

COMUNE DI
Cisternino
provincia di Brindisi



PIANO **R**EGOLATORE **G**ENERALE

Variante non sostanziale
Zone a destinazione produttiva D1 e D2

Sindaco

Dott. Lorenzo Perrini

Assessore all'Urbanistica

Mario Luigi Convertini

RUP Dirigente III Settore - Natura e strutture

Ing. Angela Bomba

Progettista

Arch. Gianluca Andreassi

Gruppo di lavoro

Arch. Pian. Andrea Tassinari

Relazione Geologica

Dott. Geol. Martino Scarafile

Relazione geologica

INDICE

1	PREMESSA.....	3
2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO DELL'AREA.....	4
3	LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI	7
4	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE	11
5	ANALISI DEI VINCOLI ESISTENTI.....	14
5.1	Piano di Tutela delle Acque	14
5.2	Inquadramento all'interno del PAI della Regione Puglia.....	15
5.3	Inquadramento all'interno del Piano di Gestione Rischio Alluvioni.....	17
5.4	Vincolo idrogeologico	18
6	CLASSIFICAZIONE SISMICA	19
7	DEFINIZIONE DELLA CATEGORIA DI SOTTOSUOLO.....	22
7.1	Categoria di sottosuolo secondo le N.T.C. 2018.....	22
7.2	Indagini sismiche eseguite in situ	24
7.3	Profili sismici Masw	25
8	CONCLUSIONI.....	33

Relazione geologica

1 Premessa

L'Amministrazione Comunale di Cisternino con Determinazione del Responsabile del Settore "Natura e Strutture" n. 302 del 26/09/2024 ha conferito, allo scrivente geol. Martino Scarafile, l'incarico per analizzare le caratteristiche geologiche e geomorfologiche delle zone a destinazione produttiva D1-D2 del PRG. Variante non sostanziale al piano regolatore generale ex art.12 co.3 lett. e) quater L.R. 20/2001 e valutarne la compatibilità.

In particolare lo studio è stato condotto per la definizione dell'azione sismica e l'individuazione della categoria di sottosuolo definite con misure eseguite in situ della velocità di propagazione delle onde di taglio Vseq con metodologia MASW.

E' stata effettuata un'analisi di compatibilità delle previsioni urbanistiche rispetto ai contenuti del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico (PAI) dell'ex Autorità di Bacino della Puglia, del Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (PGRA) e del Regio Decreto 30 dicembre 1923 n.3267 relativamente al "vincolo idrogeologico".

Oltre allo studio generale che ha interessato il territorio comunale, nel dettaglio sono state analizzate le seguenti aree:

- zone D1 e D2, Centro Urbano
- zone D1 e D2, per Via Ceglie

L'indagine geologica e geomorfologica si è articolata nelle seguenti fasi:

- *Acquisizione dei dati geologici morfologici e idrogeologici di carattere generale mediante la consultazione di cartografia ufficiale e dati di letteratura;*
- *Rilievo in situ delle caratteristiche stratigrafiche e strutturali delle unità affioranti nell'area;*
- *Acquisizione dei risultati di indagini eseguite in situ;*
- *Elaborazione dei dati e stesura del rapporto conclusivo.*

La presente relazione viene redatta in ottemperanza a quanto previsto da:

- ***A.G.I. 1977 – Raccomandazioni sull'esecuzione e programmazione delle indagini geotecniche;***
- ***D.M. 11 marzo 1988 "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce....." e successive integrazioni e modificazioni;***
- ***D.P.R. n. 380/2001 "Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia"***
- ***Ordinanza del PCM n° 3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e successive integrazioni e modificazioni;***
- ***Deliberazione della Giunta Regionale n° 153 del 2 marzo 2004" Individuazione delle zone sismiche del territorio regionale e";***
- ***D.M. 17.01.2018 Norme tecniche per le costruzioni***
- ***CIRCOLARE 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP. Istruzioni per l'applicazione dell'«Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni"» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.***

Relazione geologica

2 Inquadramento geologico dell'area

Dal punto di vista stratigrafico e strutturale il territorio comunale di Cisternino è caratterizzato da alcuni degli elementi che contraddistinguono l'intero versante adriatico della penisola Salentina. In grandi linee, lo schema geologico presenta un potente substrato calcareo-dolomitico di età cretacea, su cui si rinvengono, nelle aree più prossime alla costa, delle calcareniti di età pleistocenica, riferibili all' Unità della Calcareniti di Gravina.

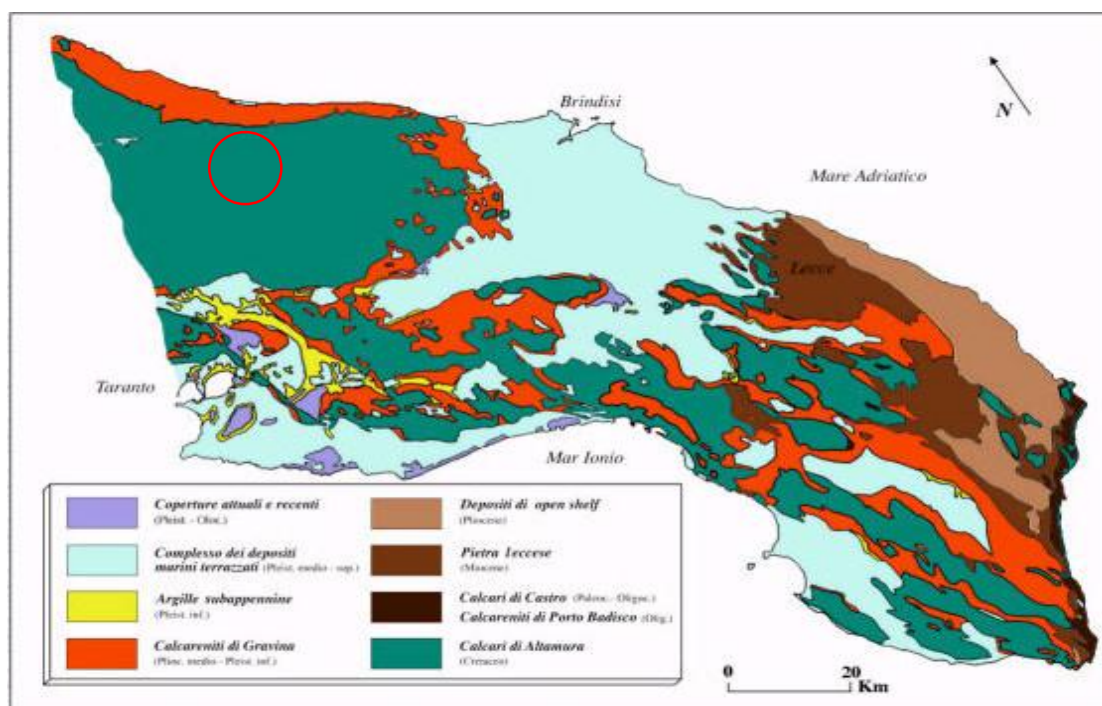


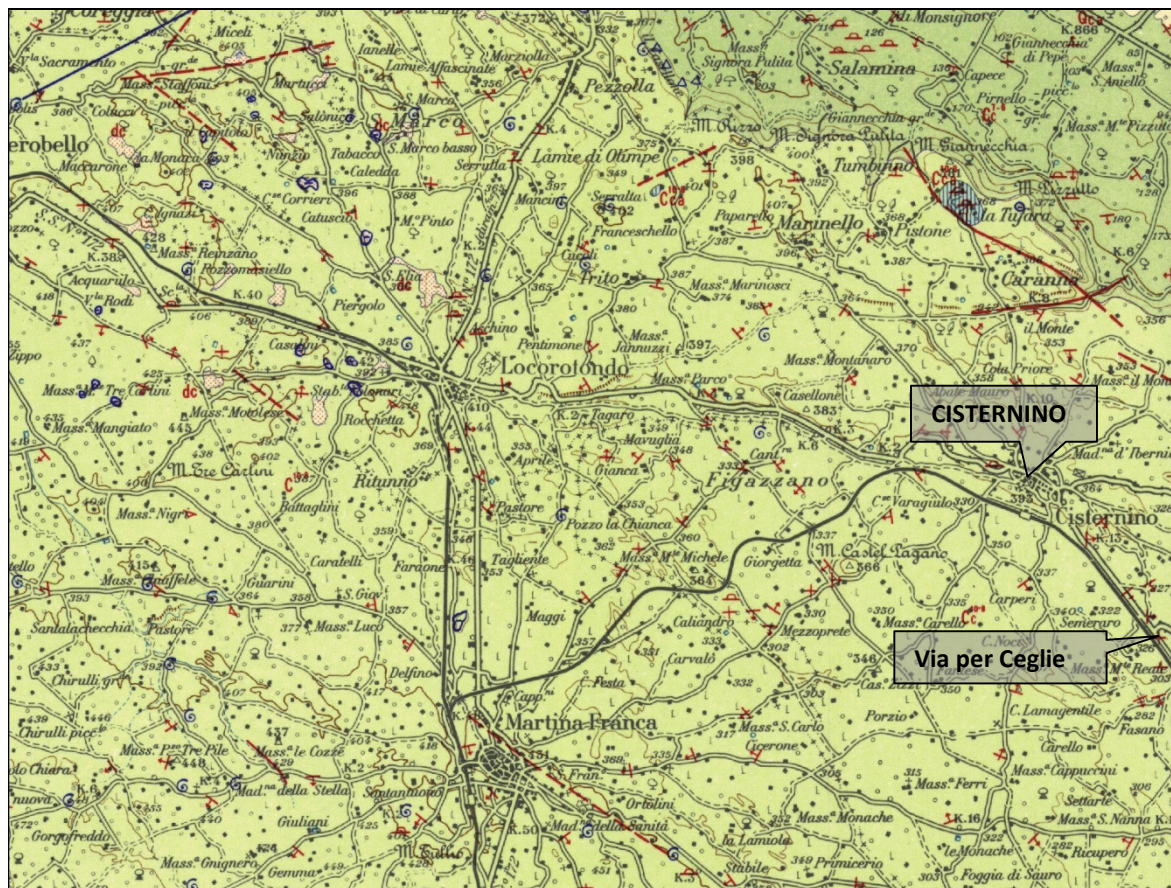
Fig. 1 - Geolitologia schematica della penisola Salentina

Allo scopo di evidenziare le caratteristiche geologiche delle aree di intervento è stato eseguito un rilevamento di dettaglio che ha interessato una zona ad essa circostante per un'estensione ritenuta sufficiente ai fini di questo studio.

Dal punto di vista cartografico il centro abitato di Cisternino e via per Ceglie ricadono nell'area del foglio F° 190 "Monopoli" della Carta Geologica dell'Italia alla scala 1:100.000 (fig. 02).

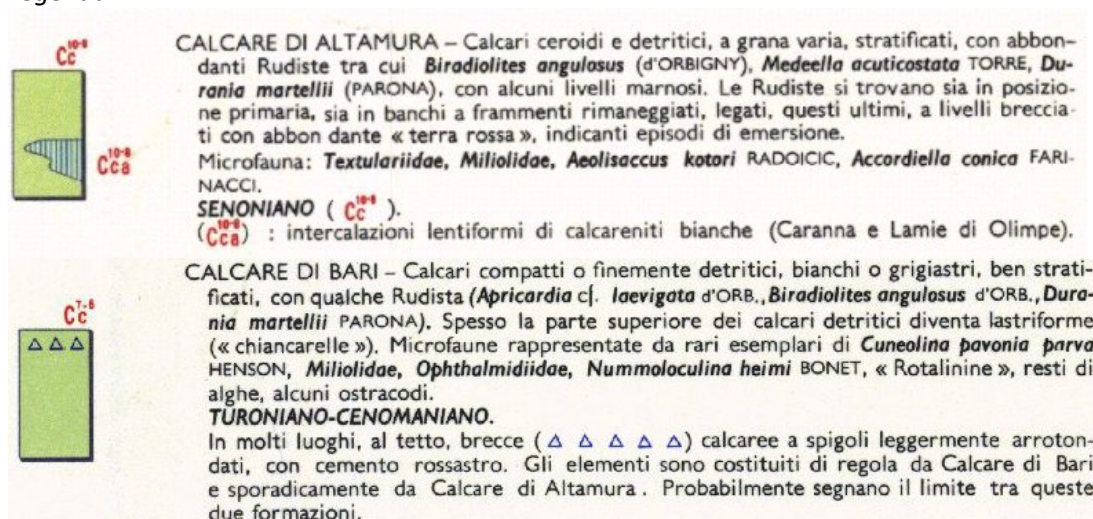
Relazione geologica

Fig. 02 - Inquadramento geologico - Foglio 190 – Monopoli



scala 1:100.000

Legenda:



Relazione geologica

In affioramento nelle aree in studio sono state rilevate rocce calcareo-dolomitiche, note in letteratura come *“Gruppo dei Calcari delle Murge”*. In particolare, le rocce calcaree affioranti in corrispondenza del comune di Cisternino possono essere riferite, secondo quanto riportato dalla Carta Geologica alla scala 1:100.000, all'unità del Calcare di Altamura.

