

Regione: PUGLIA 	Provincia: FOGGIA 	Comune: Deliceto 
Committente: <div style="text-align: center; color: red; font-weight: bold; font-size: 1.2em;">Comune di Deliceto</div>		Progettisti: Studio AC3 Ingegneria S.r.l. (capogruppo) <div style="text-align: center; font-weight: bold;"> STUDIO AC3 INGEGNERIA s.r.l. <small>Via Sandro Pertini, 2 76017 S. FERDINANDO DI P. (BT) Partita IVA: 03177240714</small> </div> FINEPRO S.r.l. (coordinatore della sicurezza in fase di progettazione) <div style="text-align: center; font-weight: bold;"> finepro s.r.l. Legale Rappresentante Arch. Michele Sgobba </div>
Oggetto:  <div style="text-align: center; color: red; font-weight: bold; font-size: 2em; margin-top: 10px;">Progetto Esecutivo</div> <div style="text-align: center; font-weight: bold; margin-top: 20px;"> LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA </div> <div style="text-align: center; font-size: 0.8em; margin-top: 10px;">CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835</div>		<div style="text-align: center; margin-top: 20px;">  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> Geol. Sandro MUSCILLO  </div> <div style="text-align: center; margin-top: 20px;"> Ing. Giuseppe CAPUTO  </div>
Titolo: Relazione geologica		
Codice: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">B.1</div>	Data: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">Aprile 2018</div>	Responsabile del Procedimento (UTC) Geom. Giuseppe CEGLIA
Scala: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">-</div>	Revisione: <div style="text-align: center; font-size: 1.2em;">00</div>	



1	PREMESSA.....	2
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	5
3	INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED INTERVENTI DI PROGETTO	8
4	CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLOGICHE.....	11
4.1	Inquadramento geologico	11
4.2	stratigrafia.....	12
4.3	geomorfologia	15
4.3.1	Caratterizzazione geomorfologica del movimento franoso	16
4.4	tettonica.....	25
5	SISMICITA'	27
5.1	Sismicità storica.....	27
5.2	Pericolosità sismica	29
6	IDROGEOLOGIA DELL'AREA.....	32
6.1	CARATTERISTICHE IDROLOGICHE SUPERFICIALI	32
6.2	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	34
7	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA.....	36
7.1	INDAGINI GEOLOGICHE	36
7.1.1	Sondaggi geognostici	36
7.1.2	Prove geotecniche di laboratorio	37
7.1.3	Indagini sismiche ReMi	39
7.1.4	Indagini sismiche a rifrazione	42
8	MODELLO GEOLOGICO E GEOLOGICO-TECNICO	43
9	CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE ED INDICAZIONI SUGLI SCAVI.....	44
10	PERICOLOSITA' GEOLOGICHE ED AMBIENTALI.....	46
10.1	Compatibilità geologica e geotecnica	46
11	CONCLUSIONI	50



1 PREMESSA

La presente relazione geologica illustra gli aspetti geomorfologici, idrogeologici, sismici e geologico-tecnici dell'area necessari per la progettazione dei *“Lavori di Consolidamento interventi di mitigazione del rischio idrogeologico centro urbano zona Arena Cavata”*.

La progettazione in oggetto, di livello definitivo, rientra nell'ambito dei *“Servizi di ingegneria di progettazione definitiva, progettazione esecutiva, relazione geologica, indagini geologiche e geognostiche con prove di laboratorio, coordinamento della sicurezza in fase di progettazione ed esecuzione, direzione dei lavori, assistenza al collaudo, liquidazione e contabilità, relativi ai lavori di - P.O.R. PUGLIA 2014/2020 – Asse V – Azione 5.1 «Lavori di mitigazione del rischio idrogeologico Zona Arena Cavata» – CUP C57B16000050002 – CIG 6796111835”*.

I servizi di ingegneria sopra menzionati sono stati messi a gara dal Comune di Deliceto (FG) ed aggiudicati dall'RTP in cui il sottoscritto prende parte in qualità di Mandante.

I contenuti della presente relazione geologica tengono in conto delle disposizioni impartite dal D.M. 14.01.2008 e ss.mm.ii il quale prevede la redazione di una Relazione Geologica ai sensi del p.to 6.2.1 delle NTC 2008 e Circ., che include il modello geologico del terreno e la caratterizzazione sismica, finalizzata alla attribuzione della categoria sismica di suolo.

La presente relazione si prefigge lo scopo di:

- garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opera terreno e di assicurare in generale la stabilità del territorio sul quale si inducono sollecitazioni e deformazioni;
- garantire la tutela della stabilità idrogeologica dell'area interessata dagli interventi di progetto;
- consentire la scelta delle soluzioni progettuali più idonee al consolidamento del dissesto.

Il lavoro si è svolto in fasi distinte: lo studio dei dati bibliografici dell'area è servito per impostare il successivo rilevamento geologico di superficie che ha permesso l'accertamento preliminare della natura geolitologica e idrogeologica dell'area e della morfologia del versante.

Successivamente sono state prese in esame le indagini in sito dirette ed indirette finalizzate alla caratterizzazione geotecnica, sismica ed idrogeologica del sottosuolo.

In sintesi sono stati eseguiti:

- rilevamento geologico di superficie;
- sondaggi meccanici a carotaggio continuo sino a profondità di 30 m con prove SPT e prove di laboratorio;
- indagini sismiche MASW passive (Re.Mi.);
- indagini sismiche a rifrazione.



Al fine di definire i lineamenti generali del territorio (caratteri geolitologici e strutturali, geomorfologici, schema della circolazione idrica superficiale e sotterranea), è stata consultata sia la Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000, F° 174 "Ariano Irpino" che la più recente Carta Geologica in scala 1:50.000, F° 421 "Ascoli Satriano" e le relative Note Illustrative.

I caratteri geologici di dettaglio invece, sono stati ricostruiti dalla *Carta di microzonazione di I Livello del Comune di Deliceto* e dalla relativa Relazione Illustrativa realizzate nell'ambito dello "Studio di fattibilità per il monitoraggio e la messa in sicurezza delle aree urbane a rischio di stabilità statica e vulnerabilità strutturale del Comune e della Provincia di Foggia – CIPE 20/2004".

Successivamente, è stata pianificata una campagna di indagini geologiche dirette ed indirette mirata ad acquisire le informazioni di carattere stratigrafico, geologico-tecnico e sismico necessarie per il dimensionamento degli interventi di progetto.

Le indagini effettuate, ottemperando alle disposizioni impartite dalle norme vigenti, hanno fornito ai progettisti le risposte alle problematiche di natura geologico-tecnica sulla progettazione delle opere.

In particolare, il presente studio indica le caratteristiche litologiche e geo-meccaniche dei terreni interessati dagli interventi rappresentando pertanto uno strumento di supporto ai progettisti per la scelta ed il dimensionamento delle opere da realizzare.

Allo scopo di conoscere la geologia dei luoghi ed i rapporti stratigrafico-strutturali, nonché la tettonica e la morfologia della zona in esame ci si è avvalsi di informazioni esistenti desunte da informazioni bibliografiche, sopra menzionate, integrandole con quelle ottenute nella campagna di sondaggi geognostici a carotaggio continuo appositamente commissionati per il presente progetto alla ditta *Toma Abele Trivellazioni s.r.l.* con sede in Matera (MT).

Le informazioni geologico-tecniche sono state ricavate da indagini geologiche dirette ed indirette, così articolate:

- n.5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo fino a 30 m di profondità dal p.c. di cui n.3 attrezzati con piezometro. Per ciascun sondaggio sono state effettuate inoltre n.3 prove penetrometriche S.P.T. e prelievo di campioni indisturbati;
- n. 3 profili sismici con la tecnica passiva MASW (metodo Re.Mi.);
- n.3 indagini simiche a rifrazione in onde P ed onde Sh;

Contestualmente, al fine di appurare compiutamente la presenza di eventuali acquiferi superficiali è stata verificata la presenza di acqua all'interno dei fori di sondaggio.



In base alla classificazione e perimetrazione del territorio effettuata dall'AdB (Autorità di Bacino della Regione Puglia) inerente il P.A.I. (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico), gli interventi risultano interessati in aree caratterizzate da due livelli di pericolosità geomorfologica (cfr. Tavola Grafica 2.4): *PG2 - Pericolosità Geomorfologica Elevata* e *PG3 - Pericolosità Molto Elevata* (**Fig.1.1**) i cui dettagli verranno indicati nella sezione §10.2 *Compatibilità Geologica e Geotecnica* della presente relazione.

Inoltre gli interventi di progetto ricadono integralmente in area sottoposta a *Vincolo Idrogeologico*. Eventuali indagini di dettaglio, verranno effettuate a presentazione del progetto esecutivo e/o su richiesta di enti competenti coinvolti nella presente fase progettuale.

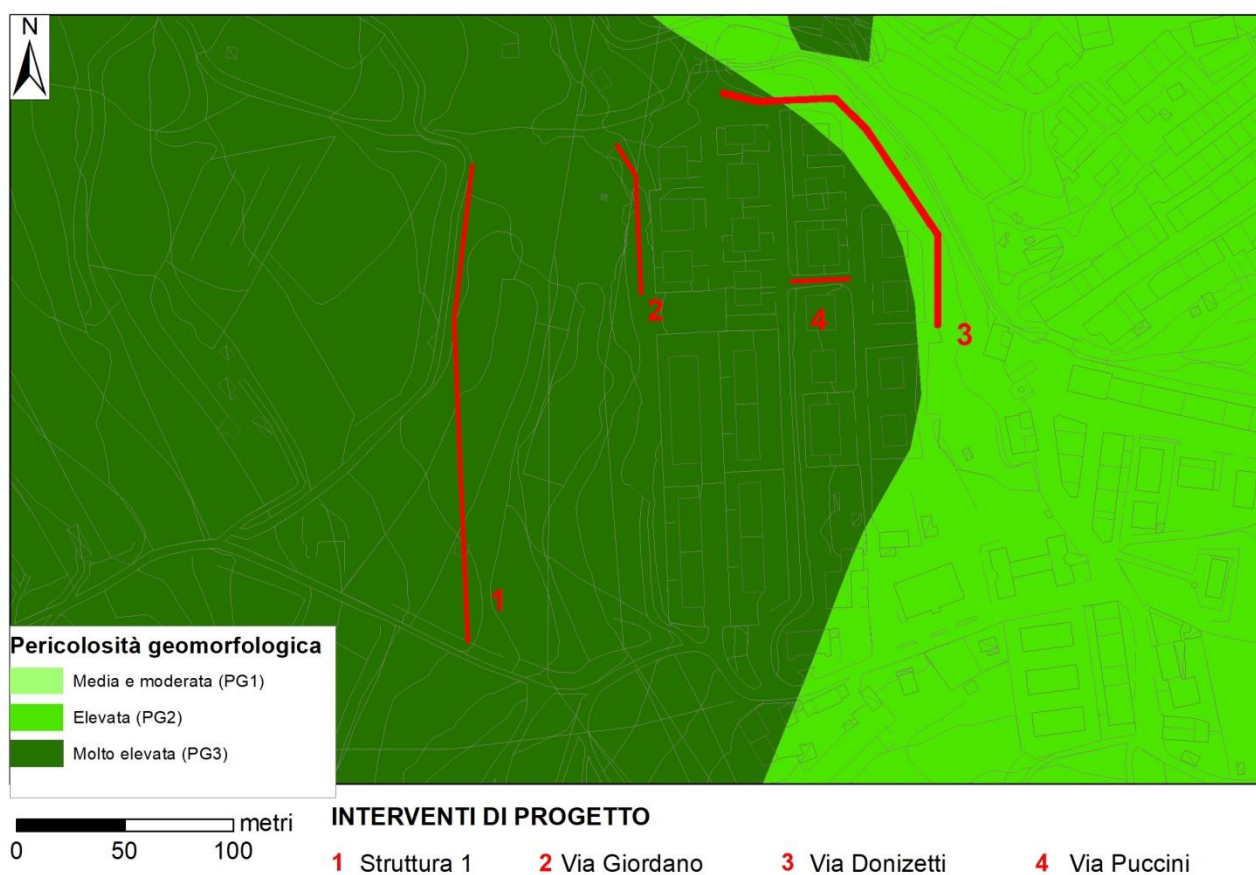


Figura 1.1: Sovrapposizione degli interventi di progetto con le perimetrazioni della Pericolosità Geomorfologica del PAI.



2 RIFERIMENTI NORMATIVI

Gli aspetti geologico-tecnici che riguardano la presente progettazione sono stati esaminati alla luce delle seguenti Norme vigenti:

- D.M. Infrastrutture 14/01/2008 e ss.mm.ii.: Testo Unico, Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le Costruzioni “ di cui al D.M. 14 gennaio 2008. Circolare 2 febbraio 2009;
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: Pericolosità sismica e criteri per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n.36 del 27/07/2007;
- Eurocodice 8 (1998): Indicazioni progettuali per la resistenza fisica delle strutture - Parte 5: Fondazioni, strutture di contenimento ed aspetti geotecnici (stesura finale 2003);
- Eurocodice 7.1 (1997) Progettazione geotecnica – Parte I: Regole Generali – UNI;
- Eurocodice 7.2 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita da prove di laboratorio (2002). UNI;
- Eurocodice 7.3 (2002) Progettazione geotecnica – Parte II: Progettazione assistita con prove in sito (2002). UNI;
- Legge 4 agosto 1984, n. 464: Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio Geologico della Direzione Generale delle Miniere del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale (Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo);
- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ss.mm.ii.: Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- Legge Regione Puglia n.04/14: “Semplificazioni del procedimento amministrativo. Modifiche ed integrazioni alla L.R. n°11/01, alla L.R. n°44/12 ed alla L.R. n°19/13;
- D.Lgs n. 152/06: *Norme in materia ambientale (Testo Unico Ambiente)*;
- Decreto del Commissario Delegato Emergenza Ambientale 19 dicembre 2005, n. 209 Definizione e predisposizione, ai sensi del combinato disposto degli artt. 2, comma 1, e 7, comma 3, Ordinanza 22 marzo 2002, n. 3184 Ministero dell'Interno delegato per il coordinamento della protezione civile, del “Piano di Tutela delle Acque” di cui all'art. 44 D.Lgs. n. 152/1999;



