



Ambito Distrettuale Sarnese Vesuviano  
*Legge 02/12/2015*



PROTOCOLLO D'INTESA REGIONE CAMPANIA, COMUNE DI NOCERA INFERIORE,  
 ENTE D'AMBITO SARNESE-VESUVIANO, GORI SpA  
 PROT. N. 17853 DEL 19/04/2018



**COMUNE DI NOCERA INFERIORE  
 COMPLETAMENTO DELLA RETE FOGNARIA  
 1° LOTTO - STRALCIO A**



INT 7308

PROGETTO ESECUTIVO

Elaborato:

**B1**

Titolo:

**RELAZIONE GEOLOGICA**

Scala:

VARIE

INGEGNERIA

Il Responsabile  
 ing. Domenico Cesare

COLLABORATORI

CONSULENZA

Dott. Geol. Francesco Ruocco

Revisione

0

Motivo della revisione

EMISSIONE PER APPROVAZIONE

Data

Settembre 2019

IL PROGETTISTA  
 ing. Domenico Cesare

IL RUP

**I N D I C E**

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>7</b>
<b>3. FONTI BIBLIOGRAFICHE E CARTOGRAFICHE .....</b>	<b>8</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO.....</b>	<b>10</b>
<b>5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....</b>	<b>11</b>
<b>6. GEOMORFOLOGIA.....</b>	<b>18</b>
<b>7. IDROGEOLOGIA .....</b>	<b>21</b>
<b>8. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA .....</b>	<b>24</b>
<b>9. INDAGINI GEOGNOSTICHE <i>IN SITU</i>.....</b>	<b>25</b>
9.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO.....	28
9.2 PRELIEVO DI CAMPIONI .....	30
9.3 PROVE PENETROMETRICHE SPT .....	31
9.4 PROSPEZIONI SISMICHE MASW .....	37
<b>10. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE .....</b>	<b>44</b>
<b>11. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI ATTRAVERSO LE PROVE PENETROMETRICHE SPT E DPSH.....</b>	<b>45</b>
<b>12. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO.....</b>	<b>45</b>
<b>13. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI .....</b>	<b>46</b>
<b>14. SISMICITÀ DELL'AREA.....</b>	<b>47</b>
<b>15. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI IN PROSPETTIVA SISMICA .....</b>	<b>54</b>
<b>16. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO .....</b>	<b>55</b>
<b>17. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE .....</b>	<b>58</b>
<b>18. COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO CON LE DISPOSIZIONI DEL PSAI .....</b>	<b>59</b>
<b>19. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERESSE.....</b>	<b>60</b>
<b>20. MODELLO GEOTECNICO DEI SITI DI INTERVENTO .....</b>	<b>61</b>
<b>21. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>62</b>

## ALLEGATI

- Tavola B2 – Cartografia di inquadramento;
- Tavola B3 – Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione delle indagini geognostiche *in situ* pregresse (Scala 1 : 2000);
- Tavola B4 – Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione delle indagini geognostiche *in situ* (Scala 1 : 2000);
- Tavola B5 – Indagini geognostiche *in situ* pregresse;
- Tavola B6 – Indagini geognostiche *in situ*;
- Tavola B7 – Relazione geofisica sull'elaborazione delle prospezioni sismiche MASW e modellazione sismica dei siti;
- Tavola B8 – Prove geotecniche di laboratorio pregresse;
- Tavola B9 – Prove geotecniche di laboratorio;
- Tavola B10 – Carta geolitologica (Scala 1 : 2000);
- Tavola B11 – Carta degli spessori della copertura detritico-piroclastica (Scala 1 : 2000);
- Tavola B12 – Sezioni geolitologiche (Scala 1:2000/1:400);
- Tavola B13 – Carta delle pendenze (Scala 1 : 2000);
- Tavola B14 – Carta geomorfologica (Scala 1 : 2000);
- Tavola B15 – Carta idrogeologica (Scala 1 : 2000);
- Tavola B16 – Carta della stabilità (Scala 1 : 2000);
- Tavola B17 – Carta pericolosità frana PSAI (Scala 1 : 2000);
- Tavola B18 – Carta rischio frana PSAI (Scala 1 : 2000);
- Tavola B19 – Carta pericolosità idraulica PSAI (Scala 1 : 2000);
- Tavola B20 – Carta rischio idraulico PSAI (Scala 1 : 2000);
- Tavola B21 – Carta della microzonazione sismica (Scala 1 : 2000);

- Tavola B22 – Relazione sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni attraverso le prove penetrometriche SPT e DPSH;
- Tavola B23 – Tabelle riepilogative delle prove geotecniche di laboratorio;
- Tavola B24 – Sezioni geotecniche opere via San Francesco e via Manlio Spera (Scala grafica);
- Tavola B25 – Sezioni geotecniche opere via Martinez Y Cabrera e via Raffaele Pucci (Scala grafica);
- Tavola B26 – Sezione geotecnica collettore via Giovan Battista Castaldo – via Francesco Solimena (Scala grafica);
- Tavola B27 – Documentazione fotografica delle indagini in sito.

## 1. PREMESSA

La GORI SpA con lettera contrattuale prot. n. 0049655 del 26.11.2018 ha incaricato lo scrivente di redigere la relazione geologica ed i relativi elaborati grafici e cartografici a corredo del progetto definitivo denominato “*Comune di Nocera Inferiore: Completamento della rete fognaria – 1° Lotto*”, che prevede i seguenti interventi (*cf. Elaborati progettuali*):

- 1) INT. 1 - Zona del centro urbano compresa tra il versante di M.S. Angelo a sud, via Atzori a ovest, il torrente Cavaiola a nord e Nocera Superiore a est;
- 2) INT. 2 - Zona compresa tra il torrente Cavaiola a sud e via Martinez Y Cabrera a nord e zona di via Dentice a ovest dell'alveo Cavaiola;
- 3) INT. 3 - Zona di viale San Francesco, lungo la quale si trova l'ospedale;
- 4) INT. 4 - Zona compresa tra il torrente Solofrana a sud e via Castaldo a nord.

A causa di limitate disponibilità di finanziamento delle opere, sarà realizzato uno stralcio dei suddetti interventi; lo studio geologico si riferisce all'intero territorio indagato.

L'obiettivo primario del progetto, illustrato in dettaglio negli elaborati redatti dai progettisti, è l'eliminazione degli scarichi di acque reflue in ambiente, individuati e rilevati grazie ad un'accurata campagna di sopralluoghi esperita dall'Ente committente.

Ciò posto, la relazione geologica e di compatibilità idrogeologica si rende necessaria atteso che l'area d'intervento, ai fini del rischio da frana e del rischio idraulico, ricade nel territorio di competenza della ex Autorità di bacino regionale della Campania Centrale (ad oggi Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale) e che il Comune di Nocera Inferiore con Deliberazione della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 07.11.2002, è stato riclassificato a rischio sismico.

Tanto premesso, il presente lavoro, per come stabilito dal D.P.R. 5 ottobre 2010, n. 207 art. 26 comma 1 punto a e D.M. 17.01.2018 capitolo 6 capi 6.2.1 - *Caratterizzazione e modellazione geologica del sito* - 6.2.2 - *Indagini, caratterizzazione e modellazione geotecnica* e Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino regionale della Campania Centrale, tuttora vigenti, è stato articolato secondo il seguente *iter* metodologico:

- consultazione delle fonti bibliografiche citate in appendice, reperite presso la casa comunale, la suddetta Autorità di bacino ([www.adbcampaniacentrale2.it](http://www.adbcampaniacentrale2.it)), i

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

Dipartimenti di *Scienze della Terra* e di *Ingegneria Idraulica, Geotecnica ed Ambientale* dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" e l'archivio personale dello scrivente;