Le due unità del Calcare di Bari e del Calcare di Altamura, difficilmente tra di loro distinguibili su basi esclusivamente litologiche, risultano entrambe costituite da una successione di calcari, calcari dolomitici e dolomie, ben stratificate, sempre più o meno intensamente fratturati e interessati da fenomeni di dissoluzione carsica.

Il Calcare di Bari affiora nella parte ovest del territorio comunale, grosso modo segue l'andamento dell'isoipsa 300 m s.l.m. Tale formazione è costituita da una potente serie di strati o banchi calcarei; per la maggior parte detritici, a grana assai fine, di colore per la maggior parte biancastro e a volte grigio chiaro, giallastro o rosato, con la presenza di molti fossili (CRETACEO: TURONIANO SUPERIORE – MAASTRICHTIANO).

L'unità del Calcare di Altamura si presenta con uno spessore complessivo, nel sottosuolo, di diverse centinaia di metri. Questa unità risulta costituita da una successione di calcari, calcari dolomitici e dolomie, ben stratificati, sempre più o meno intensamente fratturati e interessati da fenomeni di dissoluzione carsica.

Sulle formazioni calcaree si osserva una diffusa coltre di spessore variabile, che in alcuni casi può essere anche di qualche metro, di depositi terrosi di colore rosso mattone a granulometria fine. Tali depositi noti con il nome di *“terre rosse”*, costituiscono il riempimento di depressioni naturali di origine carsica e di cavità sotterranee. Esse sono costituite da limi terrosi frammisti a ciottoli calcarei provenienti dalla disgregazione ed erosione del substrato calcareo. Litologicamente trattasi di sabbie e argille limoso-sabbiose, per lo più di colore rossastro.

Relazione geologica

3 Lineamenti geomorfologici

Dal punto di vista strutturale i terreni affioranti mostrano uno stile tettonico essenzialmente tabulare caratterizzato da pieghe piuttosto blande ed ad ampio raggio, che conferiscono alle rocce una debole inclinazione (0-10°), e da faglie allineate secondo la direzione WNW-ESE, che complessivamente dislocano il substrato a blocchi, ribassati procedendo dalle aree interne verso il mare.

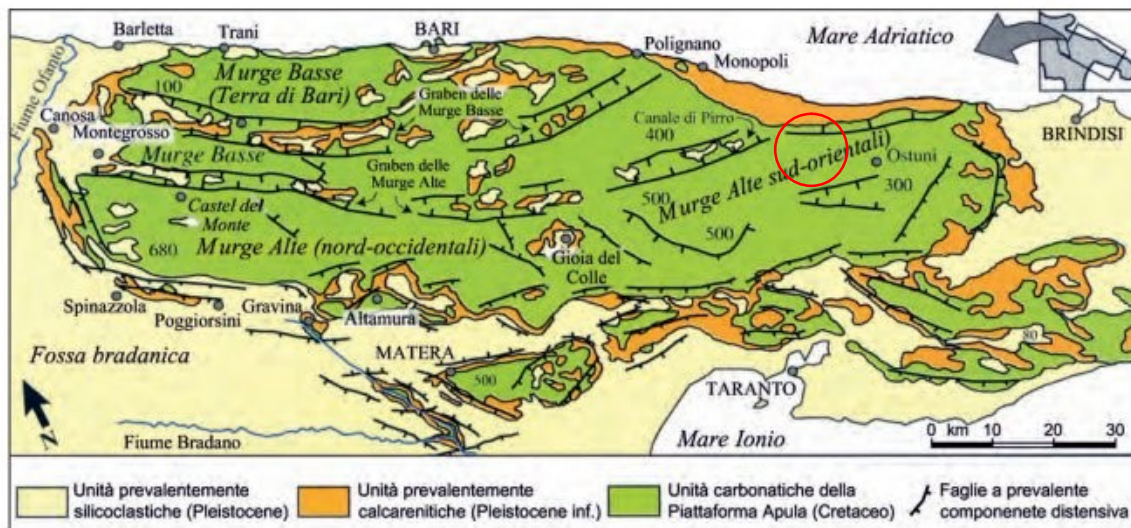


Fig. 03 – Carta geologico-strutturale schematica delle Murge (da Pieri et alii, 1997).

L'indagine geomorfologica, eseguita al fine di ricavare un modello del terreno sufficientemente dettagliato, è stata condotta facendo riferimento ai seguenti dati cartografici disponibili:

- Cartografia IGM in scala 1:25.000;
- Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000;
- Ortofoto
- DTM regionale

Per cui, partendo dalle cartografie ufficiali, è stato condotto un accurato rilevamento geomorfologico sui terreni per poter individuare forme e elementi legati al modellamento delle acque meteoriche, oltre ad individuare elementi di forme carsiche e antropiche.

L'intero territorio del comune di Cisternino è quello tipico degli altopiani carsici delle Murge. La presenza in affioramento della roccia calcarea ha permesso lo sviluppo del fenomeno carsico e di tutte le sue tipiche forme carsiche superficiali (doline, conche endoreiche, polje, inghiottitoi, etc.) e profonde (grotte, voragini ecc.).

Nell'ambito del presente studio si è provveduto all'analisi dell'*acclività* con la rappresentazione spaziale della variabilità dei caratteri clivometrici delle aree in studio.

Il calcolo delle pendenze viene derivato dal DTM (Digital Terrain Model). In occasione dell'aggiornamento cartografico che la Regione Puglia ha effettuato per redigere la Nuova Cartografia Tecnica regionale (CTR) in scala 1:5000 è stato elaborato anche il DTM con risoluzione di cella 8 metri. Con strumenti GIS è possibile derivare dal DTM le curve di livello e le ombreggiature.

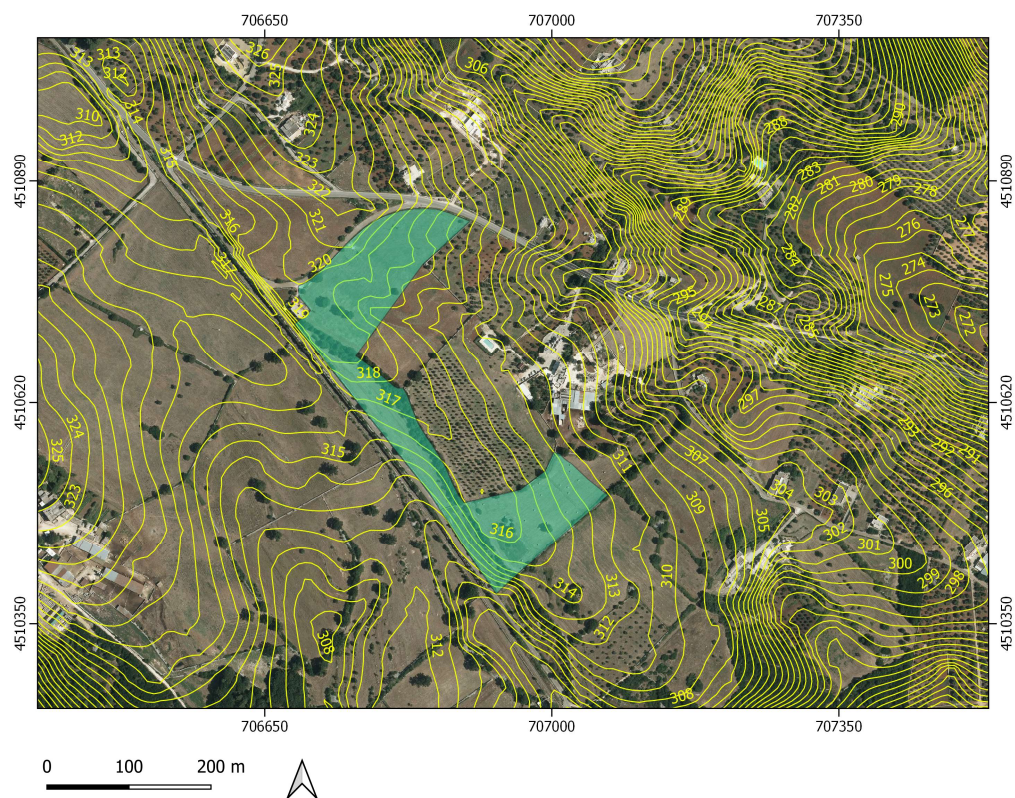
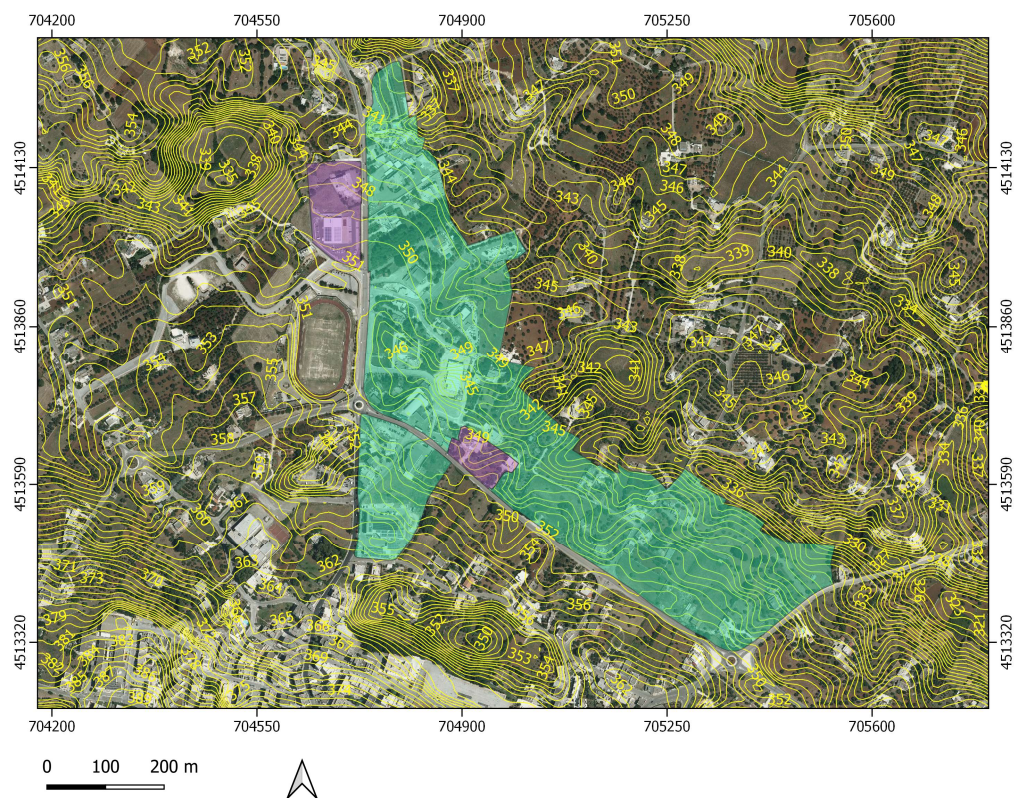


Fig. 04 – 05 Ortofoto delle aree in studio con curve di livello con equidistanza di 1m e zone D

Relazione geologica



Fig. 06 – caratteri clivometrici del centro urbano di Cisternino e zone D



Fig. 07 – caratteri clivometrici della via per Ceglie e zone D

Relazione geologica

La colorazione altimetrica è in genere associata all'ombreggiatura del rilievo, ovvero un'illuminazione simulata che schiarisce i pendii inclinati verso la fonte di luce e scurisce quelli opposti. Questo utilizzo delle ombre permette di percepire meglio il rilievo.