- Giugno 2002: *Piano Direttore a stralcio del Piano di Tutela delle Acque - Commissario Delegato per l'Emergenza Ambientale, Presidente della Regione Puglia;*
- D.C.R. n. 230/09: *Approvazione Piano di Tutela delle Acque;*
- Regolamento Regionale 11 marzo 2015, n. 9: *“Norme per i terreni sottoposti a vincolo idrogeologico”.* (Bollettino Ufficiale della Regione Puglia - n. 38 suppl. del 18-03-2015).
- D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207: *Regolamento di esecuzione ed attuazione del Decreto Legislativo 12 Aprile 2006, n. 163, recante «Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE».* (G.U. n. 288 del 10 dicembre 2010);
- D.Lgs. 50/2016 (Codice Appalti): *Attuazione delle direttive 2014/23/UE, 2014/24/UE e 2014/25/UE sull'aggiudicazione dei contratti di concessione, sugli appalti pubblici e sulle procedure d'appalto degli enti erogatori nei settori dell'acqua, dell'energia, dei trasporti e dei servizi postali, nonché per il riordino della disciplina vigente in materia di contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture* (G.U. n. 91 del 19 aprile 2016);
- Legge 4 agosto 1984, n. 464: *Norme per agevolare l'acquisizione da parte del Servizio Geologico della Direzione Generale delle Miniere del Ministero dell'Industria, del Commercio e dell'Artigianato, di elementi di conoscenza relativi alla struttura geologica e geofisica del sottosuolo nazionale* (Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo);
- D.P.R. 6 giugno 2001, n. 380 e ss.mm.ii.: *Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;*
- Decreto del Commissario Delegato Emergenza Ambientale 19 dicembre 2005, n. 209: *Definizione e predisposizione, ai sensi del combinato disposto degli artt. 2, comma 1, e 7, comma 3, Ordinanza 22 marzo 2002, n. 3184 Ministero dell'Interno delegato per il coordinamento della protezione civile, del “Piano di Tutela delle Acque” di cui all'art. 44 D.Lgs. n. 152/1999.*
- Legge Regione Puglia n.04/14: *Semplificazioni del procedimento amministrativo. Modifiche ed integrazioni alla L.R. n°11/01, alla L.R. n°44/12 ed alla L.R. n°19/13;*
- D.P.R. 120/2017: *Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell'articolo 8 del decreto-legge 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla legge 11 novembre 2014, n. 164.*

Sono stati inoltre considerati i rapporti esistenti tra gli interventi di progetto con gli aspetti geologico-tecnici alla luce dei seguenti Piani vigenti:



➤ **P.T.A. (Piano di Tutela delle Acque)**

Deliberazione Giunta Regione Puglia n. 1441 del 04/08/2009, pubblicata sul BURP n. 130 suppl. del 24-8-2009 "Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia" - art. 121 del D. Lgs. n. 152/2006;

➤ **P.P.T.R. (Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia)**

Deliberazione Giunta Regione n. 176 del 16/02/2015 e ss.mm.ii, pubblicata sul BURP n. 39 del 23.03.2015, *Approvazione del Piano Paesaggistico Territoriale della Regione Puglia (PPTR)*;

➤ **P.A.I. (Piano di Bacino Stralcio per l'Assetto Idrogeologico)**

Deliberazione Comitato Istituzionale n.39 del 30/11/2005: Approvazione del Piano di Bacino della Puglia, stralcio "Assetto Idrogeologico" e delle relative Misure di Salvaguardia;

➤ **P.T.C.P. (Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale di Foggia)**

Deliberazione del Consiglio Provinciale n. 84 del 21.12.2009 approvazione definitiva.

➤ **Strumento Urbanistico del Comune di Deliceto**



3 INQUADRAMENTO TERRITORIALE ED INTERVENTI DI PROGETTO

Gli interventi di progetto ricadono integralmente all'interno del territorio comunale di Deliceto in provincia di Foggia all'interno del Foglio I.G.M. n° 174 Quadrante I Sud-Est (Tavoletta Deliceto) scala 1:25.000. **Fig. 3.1.**

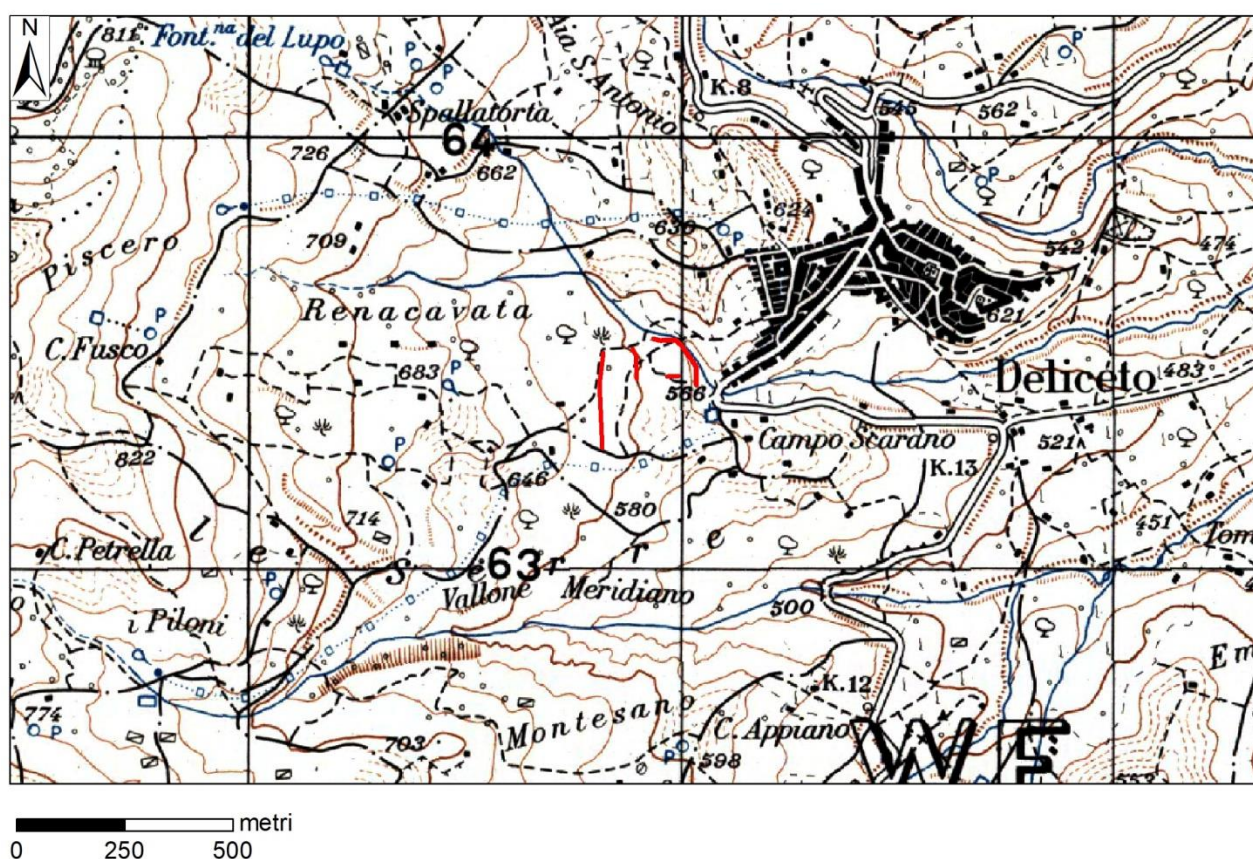


Figura 3.1: Inquadramento territoriale dell'area di intervento su stralcio IGM 1:25.000.

Entrando nel dettaglio, gli interventi di progetto si estendono tra la periferia meridionale del Comune di Deliceto ("Zona 167"), in un'area di recente lottizzazione, e parte del versante di Arena Cavata prospiciente ad esso (**Fig. 3.2**).

Gli interventi sono collocati a quote comprese tra 580 m s.l.m. in corrispondenza degli interventi di via Donizetti fino a 612 m s.l.m. in prossimità di Strada Arena Cavata in cui sono previsti gli interventi della "Struttura 1".



Figura 3.2: Area di intervento su CTR.

Gli interventi in progetto si distinguono a seconda delle zone d'interesse in:

- **Struttura di Via Donizetti:** questa sarà costituita da una paratia di pali trivellati in calcestruzzo armato, per uno sviluppo complessivo di 175,00 m. I pali del diametro di 0,60 m hanno interasse di 1,20 m e sono lunghi 10,00 m, tutti raccordati in testa da un cordolo in calcestruzzo armato delle dimensioni in sezione di 0,80x0,80 m. Sulla parte più esterna del cordolo verrà realizzato un piccolo setto dello spessore di 0,10 m, con altezza variabile secondo il profilo della struttura, atto a ospitare la recinzione. Sul cordolo inoltre verrà realizzato a regola d'arte il marciapiede.
- **Struttura di Via Umberto Giordano:** la struttura, atta al contenimento del pendio prospiciente la strada in oggetto, sarà realizzata con un muro di sostegno fondato su pali. Il muro ha paramento verticale alto 3,00 m e spesso 0,40 m, rivestito in pietra, con fondazione a mensola spessa 0,60 m; il tutto è fondato su pali di fondazione del diametro di 1,00 m, lunghi 10,00 m ad interasse di 1,60 m.



- Struttura 1: la struttura sarà realizzata in corrispondenza del limite della lottizzazione presente nella zona in oggetto; questa sarà costituita da una paratia di pali trivellati e gettati in opera, per uno sviluppo totale di 227,00 m. I pali del diametro di 0,80 m hanno interasse di 2,00 m e sono lunghi 20,00 m, tutti raccordati in testa da un cordolo in calcestruzzo armato delle dimensioni in sezione di 1,00x1,00 m. In un tratto della paratia, la stessa sarà sormontata da una fila di gabbioni, utili alla riprofilatura del pendio.
- Struttura di Via Puccini la struttura ha lo scopo di sostegno alla scala di collegamento tra Via Puccini e Via Rossini; questa è realizzata a mezzo di gabbioni realizzati mediante rete metallica e riempiti di pietrame.



4 CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE E GEOLOGICHE

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area in esame ricade nel foglio 174 della Carta Geologica d'Italia a scala 1:100.000. Essa è compresa nelle strutture dell'Appennino Dauno, allineate principalmente secondo la direzione NO-SE. I sedimenti che vi affiorano appartengono ad unità oligoceniche e mioceniche. La formazione basale è data dalle argille del Flysch rosso, derivante dal margine esterno della piattaforma carbonatica campano-lucana e da quello interno della piattaforma Apula. Gli apporti di derivazione apula nella parte alta della formazione consistono in argille bentonitiche. Essenzialmente il Flysch rosso è costituito da argilliti e marne di colore rossastro, subordinatamente verde e grigio, cui si intercalano diaspri, calcareniti e calciruditi in strati e banchi. Lo spessore totale si aggira sui 200-300 m e l'età è oligocenico-aquitania. L'evoluzione sedimentaria dalle peliti del Flysch rosso ai flysch irpini è la testimonianza della fase tettonogenetica langhiana. In zona, delle unità irpine la formazione più rilevante è rappresentata dal Flysch di Faeto, esso si è depositato in un bacino detto Irpino formatosi in seguito a deformazioni nell'ambito dei domini appenninici nel Miocene inf-medio. Il margine interno di questo bacino era dato da una serie di unità stratigrafiche a coltri sovrapposte e rappresentava un margine in compressione, mentre il margine esterno era un margine in distensione rappresentato dalla piattaforma carbonatica Apula. Dallo smantellamento di quest'ultima derivavano gli apporti calcarei da Est che hanno dato origine, come torbiditi calcaree, al Flysch di Faeto, mentre da Ovest arrivavano gli apporti arenacei che hanno originato il Flysch di S.Bartolomeo. La sedimentazione del bacino si interrompe al Miocene superiore, quando una fase tettonica porta alla traslazione verso Est e alla emersione dei sedimenti. Nello specifico, il Flysch di Faeto è costituito da un'alternanza di calcari, calcari marnosi, calcareniti, marne ed argille. Per quanto riguarda la tettonica, l'area dove affiorano sedimenti miocenici, risente dei corrugamenti che hanno interessato in più epoche tutto l'Appennino meridionale, si presenta interessata da una tettonica complessa, caratterizzata dalla presenza di pieghe asimmetriche e pieghe-faglie che hanno portato a locali accavallamenti. Le strutture di tipo plicative si rinvencono quasi tutte con assi orientati secondo la direttrice NO-SE e mostrano costanti vergenze a NE. Faglie di notevole rigetto si possono rilevare lungo i contatti tra i diversi complessi litostratigrafici. Essi presentano principalmente due sistemi di fratture; un sistema longitudinale isorientato con la catena appenninica con direttrice media NNO-SSE; un sistema trasversale grossomodo ortogonale al precedente.



4.2 STRATIGRAFIA

I caratteri stratigrafici sono stati ricostruiti sulla base del rilevamento geologico di superficie integrato dalle stratigrafie dei sondaggi geognostici utilizzando come base conoscitiva il F° 174 “Ariano Irpino” della Carta Geologica in scala 1:100.000 ed il F° 421 “Ascoli Satriano” della Carta Geologica in scala 1:50.000 con le Note Illustrative.

I terreni interessati sono costituiti da sabbie ed argille plioceniche, che poggiano con contatto stratigrafico e per alternanze sulla formazione del Flysch di Faeto.

Su tale formazione come si è detto in precedenza poggiano con contatto trasgressivo le unità plioceniche costituite da sabbie ed argille.

Le sabbie sono calcareo silicatiche e passano, stratigraficamente, verso il basso a conglomerati, verso l'alto ad argille ed argille sabbiose grigio-azzurre. Su tali terreni poggiano depositi di antichi bacini di frane.

I depositi pliocenici affiorano nell'area oggetto d'intervento ed in particolare nella parte Sud del centro urbano di Deliceto.

Poiché i depositi pliocenici sono caratterizzati da notevoli variazioni di facies, sia in senso verticale che laterale, è stato necessario individuare più successioni litostratigrafiche, al fine di chiarire i rapporti fra i vari litosomi. Esse, in genere, iniziano con termini trasgressivi quali conglomerati e sabbie, presentano argille e silt argillosi nella parte intermedia e finiscono con sabbie e conglomerati. Questi ultimi litotipi possono formare delle intercalazioni nelle sabbie inferiori, anche di notevole spessore.

Il grado di cementazione dei conglomerati e delle sabbie è variabile.

Tali terreni poggiano in trasgressione sulla formazione del Flysch di Faeto.

Le principali unità stratigrafiche, affioranti nel settore di intervento appartengono (così come definito dalla cartografia CARG in scala 1:50.000) al Supersistema di Ariano Irpino, costituito da sedimenti clastici depositatisi nei bacini di “piggy-back” nel periodo geologico compreso tra il Pliocene inferiore e superiore.