- rilevamento geologico e geomorfologico di dettaglio esteso all'ambito morfologico significativo;
- riproduzione stralci della cartografia tematica inerente l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico della zona;
- consultazione e riproduzione di alcune colonne stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo eseguite per il PRG-PUC del Comune di Nocera Inferiore;
- consultazione e riproduzione di alcune colonne stratigrafiche dei sondaggi a carotaggio continuo effettuate per il PRG-PUC del Comune di Nocera Superiore;
- consultazione e riproduzione di alcune stratigrafiche di sondaggi a carotaggio continuo con prove penetrometriche SPT<sup>1</sup> e prove penetrometriche dinamiche continue (DPSH<sup>2</sup>) esperite per committenti privati nell'area di interesse o in zone significative sotto il profilo geologico-geomorfologico;
- consultazione e riproduzione delle risultanze di n. 5 prospezioni sismiche di superficie tipo MASW<sup>3</sup>, n. 1 indagine HVSR<sup>4</sup> e n. 2 prove sismiche in foro di tipo *down-hole* eseguite per committenti privati nell'area di interesse o in zone significative sotto il profilo geologico-geomorfologico;
- campagna di indagini geognostiche *in situ* che ha compendiato l'esecuzione di n. 8 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, il prelievo di n. 5 campioni indisturbati per le prove geotecniche di laboratorio, l'esecuzione di n. 11 prove penetrometriche SPT, n. 9 prove penetrometriche DPSH e n. 5 prospezioni sismiche MASW;
- ricostruzione della successione litostratigrafica locale;
- analisi, comparazione e correlazione stratigrafica di tutte le indagini sito;
- redazione ex novo delle seguenti carte tematiche:

---

<sup>1</sup> Standard Penetration Test.

<sup>2</sup> Dynamic Probing Super Heavy.

<sup>3</sup> Multichannel Analysis of Surface Waves.

<sup>4</sup> Horizontal to Vertical Spectral Ratio, una tecnica sismica passiva a stazione singola

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

Tavola B3 - Stralcio aerofotogrammetrico con l'ubicazione delle indagini geognostiche *in situ* pregresse;

Tavola B4 - Stralcio aerofotogrammetrico con l'ubicazione delle indagini geognostiche *in situ*;

Tavola B10 - Carta geolitologica (scala 1:2000);

Tavola B11 - Carta degli spessori della copertura detritico-piroclastica (scala 1:2000);

Tavola B13 - Carta delle pendenze (scala 1:2000);

Tavola B14 - Carta geomorfologica (scala 1:2000);

Tavola B15 - Carta idrogeologica (scala 1:2000);

Tavola B16 - Carta della stabilità (scala 1:2000);

Tavola B17 - Carta della pericolosità da frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della ex Autorità di Bacino regionale della Campania Centrale (scala 1: 2000);

Tavola B18 - Carta del rischio da frana del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della ex Autorità di Bacino regionale della Campania Centrale (scala 1:2000);

Tavola B19 - Carta della pericolosità idraulica del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della ex Autorità di Bacino regionale della Campania Centrale (scala 1:2000);

Tavola B20 - Carta del rischio idraulico del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della ex Autorità di Bacino regionale della Campania Centrale (scala 1:2000);

Tavola B21 - Carta della microzonazione sismica (scala 1:2000);

- caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione dalle prove in sito e di laboratorio;
- ricostruzione della storia sismica dell'area e pericolosità sismica di base;
- caratterizzazione dei terreni in prospettiva sismica sulla scorta delle prospezioni MASW;
- determinazione delle categorie di sottosuolo e di quelle topografiche per i singoli interventi da realizzare, come previsto al paragrafo 3.2.2 delle NTC 2018 (D.M. 17.01.2018);
- ricostruzione del modello geologico di riferimento attraverso l'elaborazione di n. 5 sezioni geologiche significative (scala 1:2000 / 1:400);
- ricostruzione del modello geologico-tecnico dei siti di intervento mediante l'allestimento di n. 5 sezioni di dettaglio;
- compatibilità delle opere a farsi con le disposizioni delle NdA del PSAI.

## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla vigente normativa in materia:

- ✓ Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino regionale della Campania Centrale, adottato dal Comitato Istituzionale con Delibera n.1 del 23/02/2015 (B.U.R.C. n. 20 del 23/03/2015);
- ✓ Decreto legislativo 12 aprile 2006, n. 163 - Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE - (G.U. n. 100 del 02.05.2006);
- ✓ 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.M. 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle *"Norme Tecniche per le Costruzioni"*. (Supplemento ordinario alla Gazzetta Ufficiale, n. 42 del 20.02.2018 - Serie generale);
- ✓ Eurocodice EN 1997-2: 2007 (E) Sezione 2 sulla *"Programmazione delle Indagini sui Terreni"*;
- ✓ Associazione Geotecnica Italiana (giugno 1977) - *Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche*;
- ✓ Associazione Geotecnica Italiana (maggio 1990) - *Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio*.
- ✓ Legge Regione Campania 7 gennaio 1983 n. 9 "Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico";
- ✓ Ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003 e s.m.i.
- ✓ 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 da prove in sito (2002). UNI.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

### 3. FONTI BIBLIOGRAFICHE E CARTOGRAFICHE

Per la ricostruzione dei principali lineamenti (o caratteri salienti) geolitologici, geomorfologici, idrogeologici, idrografici e morfologici della zona di interesse ci si è avvalsi della bibliografia scientifica reperita ed è stata eseguita un'analisi della cartografia tecnica, attuale e storica.

Qui di seguito si riporta l'elenco delle fonti bibliografiche e cartografiche consultate:

- *Groundwater Pumping and Land Subsidence in the Sarno River Plain (Campania)*, Fabbrocino S. et alii (2007);
- *Nuove conoscenze sulla stratigrafia e distribuzione dei depositi Ignimbratici quaternari nel sottosuolo della Piana del Sarno (Salerno-Campania) – Italia Meridionale*, Francesco Aprile & Romeo Mariano Toccaceli, (2002);
- Amato A. (2008) - *Caratterizzazione geologica della Piana del Sarno da dati di sondaggio*. Quaderni AdB Sarno 1/2008: 45-50.
- Celico F. & Piscopo V. (1995) - *Idrodinamica sotterranea e vulnerabilità all'inquinamento delle pianure del Sarno e del Solofrana (Campania)*. Quaderni di Geol. Appl, 2: 407-412.
- Celico P. & Allocca V. (2004): *Il bacino del fiume Sarno: idrodinamica sotterranea*. Quaderni AdB Sarno 1/2004: 35-41.
- AUTORITÀ DI BACINO DEL SARNO (2004) - *Progetto di Piano Stralcio di Tutela delle Acque*. Relazione Generale.
- DUCCI D., DE SIMONE S. & SELLERINO M. (2012) – *Modello litostratigrafico 3D propedeutico allo sviluppo di un modello di flusso sotterraneo: caso di studio, la piana del Sarno (Italia)*. It. J. of Engineering Geology and Environment, 1, 41-58.
- CORNIELLO A. & BAISTROCCHI F. (2009) - *Riflessioni sui risultati del monitoraggio piezometrico condotto negli anni 2007/2008 dall'Autorità di bacino del Sarno*. Giornale di Geologia Applicata, 12, 61-70.
- BUDETTA P., CELICO P., CORNIELLO A., DE RISO R., DUCCI D. & NICOTERA P. (1994) - *Carta idrogeologica della Campania 1:200.000 e relativa memoria illustrativa*. Proc. IV Geoengineering International Congress: Soil and Groundwater Protection, 2, 565-586, Geda, Torino.

