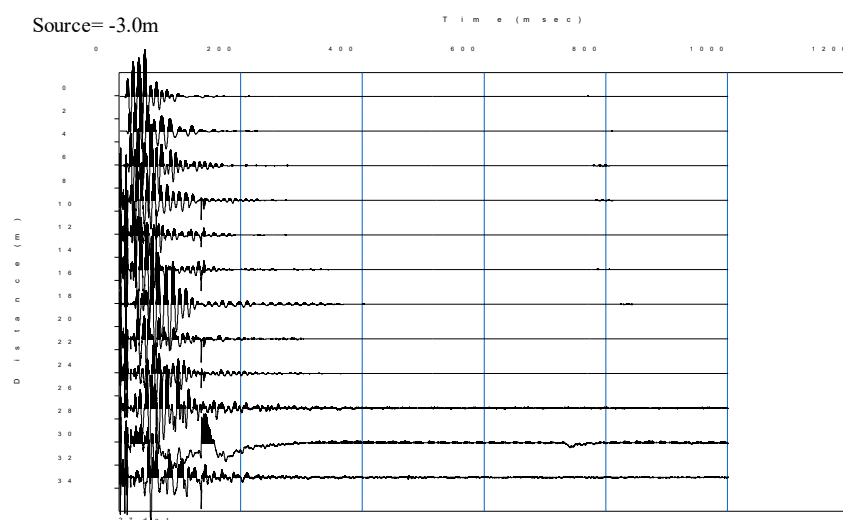
6. MICROZONAZIONE SISMICA

Le nuove norme tecniche sulle costruzioni (ex D.M. 17.01.2018), riportano i primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e le normative tecniche per la costruzione in zona sismica e per la verifica dell'esistente.

Ai fini della progettazione e della verifica degli edifici secondo i criteri stabiliti dal D.M. citato, risulta di fondamentale importanza la classificazione del terreno di fondazione in una delle categorie.

Il principale criterio di classificazione è dato dal valore medio della velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio nei terreni situati al di sotto del piano di fondazione per una profondità di 30 m.

La metodologia **Masw (Multi-channell Array Surface Waves)** è una tecnica relativamente nuova che consente di determinare molto facilmente e più economicamente rispetto ad altri metodi (es. down hole o sismica a riflessione ad alta risoluzione SH), la velocità di propagazione delle onde di taglio (**V_s**). La base di questa tecnica risiede nelle proprietà “dispersive” delle onde di superficie (**Onde di Rayleigh**) quando si propagano in un mezzo stratificato. Le onde analizzate sono quindi quelle di Rayleigh, ma è dimostrato che la loro velocità è pari a circa il 95 – 97 % delle onde di taglio.



Lo stendimento per il Masw è simile a quello utilizzato per la tradizionale sismica a rifrazione: 12 o più geofoni vengono posizionati sul terreno in linea retta e con interdistanza variabile in base alla profondità d'investigazione richiesta. In linea con lo stendimento, ad una distanza di circa 1 ÷ 3 volte la spaziatura geofonica, il terreno viene energizzato con una sorgente che, se la profondità d'investigazione richiesta non è elevata (10 ÷ 30 metri) può essere costituita da una semplice mazza da 8 kg. Le onde generate dalla sorgente vengono rilevate dai geofoni e trasmesse al sismografo che deve essere dotato di un'elevata dinamica (nel nostro caso un Geode della Geometrics a 24 bit). I sismogrammi vengono registrati nell'hd di un pc portatile collegato al sismografo tramite una scheda di rete.

Il primo passo dell'interpretazione consiste nell'isolare le onde di Rayleigh da tutte le altre presenti nella registrazione, ciò si ottiene tramite la trasformazione p-f (reciproco della velocità – frequenza); su questo grafico è possibile individuare i punti della curva di dispersione che con un procedimento di inversione consente di definire monodimensionalmente il profilo delle Vs.

Nelle Figure 1 e 2 e 3 sono riportati i risultati dell'elaborazione.

Il primo grafico (Fig. 1) mette in relazione le frequenze contenute nel segnale registrato con il reciproco della velocità di fase e il rapporto spettrale: permette di

riconoscere l'energia delle onde di Rayleigh e fissare i punti che rappresentano l'andamento della curva di dispersione, funzione della distribuzione della velocità negli strati del sottosuolo. Nel grafico successivo (figura 2) invece è riportata la curva sperimentale sovrapposta a quella calcolata tramite l'inversione ai minimi quadrati del modello di sottosuolo.

Il grafico di Figura 3 riporta il modello del sottosuolo in termini di strati con diversa velocità di propagazione delle Onde S. E' così possibile calcolare il parametro V_{s30} e di conseguenza caratterizzare il sito in una delle categorie di suolo di fondazione definite nella nuova normativa sismica risulta:

$$V_{s30} = 964 \text{ m/s}$$

corrispondente a un suolo di classe “A”, definito come (N.T.C. 2018):

“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.”

Fig. 1: RAPPORTO FREQUENZE/VELOCITA'

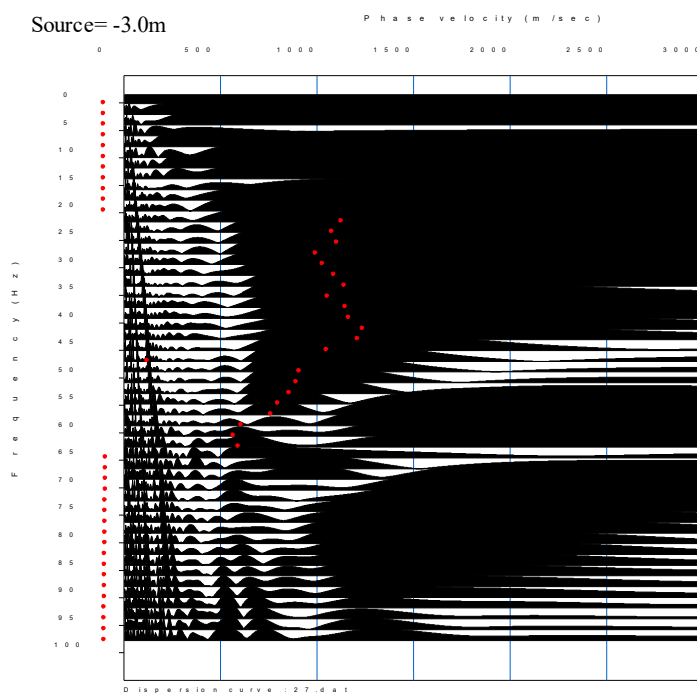
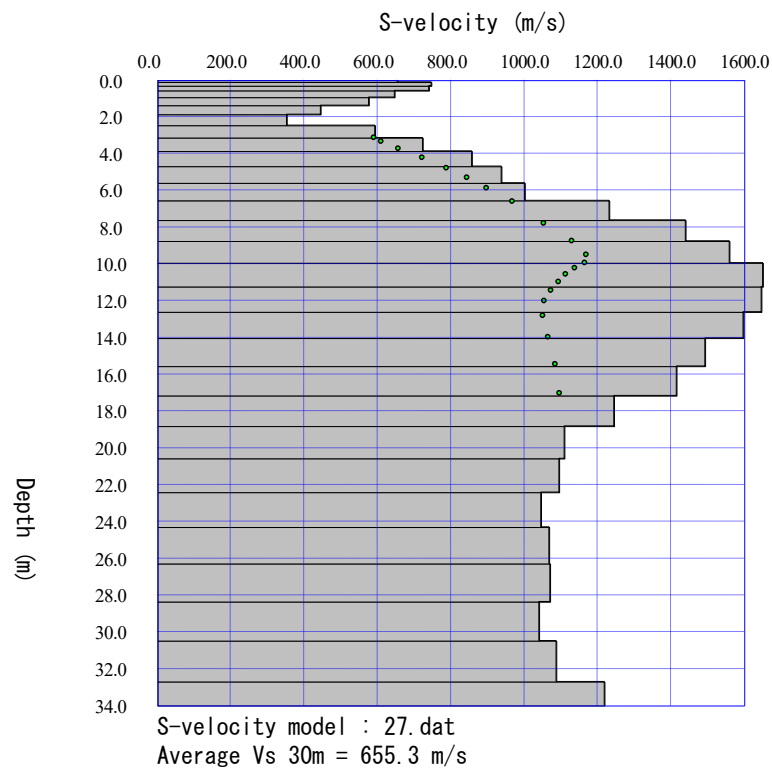