Il contrasto del rilievo ombreggiato è proporzionale all'inclinazione della superficie, indipendentemente dalla quota. Per questo elementi morfologici piccoli ma acclivi sono più contrastati rispetto a strutture rilevanti ma con versanti a debole pendenza. Nell'ombreggiatura di mappe/foto il cui scopo è dare un'idea del rilievo e non di mostrare l'effettiva insolazione dei versanti si simula un'illuminazione proveniente da nord (in questo caso da nord ovest).

Le osservazioni di campagna non hanno evidenziato la presenza di movimenti gravitativi in atto né paleofrane; la stabilità dei siti è favorita dalle caratteristiche meccaniche della roccia affiorante.

Inoltre la morfologia delle aree in studio è legata principalmente all'assetto morfostrutturale su cui hanno agito fattori modellanti esogeni, prevalentemente legati all'azione erosiva delle acque, sia di tipo lineare che areale. L'assetto geomorfologico, oltre ad essere modellato dalle acque meteoriche è stato modificato da interventi antropici. Le condizioni geomorfologiche attuali non costituiscono più un'area integra sotto l'aspetto geonaturalistico.

Dall'analisi dell'andamento delle curve di livello è possibile definire che i terreni interessati dalla variante del PRG presentano pendenze medie comprese tra 0% e 10 %, senza interessare elementi geomorfologici significativi.

La trasformazione urbanistica delle aree risulta compatibile con la struttura geomorfologica e geologica rilevata durante il presente lavoro.

Relazione geologica

4 Caratteristiche idrologiche ed idrogeologiche

Dal punto di vista idrologico il territorio comunale di Cisternino è privo di corsi d'acqua con deflussi "costanti" e "significativi", data la permeabilità dei calcari affioranti. E' presente, comunque, uno sviluppo del reticolo di drenaggio delle acque meteoriche costituito essenzialmente da incisioni morfologiche. Solo nel caso di precipitazioni abbondanti possono convogliare per brevi periodi una certa quantità d'acqua.

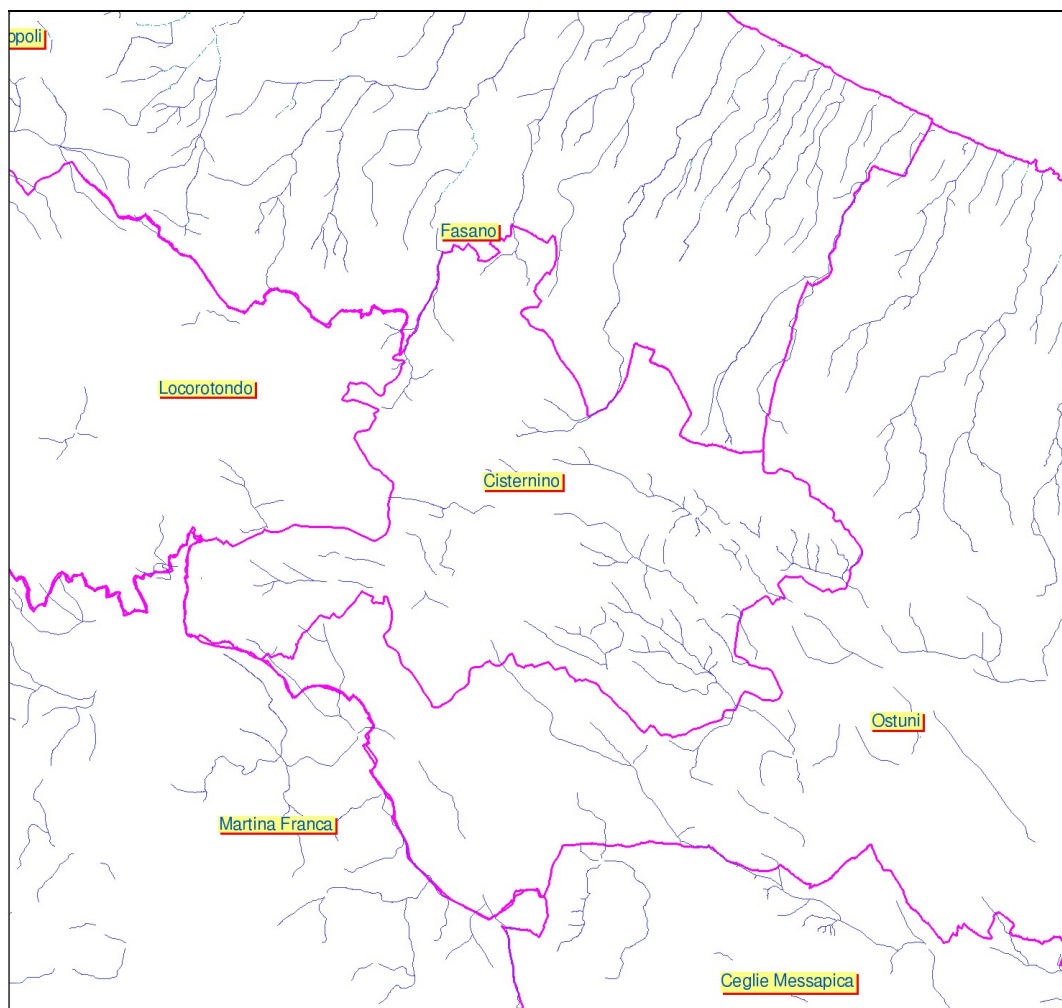


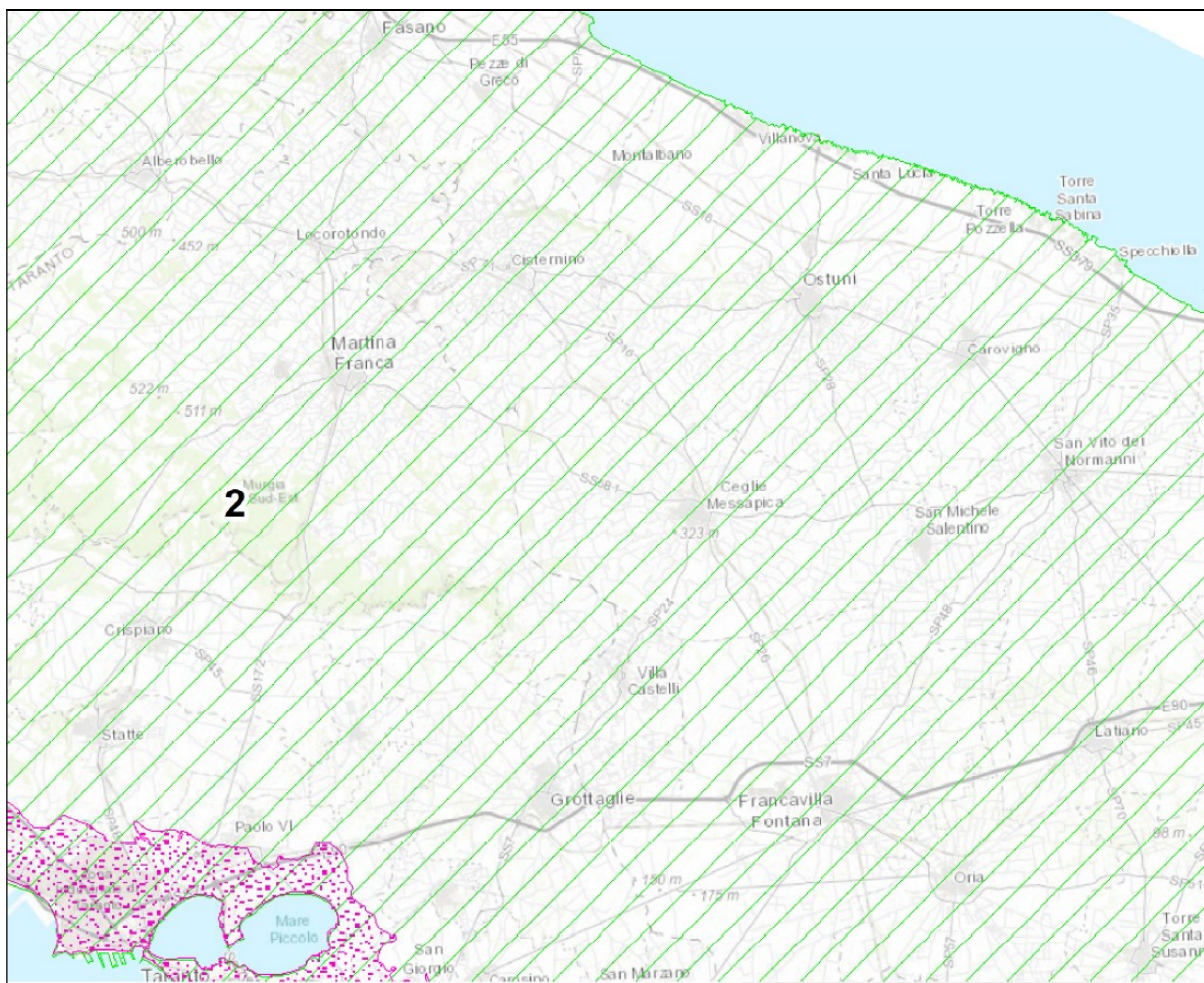
Fig. 8 – Lineamenti idrologici del territorio comunale

Da ciò si evince come il sottosuolo sia sede di una estesa e complessa circolazione idrica sotterranea, abbondantemente rigenerata dalle acque di precipitazione meteorica.

Le caratteristiche dell'acquifero primario, con sede nelle rocce carbonatiche mesozoiche, sono legate alle condizioni strutturali e litologiche delle rocce stesse che lo costituiscono. Tali calcari sono interessati da frequenti fratture profonde di origine tettonica, le quali costituiscono, con i giunti di stratificazione, una rete, più o meno uniformemente diffusa di fratture che permettono la circolazione acquifera. Il frequente alternarsi, sia in senso orizzontale che verticale, di livelli rocciosi

Relazione geologica

più o meno fratturati e carsificati, diversamente permeabili, determina una forte disomogeneità delle caratteristiche idrauliche.



Legenda

Complessi idrogeologici carbonatici

-  1 - Gargano
-  2 - Murge e Salento
-  3 - Acquiferi Miocenici

Fig. 9 - Stralcio della Tavola C03 “Complessi idrogeologici”, estratto dal PTA Aggiornamento 2015-2021 della Regione Puglia

Secondo quanto riportato nella Tavola C05 “Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi” (fig. 10), estratto dal PTA-Aggiornamento 2015-2021 della Regione Puglia, in corrispondenza dell’area investigata la superficie piezometrica varia tra 20 m s.l.m. (centro abitato) e 25 m s.l.m. (via per Ceglie).