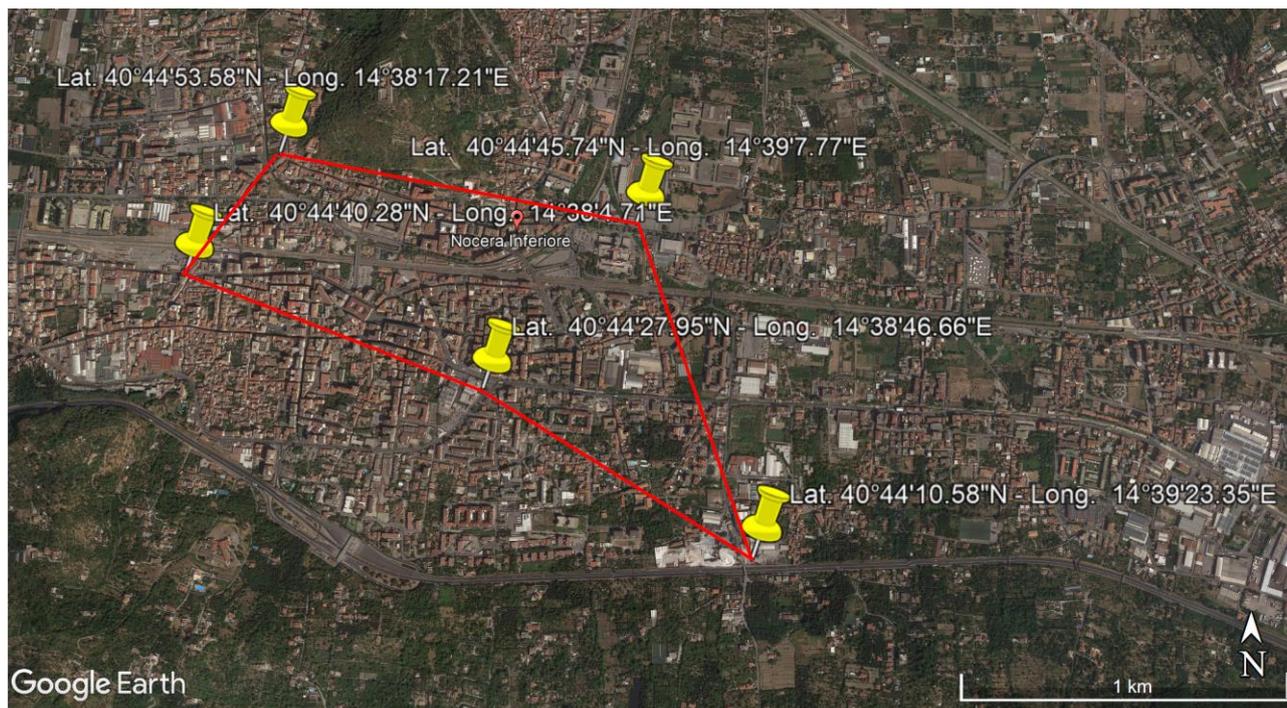
Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

- Ippolito F., Ortolani F., & Russo M. 1973 - Struttura marginale tirrenica dell'Appennino Campano: reinterpretazione di dati di ricerche di idrocarburi. Mem.Soc.Geol.It.,12, 228-249.
- Cinque A., Alinaghi H.H., Laureti L. & Russo F. 1987 - Osservazioni preliminari sull'evoluzione geomorfologia della Piana del Sarno. (Campania, Appennino Meridionale). Geogr. Fisica e Dinamica Quaternaria, 10,161 – 174.
- Aprile F. & Ortolani F. 1978 - Nuovi dati sulla struttura profonda della Piana Campana a Sud Est del Fiume Volturno. Boll. Soc. Geol. It., 97,591-608.
- Aprile F. & Ortolani F. 1985 - Principali caratteristiche stratigrafiche e strutturali dei depositi superficiali della Piana Campana. Boll. Soc. Geol. It., 104,195-206.
- Cassano E. & La Torre P. 1987 - Geophysics in Somma-Vesuvius. Quaderni della Ricerca Scientifica, CNR, 8,175-196.
- Rolandi G., Bertollini F., Cozzolino G., Esposito N., Sannino D. 2000 - Sull'origine delle coltri piroclastiche presenti sul versante occidentale del Pizzo d'Alvano ( Sarno – Campania ). Quaderni di Geologia Applicata , 7 – 1, 37-47.
- *De Vivo B., Rolandi G., Gans P.B., Calvert A., Bohrson W.A., Spera F.J., H.E. 2001 - New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campanian volcanic Plain ( Italy). Mineralogy and Petrology,73, (1-3), 47-65.*
- *CINQUE A.; HOSSEIN H., LAURETI L. & Russo F. (1987) – Osservazioni preliminari sulla evoluzione geomorfologia della Piana del Sarno (Campania, Appennino Meridionale) – Geogr. Fis. Dinam. Quat., 10, 161-174.*
- Carta Geologica d'Italia, Foglio geologico n. 185 Salerno - Scala 1:100.000;
- Carta Idrogeologica della Campania - Scala 1:100.000;
- Carta Topografica d'Italia dell'IGM - Foglio 466 Sezione I - Nocera Inferiore Serie 25 - Scala 1:25.000;
- Carta Topografica d'Italia dell'IGM - Foglio 467 Sezione IV - Nocera Superiore - Serie 25 - Scala 1:25.000;
- *Progetto CARG: Cartografia Geologica Carta C.A.R.G. Regione Campania - Scala 1:10.000;*
- Studio geologico del PUC di Nocera Superiore;
- Studio geologico dl PUC di Nocera Inferiore.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

#### 4. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E CARTOGRAFICO

L'area di interesse è ubicata nel Comune di Nocera Inferiore e in particolare nella zona centro meridionale del territorio comunale. Nello specifico l'area *de qua* è compresa nel poligono di cui all'ortofoto di figura 4.1 dove vengono riportate anche le coordinate dei vertici.



**Figura 4.1: Ortofoto con individuazione dell'area ove ricadono gli interventi di progetto.**

L'orografia della zona, densamente urbanizzata, varia tra circa 40 e 50 metri s.l.m.; tale porzione di territorio è solcata dal torrente Solofrana che superata la dorsale carbonatica di Monte Torricchio confluisce nel Torrente Cavaiola dando origine all'Alveo Nocerino che si riversa poi nel fiume Sarno.

Nella cartografia ufficiale l'area in parola è riportata nel Foglio n. 185 SALERNO della Carta Geologica d'Italia in scala 1:100.000 e nei Fogli n. 466 Sezione I Nocera Inferiore e n. 467 Sezione IV Nocera Superiore - Serie 25 - della Carta Topografica d'Italia 1: 25.000 edita dall'I.G.M. (*cf. Tavola B2*). Nella recentissima Carta Geologica d'Italia (scala 1:50.000) rientra nel Foglio 466-485 denominato SORRENTO–TERMINI. Ricade, altresì, nella Tavola n. 46608 del *Progetto CARG: Cartografia Geologica* (scala 1:10.000) pubblicato dall'Autorità di bacino regionale del Sarno nel 2003 e nel foglio CTR n. 466081, base cartografica del vigente PSAI.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

## 5. INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il territorio comunale di Nocera Inferiore rientra nella Piana del Sarno per cui l'inquadramento dell'ambiente geologico di riferimento non può prescindere dall'analisi del contesto di riferimento a grande scala.

La Piana del Sarno, settore meridionale della più estesa Piana Campana, è ubicata tra il versante sud-orientale del complesso vulcanico del *Somma-Vesuvio* e le zone pedemontane dei Monti di Sarno a Est e dei Monti Lattari a Sud. Si presenta come una zona morfologicamente a debole pendenza, tant'è che nella parte più interna, situata alla base dei Monti di Sarno e quindi a circa 17 km dalla costa (*Fabbrocino S. et alii., 2007*), mostra quote di circa 20 metri s.l.m.. Sul lato vesuviano i fianchi del cono vulcanico si raccordano molto dolcemente alla pianura diversamente da quello orientale e meridionale ove le pendenze risultano molto più marcate.