Fig. 2: CURVA SPERIMENTALE E CALCOLATA

RMSE = 27.601354 m/s

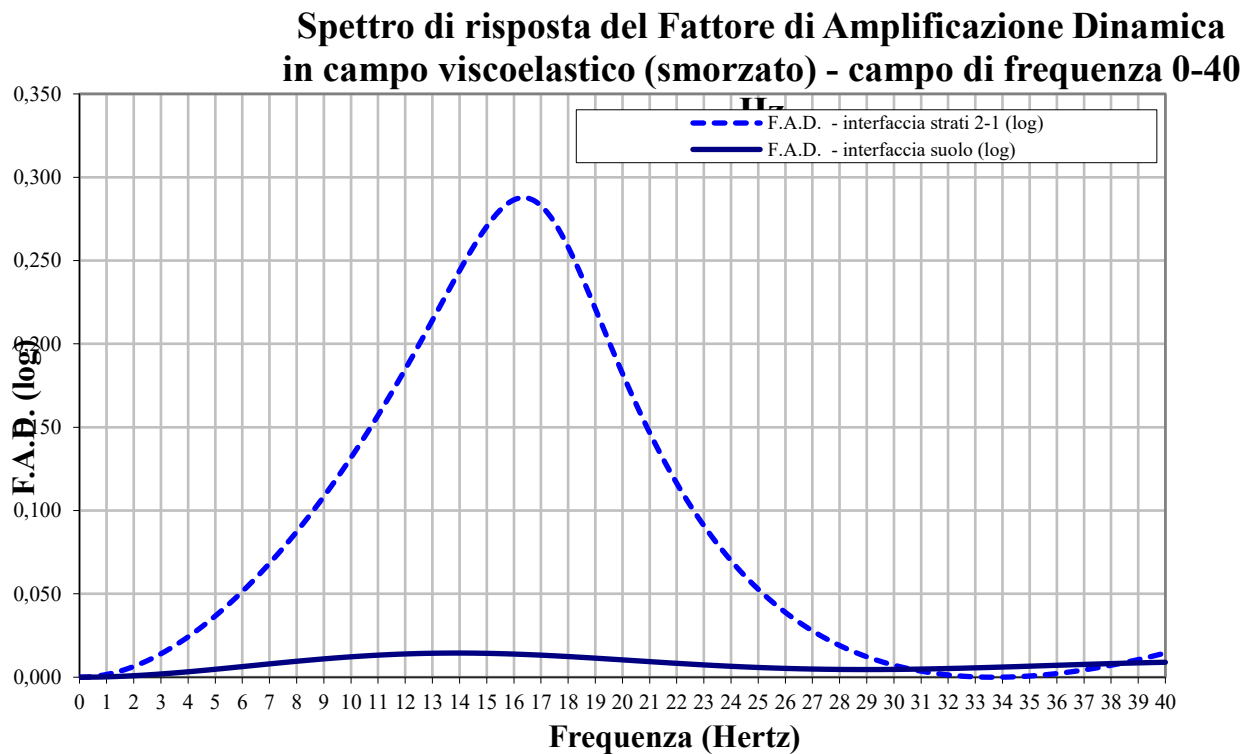


Fig. 3: PROFILO VERTICALE



0.12069	746.427	0.000266
0.318966	740.2447	0.000373
0.594828	647.0612	0.000546
0.948276	577.2882	0.000747
1.37931	445.5599	0.001142
1.887931	353.6468	0.001658
2.474138	594.0938	0.001117
3.137931	723.9399	0.001024
3.879311	857.8966	0.000955
4.698276	938.3253	0.000955
5.594828	1002.13	0.000972
6.568966	1231.58	0.000854
7.620689	1439.616	0.000784
8.75	1560.189	0.000774
9.956896	1650.323	0.000778
11.24138	1646.799	0.000827
12.60345	1598.093	0.000901
14.0431	1493.985	0.001016
15.56035	1416.095	0.001126
17.15517	1245.333	0.001343
18.82759	1109.878	0.001577
20.57759	1096.183	0.001667
22.40517	1046.255	0.001821
24.31035	1068.424	0.001856
26.2931	1070.991	0.001924
28.35345	1040.666	0.002054
30.49138	1088.079	0.002036
32.70689	1219.22	964.881 Cat. A

Per quanto riguarda l'amplificazione sismica locale, la stessa può essere dedotta utilizzando i valori delle V_p e delle V_s dedotti dalle indagini svolte. Nel nostro caso utilizzando i parametri elastici, geometrici e geotecnici desunti dalle prove si ottiene il grafico relativo allo spettro di frequenza con range 0-40 Hz.



Essendo il Fattore di Amplificazione Dinamica locale, espresso in scala logaritmica, si ottiene che:

$$FAD = 10^{FAD_{Log}}$$

Sostituendo si ha:

$$FAD = 10^{0.015} = 1.035$$

Per quanto riguarda le condizioni topografiche esiste la seguente classificazione in *categorie topografiche* in funzione delle caratteristiche della superficie topografica, a ciascuna delle quali corrisponde un *coefficiente di amplificazione topografica ST* che concorre alla determinazione dello spettro di risposta:

- **Cat. T1:** Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$; per tale categoria $ST = 1.0$.
- **Cat. T2:** Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$; per tale categoria $ST = 1.2$ in corrispondenza della sommità del pendio.
- **Cat. T3:** Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$; per tale categoria $ST = 1.2$ in corrispondenza della cresta del rilievo.
- **Cat. T4:** Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$; per tale categoria $ST = 1.4$ in corrispondenza della cresta del rilievo.