L'area in studio rientra nel progetto CARG con il Foglio 421 Ascoli Satriano, pertanto si riporta di seguito uno stralcio della carta geologica 1: 50.000 (**Figura 4.2.1**).



PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA

CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835.

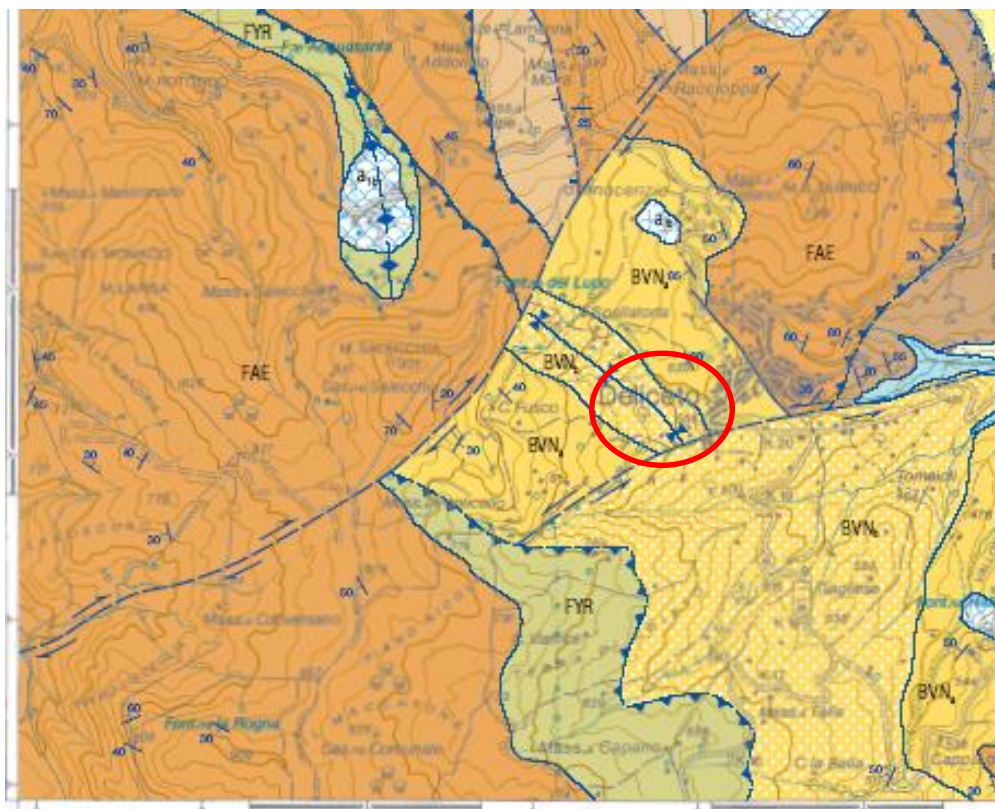


Figura 4.2.1: Stralcio Foglio 421 “Ascoli Satriano” della Carta Geologica 1:50.000 ed individuazione dell'area di intervento (legenda **Fig.4.2.2**).

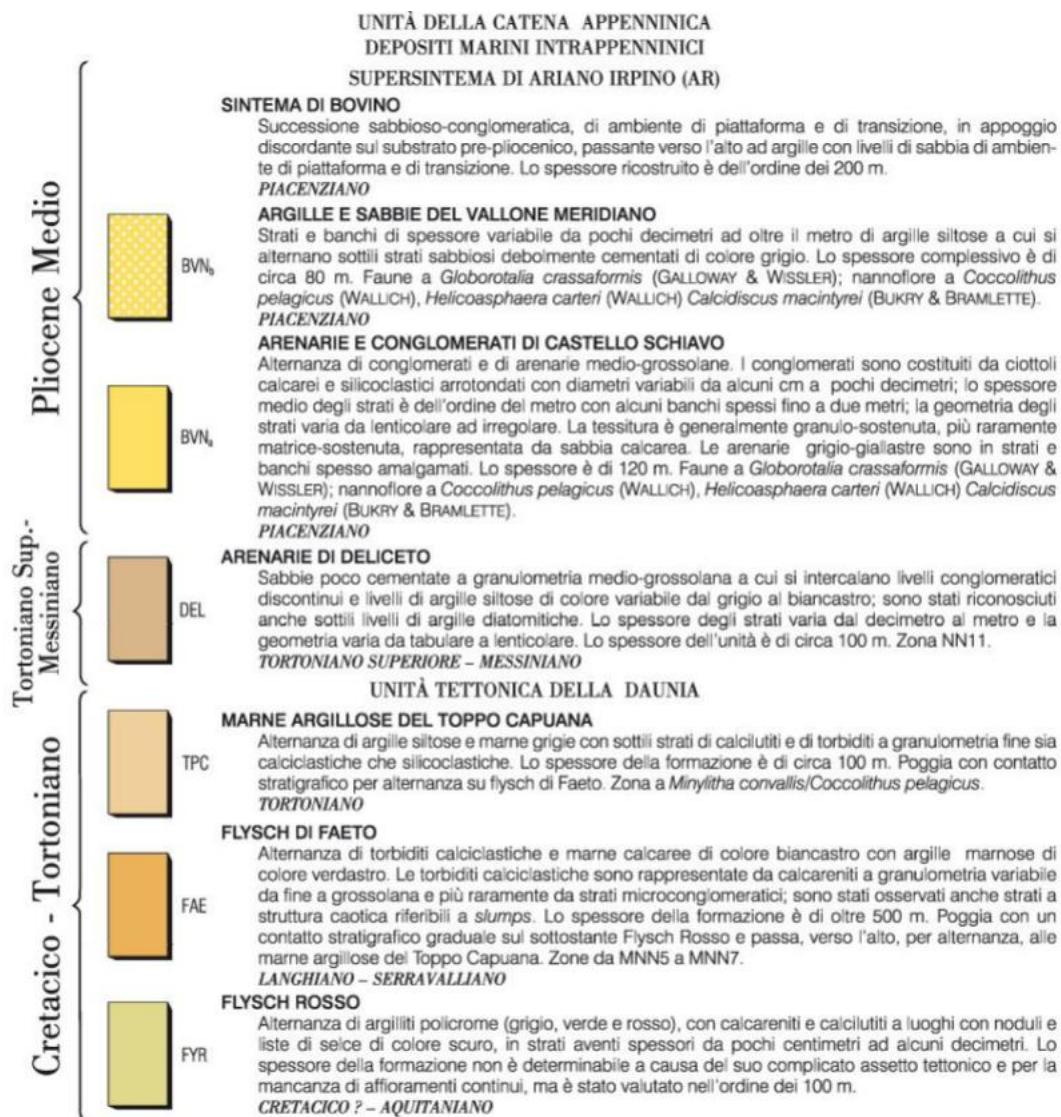


Figura 4.2.2: Stratigrafia del Foglio 421 "Ascoli Satriano" della Carta Geologica 1:50.000.



4.3 GEOMORFOLOGIA

L'area rientra nei primi rilievi appartenenti al sistema orografico dei monti della Daunia, la morfologia è quella tipica collinare che presenta tuttavia lungo alcune direzioni profili morfologici variabili e frequentemente acclivi a causa dell'evoluzione tettonica e delle condizioni litologiche, soprattutto dove la componente litica è predominante.

L'abitato di Deliceto è ubicato su un territorio estremamente variabile dal punto di vista morfologico.

È possibile distinguere alti morfologici costituiti dalla porzione calcareo-argillosa del Flysch di Faeto e dalle arenarie plioceniche contrapposti a bassi strutturali modellatisi essenzialmente nei terreni argillosi del flysch miocenico.

Analogamente ad altri borghi limitrofi dell'area dauna, il centro storico dell'abitato di Deliceto è stato collocato al di sopra di uno degli alti morfologici descritti mentre la progressiva espansione urbana ha coinvolto i terreni più "soffici".

Questa espansione urbana ha determinato nel tempo che alcune delle porzioni di più recente costruzione, quali la "Zona 167" in corrispondenza degli interventi di progetto, e di alcuni edifici pubblici, venissero coinvolti nei movimenti franosi.

In generale il territorio di Deliceto è fortemente interessato dai movimenti franosi, sia attivi che quiescenti, innescati dallo scalzamento al piede operato dalle profonde incisioni torrentizie che bordano a nord e a sud il centro abitato.

Allo stato attuale, fenomeni attivi si riscontrano in gran parte nei pressi del campo sportivo; altri, relativamente importanti, in cui si è intervenuti con opere di consolidamento si rinvencono nelle immediate vicinanze del centro storico che risulta invece saldamente ancorato al substrato roccioso.

L'area indagata è rappresentata principalmente dal versante Sud Ovest del centro urbano sino al sottostante Torrente Fontana.

Il versante di Arena Cavata si presenta urbanizzato nella parte bassa, mentre è costituito da terreni agricoli incolti a monte del centro abitato, con case sparse. Nell'area sono presenti edifici privati, edifici pubblici strategici ed infrastrutture pubbliche.

Un grosso bacino di frana interessa con la sua parte terminale la zona Arena Cavata, la frana del tipo colamento incombe sul centro abitato. Sono state già realizzate opere di consolidamento nella parte a valle ed è necessario completare l'intervento con opere a monte del centro abitato al fine di consolidare il movimento franoso.

La *Carta Idrogeomorfologica* redatta dall'AdB allegata al PAI, Foglio 421, (**Fig.4.3.1**) ha perimetrato la frana che interessa l'area di intervento coerentemente alla perimetrazione derivante



dell'Inventario dei Fenomeni Franosi (IFFI) e dall'Archivio Ufficiale del censimento frane redatto sulla base di studi di fotointerpretazione della Provincia di Foggia.



Figura 4.3.1: Stralcio della Carta Idrogeomorfologica allegata al PAI.

4.3.1 Caratterizzazione geomorfologica del movimento franoso

L'area oggetto di intervento ricade in corrispondenza del "piede" del movimento franoso, lungo la sua zona di accumolo.

La perimetrazione del corpo franoso sul campo è risultata difficoltosa in quanto la zona oggetto di intervento risulta interessata, quasi integralmente, da abitazioni di recente realizzazione.

Le attività di scavo e le sistemazioni di questa zona del versante propedeutiche alla realizzazione della lottizzazione hanno, in definitiva, obliterato le originarie morfologie tipiche della zona di accumulo (unghia, fessure radiali, rigonfiamenti trasversali, punto inferiore).

Proseguendo l'analisi del corpo franoso verso monte (lungo la direzione Ovest) è stata riscontrata difficoltà nel discriminare i terreni mobilitati dal movimento franoso da quelli fuori frana a causa



delle intense attività agricole presenti subito a monte della zona di intervento e della fitta vegetazione presente più a monte ovvero avvicinandosi lungo l'ipotetica zona di distacco (**Fig. 4.3.1.1**).

Per tale ragione si è scelto di identificare il corpo franoso con le perimetrazioni derivanti dal progetto I.F.F.I (Inventario Fenomeni Franosi Italiani), corrispondente alla perimetrazione in PG3 che interessa l'area oggetto degli interventi di mitigazione.

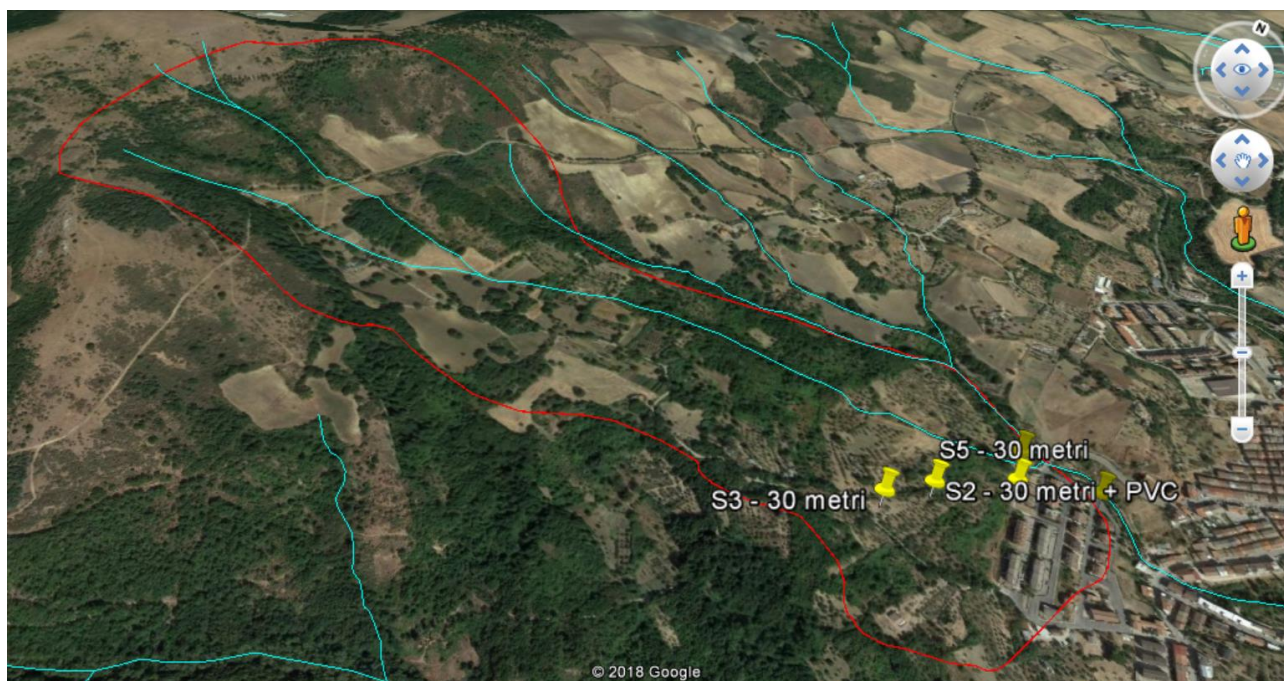


Figura 4.3.1.1: In rosso, la perimetrazione del corpo di frana (secondo la perimetrazione I.F.F.I.) che interessa l'area oggetto degli interventi di mitigazione.

In azzurro, le aste del reticolo idrografico presenti nella *Carta Idrogeomorfologica* dell'AdB Puglia.

Si noti come i limiti ed il corpo franoso stesso siano interessati da edifici, attività agricole, boschi. (Fonte dell'immagine Google Earth, 2017. Vista 3D direzione S-N).

Tuttavia, aumentando il fattore di scala verticale pari a 2 nel software opensource di visualizzazione cartografica *GoogleEarth*, è possibile notare come la parte più a monte del versante, sebbene di difficile accesso sul campo, corrisponda effettivamente alla zona di distacco individuata dal suo coronamento (**Fig. 4.3.1.2**).