Relazione geologica

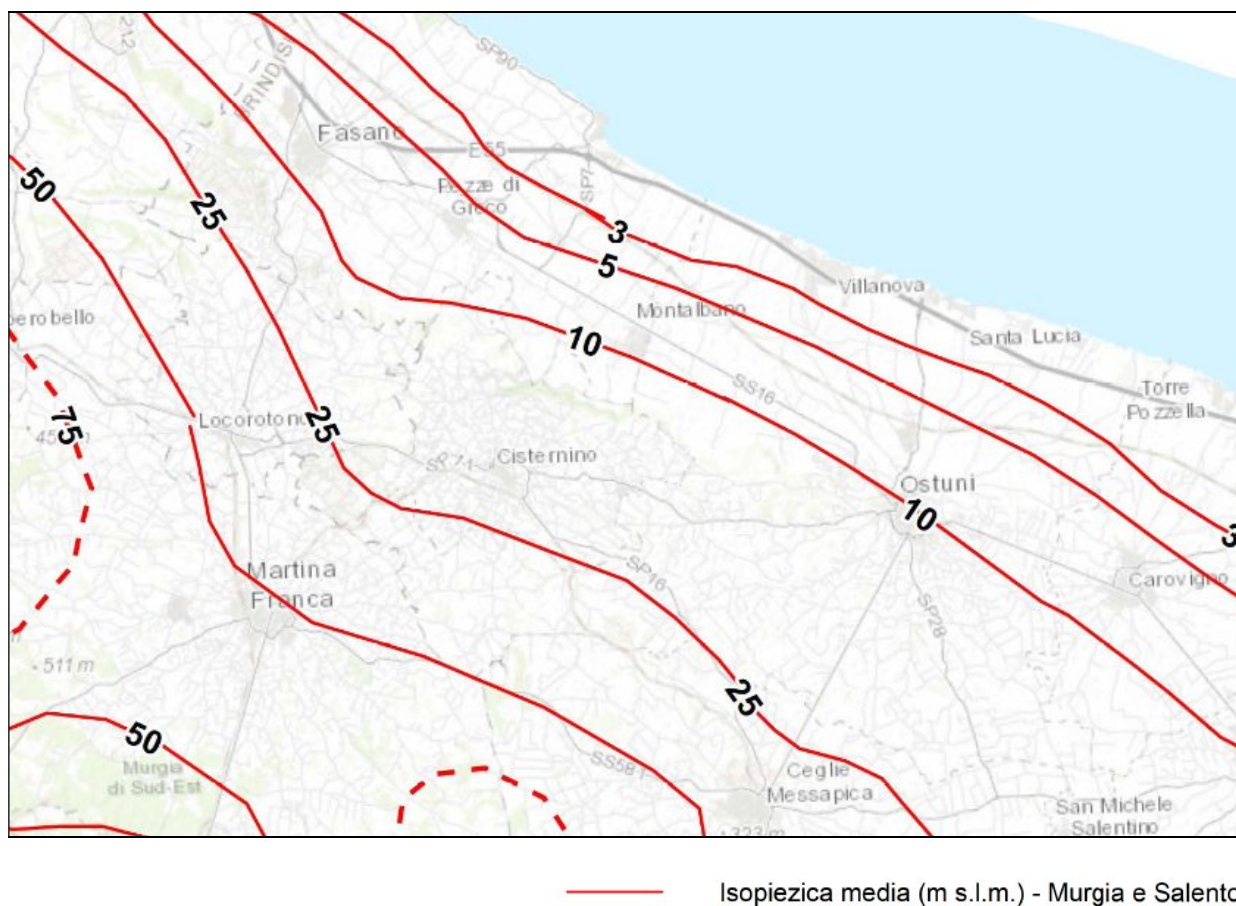


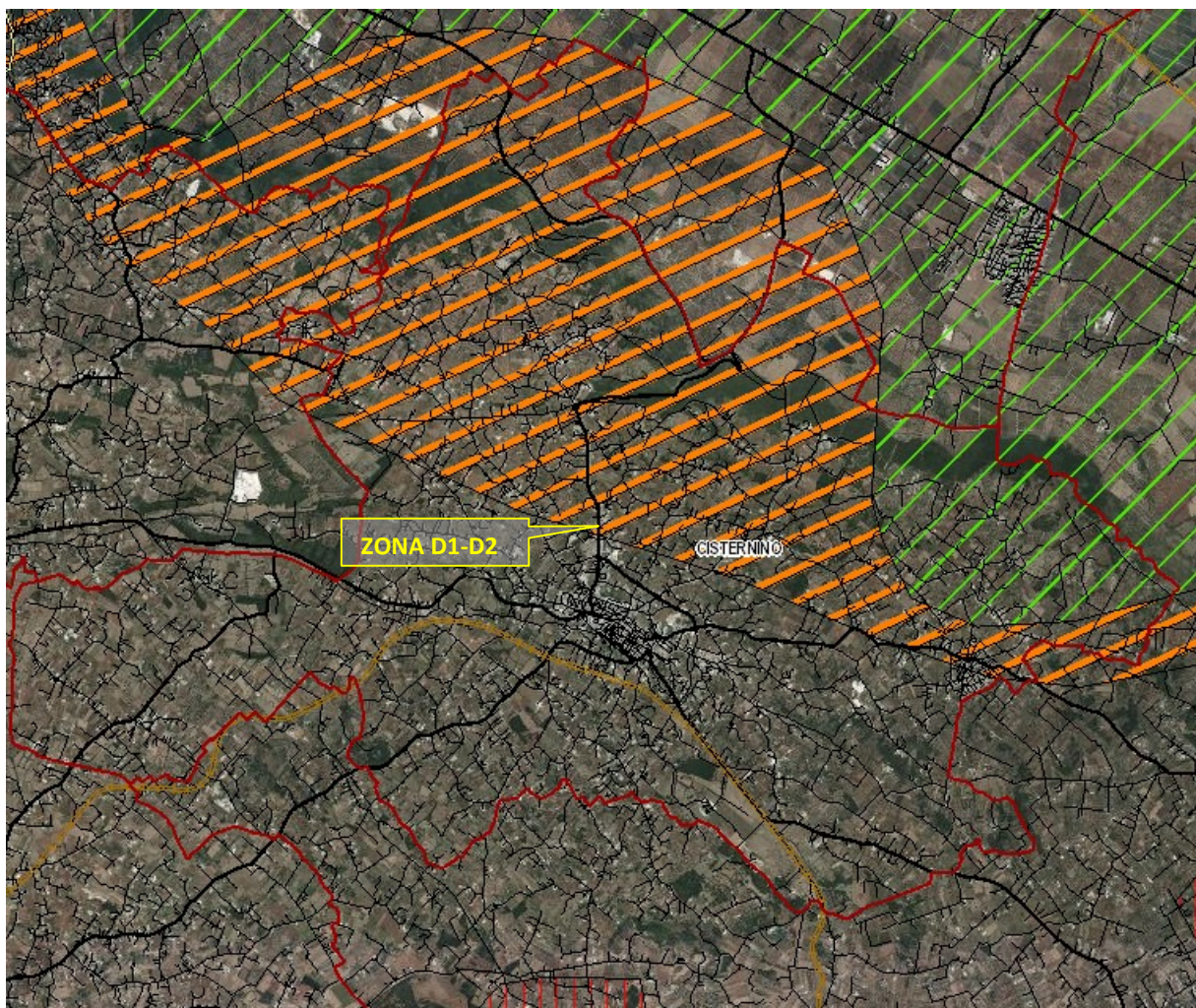
Fig. 10 - Stralcio della Tavola C05 "Distribuzione media dei carichi piezometrici degli acquiferi", estratto dal PTA Aggiornamento 2015-2021 della Regione Puglia.

Relazione geologica

5 Analisi dei vincoli esistenti

5.1 Piano di Tutela delle Acque

Una porzione delle zone D1 e D2 **ricade** tra le aree di vincolo d'uso degli acquiferi, secondo il Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia approvato con Deliberazione del Consiglio della Regione Puglia n. 230 del 20.10.2009 e aggiornato con Deliberazione della Giunta Regionale 7 Novembre 2022, n. 1521 e approvato con Deliberazione del Consiglio Regionale 23 maggio 2023, n. 154, ovvero in *aree di tutela quali-quantitativa*.



Legenda

- Aree di tutela quali-quantitativa

- Aree vulnerabili alla contaminazione salina

- Aree di tutela quantitativa

- Zone di Protezione Speciale Idrogeologica (ZPSI)
 -  Tipo A
 -  Tipo B
 -  Tipo C

Fig. 11 - Piano di Tutela delle Acque (Fonte Sit Puglia)

Relazione geologica

5.2 Inquadramento all'interno del PAI della Regione Puglia

Il PAI, finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologica, perimetra le aree a pericolosità idraulica e le aree a pericolosità geomorfologica, definendone gli indirizzi di tutela.

Nel piano vengono distinte tre tipologie di aree a pericolosità idraulica:

- *Aree ad alta pericolosità idraulica - A.P.:* porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno inferiore o pari a 30 anni
- *Aree a media pericolosità idraulica - M.P.:* porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 30 e 200 anni
- *Aree a bassa pericolosità idraulica - B.P.:* porzione di territorio soggette ad essere allagate per eventi di piena con tempo di ritorno compreso tra 200 e 500 anni

Le aree perimetrate come A.P., M.P. e B.P., sono soggette ad una serie di norme finalizzate alla tutela dell'ambiente e alla prevenzione contro presumibili effetti dannosi di interventi antropici.

Mentre per quanto riguarda l'aspetto geomorfologico sono individuate tre tipologie di aree:

- *Area a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3):* porzione di territorio interessata da fenomeni franosi attivi o quiescenti;
- *Area a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2):* porzione di territorio caratterizzata dalla presenza di due o più fattori geomorfologici predisponenti l'occorrenza di instabilità di versante e/o sede di frana stabilizzata;
- *Area a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1):* porzione di territorio caratterizzata da bassa suscettività geomorfologica all'instabilità.

Con Delibera del Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino della Puglia n. 20 del 18/04/2011 è stato approvato l'aggiornamento del PAI Assetto Idraulico e Geomorfologico riguardante l'intero territorio comunale di Cisternino e vigente dal 10/05/2011.

Al fine della verifica della compatibilità della proposta di variante del PRG con la vincolistica Pai, sono state esaminate le aree interessate dalla trasformazione urbanistica.

Nelle zone D1 lambite da aree a Media Pericolosità idraulica (MP) e Bassa Pericolosità idraulica (BP) saranno consentiti esclusivamente gli interventi previsti dagli artt. 8 e 9 delle NTA del PAI.

Nelle zone D1 lambite da aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2) saranno consentiti esclusivamente gli interventi previsti dall'art. 14 delle NTA del PAI.