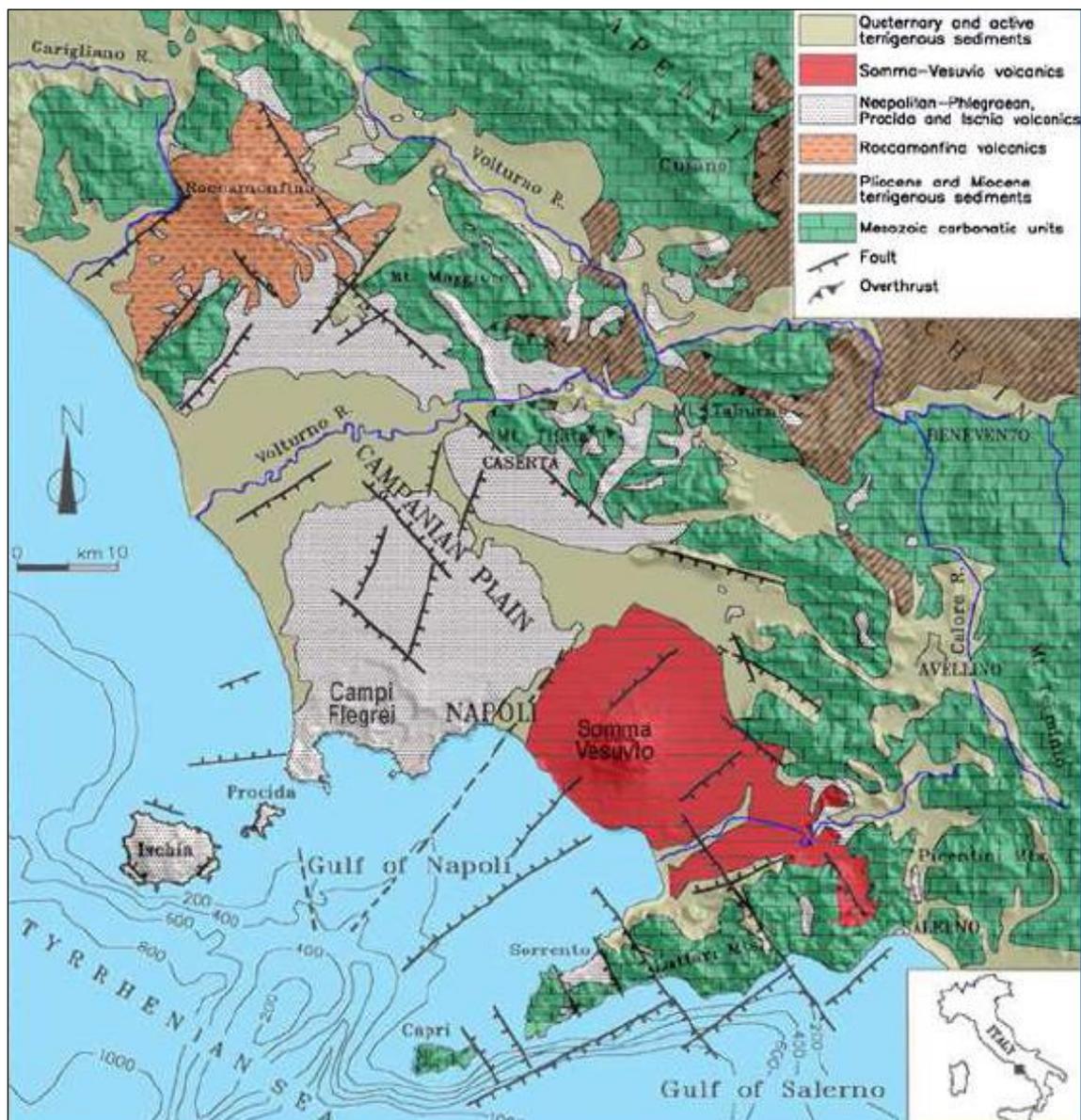
Il corso del fiume Sarno si sviluppa in posizione centrale all'interno della Piana ed è allungato in direzione NE-SW. La superficie complessiva è di circa 200 km<sup>2</sup> e costituisce un'area ad elevata densità abitativa (circa 1300 ab/km<sup>2</sup>) grazie all'eccezionale fertilità dei suoli che la ricoprono e che da sempre hanno favorito le attività agricole.

Strutturalmente la Piana del Sarno costituisce il settore meridionale del vasto graben peritirrenico campano individuatosi probabilmente nel *Pliocene superiore* (*Ippolito et al., 1973; Aprile & Ortolani, 1978; 1985*) o *Pleistocene inferiore* (*Cinque et al., 1987*) tramite dislocazioni per faglie dirette con direzione appenninica ed antiappenninica (*cf. Figura 5.1*). Tali faglie hanno smembrato e ribassato il substrato carbonatico meso-cenozoico della Piattaforma campano-lucana rispetto agli alti strutturali di identica litologia, che bordano la suddetta piana lungo il margine Sud (Monti Lattari-Penisola Sorrentina) e NE (Monti di Sarno-Picentini Meridionali), originando uno sprofondamento a gradinata dei blocchi carbonatici a profondità crescenti dai bordi verso il centro della piana (*Cinque et al., 1987*) ove raggiungono circa 2000 m di profondità (*Cassano & La Torre, 1987*). All'interno di tale zona ribassata è poi avvenuta una intensa aggradazione di depositi continentali, marini e vulcanici.

Correlato alle vicende tettoniche, il vulcanismo quaternario della Piana del Sarno comprende sia i prodotti dell'*Ignimbrite Campana* sia quelli degli eventi post ignimbritico. Ai primi, recentemente ridatati con il metodo 40Ar/ 39Ar, è stata attribuita un'età di

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

39.28±0.11 ka B.P. (Rolandi et al., 2000; De Vivo et al., 2001) e risultano presenti nel sottosuolo della Piana prevalentemente nella facies del Tufo Grigio Campano (TGC). I prodotti post ignimbratici sono costituiti essenzialmente dai depositi piroclastici del *Somma-Vesuvio* emessi durante le fasi pliniane succedutesi negli ultimi 25.000 anni.