Nel nostro caso si può considerare la superficie del lotto d'intervento ricadente in categoria T1 e, quindi, si può attribuire un valore di $ST = 1.0$

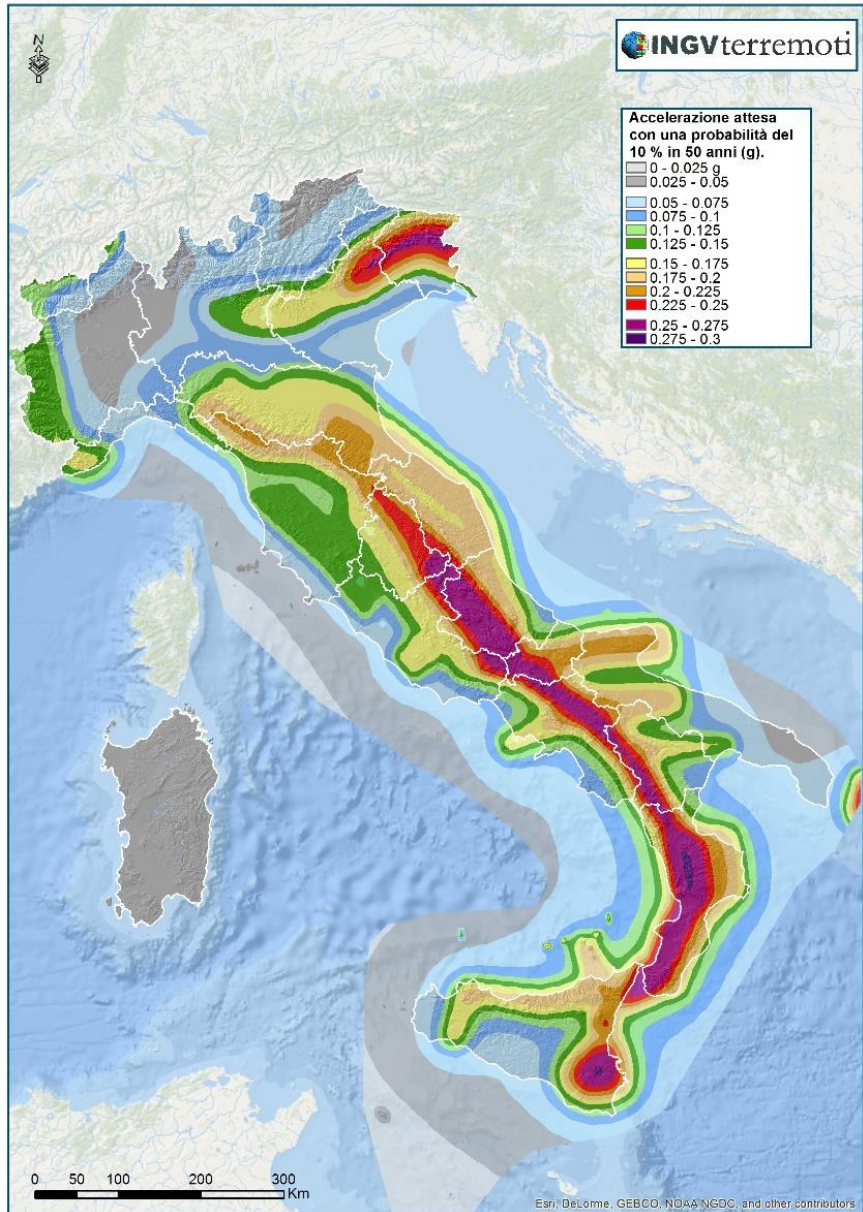
6.1 Determinazione della Pericolosità Sismica di Base

La pericolosità sismica è una misura dell'entità dei fenomeni attesi in un sito in un determinato periodo di tempo. Attualmente la valutazione della pericolosità sismica di riferimento sul territorio italiano si basa su un approccio “probabilistico” (PSHA, probabilistic seismic hazard analysis) che consiste nella stima della probabilità che si verifichi un livello di scuotimento sismico maggiore di un assegnato valore, entro un dato periodo di tempo. Il livello di scuotimento può essere espresso mediante un parametro caratteristico: in genere la classificazione sismica e le norme tecniche per le costruzioni fanno riferimento all'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido (PGA, peak ground acceleration) che, essendo un parametro sintetico, è utile ai fini della classificazione del territorio ma non è rappresentativo dell'energia rilasciata né degli effetti sulle costruzioni (Bongiovanni et al., 2012).

L'approccio probabilistico, introdotto alla fine degli anni 60 (Cornell, 1968), risulta particolarmente utile per la capacità di incorporare le incertezze relative ai dati di input e di formulare il risultato in modo tale da permetterne la sovrapposizione ad altri tipi di pericolosità ambientali. Utilizza i dati sismologici disponibili per delimitare e caratterizzare le sorgenti sismogenetiche in termini di massima magnitudo e di ricorrenza (numero atteso di eventi in un anno per ciascun intervallo di magnitudo) e definire un modello di attenuazione dell'energia sismica. Ciò permette di attribuire al sito di interesse una “storia sismica”, che tiene conto dei contributi di tutte le sorgenti individuate. Assumendo un modello statistico delle “comparsa sismiche” è quindi possibile ottenere stime del valore del parametro di riferimento che ha una assegnata probabilità di essere superato al sito in un dato intervallo di tempo o, equivalentemente, che ha un assegnato tempo medio di ritorno; interpolando i risultati ottenuti per più siti, si possono ricavare le mappe di pericolosità, come quelle di riferimento per l'attuale normativa, realizzate in termini di PGA (Meletti e Montaldo, 2007). Al riguardo è bene evidenziare subito che i risultati dell'analisi probabilistica sono sempre relativi al cosiddetto “suolo

rigido”, ossia non tengono conto di come il moto sismico in superficie possa essere modificato, in termini di ampiezza, durata e contenuto in frequenza, rispetto a quello in profondità o su roccia (bedrock), a causa delle condizioni geologiche e geomorfologiche locali.

L’approccio probabilistico fornisce mappe di pericolosità, ciascuna relativa ad un valore della probabilità che si verifichi un livello di scuotimento sismico maggiore di quello indicato dalla mappa stessa in un certo intervallo di tempo (usualmente di 50 anni), o a un determinato valore del tempo di ritorno. Nella progettazione di nuove costruzioni ordinarie, quali gli edifici per civili abitazioni, si fa riferimento al livello di scuotimento che ha nella zona una



probabilità del 10% di essere superato in 50 anni, che equivale a un tempo di ritorno di 475 anni. Tale scelta può non essere sufficientemente cautelativa.