Pertanto è possibile affermare che la perimetrazione del corpo franoso, presente in località Arena Cavata, individuata secondo il progetto I.F.F.I risulta coerente con l'attuale conformazione del territorio sebbene i suoi fianchi e l'esatta estensione della zona di accumulo risultino di più complicata interpretazione a causa della presenza, rispettivamente, di boschi e abitazioni.



Figura 4.3.1.2: Individuazione della zona di distacco e del coronamento del corpo franoso utilizzando una esagerazione di scala verticale pari a 2 (Fonte dell'immagine Google Earth, 2017).

Le perimetrazioni del corpo franoso presente in località Arena Cavata, sono state riportate a scala progettuale 1:2.000 nell'elaborato grafico **2.2.a: Carta Geomorfologica – movimento franoso** di cui se ne riporta uno stralcio nella presente relazione (**Figura 4.3.1.3-4**).

Il presente elaborato consente di individuare i principali elementi fisionomici del corpo franoso quali il coronamento, la zona di distacco, il fianco destro e quello sinistro, il piede in corrispondenza della zona di accumulo e l'unghia lungo la sua parte terminale.

La perimetrazione del corpo franoso è stata sovrapposta alle litologie affioranti coinvolte, alle curve di livello presenti all'interno della Carta Tecnica Regionale in scala 1:5.000 aventi equidistanza 5 m ed ai principali elementi geomorfologici presenti quali aste del reticolo idrografico, faglie e creste di versante.

Secondo le informazioni forniti dal progetto I.F.F.I il movimento franoso viene descritto come movimento complesso, in particolare, la conformazione in pianta del corpo franoso e le litologie coinvolte sembrano indirizzare la sua esatta classificazione come movimento complesso non circolare con scivolamento in parte rotazionale ed in parte traslazionale tendente ad una colata in corrispondenza del piede.

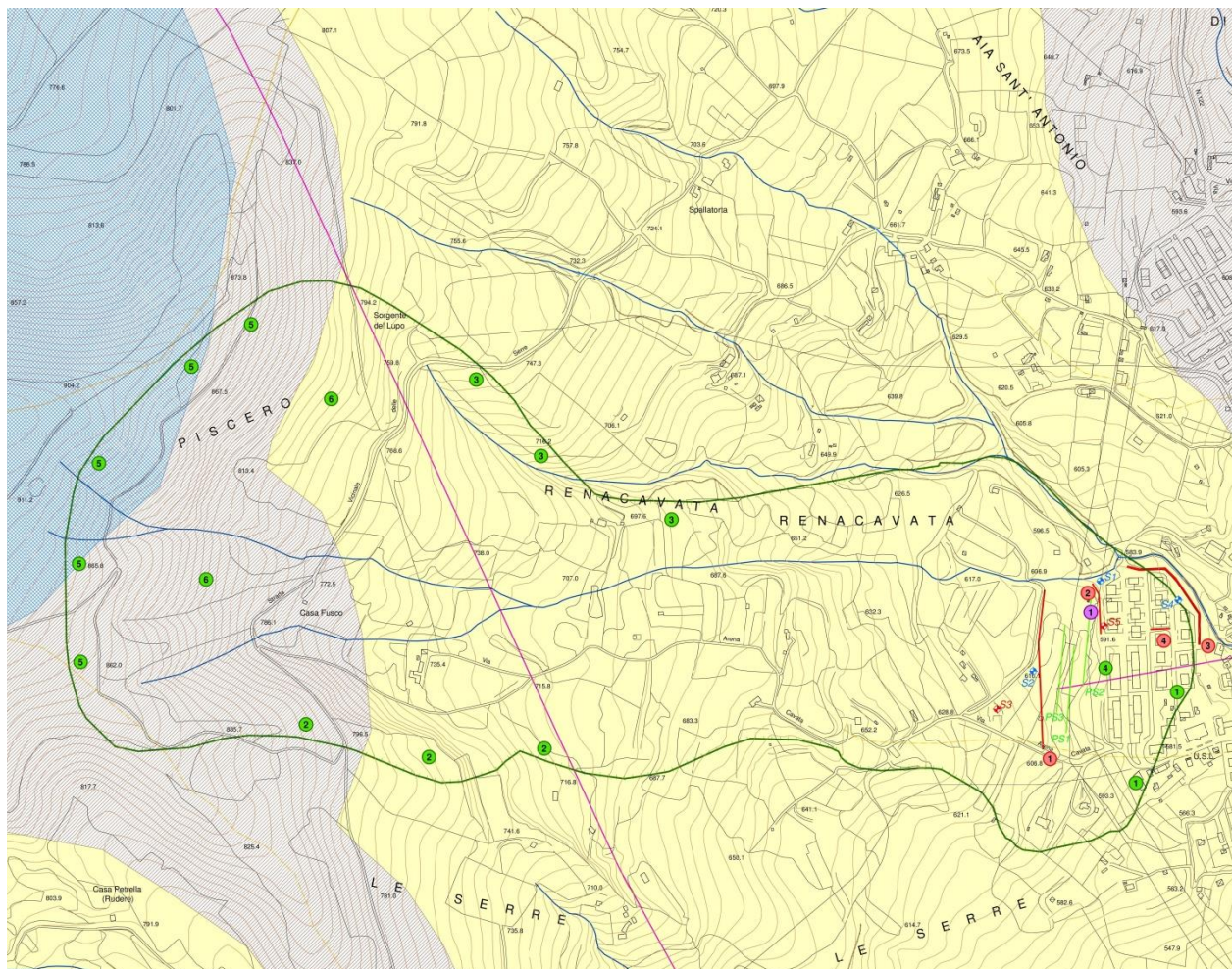


Figura 4.3.1.3: Stralcio dell'elaborato grafico 2.2.a: **Carta Geomorfologica – movimento franoso**, la legenda viene riportata nella figura di seguito.

**ELEMENTI DI PROGETTO**

- 1** Struttura 1
- 2** Struttura - Via Giordano
- 3** Struttura - Via Donizetti
- 4** Struttura - Via Puccini

INDAGINI GEOLOGICHE

- S3** Sondaggio a carotaggio continuo
- S2** Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con piezometro
- PS1** Profili sismici Re.Mi. - Sismica a Rifrazione

STRATIGRAFIA

- BNV b: SINTEMA DI BOVINO. Argille e sabbie del Vallone Meridiano**
- BNV a: SINTEMA DI BOVINO. Arearie e conglomerati di Castello Schiavo**
- FAE: Flysch di Faeto**

TETTONICA

- Faglie

FORME ED ELEMENTI LEGATI ALL'IDROGRAFIA SUPERFICIALE

- Reticolo idrografico

FORME DI MODELLAMENTO DI CORSO D'ACQUA

- Ripe di erosione fluviale

FORME DI VERSANTE**Creste****TIPO**

- Asse di dislivvio
- Cresta affilata
- Cresta smussata
- Frana oggetto dei lavori di mitigazione (da Inventario I.F.F.I.)

Caratterizzazione morfologica del movimento franoso

- 1** Unghia
- 2** Fianco destro
- 3** Fianco sinistro
- 4** Piede (Zona di accumulo)
- 5** Coronamento
- 6** Zona di distacco
- 1** Evidenze fotografiche di scarpate secondarie

OROGRAFIA

- Isoipsa (equidistanza 5 m)

Figura 4.3.1.4: Legenda dell'elaborato grafico **2.2.a: Carta Geomorfologica – movimento franoso** di Figura 4.3.1.3.

Come riportato nella **Planimetria 2.2.a (Figura 4.3.1.3-4)**, è possibile osservare che l'area di distacco del corpo franoso si è attivato in corrispondenza di litologie arenaceo-conglomeratiche tali da giustificare la rottura del pendio secondo pendenze elevate.

Il corpo franoso individuato dal progetto I.F.F.I. si estende lungo un'area di circa 71,74 ettari (ha).

La sua lunghezza massima, calcolata dal coronamento alla sua unghia è di circa 1.560 m.

La larghezza della superficie di rottura è di circa 710 m.

La larghezza della massa spostata è di circa 380 m.

La profondità della massa complessiva mobilitata non è stata di facile interpretazione a causa della difficoltà logistica, da parte delle sonde perforatrici meccaniche, di raggiungere le aree più a monte rispetto a quelle indagate.

A questo proposito le carote prelevate all'interno dei fori di sondaggio effettuati non hanno evidenziato la presenza di zone di scorrimento né materiale alterato o rimaneggiato da attività di scorrimenti-scivolamento.

I dettagli sulle possibili superfici di scorrimento sono stati calcolati e riportati graficamente all'interno delle verifiche geotecniche di stabilità globale, sia in condizioni ante-operam che post-operam, cui si rimanda.



I sopralluoghi effettuati nella zona all'interno della quale sono state edificate le abitazioni civili di recente realizzazione (via Giordano, via Puccini, via Rossini), situate in corrispondenza del piede del corpo franoso, non hanno evidenziato segni di dissesto o di movimento (lesioni, inclinazioni di pali della pubblica illuminazione, deformazione della sagoma stradale).

E' pertanto possibile confermare che l'attività del corpo franoso individuato dall'I.F.F.I. è classificabile come "quiescente".

Tuttavia, costeggiando le abitazioni presenti più a monte (lungo via Giordano), è stato possibile individuare alcune piccole scarpate, alte 2-4 metri, che sono in parte oggetto dei lavori di sistemazione previsti nella presente progettazione (**Fig. 4.3.1.5-8**).

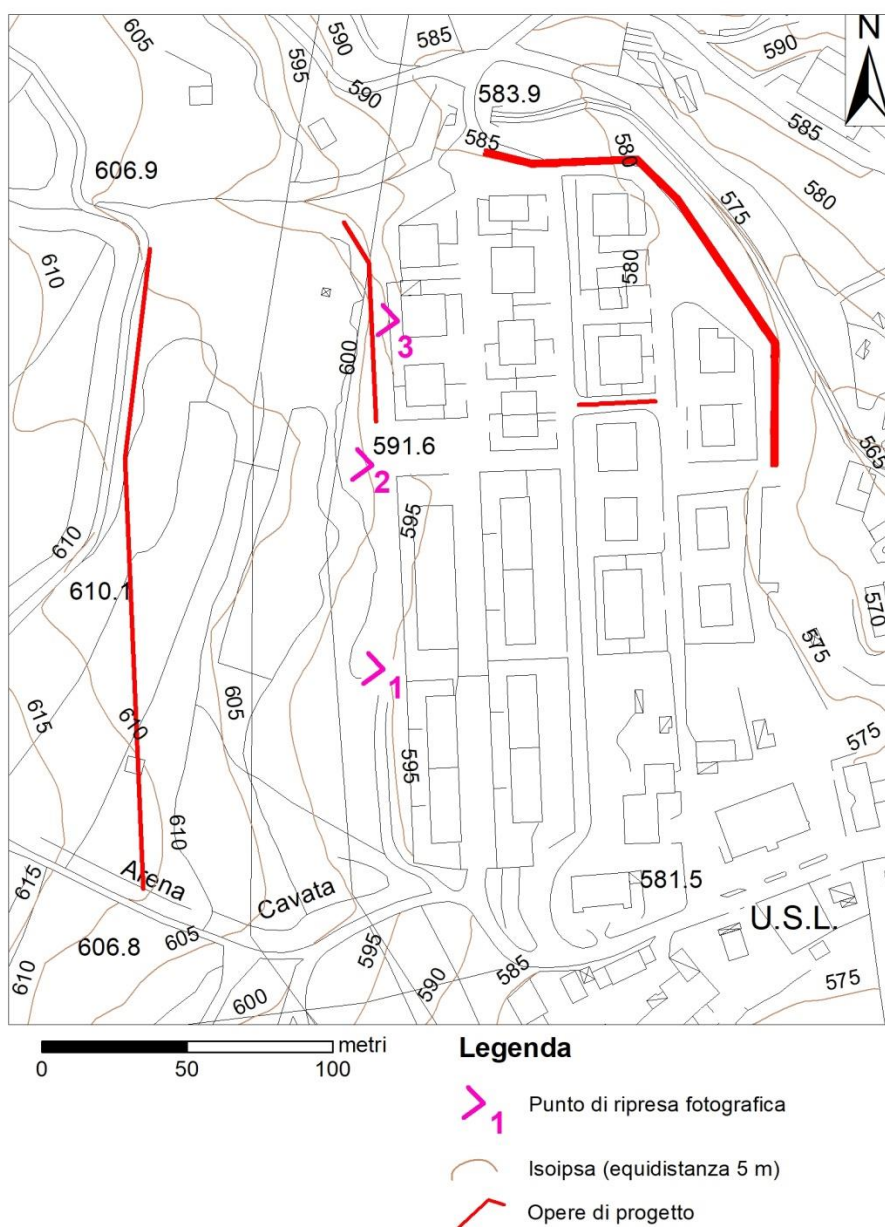


Figura 4.3.1.5: Punti di ripresa fotografica delle scarpate presenti a monte delle abitazioni di via Giordano.



Comune di Deliceto

PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA

CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835.



a)



b)

Figura 4.3.1.6: Punti di ripresa fotografica dal punto 1.

ROGETTISTI
RTP :

ac3
Studio AC3
Ingegnaria s.r.l.
Mandatario

finepro
FINANZIAMENTI E PROGETTI
FINEPRO s.r.l.
Mandante

Ing.
Gianfranco
LEANDRO
Mandante

Geol.
Sandro
MUSCILLO
Mandante

Ing.
Giuseppe
CAPUTO
Mandante



Comune di Deliceto

PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA

CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835.



a)



b)

Figura 4.3.1.7: Punti di ripresa fotografica dal punto 2.

ROGETTISTI
RTP :

ac3
Studio AC3
Ingegnaria s.r.l.
Mandatario

finepro
FINANZIAMENTI E PROGETTI
FINEPRO s.r.l.
Mandante

Ing.
Gianfranco
LEANDRO
Mandante

Geol.
Sandro
MUSCILLO
Mandante

Ing.
Giuseppe
CAPUTO
Mandante



Comune di Deliceto

PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA

CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835.



a)



b)

Figura 4.3.1.8: Punti di ripresa fotografica dal punto 3.

ROGETTISTI
RTP :

ac3
Studio AC3
Ingegnaria s.r.l.
Mandatario

finepro
FINANZIAMENTI E PROGETTI
FINEPRO s.r.l.
Mandante

Ing.
Gianfranco
LEANDRO
Mandante

Geol.
Sandro
MUSCILLO
Mandante

Ing.
Giuseppe
CAPUTO
Mandante



Si chiarisce in questa sede che l'area in cui ricadono le piccole scarpate, sopra illustrate, non costituiscono elemento di pericolo per le abitazioni di via Giordano in quanto sono state oggetto di verifica geotecnica, cui si rimanda.