Relazione geologica

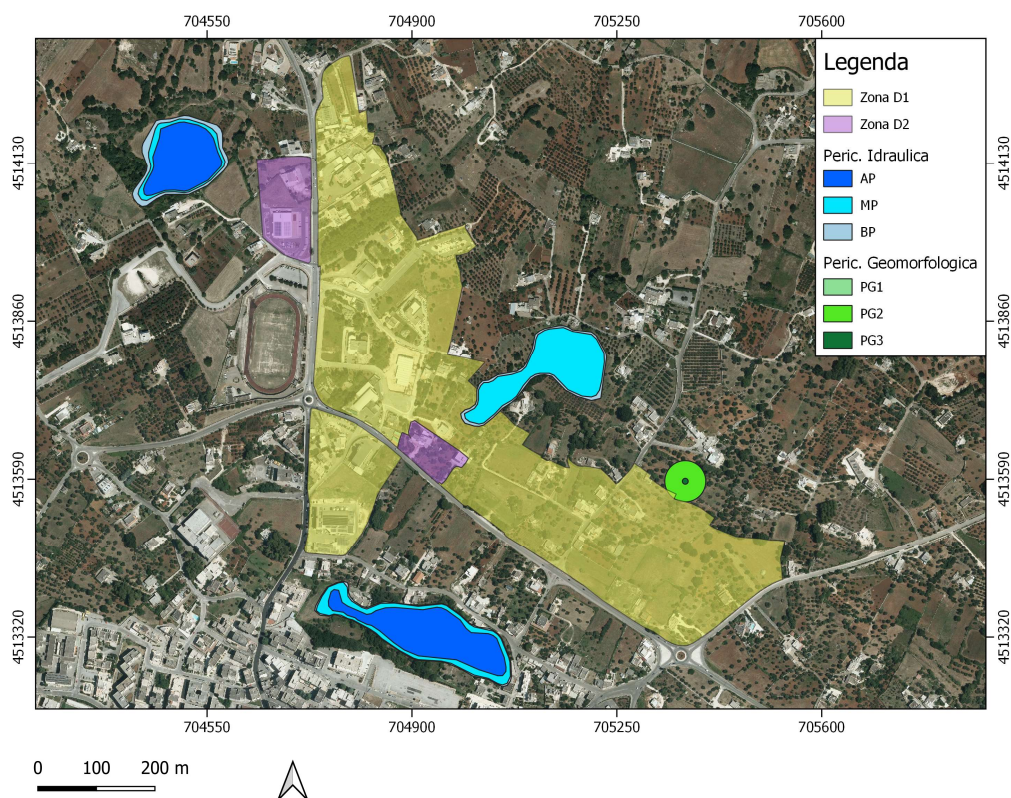


Fig. 12 -Stralcio del PAI Puglia del centro abitato di Cisternino

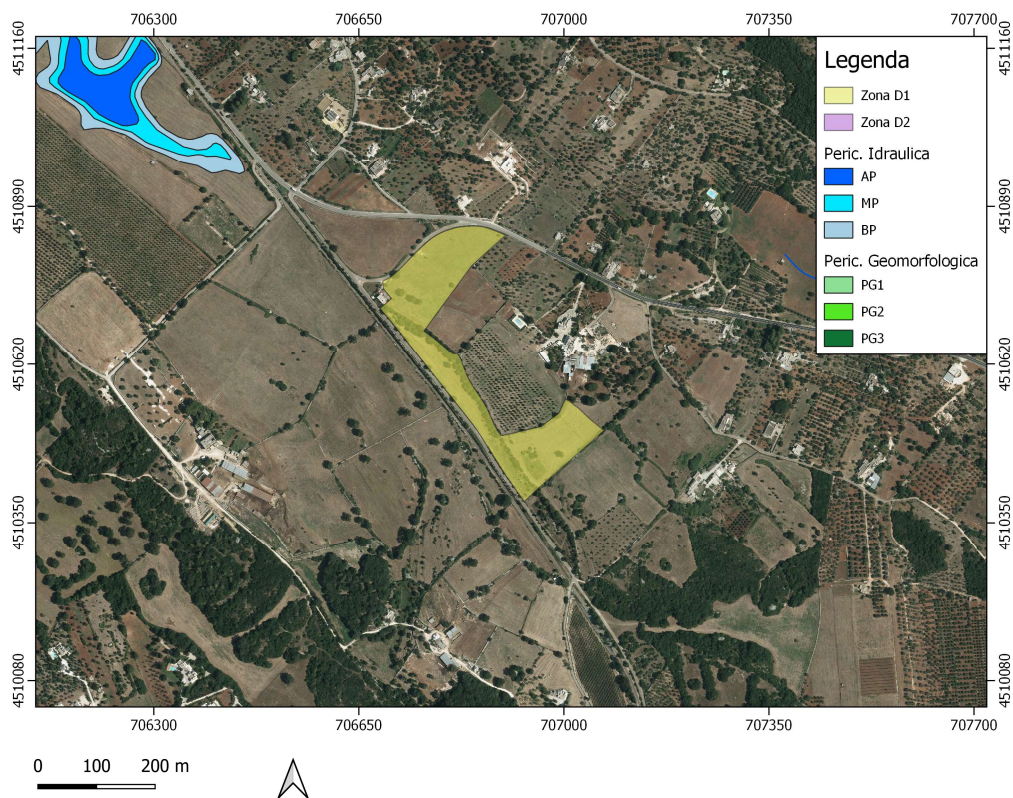


Fig. 13 -Stralcio del PAI Puglia della via per Ceglie

Relazione geologica

5.3 Inquadramento all'interno del Piano di Gestione Rischio Alluvioni

In virtù delle nuove delimitazioni adottate dall'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale con Delibera n. 2 del 29/12/2020, nell'ambito del primo aggiornamento dei Piani di Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) II° ciclo, ai sensi degli artt. 65 e 66 del D.Lgs. 152/06, e successiva approvazione con Decreto del Presidente del Consiglio Dei Ministri 1° dicembre 2022 (pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 32 del 8.02.2023), consultabile al seguente link:

http://www.pcn.minambiente.it/viewer/index.php?services=progetto_mappe_di_pericolosita_e_rischio_di_alluvioni
risulta che esigue porzioni di territorio interessate dalle previsioni urbanistiche (dettagliate nella figure 12) ricadono tra le aree a pericolosità idraulica e geomorfologica.

Relazione geologica

5.4 Vincolo idrogeologico

Le aree in studio relative al centro urbano di Cisternino e via per Ceglie **non ricadono** tra le zone di vincolo idrogeologico introdotto ed imposto dal Regio Decreto Legge n 3267 del 30 dicembre 1923.

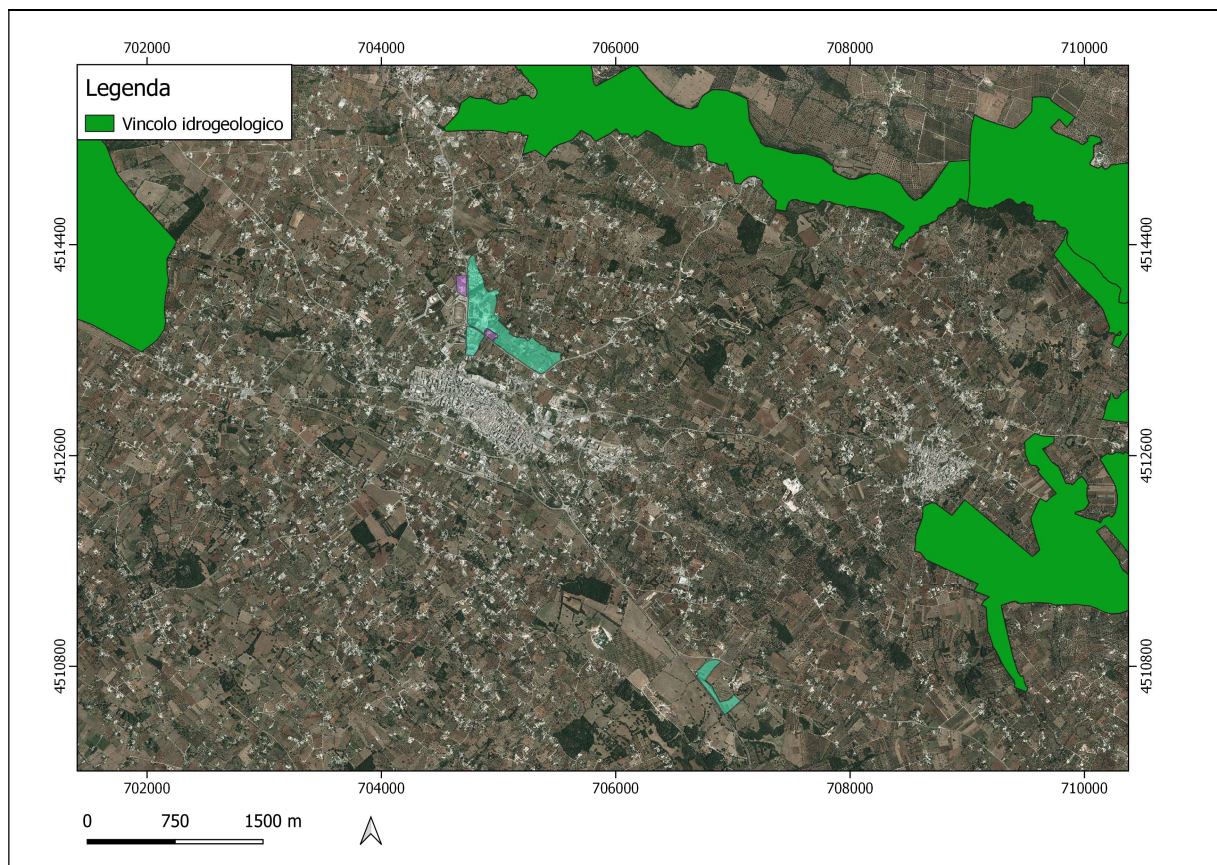


Fig. 14 - Zone di Vincolo Idrogeologico del territorio comunale di Cisternino

Relazione geologica

6 Classificazione sismica

La legislazione antisismica italiana, allineata alle più moderne normative a livello internazionale prescrive norme tecniche in base alle quali un edificio debba sopportare senza gravi danni i terremoti meno forti e senza crollare i terremoti più forti, salvaguardando prima di tutto le vite umane.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003.

Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Zona 1 - E' la zona più pericolosa. La probabilità che capiti un forte terremoto è alta

Zona 2 - In questa zona forti terremoti sono possibili

Zona 3 - In questa zona i forti terremoti sono meno probabili rispetto alla zona 1 e 2

Zona 4 - E' la zona meno pericolosa: la probabilità che capiti un terremoto è molto bassa

Di fatto, sparisce il territorio "non classificato", e viene introdotta la zona 4, nella quale è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia (zona 1=0.35 g, zona 2=0.25 g, zona 3=0.15 g, zona 4=0.05 g).

Zona	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni	Accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico
1	$0,25 < a_g \leq 0,35g$	0,35g
2	$0,15 < a_g \leq 0,25g$	0,25g
3	$0,05 < a_g \leq 0,15g$	0,15g
4	$\leq 0,05g$	0,05g

Relazione geologica

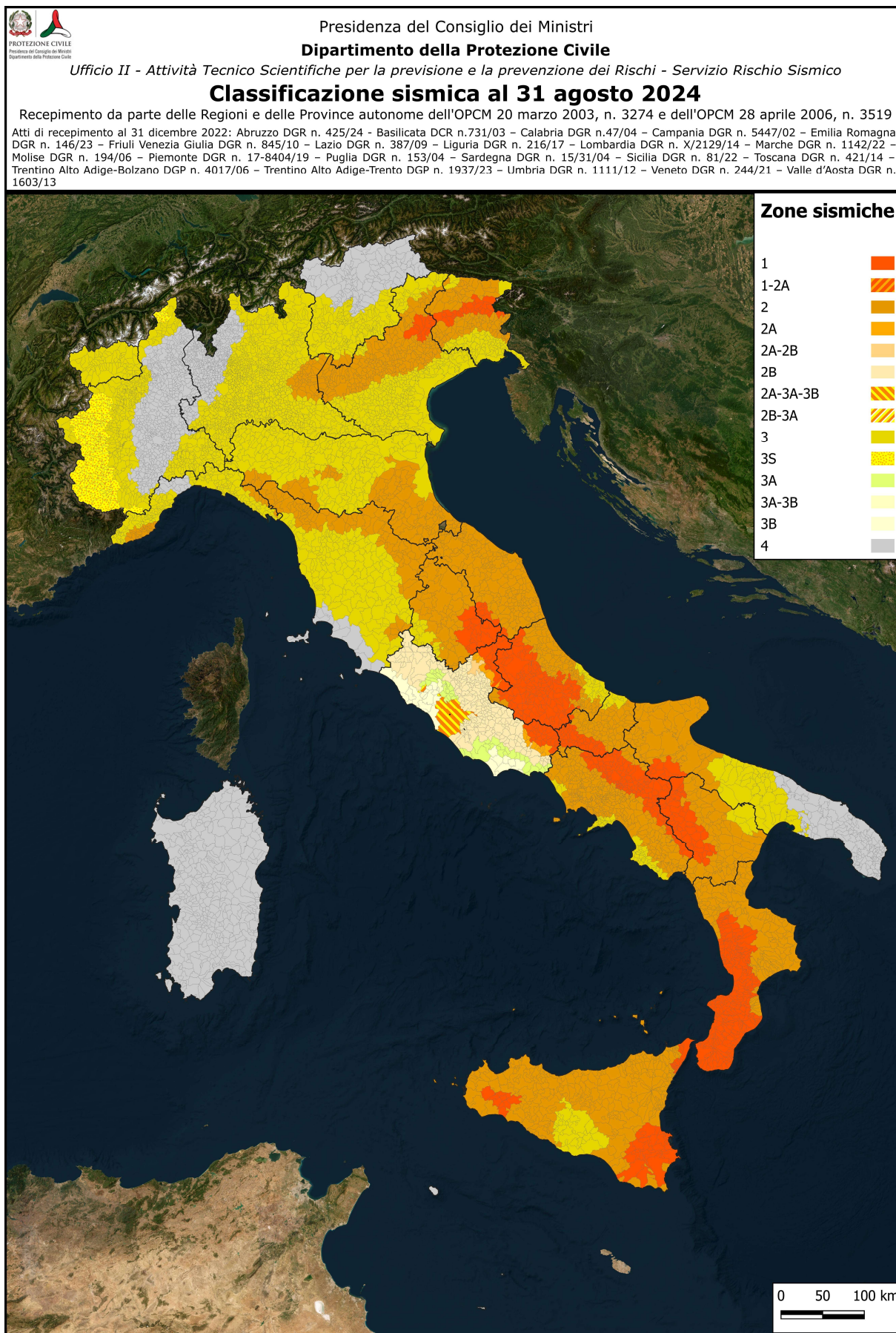


Fig. 15 – classificazione sismica del territorio nazionale

Relazione geologica

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.