Un’alternativa a quello probabilistico è l’approccio deterministico (DSHA, deterministic seismic hazard analysis) che fa riferimento all’evento massimo credibile, in grado di produrre quello che è ragionevolmente ritenuto il maggior

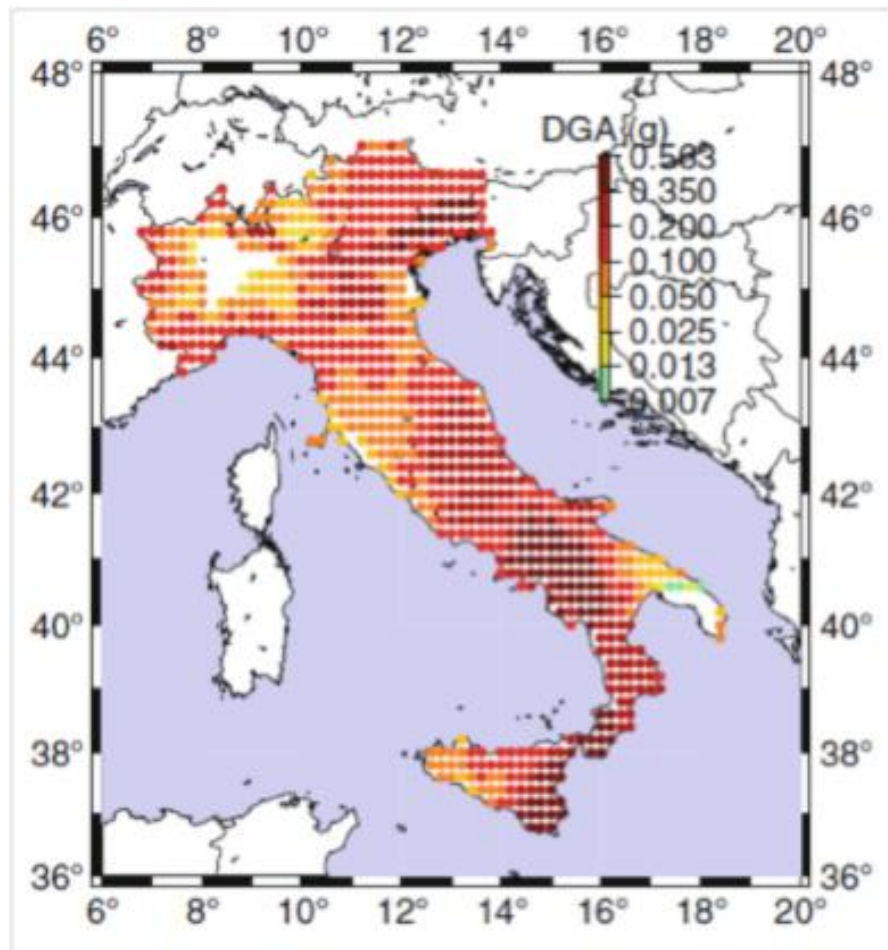
livello di scuotimento al sito.

Un metodo relativamente recente è il neodeterministico (NDSHA, Neo-Deterministic Seismic Hazard Analysis). A partire dalle informazioni disponibili in merito alla struttura della litosfera, alla distribuzione e caratteristiche delle sorgenti sismiche e al livello di sismicità dell'area in esame e utilizzando modelli numerici per simulare la generazione e la propagazione delle onde sismiche, il metodo permette di calcolare sismogrammi sintetici dai quali estrarre i valori dei parametri rappresentativi dello scuotimento sismico (Panza et al. 2001). Come affermano gli stessi Autori, la scarse conoscenze sulla struttura interna della Terra non permettono di calcolare forme d'onda sintetiche con contenuto in frequenza superiore ad 1 Hz, di interesse per la maggior parte delle strutture civili; l'estensione a frequenze superiori è fatta tenendo conto dei risultati delle analisi PSHA.

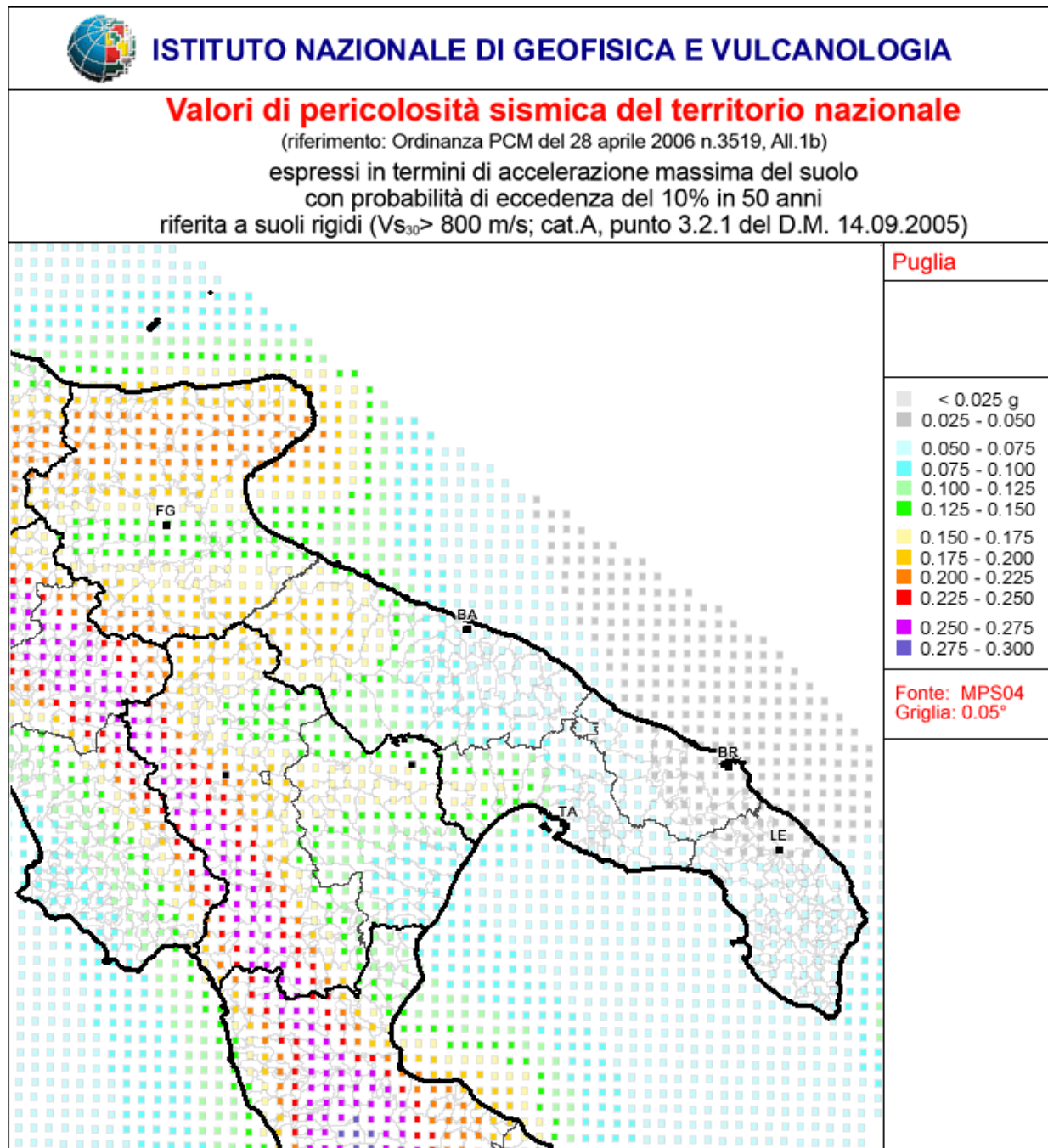
L'approccio neodeterministico fornisce una mappa di pericolosità (Figura 1) in