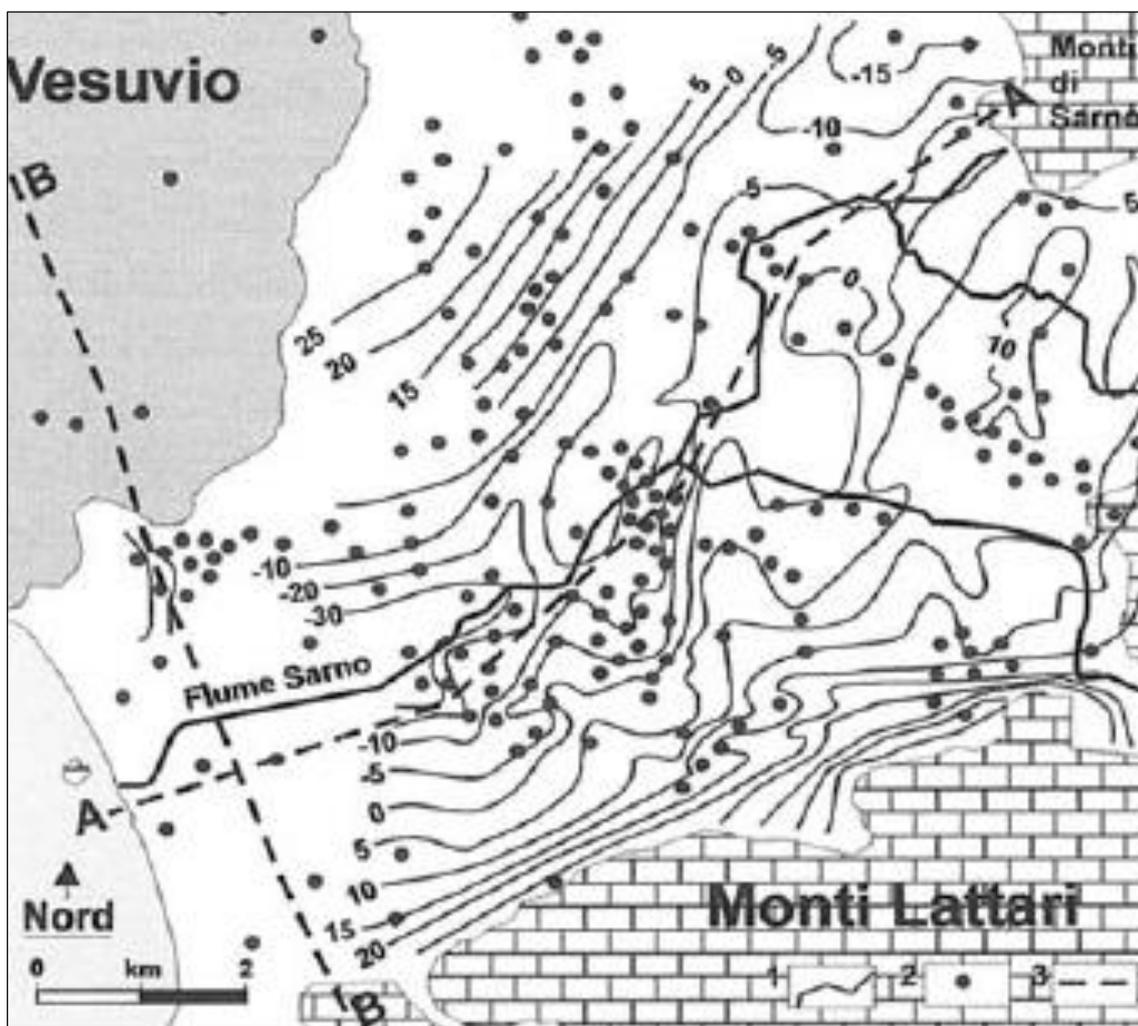


**Figura 5.1: Schema geologico-strutturale della Piana Campana.**

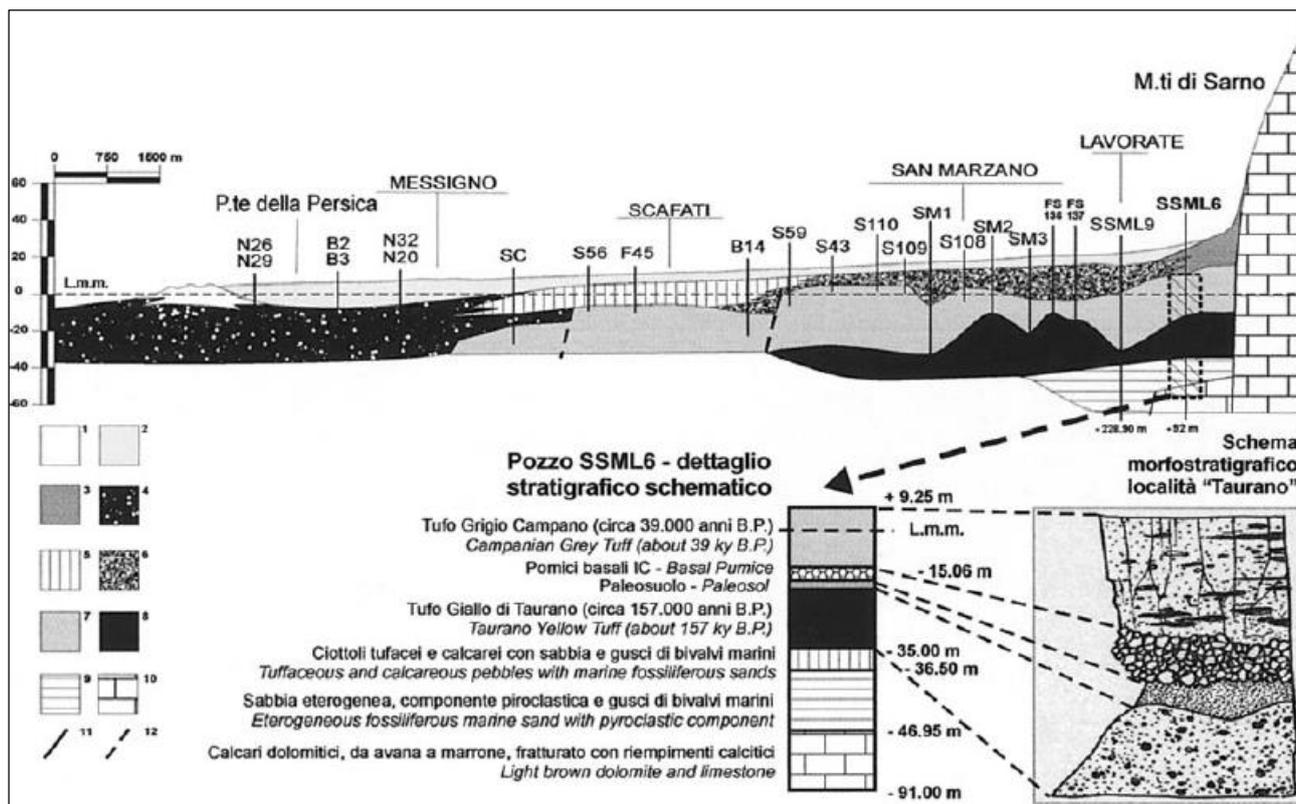
La disponibilità dei dati di nuovi sondaggi meccanici, unitamente alla reinterpretazione critica di quelli eseguiti nel passato, di varia provenienza (da ricerche idriche, dal raddoppio linea FS, da precedenti lavori, da Enti pubblici etc.) per un totale di circa 150 pozzi di profondità compresa tra i 30 ed i 118 metri dal p.c., ha consentito la ricostruzione, con

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

buona accuratezza, della stratigrafia e struttura della porzione più prossima alla superficie dei terreni vulcanici quaternari (Aprile & Toccaceli, 2002). È stato quindi possibile elaborare una carta strutturale dell'andamento del tetto del Tufo Grigio Campano (TGC) e due sezioni geologiche significative che pongono in evidenza i rapporti tra le unità litostratigrafiche presenti nel sottosuolo. Per quanto riguarda l'andamento del tetto del TGC si osserva, nel complesso, un aumento progressivo della profondità procedendo dalle zone circostanti i rilievi bordieri verso il centro della Piana ove, in corrispondenza del tratto mediano del Fiume Sarno, coincide grosso modo con il punto di massimo sprofondamento del graben, raggiunge una profondità di circa -30 metri s.l.m. (cfr. Figure 5.2÷5.4).



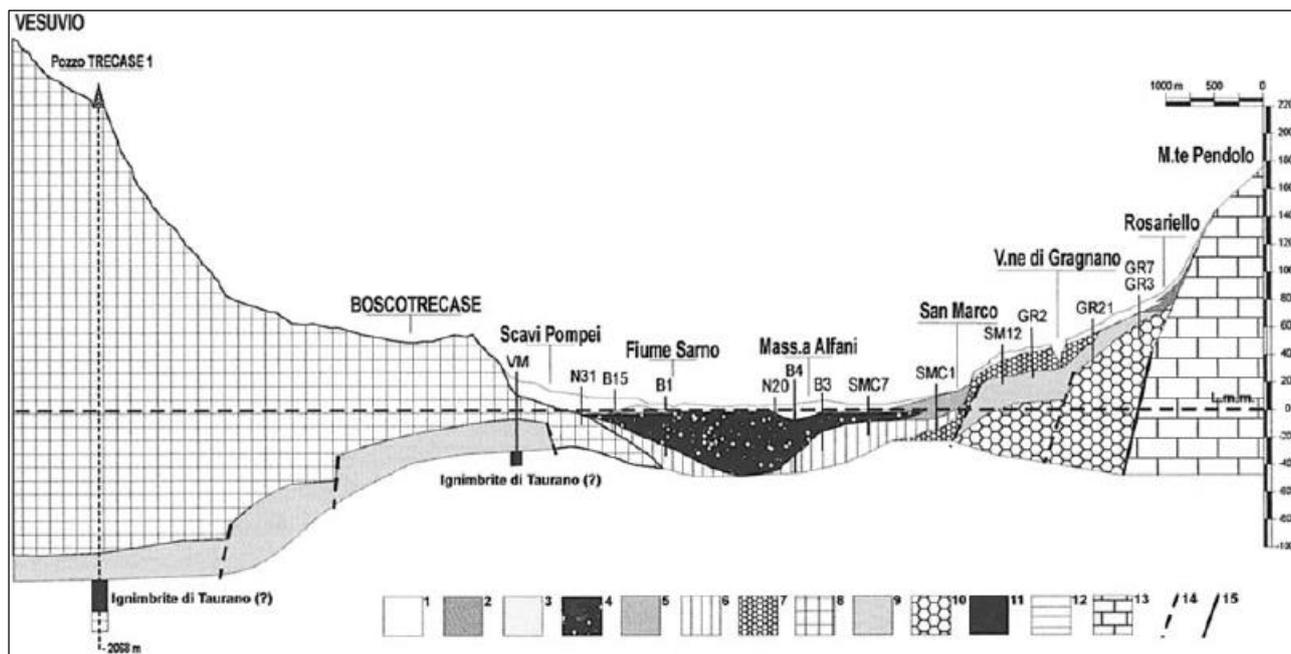
**Figura 5.2: Isoplete del tetto del Tufo Grigio Campano ed ubicazione dei sondaggi.**  
(1 - Isoplete del top del Tufo Grigio Campano (m); 2 - Sondaggi meccanici; 3 - Traccia delle sezioni geologiche AA e BB delle figure seguenti) (Fonte: Aprile & Toccaceli, 2002).