7 Definizione della categoria di sottosuolo

Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018 superano il concetto della classificazione del territorio in zone, imponendo nuovi e precisi criteri di verifica dell'azione sismica nella progettazione delle nuove opere ed in quelle esistenti, valutata mediante un'analisi della risposta sismica locale. In assenza di queste analisi, la stima preliminare dell'azione sismica può essere effettuata sulla scorta delle "categorie di sottosuolo" e della definizione di una "pericolosità di base" fondata su un reticolo di punti di riferimento, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di **ag** e dei principali "**parametri spettrali**" riferiti all'accelerazione orizzontale, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo di inizio del tratto a velocità costante T^*C).

I nuovi criteri di caratterizzazione sismica locale (NTC 2018) implicano la necessità di caratterizzare il sito in funzione degli spettri di risposta sismica delle componenti orizzontali e verticali del suolo. Gli spettri di risposta sismica vanno stimati in relazione ai differenti Stati Limite a cui un manufatto è potenzialmente sottoposto.

Le condizioni del sito di riferimento rigido non corrispondono, in generale, alle condizioni reali. È necessario, pertanto, tenere conto delle condizioni stratigrafiche del volume di terreno interessato dall'opera ed anche delle condizioni topografiche, poiché entrambi questi fattori concorrono a modificare l'azione sismica in superficie rispetto a quella attesa su un sito rigido con superficie orizzontale. Tali modifiche, in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, sono il risultato della risposta sismica locale. Si denomina "risposta sismica locale" l'azione sismica che emerge in "superficie" a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza subite trasmettendosi dal substrato rigido.

7.1 Categoria di sottosuolo secondo le N.T.C. 2018

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale (RSL) si valuta mediante specifiche analisi da eseguirsi con le modalità indicate nel Capitolo 7.11.3 delle NTC del DM 17 Gennaio 2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nel citato D.M. del 2018 (Tab.3.2.II), 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, V_s .

Come esplicitamente richiesto dalle N.T.C. 2018 per l'assegnazione della categoria di sottosuolo è stato stimato il valore del parametro V_s equivalente che rappresenta la velocità media di propagazione delle onde S in profondità fino al raggiungimento del substrato (dal punto di appoggio piano di fondazione) ed è calcolato mediante la seguente espressione:

Relazione geologica

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

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 (per depositi con $H > 30$ m $V_{s,eq} = V_{s,30}$);

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

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Anmassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Relazione geologica

7.2 Indagini sismiche eseguite in situ

Nell'ambito del presente studio è stata eseguita una campagna di n. 3 indagini sismiche di superficie con metodologia Masw per il calcolo delle $V_{s,eq}$ e l'individuazione quindi della categoria sismica del suolo.

Il territorio di Cisternino è caratterizzato da generale affioramento della formazione calcarea, per cui è legittimo ritenere che i valori ottenuti a livello puntuale con la tecnica MASW, possano essere estrapolati in linea di massima all'intero territorio in studio.

Per una più completa definizione del quadro sismico, sono stati acquisiti i risultati di un'ulteriore indagine sismica svolta dallo scrivente per altro progetto edilizio.

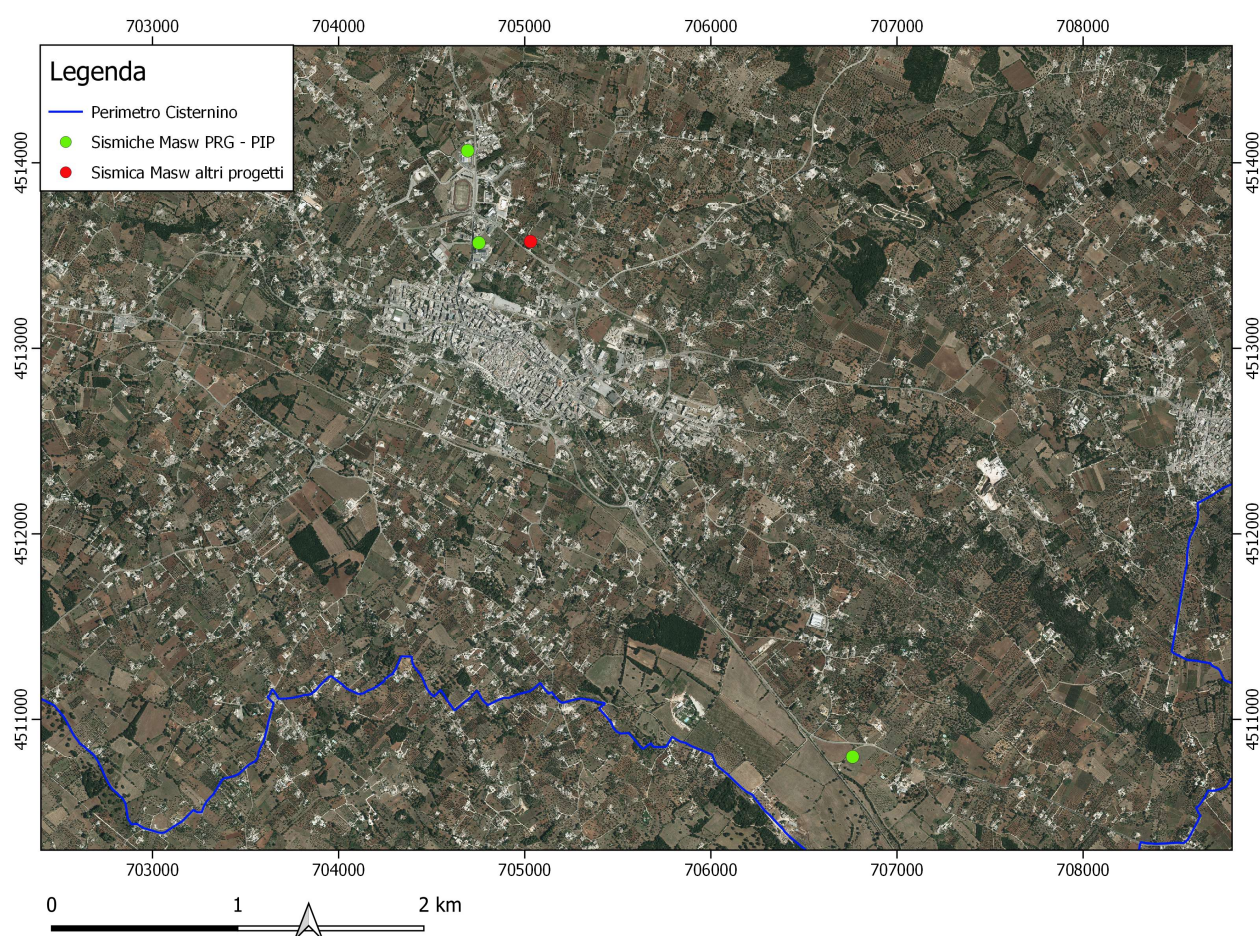


Fig. 16 – ortofoto con ubicazione delle indagini sismiche esaminate nel presente studio

Relazione geologica

7.3 Profili sismici Masw

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva (non è necessario eseguire perforazioni o scavi), che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Le onde superficiali di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni (da 4.5 Hz) e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

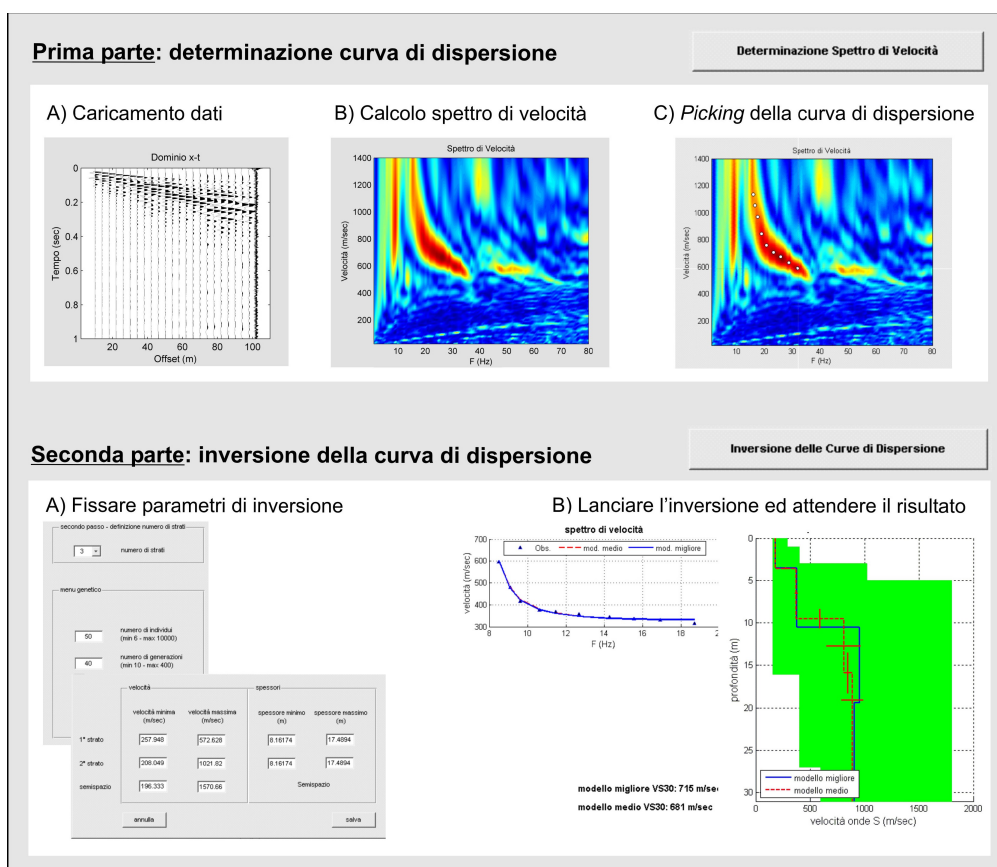


Fig. 17 – Processing indagine sismica MASW

La metodologia per la realizzazione di una indagine sismica MASW prevede almeno i seguenti passi:

- Acquisizioni multicanale dei segnali sismici, generati da una sorgente energizzante artificiale (maglio battente su piastra in alluminio), lungo uno stendimento rettilineo di sorgente-geofoni
- Estrazione dei modi dalle curve di dispersione della velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh;
- Inversione delle curve di dispersione per ottenere profili verticali delle V_s .

Gli algoritmi genetici rappresentano un tipo di procedura di ottimizzazione appartenente alla classe degli algoritmi euristici (o anche global-search methods o soft computing). Rispetto ai comuni metodi di inversione lineare basati su metodi del gradiente (matrice Jacobiana), queste tecniche di inversione offrono un'affidabilità del risultato di gran lunga superiore per precisione e completezza.