termini di accelerazione al suolo di progetto (DGA, design ground acceleration), che è relativa al massimo evento credibile e che, pertanto, ai fini di un confronto, andrebbe paragonata alla mappa ottenuta con l'approccio probabilistico per un periodo di ritorno molto elevato.

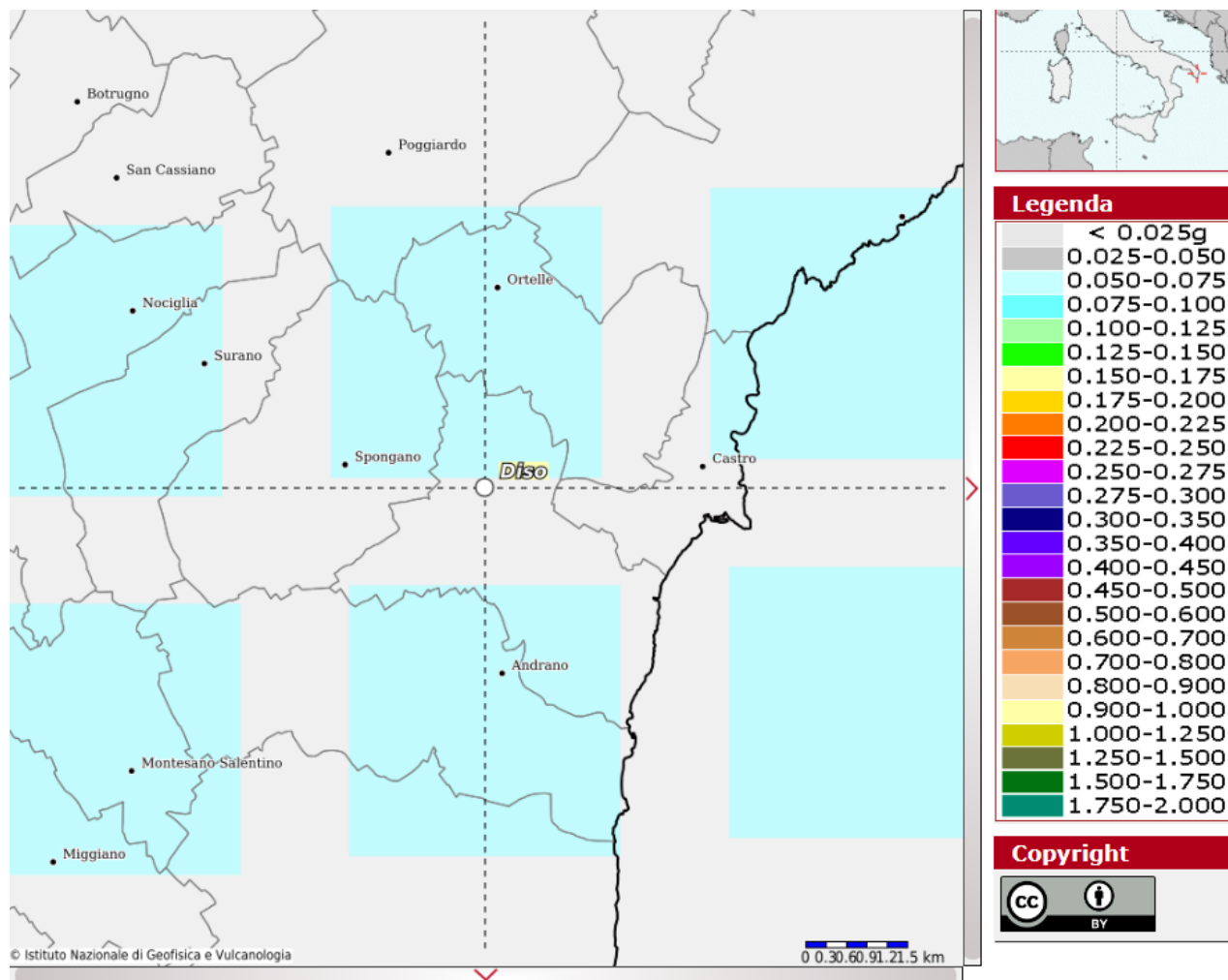
L'intero territorio nazionale è stato classificato attribuendo valori di



pericolosità, in termini di accelerazione orizzontale massima su suolo rigido per diversi valori del tempo di ritorno, ai punti di una maglia di lato pari a 5,5 km prescindendo dai confini amministrativi, evitando così innaturali discontinuità.



Nel caso in esame il territorio oggetto di intervento è caratterizzato dai seguenti valori di elaborazione statistica, in funzione della griglia fornita dall'INGV:



7. CARATTERI ELASTICI

7.1 Parametri meccanici degli ammassi rocciosi

I valori delle onde P ed S misurati consentono, tramite alcune correlazioni, di ricavare i parametri meccanici degli ammassi rocciosi e dei terreni. Si ritiene opportuno rimarcare che i valori proposti, derivano da un'indagine di tipo indiretto e, pertanto, devono essere intesi come stime di massima, sicuramente validi da un punto di vista qualitativo. Dal punto di vista quantitativo, devono essere soppesati e integrati in base a conoscenze più dirette dell'ammasso roccioso.

In definitiva, per la zona investigata si possono assumere in prima approssimazione, i valori riportati nella tabella seguente, ricavati secondo le correlazioni riportate successivamente.