**Figura 5.3: Sezione geologica schematica A-A: Monti di Sarno - Foce del Sarno.**

1. Depositi di spiaggia ed eolici attuali e recenti;
2. Depositi alluvionali e piroclastiti subaeree (in posto e/o rimaneggiate) recenti del Somma-Vesuvio (A.D. 79 ÷ 1944);
3. Detriti di falda e di versante s.l.;
4. Depositi litorali e di spiaggia con livelli di torba del "Complesso Versiliano" (Olocene);
5. Depositi palustri e lagunari associati al "Complesso Versiliano" (Olocene);
6. Depositi alluvionali e piroclastiti in posto o rimaneggiate; principalmente attribuibili alle eruzioni di Sarno e Ottaviano (17 ka e 8 ka B.P.);
7. Tufo Grigio Campano (circa 39 ka B.P.);
8. Tufo Giallo di Taurano (circa 157 ka B.P.);
9. Depositi di spiaggia e marini (tardo Pleistocene medio);
10. Termini calcareo-dolomitici (mesozoico-terziari);
11. Faglia presunta;
12. Faglia.

(Fonte: Aprile & Toccaceli, 2002).



**Figura 5.4: Sezione geologica schematica B-B: Vesuvio - Monte Pendolo.**

1. Depositi alluvionali e piroclastiti subaeree (in posto e/o rimaneggiate) recenti;
2. Detriti di falda e di versante s.l.;
3. Depositi di spiaggia ed eolici del "Complesso Versiliano" (Olocene);
4. Depositi di spiaggia e litorali con livelli di torba del "Complesso Versiliano" (Olocene);
5. Depositi di conoide alluvionale e coni di deiezione (tardo-Olocene);
6. Depositi alluvionali (tardo-Pleistocene);
7. Alluvioni post Tufo Grigio Campano del conoide di "Scanzano" (Pleistocene superiore);
8. Piroclastiti e lave dell'edificio vulcanico del Somma-Vesuvio;
9. Ignimbrite Campana (circa 39 ka B.P.);
10. Depositi del conoide di "Gragnano" e coni di deiezione più recenti (Pleistocene superiore);
11. Tufo Giallo di Taurano (circa 157 ka B. P.);
12. Depositi di spiaggia e marini (tardo Pleistocene medio);
13. Termini calcareo-dolomitici (mesozoico-terziari);
14. Faglia presunta;
15. Faglia.

(Fonte: Aprile & Toccaceli, 2002).

L'area di precipuo interesse, anch'essa intensamente urbanizzata, ricade in un settore vallivo, collegato con la piana del Sarno e compreso tra le propaggini meridionali dei Monti di Sarno e quelle settentrionali dei Monti Lattari. In tale conca intermontana si rinvengono depositi quaternari costituiti da detriti, piroclastiti e sedimenti alluvionali spesso frammisti e talora in eteropia di facies (cfr. Tavola B10 – Carta geolitologica).

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

Più in dettaglio i depositi francamente detritici, ovvero quelli associabili a detrito di falda sciolto e debolmente cementato frammisto a materiali piroclastici, non affiorano nell'area investigata e sono presenti in profondità nella zona meridionale in corrispondenza delle aree distali della fascia pedemontana dei rilievi carbonatici dei Monti Lattari. Nella piana, al di sotto di uno spessore significativo di materiale di riporto (fino a 5 m), sono presenti prevalentemente piroclastiti con lenti e/o strati di sedimenti alluvionali.

La componente detritico-alluvionale aumenta nella zona assiale della conca a ridosso dei corsi d'acqua ma risulta sempre significativamente inferiore in termini di diffusione e potenza a quella piroclastica. Quest'ultima risulta generalmente rimaneggiata per fenomeni eluvio colluviali (zona più prossima ai rilievi carbonatici) e alluvionali (zona assiale orizzontale della conca). Le piroclastiti sciolte di copertura constano di sabbie vulcaniche limose con pomici solo localmente organizzate in strati e quindi in giacitura primaria. In tali casi trattasi di depositi riconducibili alle eruzioni vulcaniche del distretto del Somma-Vesuvio databili 79 d.C. e 1944.

Il suddetto materiale piroclastico poggia direttamente, o in talune circostanze tramite la interdisposizione di un deposito più francamente alluvionale, sulla formazione del "Tufo Grigio Campano" nota anche come Ignimbrite Campana. Detto litotipo non affiora mai in superficie nell'area investigata e la sua morfologia in profondità è stata ricostruita utilizzando le numerose indagini geognostiche di cui si parlerà in seguito.

Le curve di isoprofondità del tetto del tufo espresse in metri dal piano campagna sono state calcolate in automatico mediante l'utilizzo di un GIS e trovano riscontro nell'andamento ricostruito negli elaborati prodotti per il PUC (*cf. Tavola B10 – Carta geolitologica*). L'andamento di tali curve mostra la superficie dell'area immediatamente dopo la messa in posto dell'Ignimbrite con un gradiente morfologico diretto verso i quadranti nord-occidentali concordante con quello degli impluvi attualmente presenti in superficie (Cavaiola e Solofrana). La morfologia profonda rispecchia sostanzialmente quella superficiale con una profondità decrescente dalle zone più prossime ai rilievi, in particolare del margine carbonatico dei Monti Lattari verso la piana del Sarno.

Il tufo, come si evince dalle stratigrafie dei sondaggi analizzati, presenta una porzione più superficiale di spessore variabile (max 3 m) costituita da una cinerite sabbiosa generalmente consistente con pomici e scorie arrotondate. Tale porzione è stata associata

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

alla facies alterata "cappellaccio" dell'Ignimbrite Campana.

Per quanto attiene i depositi sovrapposti all'Ignimbrite Campana nell'area investigata si rinvengono terreni a granulometria sabbioso-limosa con inclusi pomicei e scoriacei spesso rimaneggiati nonché ghiaia di natura carbonatica in matrice prevalentemente sabbiosa.

A completamento della Carta geolitologica è stata allestita la Carta degli spessori delle coperture detritico-piroclastiche incoerenti (*cf. Tavola B11– Carta degli spessori della copertura detritico-piroclastica*) ovvero del materiale sovrastante il bedrock tufaceo e carbonatico. Le classi di spessore per l'area di piana sono state individuate partendo dalle curve di isoprofondità del substrato tufaceo escludendo la parte alterata o cappellaccio mentre per il bedrock carbonatico si è fatto riferimento a tagli naturali rinvenuti durante i sopralluoghi effettuati in loco.

Gli spessori di copertura più bassi (<2 m) si rinvengono sulla sommità e sui versanti dell'unica dorsale carbonatica presente nell'area di interesse. Spessori già significativi (2÷10 m) si osservano poi nella zona distale dei suddetti versanti e nei pressi della collina di San Pantaleone (margine sud orientale della carta degli spessori). Nella restante parte di territorio si rinvengono spessori compresi tra i 10 e i 20 m eccezion fatta per un piccolo areale ricadente in sinistra orografica al torrente Solofrana in cui si raggiungono spessori superiori ai 20 m.

Sulla Carta degli spessori, considerato il congruo numero di indagini a disposizione in relazione alla estensione dell'area, è stato possibile ricostruire anche l'andamento delle curve di isospessore del materiale di riporto. Tale dato, considerata la tipologia delle opere in progetto, a carattere lineare, assume notevole importanza per la conoscenza preliminare della litologia e caratteristiche dei materiali di scavo, nonché per la scelta tipologica delle opere di sostegno degli stessi. Nello specifico gli interventi di progetto insistono su un areale ove lo spessore del riporto varia da 1 a 5 metri.