Relazione geologica

I comuni metodi lineari forniscono infatti soluzioni che dipendono pesantemente dal modello iniziale di partenza che l'utente deve necessariamente fornire. Per la natura del problema (inversione delle curve di dispersione), la grande quantità di minimi locali porta infatti ad attrarre il modello iniziale verso un minimo locale che può essere significativamente diverso da quello reale (o globale).

In altre parole, i metodi lineari richiedono che il modello di partenza sia già di per sé vicinissimo alla soluzione reale. In caso contrario il rischio è quello di fornire soluzioni erranee.

Gli algoritmi genetici (come altri analoghi) offrono invece un'esplorazione molto più ampia delle possibili soluzioni.

Le indagini Masw hanno permesso di rilevare il bedrock già dai primi metri di indagine, intendendo per bedrock il litotipo caratterizzato da Vs di oltre 800 m/sec.

Poiché esso lo si rinviene già dal p.c. **la categoria sismica del suolo è la A di 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.

Di ciascuna indagine eseguita si riportano:

- ortofoto con ubicazione delle indagini;
- risultanze dell'indagine eseguita con elaborazione Winmasw.

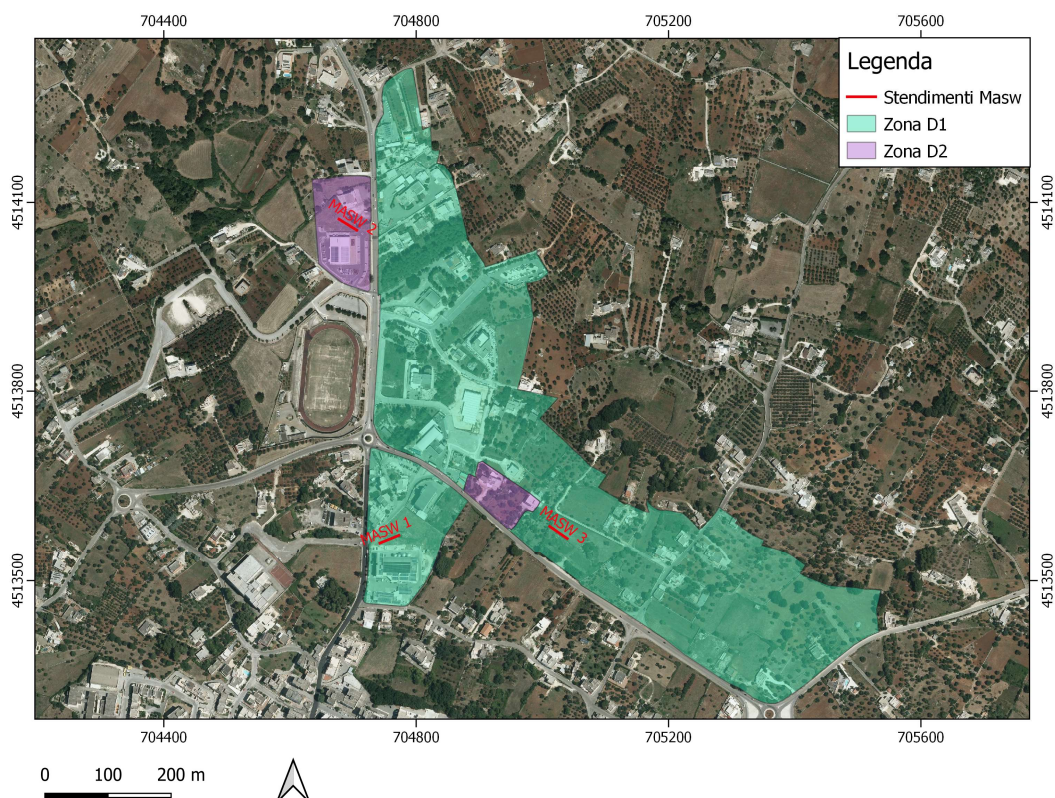


Fig. 18 – ortofoto con ubicazione degli stendimenti sismici eseguiti nella zona PIP del centro urbano di Cisternino