Avendo misurato una velocità media dell'ammasso affiorante con $V_p = 1.7$ km/s, si calcola:

$$- Q_c = 10^{(V_p-3,5)} \text{ (Barton 2002, 2006)} = 0,016$$

$$- Q = \frac{Q_c}{\sigma_{ci}/100} = 0.6$$

$$- \sigma_{ci} \text{ (da letteratura)} = 3-5 \text{ Mpa}$$

Q	0.001-0.01	0.01-0.1	0.1-1
Classe	IX	VIII	VII
Descrizione	Eccezionalmente scadente	Estremamente scadente	Molto scadente
Q	1-4	4-10	10-40
Classe	VI	V	IV
Descrizione	Scadente	Mediocre	Buona
Q	40-100	100-400	400-1000
Classe	III	II	I
Descrizione	Molto buona	Estremamente buona	Ottima

Rock Mass Rating

$$RMR = 9 \ln(Q) + 44 = 39.4 \text{ da Bieniawski}$$

I parametri dell'ammasso sono calcolati come modificato da Sen et al. (2003) e da A. Bruschi in "Meccanica delle Rocce" (ed. Flaccovio 2004):

$$c' = 3.625 RMR$$

$$\phi = 1.5 * \text{RMR}$$

Da cui:

$$c' = 142.73 \text{ kPa}$$

$$\phi = 40^\circ$$

7.2 Classificazione dell'ammasso

Per la determinazione dei parametri geotecnici di tali terreni si farà riferimento, oltre alle caratteristiche generali dell'ammasso, anche alla presenza di discontinuità all'interno dello stesso.

Alla luce di quanto rilevato sugli affioramenti presenti, si possono definire i terreni in parola mediamente compatti; infatti, all'interno dell'ammasso sono distinguibili degli strati il cui spessore risulta variabile e compreso tra 1 e 5 m.

Secondo numerosi studi eseguiti in materia si può correlare la velocità di propagazione con le principali caratteristiche meccaniche dell'ammasso roccioso in esame.

Dalle prospezioni eseguite emerge una mediocre omogeneità dei terreni indagati; infatti, con esclusione di qualche tratto a bassa consistenza posto nella porzione sommitale, si rinviene un livello a maggiore compattezza identificabile con il substrato roccioso variamente fessurato dei depositi calcarei.

Tralasciando lo studio di particolari anomalie, in via generale, si possono assimilare i terreni indagati ed interessati dalla costruzione in parola, ad un mezzo omogeneo ed isotropo, interrotto a tratti da livelli centimetrici carsificati

comprendenti piccole cavità ad andamento sia orizzontale, che verticale.

Alla luce di quanto detto secondo Zezza F. (1976) il substrato in parola può essere classificato come segue:

GRADO III: ammasso mediamente carsificato con diffusa presenza di cavità

	GRADO V ammasso completamente carsificato	sono praticamente cancellate le caratteristiche tessiture della roccia i cui relitti sono in globuli in abbondanti terre rosse. Roccia molto scadente	velocità onde sismiche longitudinali: 0,7-1,0 km/sec rapporto di velocità (VR) < 0,15 modulo elastico $\leq 10000-10000 \text{ kg/cm}^2$ indice di qualità (R20) < 25%
	GRADO IV ammasso molto carsificato	sono conservati i caratteri tessiture della roccia in posto, rilassata ed attraversata in ogni senso da cavità carsiche e fessure. Roccia scadente	velocità onde sismiche longitudinali: 1,1-2,0 km/sec rapporto di velocità (VR) 0,15 - 0,35 modulo elastico $\leq 28000 - 90000 \text{ kg/cm}^2$ indice di qualità (R20) 25-50%
	GRADO III ammasso mediamente carsificato	diffusa presenza di cavità collegate al processo di erosione e di dissoluzione carsica. Roccia discreta	velocità onde sismiche longitudinali: 2,1-3,0 km/sec rapporto di velocità (VR) 0,35 - 0,60 modulo elastico $\leq 100000-200000 \text{ kg/cm}^2$ indice di qualità (R20) 50-75%
	GRADO II ammasso poco carsificato	giunti di stratificazione solo parzialmente interessati da manifestazioni carsiche. Roccia buona	velocità onde sismiche longitudinali: > 3,1-4,5 km/sec rapporto di velocità (VR) 0,60-0,75 modulo elastico $\leq 210000-500000 \text{ kg/cm}^2$ indice di qualità (R20) 75-90%
	GRADO I ammasso non carsificato	Assenza completa di manifestazioni carsiche giunti rotti e bancate compatte. Roccia eccellente	velocità onde sismiche longitudinali: > 4,5 km/sec rapporto di velocità > 0,75 modulo elastico $\geq 500000 \text{ kg/cm}^2$ indice di qualità > 90%

FIG. 5: Classificazione e caratterizzazione di un ammasso roccioso carsificato da Zezza F.: Valutazione geologico-tecnica degli ammassi rocciosi carsificati con particolare riferimento alle aree carsiche pugliesi, 1976

collegate ai processi di erosione e dissoluzione. Roccia scadente.

V_p : 1,1 – 2,0 km/s

VR: 0,15 – 0,35

Modulo elastico: 28.000 – 90.000 kg/cm²

RQD: 25 – 50 %.

8. VALUTAZIONE DEL CARICO AMMISSIBILE

Nel nostro caso, si procederà al calcolo della capacità portante del terreno di fondazione applicando i dati acquisiti dall'indagine sismica e correlati secondo Zezza (1976).

Come già detto per la determinazione dei parametri geotecnici di tali terreni si farà riferimento, oltre alle caratteristiche generali dell'ammasso, anche alla presenza di discontinuità all'interno dello stesso.

Alla luce di quanto rilevato sugli affioramenti calcarei, all'interno dell'ammasso sono distinguibili degli strati il cui spessore risulta variabile e compreso tra pochi decimetri e più di un metro.

L'angolo di attrito interno delle rocce dipende dalla pressione, analogamente a quanto avviene per i terreni. Inoltre, esaminando i parametri riportati in numerose fonti bibliografiche, si ricava che per la maggior parte delle rocce integre risulta $\phi = 45^\circ$, tranne che per le rocce calcaree e scistose per le quali andrebbe utilizzato un valore compreso tra 38° e 45° . Nel nostro caso, tuttavia, considerato le caratteristiche litostratigrafiche dell'ammasso e del terreno di riporto ivi sovrastante, si assimila il terreno di fondazione a una ghiaia mediamente classata con i seguenti valori caratteristici:

$$c' = 142.73 \text{ kPa}$$

$$\phi = 40^\circ$$

Infine, la capacità portante può essere espressa in funzione di RQD secondo la formula:

$$Q' = Q * (RQD)^2$$

Di seguito si riportano i risultati dei calcoli inerenti la capacità portante per fondazioni isolate con piano di posa posto mediamente a - 0.50 m di profondità dall'attuale piano campagna.