I rapporti stratigrafici e l'andamento in profondità dei contatti tra le formazioni litologiche testé descritte sono rappresentati nelle 5 sezioni di dettaglio (*cf. Tavola B11 – Sezioni geolitologiche*) orientate ovest-est (sezioni A-A', B-B' e C-C') e nord-sud (D-D' e E-E') ubicate sulla Tavola B10. Tali sezioni sono state redatte sia in scala 1:1 sia con scala delle ordinate quintuplicata per una migliore lettura dei rapporti stratigrafici tra i vari terreni.

## 6. GEOMORFOLOGIA

La morfologia del territorio comunale di Nocera Inferiore risulta alquanto variegata in quanto condizionata dalla litologia dei terreni affioranti. Si passa, infatti, da un ambito montuoso imponente, quale quello dei Monti Lattari a sud, ad uno di tipo collinare, della stessa natura, rappresentato dalle propaggini meridionali dei Monti di Sarno (dorsale di Monte Torricchio) a nord, ad aree pianeggianti di origine alluvionale. Queste ultime coprono la gran parte del territorio comunale con pendenze da 0 a 20% e risultano spesso molto urbanizzate.

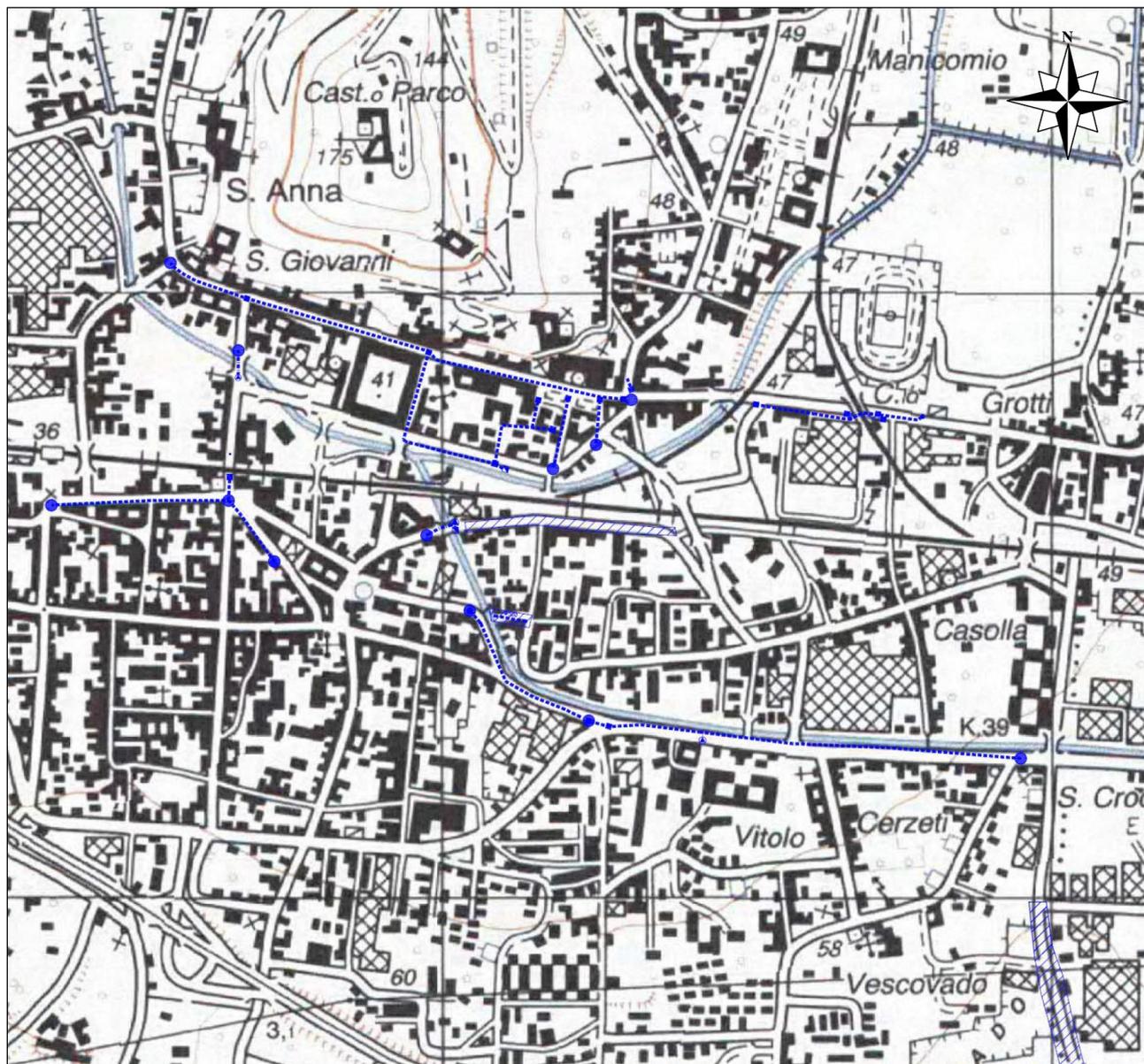
L'area di precipuo interesse, anch'essa intensamente urbanizzata, ricade in un settore vallivo, collegato con la piana del Sarno e compreso tra le propaggini carbonatiche ora citate (*cf. Tavola B14 – Carta geomorfologica*). In tale conca intermontana è presente il torrente Solofrana che proviene da settentrione e dopo aver aggirato in destra orografica la piccola, stretta ed allungata dorsale carbonatica di Monte Torricchio confluisce nel Torrente Cavaiola proveniente da est dando origine all'Alveo Nocerino che si riversa poi nel fiume Sarno. Entrambi i corsi d'acqua oltre a essere il recapito delle acque superficiali rappresentano anche il recapito di scarichi di reflui urbani, industriali e irrigui; essi, inoltre, sono stati notevolmente condizionati e modificati dall'intervento antropico già in epoca borbonica. Tali interventi trovavano una giustificazione nella frequenza con cui si verificavano esondazioni con allagamenti di ampie fasce di territorio, morfologicamente predisposte, con grossi disagi per le popolazioni ivi residenti.

Come accennato le pendenze, trattandosi in gran parte di un settore di piana di origine alluvionale, sono alquanto basse con valori clivometrici quasi sempre inferiori a 10° (*cf. Tavola B13 – Carta delle pendenze*). Valori di acclività più elevati (>30°) si registrano sui versanti del rilievo carbonatico presente nella zona settentrionale ed in corrispondenza delle incisioni torrentizie provenienti dai Monti Lattari. Qui infatti è presente la porzione distale della fascia pedemontana del versante settentrionale di tali rilievi in cui è stato possibile rilevare conoidi detritico-alluvionali recenti o attuali attive, costituite almeno in parte da frane di colata detritico-fangosa e conoidi antiche inattive costituite da depositi sciolti o debolmente cementati. In questa stessa area, a ridosso degli impluvi che spesso proseguono verso la piana come alvei strada, sono stati differenziati lobi di conoidi di probabile età storica formate da flussi iperconcentrati o fenomeni di colata detritico-fangosa.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

La porzione di dorsale carbonatica di Monte Torricchio ricadente nell'area di studio è rappresentata da versanti subtriangolari regolari poco evoluti e non incisi di origine strutturale. Tali versanti risultano ricoperti da una spessa e continua coltre di materiale di origine detritico colluviale che si spinge fino a quote molto prossime al crinale.

Ai fini della pericolosità geomorfologica nell'area in esame sono state individuate due tipologie di instabilità potenziali discretizzate in molto elevata, elevata, media e bassa. La prima è associabile a fenomeni franosi quali scorrimenti e crolli che riguardano i contesti carbonatici e le coperture piroclastiche presenti nelle zone più acclivi. La seconda inerisce fenomeni franosi del tipo colate rapide incanalate e flussi iperconcentrati che si originano nelle incisioni presenti sul versante settentrionale dei Monti Lattari ed arrivano fino alle zone più distali dei conoidi attivi. Nessuna delle due diverse tipologie di instabilità menzionate interessano l'area di piana alluvionale oggetto degli interventi di progetto e, pertanto, la stessa risulta stabile atteso che non sono stati riconosciuti elementi morfologici e litostratigrafici significativi di franosità in atto o potenziale (*cf. Figura 6.1, Tavola B16 – Carta della stabilità*).