Relazione geologica



Fig. 19 – documentazione fotografica stendimento sismico MASW 1



Fig. 20 – documentazione fotografica stendimento sismico MASW 2



Fig. 21 – documentazione fotografica stendimento sismico MASW 3

Relazione geologica

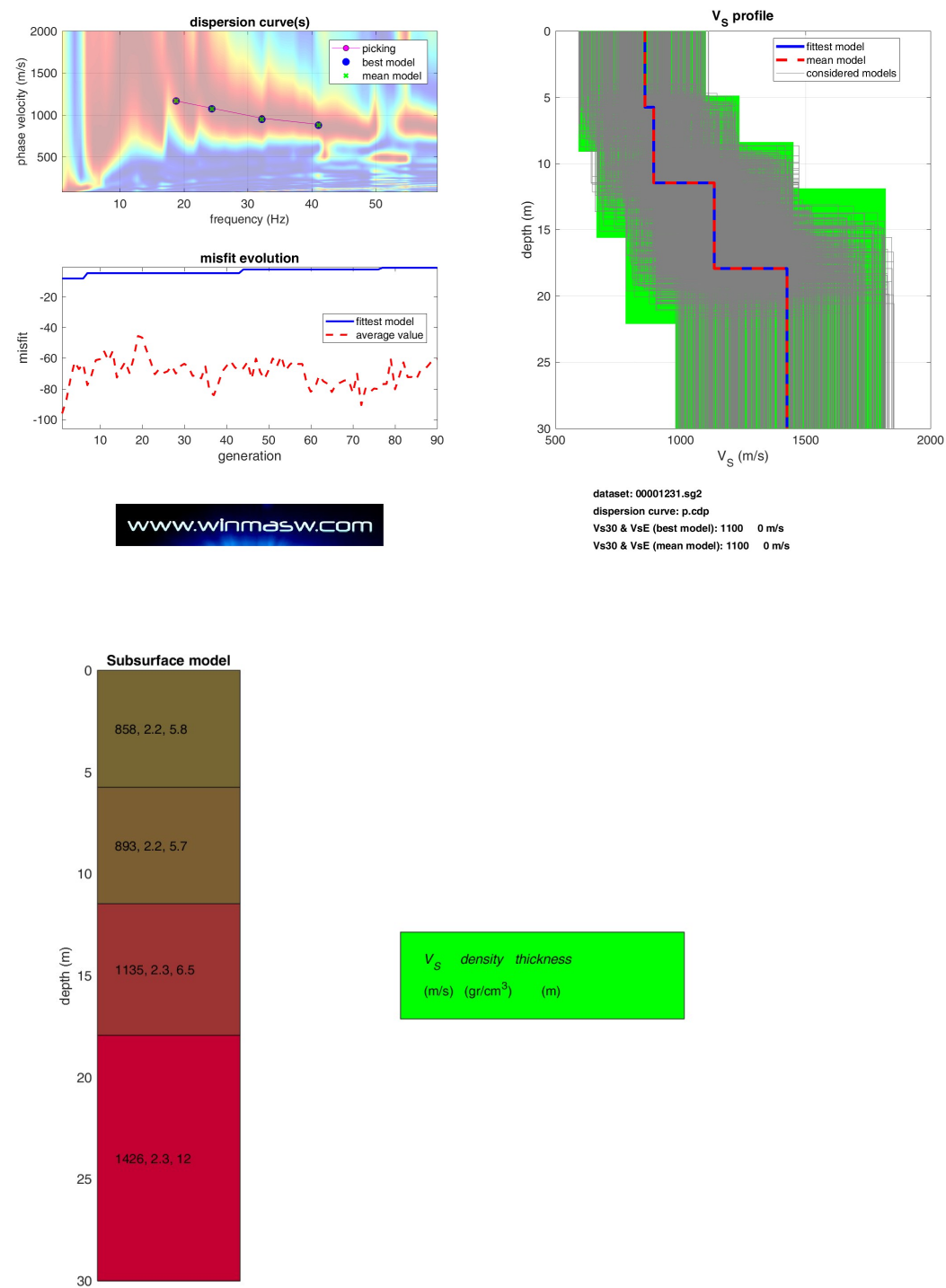


Fig. 22 – risultati indagine Masw 1

Relazione geologica

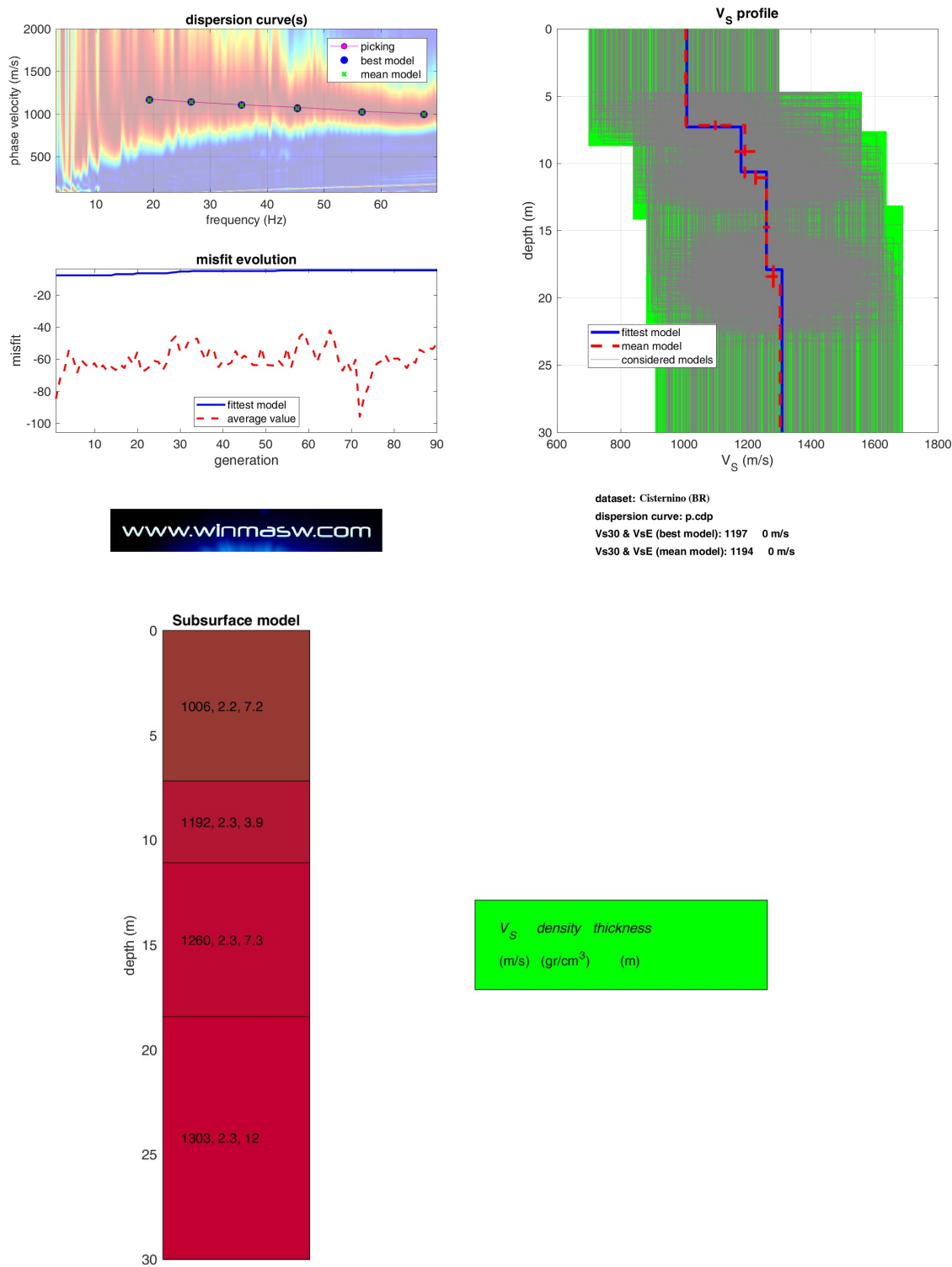


Fig. 23 – risultati indagine Masw 2

Relazione geologica

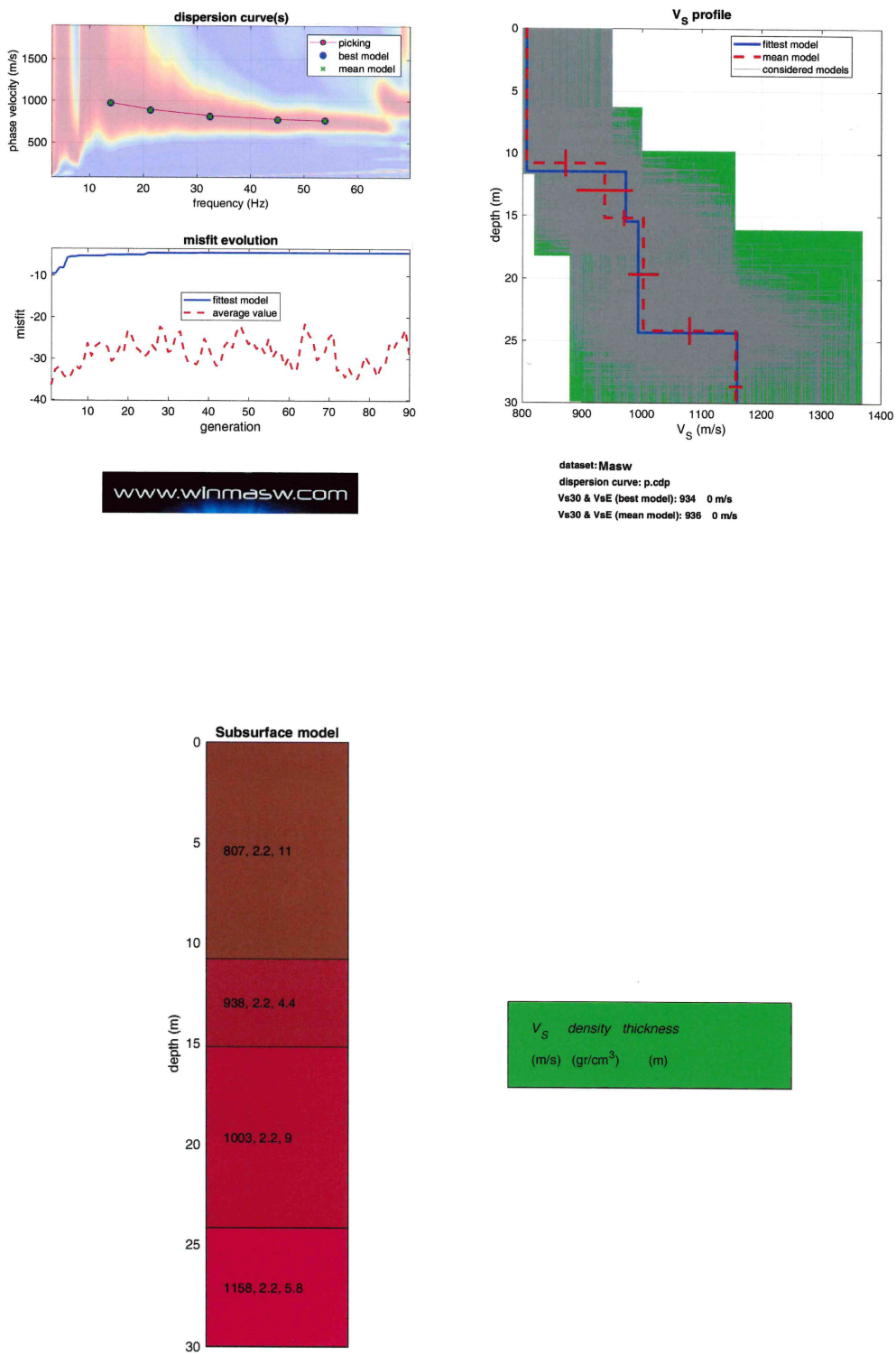


Fig. 24 – risultati indagine Masw 3

Relazione geologica

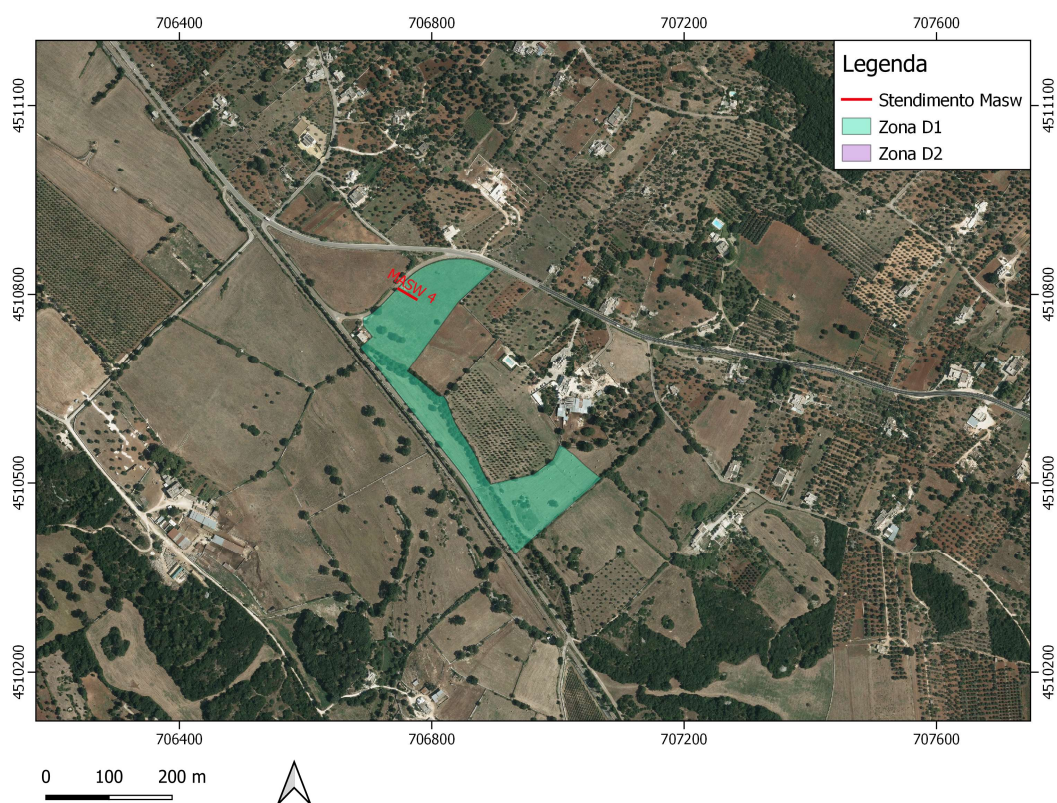


Fig. 25 – ortofoto con ubicazione stendimento sismico eseguito nella zona PIP della via per Ceglie



Fig. 26 – documentazione fotografica stendimento sismico MASW 4

Relazione geologica

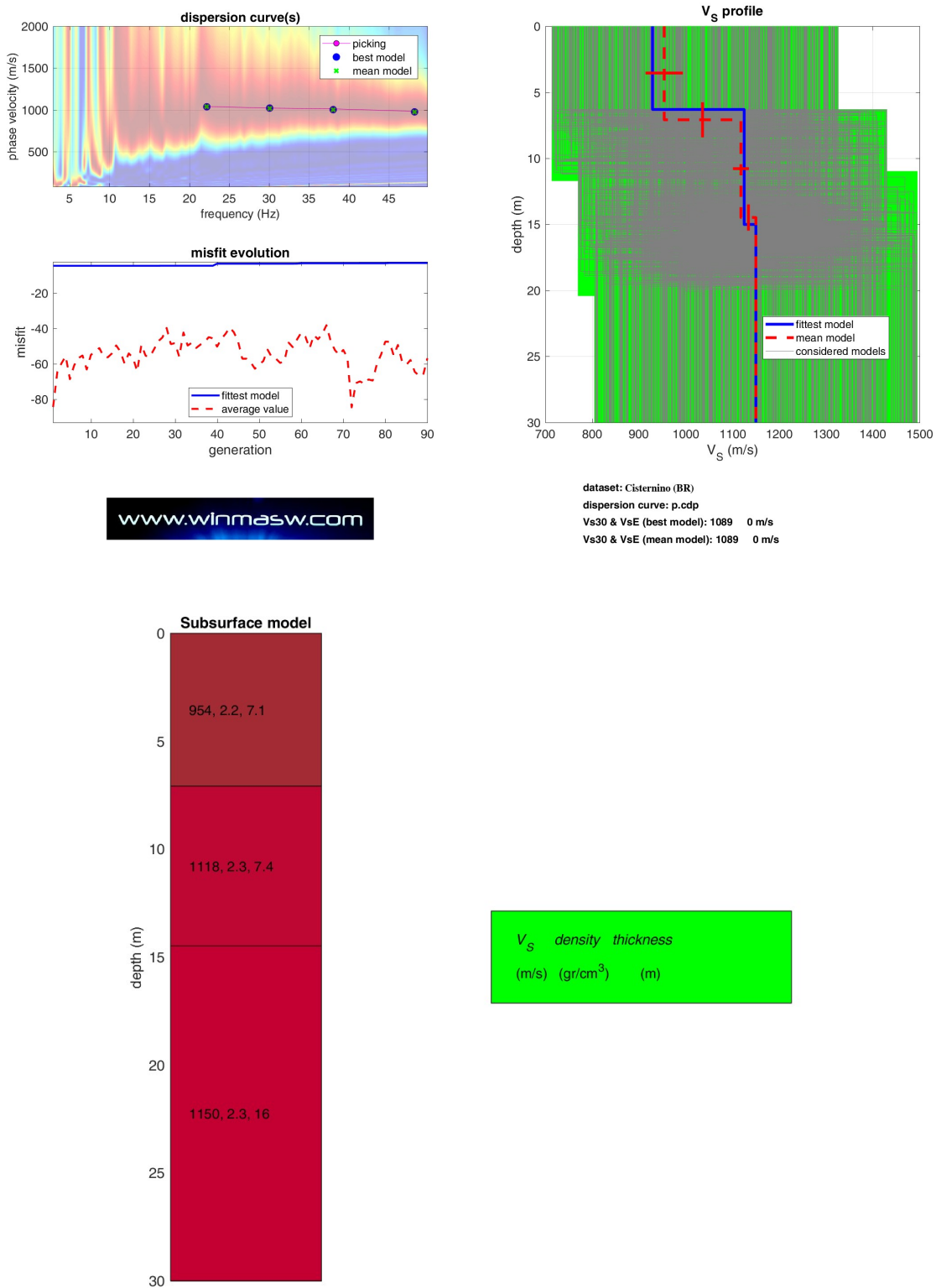


Fig. 27 – risultati indagine Masw 04

Relazione geologica

8 Conclusioni

Sulla base dei dati desunti dai rilievi e sopralluoghi eseguiti, della bibliografia e dall'analisi dei risultati delle indagini geofisiche, si può affermare che la litostratigrafica generale delle aree, oggetto di trasformazione previste nella variante allo strumento urbanistico, è caratterizzata da formazione calcarea ricoperta per lo più da una modesta coltre di terreno vegetale di spessore variabile.

Dai sondaggi sismici, eseguiti con tecnica di acquisizione MASW, è stato possibile calcolare il valore delle ***V_{s,eq}***. I risultati ottenuti hanno consentito di definire che il sottosuolo ricade nella **categoria A** (DM 17/01/2018), *“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”*.

Per quanto sopra rappresentato si esprime un **giudizio di compatibilità positivo** delle previsioni urbanistiche con le componenti geomorfologiche dell'area e la struttura geologica del territorio.

Dott. Geol. Martino Scarafile



The image shows a circular professional stamp of the Ordine dei Geologi Puglia. The text inside the stamp reads: "ORDINE DEI GEOLOGI", "Dott. Geol. SCARAFILE MARTINO", "N° 490", and "*PUGLIA*". A blue ink signature is written over the stamp.