Per quanto riguarda la tendenza evolutiva del corpo franoso di Arena Cavara è possibile affermare che non si evidenziano, all'attualità, forme attive, tuttavia considerata la notevole estensione e la complessità del movimento franoso, potrebbero innescarsi fenomeni di reinnescimento ad esempio legati ad erranee pratiche agricole o fenomeni di riattivazione per sismo-induzione anche in relazione alla classificazione sismica del Comune di Deliceto ricadente in Zona 1, secondo le vigenti normative in materia di classificazione sismica O.P.C.M. n. 3274/2003 e s.m.i..

Secondo la classificazione senso WP/WLI, 1993 è possibile lo *stato di attività* del corpo franoso come **quiescente**.

Sempre secondo la classificazione sensu WP/WLI a-b, 1993, in relazione alla *distribuzione del movimento* è possibile classificarlo come **confinato** in quanto non è possibile individuarne la superficie di rottura al piede in quanto obliterata dalla realizzazione della recente lottizzazione.

Lo stile di attività è di tipo *complesso*.

Secondo la classificazione di Cruden e Varnes, 1996, è possibile classificare lo *stato di attività* del corpo franoso come **quiescente**, la *distribuzione del movimento* come **confinato**, lo stile di attività: **complessa**.

In relazione al *primo movimento* del corpo franoso in oggetto, considerate le litologie arenaceo conglomeratiche coinvolte in corrispondenza della zona di distacco, potrebbe essere di tipo *rapido* con contenuto d'acqua umido (wet), coinvolgendo materiali prevalentemente *lapidei* (rock) secondo uno *scivolamento* (slide).

Il *secondo movimento* potrebbe essere *lento* avendo coinvolto litologie sempre *umide* ma di tipo *sciolto* (earth) secondo uno *scorrimento* (flow).

4.4 TETTONICA

Nell'areale di Deliceto è possibile riconoscere porzioni di strutture riconducibili ad un sistema di thrust e pieghe che si sviluppa essenzialmente in direzione appenninica (NW-SE).

Nell'ambito dell'area di intervento, ad occidente dell'anticlinale di Deliceto, è possibile individuare una blanda sinclinale che coinvolge i terreni pliocenici affioranti nell'area di intervento di Arena Cavata e presenta al nucleo argille di colore grigio azzurre. In alcuni casi la struttura presenta fianchi inclinati fino a 40°. Il contatto tra depositi sabbioso-argillosi pliocenici ed il substrato



prepliocenico è rappresentato da una discordanza angolare che difficilmente risulta osservabile in campagna.

I depositi individuati vengono ripetutamente fagliati da strutture distensive orientate sia in senso appenninico che antiappenninico. A sud di Deliceto, un lineamento tettonico, rappresentato da una faglia ad alto angolo orientata all'incirca SW-NE mette a contatto i depositi del Flysch di Faeto con quelli relativi ad una alternanza argilloso-calcareo di attribuzione incerta (Progetto di Microzonazione sismica di I livello dei Centri abitati della Provincia di Foggia).



5 SISMICITA'

Il Comune di Deliceto ricade in zona 1 secondo la classificazione sismica del territorio nazionale (OPCM 3274 del 20/03/2003) a cui corrisponde un'accelerazione $a_g > 0.25$, con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni (OPCM 3519 del 28/04/2006).

5.1 SISMICITÀ STORICA

Tra gli eventi sismici storicamente documentati che hanno causato vittime in Puglia, i più gravi si sono verificati nella parte settentrionale, coincidente con la provincia di Foggia. In particolare, tre eventi hanno assunto i caratteri di autentica catastrofe e cioè i terremoti di Ascoli Satriano del 17 luglio 1361, quello della Capitanata settentrionale del 30 luglio 1627 e quello del Foggiano centro-meridionale del 20 marzo 1731. I primi due terremoti hanno prodotto effetti massimi stimati intorno al X grado della scala M.C.S. (Mercalli - Cancani - Sieberg) causando vittime nell'ordine di alcune migliaia e il terzo evento ha prodotto effetti fino al IX grado M.C.S. con un numero di vittime più incerto ma comunque rilevante (almeno nell'ordine del migliaio: cfr. Boschi et al. 2000). L'evento meglio studiato è quello del 1627, che è stato il più disastroso terremoto documentato nella storia sismica della Puglia. Le cronache dell'epoca hanno portato a valutare che questo terremoto causò almeno 5000 vittime concentrate soprattutto tra Serracapriola, Lesina, San Paolo di Civitate, Apricena, Torremaggiore e San Severo.

Per quanto riguarda la sismicità storica del territorio di Deliceto, 4 sono i risentimenti superiori al VII grado MCS, di cui l'evento sismico maggiormente risentito (IX grado MCS) corrisponde al terremoto del 1361, con epicentro nell'area di Ascoli Satriano.

Nella **Tab. 5.1.1** e **Fig. 5.1.1** sono riportati i maggiori eventi sismici dell'area (GdL CPTI, 2004).

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
7	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10	6.52
6-7	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11	7.12
NF	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7	5.2
NF	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
NF	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5.39
4	1899 08 16 00 05	Subappennino dauno	32	6	4.57
2	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
6	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
6-7	1927 12 27 08 49	Deliceto	2	5-6	4.4
8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
3-4	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4.64



Comune di Deliceto

PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA

CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835.

6-7	1948 08 18 21 12 20.00	Gargano	58	7-8	5.55
4	1956 09 22 03 19 39.00	Gargano	57	6	4.64
6-7	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
4-5	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4.83
NF	1977 07 24 09 55 29.00	Irpinia	85	5-6	4.37
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
3-4	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta	342	7	5.47
3-4	1989 03 11 21 05	Gargano	61	5	4.34
4-5	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
2	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
NF	1992 11 05 13 34 27.86	Gargano	32	5	4.34
4-5	1995 09 30 10 14 33.86	Gargano	145	6	5.15
3-4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
2	1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	45	5	4.31
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
3	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
3	2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	156	5	4.41
5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64
NF	2006 10 04 17 34 20.50	Adriatico centrale	98	4-5	4.3

Tabella 5.1.1: Elenco terremoti storici risentiti nel territorio di Deliceto (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

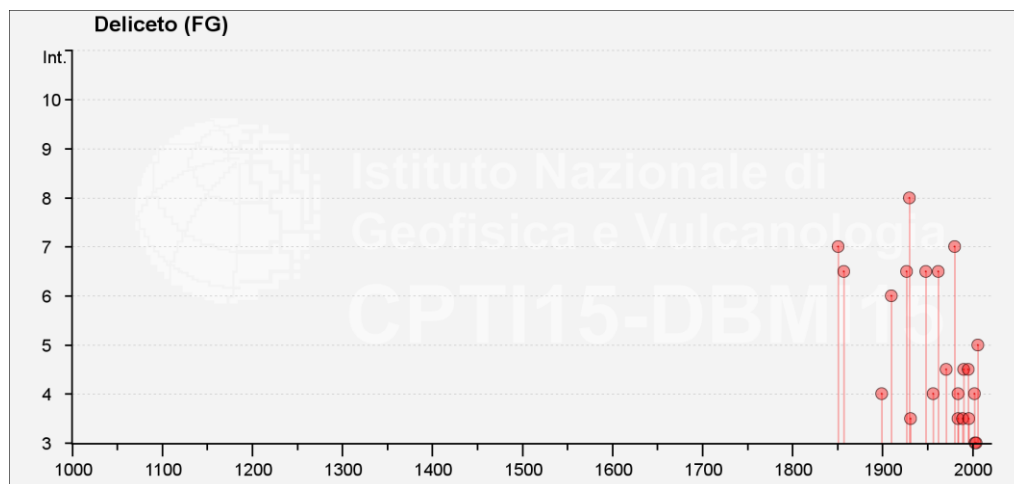


Figura 5.1.1: Elenco terremoti storici per intensità risentiti nel territorio di Deliceto (https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_place/).

ROGETTISTI
RTP :

ac3
Studio AC3
Ingegnaria s.r.l.
Mandatario

ofinepro
FINEPRO s.r.l.
Mandante

Ing.
Gianfranco
LEANDRO
Mandante

Geol.
Sandro
MUSCILLO
Mandante

Ing.
Giuseppe
CAPUTO
Mandante



5.2 PERICOLOSITÀ SISMICA

Si riporta in seguito la tabella ove ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo a_g , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Zona	Intervallo di pertinenza della PGA (10% in 50 anni)	A_g max
1	$0,25 < a_g \leq 0,35 g$	$0,35 g$
2	$0,15 < a_g \leq 0,25 g$	$0,25 g$
3	$0,05 < a_g \leq 0,15 g$	$0,15 g$
4	$\leq 0,05 g$	$0,05 g$

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, infatti, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più tramite un criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Facendo espresso riferimento al vigente strumento di classificazione sismica del territorio italiano, redatto nel 2004 in recepimento delle disposizioni contenute nell'O.P.C.M. n. 3274/2003, il territorio amministrativo del Comune di Deliceto ricade in "Zona 1", ovvero in area con livello elevato di rischio sismico in cui possono verificarsi forti terremoti.

Volendo invece esprimere la pericolosità sismica in termini di massima accelerazione sismica del suolo di probabilità statisticamente apprezzabile, si può fare riferimento alle indicazioni contenute nella "Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale" redatta dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e pubblicata in allegato all'O.P.C.M. n. 3519/2006 sulla G.U. n. 108 dell'11 maggio 2006. In base alla suddetta mappa, di cui è riportato uno stralcio in **Fig. 5.2.1**, il territorio in esame ricade in zona di media pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (riferita a suoli rigidi di Categoria A così come definiti al punto 3.2.2 delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 14/01/2008) di $0,175 \div 0,200 g$, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

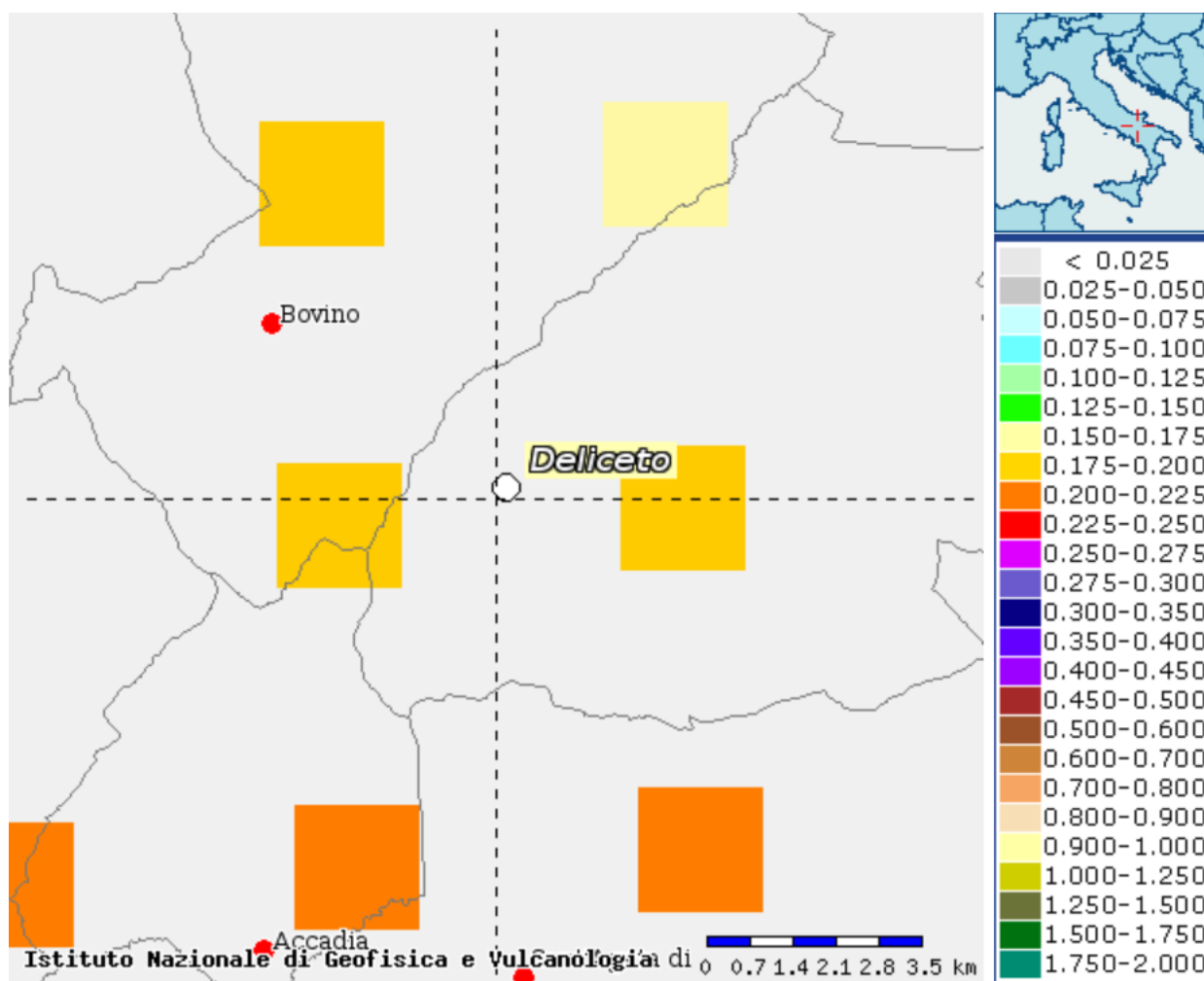


Figura 5.2.1: Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale allegata all'O.P.C.M. n. 3519/2006. Valori espressi in unità g. (Fonte: <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Il sito, a seguito dell'indagine sismica eseguita, risulta classificato come **Categoria del suolo C**, come dalle N.T.C. 2008.

**PROGETTO DEFINITIVO**

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA

CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835.

Tabella 3.2.II – Categorie di sottosuolo

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

Tabella 3.2.V – Espressioni di S_s e di C_c

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

Cc = coeff. F (Categ.sottosuolo)



6 IDROGEOLOGIA DELL'AREA

Il territorio compreso nel F° Ascoli Satriano ricade prevalentemente nella porzione medio-alta dei bacini del Torrente Cervaro e del Torrente Carapelle ed è caratterizzato da una morfologia pianeggiante o debolmente ondulata nel settore nord-orientale, che assume connotati decisamente collinari all'estremità sud-occidentale, dove vengono sfiorati i rilievi del SubAppennino Dauno.