Calcolando con $c' = 14.3 \text{ t/m}^2$, $\phi = 40^\circ$ ed $RQD = 0,23$, si ha:

$$N_c = 24.64 \quad N_q = 10.95 \quad N_\gamma = 4.28$$

Dalla bibliografia si ha che:

$$\gamma_1 = 1.500 \text{ Kg/mc} \quad \gamma_1' = \gamma_1 - \gamma_w = 0.500 \text{ t/mc per terreni di copertura}$$

$$\gamma_2 = 2.500 \text{ Kg/mc} \quad \gamma_2' = \gamma_2 - \gamma_w = 1.500 \text{ t/mc per terreno sottostante}$$

assumendo prudenzialmente $c = 14.3 \text{ t/m}^2$, $F = 3$, per i calcari saturi e sostituendo nella seguente equazione,

$$q_{AMM} = [0.5 \gamma' B N_\gamma + \gamma' D N_q + c N_c] 1/F$$

si ottiene per:

$$B = 0.60 \text{ m} \quad \sigma_{amm} = 1.79 \text{ Kg/cm}^2$$

8.1 CALCOLO DEI CEDIMENTI

Si passa ora alla determinazione del modulo di elasticità attraverso curve sperimentali che mettono in relazione E e Vp, tenuto conto che di seguito si considererà un unico litotipo dalle caratteristiche medie:

Moduli dinamici e statici per sismica a rifrazione		
Dati immessi		
0,4	Modulo di poisson strato 1	
0,38	Modulo di poisson strato 2	
0,33	Modulo di poisson strato 3	
500	Vp1	Terreno di riporto e substrato alterato
1700	Vp2	Calcarei stratificati e carsificati
2100	Vp3	Calcarei compatti
0,0165	Gamma strato 1 (Kg/cm2)	
0,017	Gamma strato 2 (Kg/cm2)	
0,0175	Gamma strato 3 (Kg/cm2)	

Dati Calcolati		
204,12	Vs1	
747,90	Vs2	
1057,81	Vs3	
1,9623	Ed1 x10exp3 Kg/cm2	
26,75	Ed2 x10exp3 Kg/cm2	
66,67	Ed3 x10exp3 Kg/cm2	
336,80	Rigidezza sismica strato 1 (Kg/cm2*sec)	
1271,43	Rigidezza sismica strato 2 (Kg/cm2*sec)	
1851,16	Rigidezza sismica strato 3 (Kg/cm2*sec)	
1,17	Epsilon (coefficiente di fondazione per strato 1)	
1,02	Epsilon (coefficiente di fondazione per strato 2)	
0,98	Epsilon (coefficiente di fondazione per strato 3)	
3,11	Modulo E2 statico dalla corcorrelazione Rzehevsky e Novik (1971) (Kg/cm2) x10exp3	
7,92	Modulo E3 statico dalla corcorrelazione Rzehevsky e Novik (1971) (Kg/cm2) x10exp3	
46,07	Porosità strato 1 dalla correlazione Rzhesvky e Novik (1971) (%)	
34,86	Porosità strato 2 dalla correlazione Rzhesvky e Novik (1971) (%)	
31,12	Porosità strato 3 dalla correlazione Rzhesvky e Novik (1971) (%)	
42	Indice di qualità percentuale per strato litoide 3	

Da cui si ottiene per lo strato di fondazione che $E = 26.750 \text{ Kg/cm}^2$

Al fine di dare una stima dell'interazione intercorrente tra terreno di fondazione e le strutture fondali, si procede al calcolo del coefficiente di sottofondo (o di Winkler) tenuto conto che, a causa delle anisotropie intrinseche di ogni terreno, non si può dare un unico valore generale che, per essere reale, andrebbe calcolato

per ogni singolo segmento di fondazione.

Il calcolo di “K” è stato effettuato adottando la relazione di Vesic che mette in relazione il modulo di elasticità, il modulo di Poisson e le caratteristiche stesse della fondazione (B,J); tale relazione per i casi più ricorrenti può essere semplificata come segue:

$$K = 0.7 E$$

Eseguendo i calcoli si ottengono valori di K compresi tra 1.4 e 18.7 in funzione del litotipo considerato che si tratti dei terreni di copertura come dei calcari del substrato; nel nostro caso si può affermare che, mediamente, per il terreno di sedime indicato si può assumere un valore di $K = 6.24 \text{ Kg/cm}^3$.

9. CARATTERISTICHE COSTRUTTIVE DEL POZZO

Alla luce di quanto detto in precedenza ed in considerazione dell'uso cui è destinata l'opera di captazione in parola, si descrivono ora le caratteristiche costruttive dell'impianto e le modalità di sfruttamento della risorsa.

Durante la realizzazione della perforazione si prevede il rinvenimento della seguente stratigrafia:

Strato	Stratigrafia in m	Litotipo
1	0.0 – 0.3	Terreno vegetale
4	0.30 – 35,0	Calcari compatti con orizzonti carsificati con acque di falda

Il pozzo sarà perforato con sistema a rotazione con distruzione di nucleo a mezzo di apposita trivella del diametro $\phi = 250$ mm per la profondità massima di 35 metri dal p.c. fino a raggiungere il substrato calcareo carsificato all'interno del quale sono presenti degli orizzonti acquiferi.

La perforazione sarà interamente rivestita a mezzo di una tubazione in PVC del diametro $\phi = 140$ mm dello spessore 7 mm. Sarà eseguita la cementazione dell'intercapedine tra foro e rivestimento dal piano campagna fino alla profondità di 70 metri, al fine di evitare eventuali contaminazioni delle acque di falda da parte di sostanze inquinanti provenienti dalla superficie.

Nel corso delle operazioni di scavo dovranno essere prelevati e custoditi a cura e carico della Ditta perforatrice dei campioni di roccia rinvenuti in fase di perforazione, al fine di consentire la ricostruzione delle caratteristiche stratigrafiche dell'area.

Il materiale inerte proveniente dalla perforazione dovrà essere smaltito a carico della Ditta perforatrice secondo i termini stabiliti dalla legge vigente.

A compimento delle operazioni di scavo e rivestimento si provvederà

all'esecuzione di una prova di portata a gradini crescenti utilizzando un'elettropompa sommersa di potenza e prevalenza idonee per ottenere al boccapozzo una portata di 5 l/s.

Prima di iniziare la suddetta prova si provvederà al rilievo del livello statico e, poi, nel corso della stessa si provvederà alla misurazione degli abbassamenti ed al prelievo di un campione d'acqua per ogni gradino di portata.

Sui campioni d'acqua prelevati si procederà all'analisi dei parametri chimico fisici e batteriologici.