6.1 CARATTERISTICHE IDROLOGICHE SUPERFICIALI

L'idrografia superficiale si sviluppa in direzione NO-SE con una densità di drenaggio che tende a decrescere verso NE; essa risulta dominata dai Torrenti Cervaro e Carapelle e da una serie di canali, marane, fiumare e fossi che in essi si immettono (**Fig. 6.1.1**).

Il regime idraulico di tali corsi d'acqua, se pur stagionale e strettamente legato all'andamento delle precipitazioni, è storicamente contraddistinto da rovinose piene ed esondazioni (D'Arcangeolo, 2000) che oltre ad ingenti danni alle infrastrutture e all'economia a vocazione agricola, causano talvolta la perdita di vita umane.

Sulla base del diverso grado di permeabilità e della posizione stratigrafica, le rocce affioranti possono riferirsi a diverse unità idrogeologiche.

L'unità idrogeologica principale, in termini di estensione e di utilizzo delle risorse idriche, è rappresentata dai depositi di copertura quaternari in cui sono incise le ampie valli dei corsi d'acqua principali della Piana del Tavoliere. Tale unità il cui spessore aumenta procedendo da SO verso NE, dove raggiunge circa 50 m, è costituita da una successione di terreni sabbioso-ghiaioso-ciottolosi, permeabili.

Ed acquiferi, con intercalazioni di livelli argillosi-siltosi a minore permeabilità, con ruolo di acquitardi. In questa unità l'acqua circola essenzialmente in condizioni di falda libera.

Tale unità coincide con la parte alta nonché con la zona di preferenziale ricarica del più ampio sistema acquifero a cui, nel suo complesso, si dà il nome di acquifero poroso superficiale. L'unità impermeabile di base è rappresentata dalle argille grigio-azzurre (argille subappennine) che diffusamente affiorano nell'area.

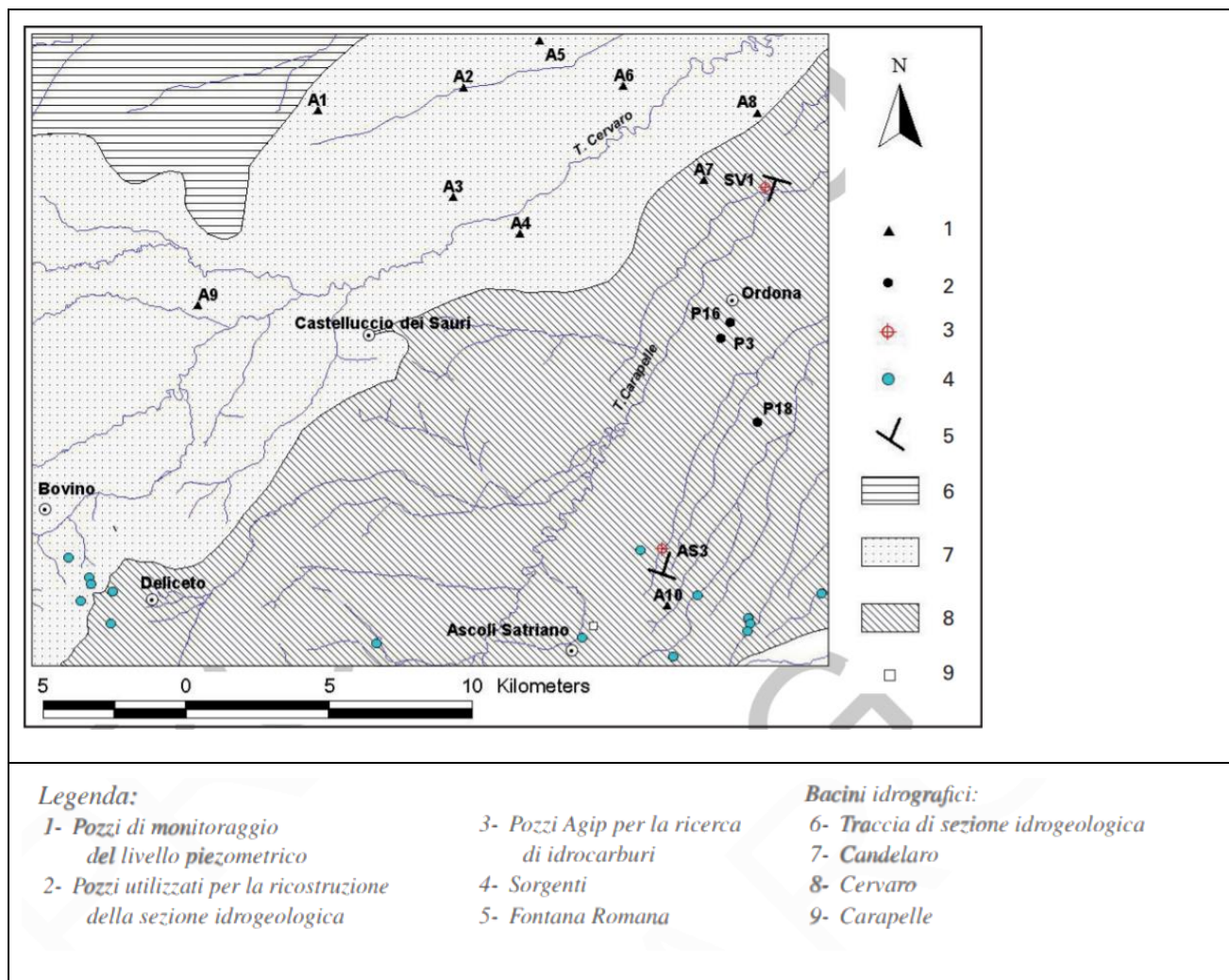


Figura 6.1.1: Carta dell'idrografia superficiale del Foglio "Ascoli Satriano".

Le variazioni stagionali dei carichi piezometrici, che superano anche il metro, indicano l'esistenza di carichi massimi al termine del periodo invernale; tuttavia sono note inversioni di tendenza e delle osciullazioni più consistenti legate a periodi straordinariamente piovosi o ad eventi estremi. Le precipitazioni infatti assieme ai corsi d'acqua che attraversano l'area svolgono un ruolo fondamentale nel ravvenamento della falda superficiale.

Il valore medio delle precipitazioni annue è di circa 650 mm con un minimo di 400 mm ed un massimo di 1200 mm, come meglio riportato nei diagrammi alla pagina seguente. La temperatura media dei mesi invernali varia tra 2,5 e 9 gradi centigradi, con punte minime inferiori a 0 gradi centigradi. In estate le temperature medie oscillano tra 20 e 25 gradi



centigradi con temperature massime maggiori ai 30 gradi centigradi che sporadicamente sfiorano anche i 40°C.

Sono abbastanza marcate le escursioni termiche tra il giorno e la notte.

Altro fenomeno abbastanza frequente è quello delle nevicate, che sono concentrate prevalentemente nei mesi più freddi.

Si riportano le precipitazioni annue della stazione di più vicina (Bovino) (**Fig. 6.1.2**).

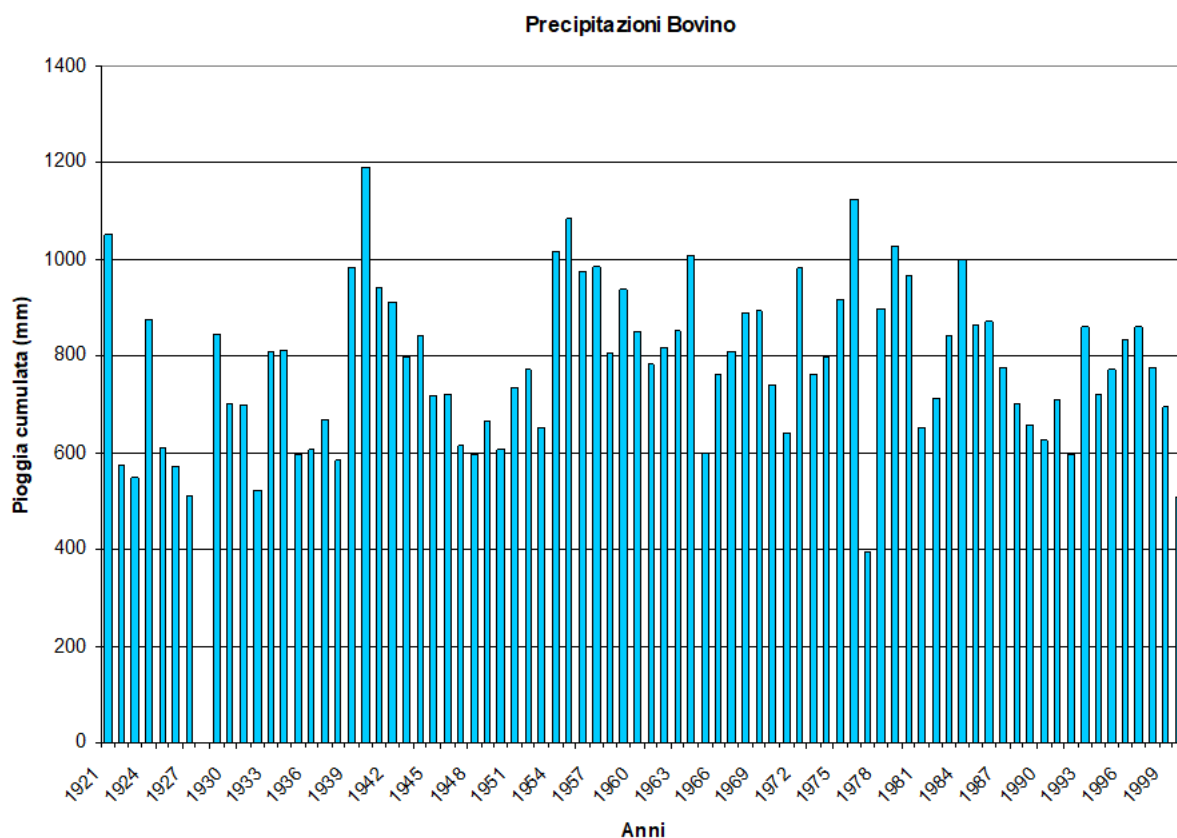


Figura 6.1.2: Precipitazioni annue della stazione di Bovino.

6.2 CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La natura dei litotipi studiati, indica un tipo di permeabilità dovuta alla porosità singenetica, alla tettonica ed al deposito di antiche frane. In definitiva, la pendenza media dell'altura menzionata, la costruzione di opere antropiche, l'assetto strutturale e la bassa permeabilità, favoriscono il fenomeno del ruscellamento rispetto a quello dell'infiltrazione efficace.

Si è riscontrata la presenza di una falda libera nel terreno sabbioso con una profondità minima di 2 m dal p.c. nel sondaggio n. 1.



Comune di Deliceto

PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA

CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835.

La falda ha un gradiente piezometrico verso Est ed in particolare verso il Torrente Fontana alla base del versante.

ROGETTISTI
RTP :


Studio AC3
Ingegneria s.r.l.
Mandatario


FINEPRO s.r.l.
Mandante

Ing.
Gianfranco
LEANDRO
Mandante

Geol.
Sandro
MUSCILLO
Mandante

Ing.
Giuseppe
CAPUTO
Mandante



7 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

In questo paragrafo vengono descritte le proprietà fisico-meccaniche e idrogeologiche dei termini litologici direttamente interessati dagli interventi di progetto.

7.1 INDAGINI GEOLOGICHE

Ai fini della presente relazione per la presente fase definitiva di progettazione è stata effettuata una campagna di indagini geologiche all'interno del territorio di Deliceto tra la "Zona 167" e lungo il versante "Arena Cavata" comprendente le seguenti prove:

- n.5 sondaggi geognostici a carotaggio continuo fino a 30 m di profondità dal p.c. di cui n.3 attrezzati con piezometro. Per ciascun sondaggio sono state effettuate inoltre n.3 prove penetrometriche S.P.T. e prelievo di n.3 campioni indisturbati per analisi di laboratorio;
- n. 3 profili sismici con la tecnica passiva MASW (metodo Re.Mi.);
- n.3 indagini simiche a rifrazione in onde P ed onde Sh;

7.1.1 Sondaggi geognostici

I sondaggi sono stati ubicati secondo quanto indicato nella *Tavola 2.7 - Planimetria ubicazione indagini geologiche in scala 1:1.000*.

Il metodo utilizzato per l'esecuzione del perforo è stato quello a rotazione con carotaggio continuo. In pratica la macchina perforatrice è dotata di una testa idraulica che fornisce alla batteria d'aste di perforazione un movimento rotatorio. La spinta necessaria all'attrezzo di perforazione per "tagliare" il terreno è invece prodotto da pistoni idraulici.

Il funzionamento consiste nell'infiggere nel terreno un tubo di acciaio (carotiere), munito al fondo di un utensile tagliente (corona), collegato in superficie mediante una batteria di aste cave; l'infissione avviene ruotando e spingendo contemporaneamente le aste in superficie mediante sonda. Il metodo di avanzamento è manuale, dato che la pressione viene applicata e regolata dall'operatore. Con la perforazione a rotazione si può attraversare qualsiasi tipo di terreno, con diametro di perforazione di 101 mm. Il tipo di utensile di perforazione più comunemente impiegato consiste in un carotiere la cui estremità inferiore è costituita da una corona tagliente provvista di elementi di metallo duro diamantato.



Durante la perforazione, per evitare fenomeni franosi del materiale da non poter eseguire una dettagliata ricostruzione stratigrafica del terreno investigato, il foro è stato rivestito con tubi sottili in acciaio, in giunti filettati, che dopo l'esecuzione del sondaggio sono stati rimossi. Il materiale perforato è stato conservato in cassette catalogatrici, in PVC della lunghezza di un metro, munite di scomparti divisorii (1 m di lunghezza con 5 scomparti) e di coperchio.

Per ciascun sondaggio sono state inoltre effettuate n.3 prove penetrometriche al foine di caratterizzarne l'addensamento delle terre.

Sulle cassette è stato indicato in modo indelebile, il numero di sondaggio e le profondità. Sugli scomparti interni sono state scritte le quote di riferimento di ciascuna manovra eseguita. Le cassette sono state documentate da foto allegate alla presente relazione.

L'ubicazione dei sondaggi, la restituzione grafica delle stratigrafie, nelle quali sono riportate anche le profondità di prelievo dei campioni sottoposti ad analisi di laboratorio, la documentazione fotografica, sono riportati nell'elaborato *Relazione B.5 - Relazione Indagini*.

7.1.2 Prove geotecniche di laboratorio

Durante la perforazione dei sondaggi geognostici sono stati prelevati complessivamente n.6 campioni indisturbati con doppio carotiere.

Sui campioni indisturbati è stata apposta un'etichetta con incisioni sul cantiere, committente, designazione del sondaggio, numero campione, profondità di prelievo, data di prelievo, data di prelievo. I campioni sono stati portati in laboratorio e conservati in celle, che consentono di mantenere una temperatura di 20°C ed una umidità del 90%.

I campioni di terreno, di forma cilindrica, sono stati identificati con codici rappresentativi del sondaggio e del campione. Per ciascun sondaggio geognostico sono stati prelevati ed analizzati n.3 campioni indisturbati per un totale di n.15 campioni.

Il prelievo dei campioni è stato eseguito con un campionatore metallico con diametro pari a 83 mm e lunghezza pari a 500 mm.

Le prove di laboratorio eseguite sono state le seguenti:

- proprietà fisiche
- granulometria
- prova di taglio diretto
- Prove Triassiali CD

Si riportano nella tabella di seguito una tabella riepilogativa dei parametri fisici e geotecnici dei 15 campioni indisturbati determinati in laboratorio (**Tab. 7.1.2.1**).



Comune di Deliceto

PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA

CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835.

OPERE DI COMPLETAMENTO DEL CONSOLIDAMENTO IDROGEOLOGICO NEL CENTRO URBANO ZONA ARENA CAVATA-DELICETO																
Sond.	Camp.	Profondità m	W %	V_r KN/m ³	V_d KN/m ³	V_{sat} KN/m ³	V_s KN/m ³	e %	n %	Sr %	Ghiaia %	Sabbia %	Limo %	Argilla %	LL %	LP %
1	1	4.00-4.50	19.24	20.12	16.87	20.58	26.80	0.588	37.04	87.85	0.23	36.20	53.14	10.43	36	25
1	2	10.00-10.50	13.72	20.30	17.85	21.14	26.60	0.490	32.89	74.46	0.96	48.12	42.37	8.55	35	25
1	3	21.50-22.00	12.32	20.74	18.47	21.60	26.90	0.457	31.36	72.55	0.85	30.40	53.25	15.50	45	29
2	1	5.50-6.00	32.43	19.51	14.73	19.17	26.49	0.798	44.39	###	2.94	55.84	32.77	8.45	32	22
2	2	23.50-23.70	12.55	20.45	18.17	21.40	26.82	0.476	32.25	70.70		37.32	47.61	15.07	31	21
2	3	23.50-23.70	14.41	20.27	17.72	21.08	26.70	0.507	33.64	75.88	0.23	34.26	49.41	16.10	40	28
3	1	4.50-5.00	22.72	20.40	16.62	20.58	27.51	0.655	39.57	95.44	0.20	6.36	61.04	32.40	53	33
3	2	10.00-10.50	14.44	19.78	17.28	20.69	26.21	0.516	34.06	73.29	0.94	64.34	30.32	4.40	24	19
3	3	25.50-26.00	13.47	20.02	17.64	20.86	26.02	0.475	32.19	73.82	0.20	54.52	37.36	7.92	24	19
4	1	7.50-8.00	15.47	20.51	17.76	21.13	26.78	0.508	33.67	81.60		32.70	52.87	14.43	32	23
4	2	10.50-11.00	21.34	19.82	16.33	20.29	27.04	0.655	39.59	88.04	0.68	26.63	51.95	20.74	40	27
4	3	20.00-20.50	14.19	20.70	18.13	21.56	27.61	0.523	34.34	74.90		3.14	55.74	41.12	66	44
5	1	4.00-4.50	14.42	20.49	17.91	21.08	26.22	0.464	31.70	81.45	0.43	58.73	33.58	7.26	27	19
5	2	10.00-10.50	13.67	20.19	17.76	21.11	26.72	0.504	33.53	72.42	0.05	35.63	47.08	17.24	32	23
5	3	19.60-20.00	14.16	20.71	18.14	21.32	26.61	0.467	31.83	80.71	0.04	39.83	46.45	13.68	35	27

Legenda:

W= Umidità naturale - v_w = Peso di volume naturale - v_d = Peso di volume secco - v_s = Peso specifico - e= Indice dei vuoti - n= Porosità - Sr=Grado di saturazione - γ_{sat} =peso di volume saturo - L.L.= Limite liquido
L.P.= Limite plastico - IP= Indice plastico - c_u =Coesione - c_v =Coesione non drenata - q^0 = Angolo di attrito interno P=Pressione sul provino - Cv=coefficiente di consolidazione - K=coefficiente di permeabilità.

Tabella 7.1.2.1: Risultati delle analisi di laboratorio effettuati sui 15 campioni indisturbati prelevati.

ROGETTISTI
RTP :

ac3
Studio AC3
Ingegnaria s.r.l.
Mandatario

ofinepro
FINEPRO s.r.l.
Mandante

Ing.
Gianfranco
LEANDRO
Mandante

Geol.
Sandro
MUSCILLO
Mandante

Ing.
Giuseppe
CAPUTO
Mandante



7.1.3 Indagini sismiche ReMi

All'interno dell'area di intervento sono state effettuate *n. 3 indagini sismiche con metodologia MASW* passiva meglio conosciuta come tecnica *ReMi (Refraction Microtremor)* lungo profili di 120 metri.

Le indagini sismiche ReMi sono state programmate tenendo conto delle dimensioni dell'area d'intervento e dell'assetto geologico della zona, in modo da ottenere il miglior approfondimento conoscitivo delle peculiarità meccaniche del terreno costituente il sottosuolo.

Metodologia ReMi

La metodologia ReMi è una tecnica relativamente nuova che consente di determinare in maniera speditiva, la velocità di propagazione delle onde di taglio (Vs).

Questa tecnica è denominata **“Re-fraction Microtremor” (ReMi)** o **“Noise Analysis of Surface Waves” (NASW)** (Louie, 2001). In questo caso si usa una schiera di sensori di frequenze sufficientemente basse (tipicamente 4-8Hz) per registrare rumore microsismico di frequenza da 2 Hz in su; i geofoni vanno disposti lungo una spaziatura (intervallo di “takeout”) relativamente lunga (8-20 m).

I fondamenti teorici sui quali questa tecnica si basa 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 ReMi 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 tra 1 e 2÷3 metri, secondo la profondità d'investigazione richiesta.

A differenza della tecnica MASW il terreno non viene energizzato con una sorgente in quanto sfrutta il rumore naturale proveniente da sorgenti naturali (vento, moto ondoso) ed antropiche (traffico veicolare, vibrazioni). Le onde generate dalle sorgenti assunte provenienti da tutte le direzioni vengono rilevate dai geofoni e trasmesse al sismografo che deve essere dotato di un'elevata dinamica (Geode della Geometrics a 24 bit). I sismogrammi vengono registrati nell'hard disk di un portatile collegato al sismografo tramite una scheda di rete.

La costruzione di un profilo verticale di velocità delle onde di taglio (Vs), ottenuto dall'analisi delle onde piane della modalità fondamentale delle onde di Rayleigh è una delle pratiche più comuni per utilizzare le proprietà dispersive delle onde superficiali.



Per ottenere un profilo verticale di velocità V_s bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi.

La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura ReMi sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a rifrazione. Questa metodologia può essere efficace anche solo con dodici canali di registrazione collegati a geofoni verticali a bassa frequenza (4,5 Hz).

Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S (V_s) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.

La procedura ReMi può sintetizzarsi in tre fasi distinte (**Fig. 7.1.3.1**):

1. acquisizione dei dati sperimentali;
2. estrazione della curva di dispersione;
3. inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle V_s (profilo 1-D), che descrive la variazione di V_s con la profondità.

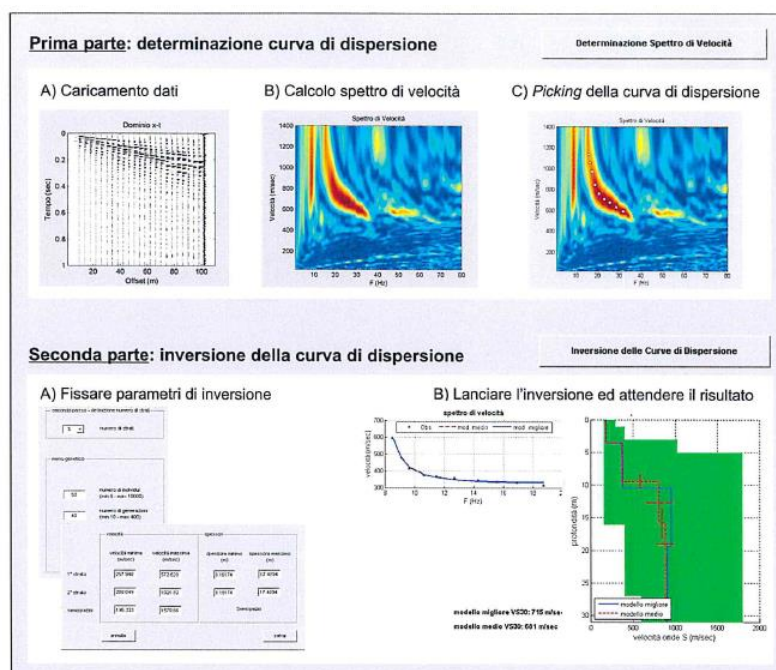


Figura 7.1.3.1: Procedura di calcolo delle V_{s30} mediante indagine ReMi.



Una mappa bidimensionale (mappa 2-D) può essere costruita accostando e sovrapponendo più profili 1-D consecutivi.

I vantaggi di tali prove consistono in :

- fornire il profilo di velocità delle onde di taglio V_s oltre 30 metri di profondità;
- individuare il tipo di suolo sismico;
- a differenza della sismica a rifrazione, si usano in qualunque situazione stratigrafica pseudorizzontale, anche in presenza di falda;
- non sono invasive, infatti, non occorre eseguire perforazioni;
- non implicano nessun danneggiamento allo stato dei luoghi e delle cose;
- rapidità, facilità di esecuzione e di elaborazione dati;
- ingombro limitato delle attrezzature per l'esecuzione delle prove;
- mobilità: trasporto agevole della strumentazione necessaria per eseguire le prove;
- elevato rapporto affidabilità/costi.

Risultati delle indagini ReMi

I dettagli relativi all'esecuzione delle indagini ReMi sono riportati nell'elaborato "Relazione Indagini".

- Dalle indagini ReMi è emerso un valore di V_{s30} rispettivamente:

ReMi 1 - $V_{s30} = 297$ M/S → Categoria di sottosuolo C

ReMi 2 - $V_{s30} = 357$ M/S → Categoria di sottosuolo C

ReMi 3 - $V_{s30} = 317$ M/S → Categoria di sottosuolo C

- Pertanto il valore delle V_{s30} calcolato per l'area di intervento, come da riferimento alla nuova normativa sismica (Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e N.T.C. del 14/01/2008), ricade in **Categoria C** "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina)*".



7.1.4 Indagini sismiche a rifrazione

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

I dati, così ottenuti, si riportano su diagrammi cartesiani aventi in ascissa le distanze ed in ordinata i tempi dei primi arrivi dell'onda proveniente dalla sorgente.

In questo modo si ottengono delle curve (dromocrone) che, in base ad una metodologia interpretativa basata essenzialmente sulla Legge di Snell, ci permettono di determinare, lungo la linea dei geofoni e in verticale, la velocità di propagazione delle onde e le costanti elastiche dei terreni attraversati. È altresì possibile rilevare l'esistenza di zone anomale nel terreno, legate a variazioni litologiche o alterazioni.

Risultati delle indagini sismiche a rifrazione

L'elaborazione dei dati ha permesso di ricostruire il sottosuolo in 3 "sismostrati", così caratterizzati:

Il primo sismostrato (con una profondità di 2.5-3.0 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 410-440 m/s e V_{sh} compresa tra 100-130 m/s;
Il secondo sismostrato (con una profondità di 5-6 mt dal p.c.) ha velocità V_p compresa tra 820-930 m/s e V_{sh} compresa tra 160-230 m/s;
Il substrato rifratore ha velocità V_p compresa tra 1610-1830 m/s e V_{sh} compresa tra 265-360 m/s.

Per quanto concerne la correlazione delle caratteristiche fisico-dinamiche con quelle geologico-tecniche del sottosuolo esplorato, si può ritenere che:

1. Il primo sismostrato è associabile a terreno di riporto frammisto e terreno agrario;
2. Il secondo sismostrato è associabile a calcarenite e litotipi sabbioso-limosi;
3. Il substrato rifratore è associabile ad alternanze di argille sabbiose e sabbie-argillose.



8 MODELLO GEOLOGICO E GEOLOGICO-TECNICO

Sotto il profilo geologico geotecnico sono stati contraddistinti tre livelli geotecnici.

La parametrizzazione del modello geologico e geologico-tecnico è stata effettuata utilizzando per ciascun livello geotecnico un intervallo di valori, lasciando al progettista delle strutture la scelta del valore caratteristico.

1) I° livello geotecnico (terreno di riporto)

Profondità da p.c.: 0 fino a 1-3 m

Coesione drenata $c = 3 - 7$ KN/mq

Coesione non drenata $c_u = 4 - 10$ KN/mq

Angolo di attrito $\varphi = 19^\circ - 24^\circ$

Peso volume $\gamma = 19 - 21$ KN/mc

2) II° livello geotecnico (sabbie argillose)

Profondità da p.c.: da m 1-3 fino a 5-7 m

Coesione drenata $c = 8,5 - 20$ KN/mq

Coesione non drenata $c_u = 11 - 30$ KN/mq

Angolo di attrito $\varphi = 19^\circ - 24^\circ$

Peso volume $\gamma = 19 - 21$ KN/mc

3) III° livello geotecnico (argille sabbiose)

Profondità da p.c.: da 5-7 m

Coesione drenata $c = 25 - 50$ KN/mq

Coesione non drenata $c_u = 45 - 90$ KN/mq

angolo di attrito $\varphi = 23^\circ - 25^\circ$

Peso volume $\gamma = 19 - 22$ KN/mc



9 CONSIDERAZIONI GEOLOGICO-TECNICHE ED INDICAZIONI SUGLI SCAVI

Le informazioni relative alla tipologia di scavo da realizzare sono state desunte facendo riferimento alle indagini sismiche effettuate nella presente fase di progettazione definitiva i cui risultati sono stati interpretati in termini di attitudine alla rippabilità (scavabilità) poiché la velocità delle (V_p) onde di compressione attraverso le rocce è direttamente legata alle caratteristiche meccaniche ed allo stato di fratturazione degli ammassi rocciosi.