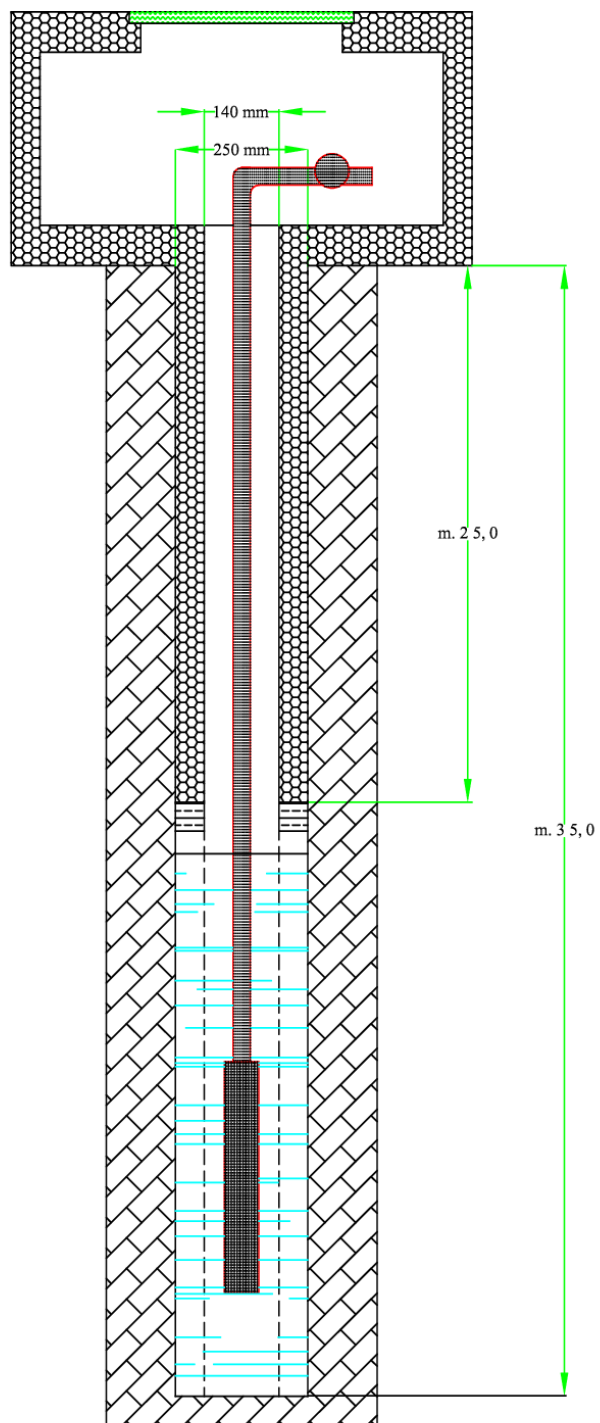
A completamento dell'impianto il pozzo sarà dotato di valvola di ritegno, saracinesche e telesalvatore.

Al fine di eseguire un adeguato controllo delle acque estratte il pozzo verrà dotato di apposito misuratore di portata.

Considerando un carico piezometrico di 0.5 m slm che moltiplicato per 20 volte è pari a 10 m di acquifero perforabile, a cui sommando la parte anidra di 26 m, si ottiene una profondità massima di trivellazione di 36 m.

La natura calcarea dei terreni ospitanti è tale che la realizzazione delle opere di captazione non costituisce pericolo per i manufatti circostanti, non è causa di cedimenti agli stessi ed è in equilibrio con le caratteristiche idrogeologiche dell'acquifero esistente.

SCHEMA COSTRUTTIVO DEL POZZO



10. VALUTAZIONE DEGLI EFFETTI AMBIENTALI PRODOTTI DALLA PERFORAZIONE

10.1 Prevenzione perdite carburanti, lubrificanti, additivi, ecc.

Al fine di evitare accidentali infiltrazioni di fluidi inquinanti utilizzati in fase di lavorazione, si è proceduto ad isolare con recinzione un'area dedicata del cantiere, impermeabilizzandone la superficie.

10.2 Perforazione

Per eseguire la perforazione prevista, è stata utilizzata una trivella con sistema di perforazione a rotazione con distruzione di nucleo. In fase di trivellazione il foro sarà lubrificato con acqua in pressione con l'uso di una modesta quantità di additivi. Durante le operazioni di scavo è previsto l'uso di impianti che consentano il ricircolo delle acque di perforazione.

10.3 Gestione del cutting

Il prelievo del cutting è stato eseguito periodicamente per ogni metro di avanzamento e sarà selezionato, classificato e descritto all'interno delle schede stratigrafiche.

10.4 Protezione del terreno al di sotto della perforatrice

Il terreno sottostante la perforatrice è stato protetto con la stesa di un telo in polietilene il quale sarà protetto da una copertura di legno.

10.5 Gestione e smaltimento dei fanghi di perforazione.

Impiegando sostanze additivanti, durante le operazioni di scavo si è proceduto alla installazione in cantiere di un cassone scarrabile a tenuta stagna in cui verranno provvisoriamente stoccati i fanghi di perforazione; successivamente gli stessi saranno trasportati e conferiti in discarica autorizzata.

10.6 Intervento in caso di incidenti

La postazione di trivellazione è stata dotata di impianto di terra contro le scariche atmosferiche e collocata ad un'adeguata distanza di sicurezza da linee aeree e tralicci.

10.7 Individuazione ed intervento in caso di cavità sotterranee

Per l'individuazione di cavità sotterranee si è proceduto con l'esecuzione di indagini geofisiche con metodo della geoelettrica.

10.9 Isolamento degli acquiferi presenti

L'acquifero oggetto di ricerca è posto alla profondità di circa 26 m dal p.c.. Non è presente nell'area un acquifero freatico.

10.10 Intervento in caso di acque in pressione

Non è stato accertato il rinvenimento di acque in pressione non essendo l'area interessata dalla presenza di falde artesiane.

10.11 Utilizzo di materiali ecocompatibili

Per la trivellazione si è proceduto ad utilizzare acqua, per il confinamento del foro è stato utilizzato calcestruzzo additivato con bentonite granulare.

10.12 Acquisizione di parametri utili al monitoraggio degli effetti indotti

Per il monitoraggio degli effetti indotti si procederà con cadenza annuale alla esecuzione di analisi chimico fisiche delle acque del pozzo.

10.13 Esecuzione del collaudo

Il collaudo del pozzo è stato eseguito ai fini della presente verifica dell'opera e ha previsto: la verifica di verticalità del foro, verifica della stabilità delle pareti di scavo, verifica di stabilità dei terreni circostanti, verifica di funzionamento degli

impianti, verifica degli effetti prodotti dalla realizzazione dell'opera sull'ambiente ospitante.

10.14 Posa delle condotte di collegamento

Le condotte di collegamento tra il pozzo e la rete sono state interrate ad una profondità di circa 0.40 da p.c.; esse sono stese su un letto di posa e successivamente ricoperte con sabbia fine con spessore 10 cm rispetto alla generatrice superiore.

10.15 Monitoraggio dell'intervento

Il monitoraggio dell'intervento prevede l'ordinaria manutenzione. Inoltre, il richiedente e titolare dell'impianto procederà alla verifica del rendimento degli impianti realizzati attraverso la misura periodica della portata e del perfetto stato di conservazione delle opere fuori terra e degli apparati elettrici.

10.16 Verifica geologico- tecnica

Per quanto riguarda gli effetti indotti dalla perforazione sui manufatti presenti nelle immediate vicinanze e sui terreni contigui all'area d'intervento, essi saranno molto bassi in considerazione della natura del substrato ivi presente (calcari).

10.17 Accessibilità ai luoghi

L'accesso ai luoghi delle macchine operatrici e degli automezzi di supporto è garantito dalla prospiciente strada.