Infatti, in letteratura sono disponibili numerosi studi volti a correlare la velocità delle onde sismiche con le caratteristiche di scavabilità e rippabilità degli ammassi rocciosi.

Nel caso dei terreni sciolti come nella progettazione in oggetto la velocità di propagazione delle onde sismiche aumenta all'aumentare del grado di addensamento del terreno.

Il più conosciuto è quello sintetizzato nella tabella riportata nel *Caterpillar Performance Handbook* che però generalmente risulta eccessivamente "ottimista", nel senso che, ad esempio, ammassi rocciosi con velocità sino a 2200 m/s sono definiti rippabili, quando in realtà richiedono l'uso di martello demolitore. Una ricerca approfondita nella letteratura internazionale, ha permesso di rintracciare correlazioni alternative che, nella pratica risultano più realistiche, soprattutto considerate le attrezzature normalmente utilizzate nelle nostre zone.

Esse sono riportate nelle tabelle seguenti e sono quelle utilizzate per le valutazioni successive, permettendo la divisione degli ammassi rocciosi presenti nelle aree indagate in varie classi correlabili a quelle indicate sul prezziario regionale.

Una correlazione molto utilizzata è quella del *California Department of Transportations* (**Tab.9.1**).

Velocity (m/s)	Rippability
< 1050	Easily Ripped
1050 – 1500	Moderately Difficult
1500 – 2000	Difficult Ripping / Light Blasting
> 2000	Blasting Required

Tabella 9.1: Tabella della escavabilità delle rocce (*Standard Caltrans Rippability Chart*).

I valori limite vengono anche confrontati con la tipologia di terreno come indicato di seguito (**Tab. 9.2**).

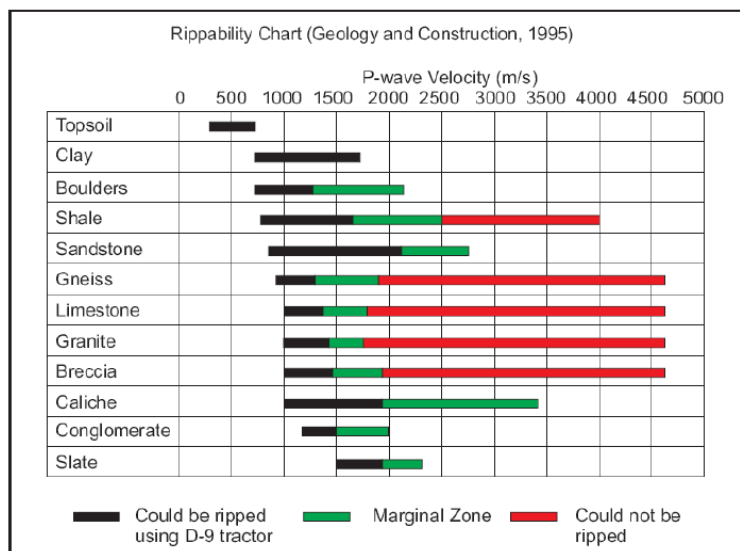


Tabella 9.2: Tabella della escavabilità (Rippability Chart, *Geology and Construction*, 1995).

Avendo riscontrato che fino a 3 metri dal piano campagna i valori di velocità delle onde P Vp sono compresi tra 400-440 m/s si suggerisce di adottare la voce da prezziario regionale di scavo *in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili o con trovanti fino ad 1 mc)*.

Mentre a profondità superiori avendo riscontrato velocità Vp comunque inferiori a 1000 m/s si suggerisce, in via cautelativa, la scelta di scavi *in conglomerati (calcareniti, tufo, pietra crosta, puddinghe, argilla compatta e assimilabili)*, scavabili con mezzi meccanici.



10 PERICOLOSITA' GEOLOGICHE ED AMBIENTALI

Da un punto di vista sismico si ritiene opportuno considerare la presenza di fenomeni di amplificazione sismica legati agli effetti di sito in particolare legati alla conformazione morfologica del territorio di intervento di Arena Cavata.

La conformazione del versante di Arena Cavata e la complessa morfologia del substrato potrebbero determinare fenomeni di riflessione multipla del treno d'onde sismico tali da determinare l'amplificazione dello scuotimento sismico e l'aumento della durata del treno d'onde.

Secondo la carta Idrogeomorfologica allegata al PAI, l'area di intervento è interessata da un esteso corpo di frana censito anche nell'archivio ufficiale delle frane perimetrate da studi di fotointerpretazione della Provincia di Foggia.

Pertanto si suggerisce al progettista geotecnico una modellazione della risposta sismica locale mirata alla simulazione di fenomeni di fenomeni franosi sismoindotti.

In base alla classificazione e perimetrazione del territorio effettuata dall'AdB (Autorità di Bacino della Regione Puglia) inerente il P.A.I. (Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico), gli interventi risultano interessati in aree caratterizzate da due livelli di pericolosità geomorfologica (cfr. Tavola Grafica 2.4): *PG2 - Pericolosità Geomorfologica Elevata* e *PG3 - Pericolosità Molto Elevata* i cui dettagli verranno indicati nella sezione §10.2 *Compatibilità Geologica e Geotecnica* della presente relazione.

Inoltre gli interventi di progetto ricadono integralmente in area sottoposta a *Vincolo Idrogeologico*. Eventuali indagini di dettaglio, verranno effettuate a presentazione del progetto esecutivo e/o su richiesta di enti competenti coinvolti nella presente fase progettuale.

10.1 COMPATIBILITA' GEOLOGICA E GEOTECNICA

Gli interventi di progetto risultano interessati in aree caratterizzate da due livelli di pericolosità geomorfologica, *PG2 - Pericolosità Geomorfologica Elevata* e *PG3 - Pericolosità Molto Elevata* così individuati dalla sovrapposizione con le perimetrazioni del PAI (cfr. Tavola Grafica 2.4) e riportati nella **Tabella 10.1.1**.



Opera di progetto	Perimetrazione PAI
Struttura di Via Donizetti	PG2 – PG3
Struttura di Via Umberto Giordano	PG3
Struttura 1	PG3
Struttura di Via Puccini	PG3

Tabella 10.1.1.: Individuazione dei livelli di pericolosità geomorfologica nell'ambito delle opere di progetto.

Per quanto concerne gli interventi ricadenti in aree a *Pericolosità Geomorfologica molto elevata* (PG3), essi sono normati all'art.13 delle NTA del PAI (*"Interventi consentiti nelle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3)"*) il quale prevede che:

1. *Nelle aree a pericolosità geomorfologica molto elevata (P.G.3), per le finalità di cui al presente PAI, oltre agli interventi di cui all'articolo precedente e con le modalità ivi previste, sono esclusivamente consentiti:*
 - a) *interventi di consolidamento, sistemazione e mitigazione dei fenomeni franosi, nonché quelli atti a indagare e monitorare i processi geomorfologici che determinano le condizioni di pericolosità molto elevata, previo parere favorevole dell'Autorità di Bacino sulla conformità degli interventi con gli indirizzi dalla stessa fissati;*
 - b) *interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;*
 - c) *interventi di ristrutturazione delle opere e infrastrutture pubbliche nonché della viabilità e della rete dei servizi privati esistenti non delocalizzabili, purché siano realizzati senza aggravare le condizioni di instabilità e non compromettano la possibilità di realizzare il consolidamento dell'area e la manutenzione delle opere di consolidamento;*
 - d) *interventi di demolizione senza ricostruzione, di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro, di risanamento conservativo, così come definiti alle lettere a), b) e c) dell'art. 3 del D.P.R. n.380/2001 e s.m.i. a condizione che non concorrano ad incrementare il carico urbanistico;*
 - e) *adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti relativamente a quanto previsto dalle norme in materia igienico-sanitaria, sismica, di sicurezza ed igiene sul lavoro, di superamento delle barriere architettoniche;*
 - f) *interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurre la vulnerabilità, a migliorare la tutela della pubblica incolumità, che non comportino aumenti di superficie, di volume e di carico urbanistico.*



2. Per tutti gli interventi nelle aree di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata. Detto studio è sempre richiesto per gli interventi di cui ai punti a), c) e f).

Per quanto concerne gli interventi ricadenti in aree a Pericolosità Geomorfologica elevata (PG2), essi sono normati all'art.14 delle NTA del PAI (*"Interventi consentiti nelle aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2)"*) il quale prevede che:

1. Nelle aree a pericolosità geomorfologica elevata (P.G.2), oltre agli interventi di cui all'articolo precedente e con le modalità ivi previste, sono esclusivamente consentiti:

- a) gli ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile senza che si costituiscano nuove unità immobiliari nonché manufatti che non siano qualificabili quali volumi edilizi, purché corredati da un adeguato studio geologico e geotecnico da cui risulti la compatibilità con le condizioni di pericolosità che gravano sull'area.
- b) Ulteriori tipologie di intervento sono consentite a condizione che venga dimostrata da uno studio geologico e geotecnico la compatibilità dell'intervento con le condizioni di pericolosità dell'area ovvero che siano preventivamente realizzate le opere di consolidamento e di messa in sicurezza, con superamento delle condizioni di instabilità, relative al sito interessato. Detto studio e i progetti preliminari delle opere di consolidamento e di messa in sicurezza dell'area sono soggetti a parere vincolante da parte dell'Autorità di Bacino secondo quanto previsto agli artt. 12, 24, 25 e 26 in materia di aggiornamento dal PAI. Qualora le opere di consolidamento e messa in sicurezza siano elemento strutturale sostanziale della nuova edificazione, è ammessa la contestualità. In tal caso, nei provvedimenti autorizzativi ovvero in atti unilaterali d'obbligo, ovvero in appositi accordi laddove le Amministrazioni competenti lo ritengano necessario, dovranno essere indicate le prescrizioni necessarie (procedure di adempimento, tempi, modalità, ecc.) nonché le condizioni che possano pregiudicare l'abitabilità o l'agibilità.

2. Per tutti gli interventi di cui al comma 1 l'AdB richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata. Detto studio è sempre richiesto per gli interventi di cui ai punti a) e b) del presente articolo.

A tal proposito, la compatibilità geologica e geotecnica dell'area è stata effettuata alla luce delle verifiche di stabilità del versante e riportate nella relazione geotecnica cui si rimanda per i dettagli. Nell'ambito di dette verifiche si è potuto riscontrare che le condizioni post operam determinano un incremento dei fattori di sicurezza F_s come di seguito schematizzato (**Fig. 10.1.1**).



Fs	SLO D	SLO U	SLV D	SLV U
Ante-operam	1,82	0,70	1,37	0,51
Post-operam	20,00	2,19	20,00	1,13

Figura 10.1.1: Quadro riassuntivo dei risultati ottenuti dalle verifiche di stabilità effettuate.

In definitiva è possibile affermare che gli interventi di progetto determinano un miglioramento delle condizioni di stabilità del versante e possono ritenersi compatibili con le NTA del PAI dell'AdB Puglia



11 CONCLUSIONI

- Dai rilevamenti, i dati geologici esistenti e dalle indagini geologiche eseguite è risultato che, nel sito di progetto, la successione litostratigrafica è rappresentata dai termini superiori del Supersintema di Ariano Arpino – Sintema di Bovino costituito da sabbie ed argille plioceniche. Su tale formazione poggia un deposito di antiche frane dello spessore variabile.
- L'area di intervento è classificata in "Zona 1" come indicato dalla O.P.C.M. 3274/2003 e recepita anche dalla Regione Puglia con Deliberazione G.R. 02 marzo 2004 n. 153 pertanto sono sottoposte alla progettazione sismica.
- Le indagini Re.Mi. effettuate all'interno dell'area hanno permesso di classificare il terreno di fondazione delle opere di progetto in Categoria C: "*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT}, 30 < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < cu, 30 < 250$ kPa nei terreni a grana fina)*" come da riferimento alla nuova normativa sismica (Ordinanza 3274 del 20/03/2003 e N.T.C. del 14/01/2008).
- Gli intervalli delle velocità di propagazione delle onde di compressione Vp ed i parametri fisico meccanici dei terreni interessati dagli interventi suggeriscono che gli scavi saranno realizzati secondo le voci da prezziario regionale *in rocce sciolte (argilla, sabbia, ghiaia, terreno vegetale e simili o con trovanti fino ad 1 mc)* fino a tre metri dal piano di campagna. A profondità superiori avendo riscontrato velocità Vp comunque inferiori a 1000 m/s si suggerisce, in via cautelativa, la scelta di *scavi in conglomerati (calcareniti, tufo, pietra crosta, puddinghe, argilla compatta e assimilabili), scavabili con mezzi meccanici*;
- Dal punto di vista idrogeologico si nota un terreno permeabile costituito da materiale detritico e di antiche frane, sede di una falda superficiale. Infatti le infiltrazioni di acque superficiali, a causa delle condizioni idrogeologiche sopra descritte contribuiscono ad una lenta deformazione del versante con rischio per i fabbricati e le infrastrutture esistenti.

Alla luce di quanto esposto sopra si rendono necessarie, come intervento di messa in sicurezza dell'area, le seguenti opere di consolidamento del versante che dovranno comprendere:

- Opere strutturali di contenimento, in modo da trasferire gli sforzi tangenziali a porzioni di terreno più profondi e stabili;
- la regimentazione delle acque piovane con la realizzazione canalette in modo da convogliare le acque nel sottostante Torrente Fontana;
- realizzazione di opere drenanti attraverso la realizzazione di trincee drenanti del corpo di frana in modo da evitare spinte idrostatiche;
- opere a verde e di ingegneria naturalistica a protezione del suolo;



Comune di Deliceto

PROGETTO DEFINITIVO

LAVORI DI MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO ZONA ARENA CAVATA

CUP: C57B16000050002 CIG: 6796111835.

Sebbene gli interventi ricadano in aree classificate dal PAI Puglia come area a *Pericolosità Geomorfologica molto elevata PG3 ed area a Pericolosità Geomorfologica elevata PG2*, le verifiche di stabilità lungo il versante oggetto di intervento hanno evidenziato un incremento dei fattori di sicurezza "Fs" in condizioni post-operam.

Alla luce di quanto emerso, quindi, si conferma in questa sede la fattibilità tecnica degli interventi in progetto da un punto di vista geologico.

Il geologo

Dott. Geol. *Sandro Muscillo*



ROGETTISTI
RTP :

ac3
Studio AC3
Ingegnaria s.r.l.
Mandatario

finepro
FINANZIAMENTO E PROGETTI
FINEPRO s.r.l.
Mandante

Ing.
Gianfranco
LEANDRO
Mandante

Geol.
Sandro
MUSCILLO
Mandante

Ing.
Giuseppe
CAPUTO
Mandante