**Figura 6.1: Corografia generale con indicazione schematica delle opere di progetto. Carta Topografica d'Italia dell'Istituto Geografico Militare. Stralci dei Fogli n. 466 - Sezione I - Nocera Inferiore e n. 467 Sezione IV Nocera Superiore. - Rapp. non scala -**

## 7. IDROGEOLOGIA

Per la ricostruzione dell'assetto idrogeologico dell'area di interesse sono stati utilizzati tutti i dati bibliografici disponibili, oltre che studi e ricerche, editi ed inediti, reperiti presso Enti pubblici e privati e dati ricavati da indagini geognostiche effettuate in sito (*cf. Tavola B15 – Carta idrogeologica*).

Ciò posto, nell'area di studio è possibile distinguere due acquiferi principali che corrispondono ai due principali contesti geomorfologici individuati ed alle litologie associate. Il primo è rappresentato da quello carbonatico, costituito prevalentemente da rocce calcaree con locali intercalazioni dolomitiche caratterizzate da permeabilità per fessurazione e carsismo da media ad elevata. I due rilievi che hanno queste caratteristiche sono il Monte S. Angelo che si collega ad una struttura idrogeologica molto più ampia rappresentata dai Monti Lattari mentre l'altra, il Monte Torricchio, si ricollega alla struttura idrogeologica dei Monti di Sarno. Entrambi sono caratterizzati da una circolazione principalmente basale che nel caso di Monte S. Angelo presenta direzioni di flusso verso N-NO con recapito finale nell'acquifero della Piana del Sarno mentre per Monte Torricchio il deflusso sotterraneo si esplica da est verso ovest con recapiti principali rappresentati dal fronte sorgivo di Sarno e di Canello.

Per quanto attiene l'area di piana essa è associabile al sistema idrogeologico delle piane del Solofrana e del Cavaiola ed i depositi costituenti il sottosuolo sono caratterizzati da una permeabilità relativa differenziata, sia in senso verticale, sia in quello orizzontale, in funzione delle frequenti variazioni granulometriche dei depositi sciolti. Tale variabilità è confermata dai valori di conducibilità idraulica registrati dalle analisi condotte sui campioni prelevati durante le indagini geognostiche (da  $10^{-2}$  a  $10^{-5}$  cm/s).

In generale si distingue una permeabilità per porosità medio-bassa nelle piroclastiti con localizzati valori più elevati nei pochi strati di pomici, lapilli, scorie, pozzolane, ghiaie e detriti esistenti. La permeabilità risulta da media ad elevata per fessurazione nella formazione tufacea.

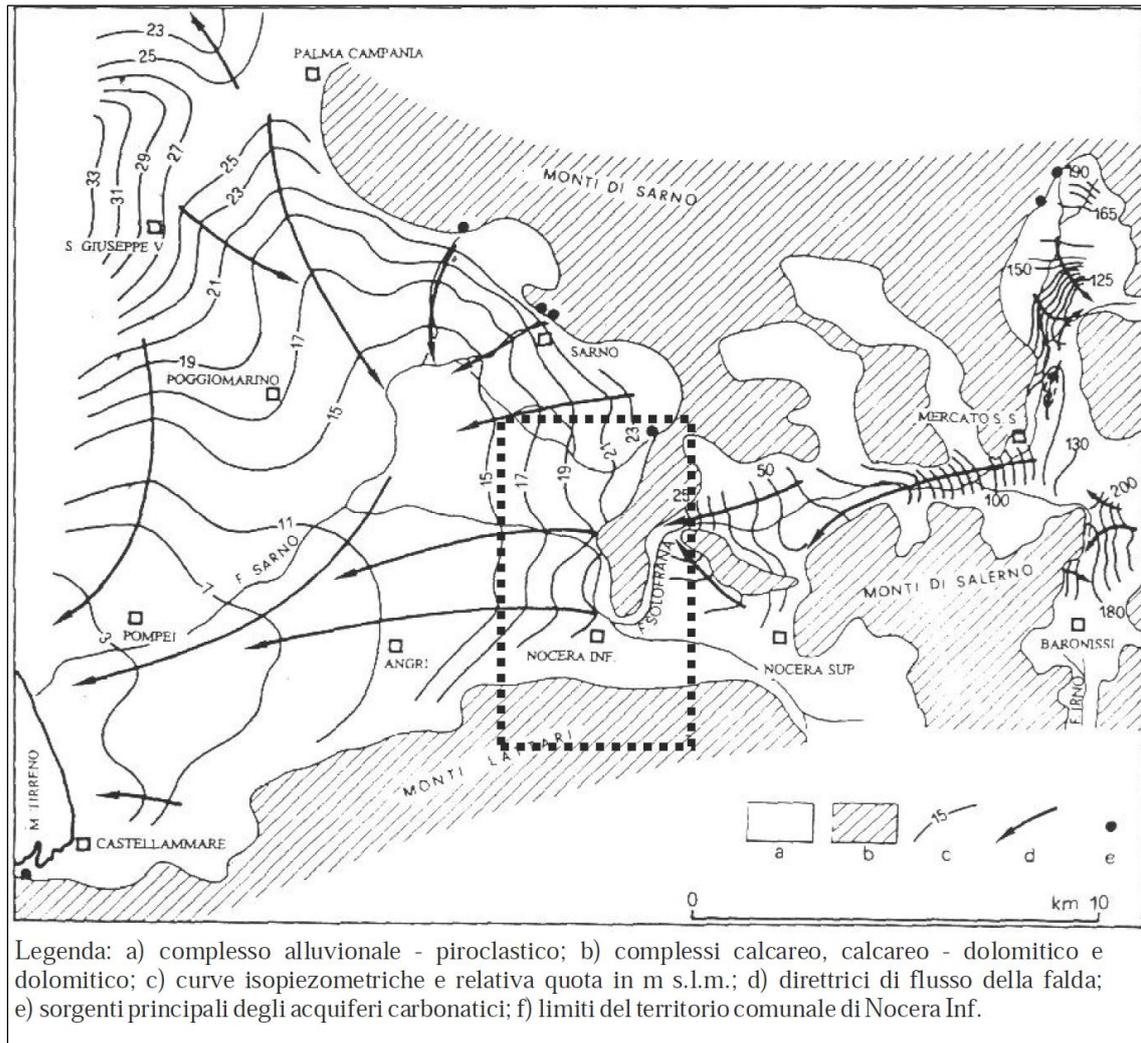
I dati ricavati sulla profondità della falda nei sondaggi e quelli recepiti dal PUC hanno permesso di ricostruire la morfologia della superficie della falda che dovrebbe interessare in continuità sia le piroclastiti che l'orizzonte tufaceo sottostante.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

Il deflusso idrico è diretto verso nord nella zona distale della fascia pedemontana dei Monti Lattari e verso NW ovvero verso la piana del Sarno a Est della dorsale di M. Torricchio. Un punto di confluenza anomalo delle direzioni di flusso sotterranee è presente nel settore nord orientale dell'area di studio in corrispondenza di un pozzo posto in sinistra orografica al Torrente Solofrana.

La trasmissività dell'acquifero detritico-alluvionale-piroclastico è funzione della prevalenza dell'uno o degli altri litotipi presenti nel sottosuolo, oltre che del loro spessore; i valori riportati in bibliografia variano da  $4.0 \times 10^{-2} \text{ m}^2/\text{s}$  a  $6.0 \times 10^{-4} \text{ m}^2/\text{s}$ . I valori di trasmissività più elevati caratterizzano la fascia detritica a ridosso dei rilievi carbonatici che bordano la Piana; laddove, invece, sono presenti litotipi con prevalente frazione sabbioso-limosa, si hanno i valori più bassi.

Il deflusso idrico superficiale, infine, avviene attraverso i torrenti Solofrana e Cavaiola che allo stato sono fortemente condizionati in quanto scorrono in sezioni obbligate, quasi sempre a cielo aperto e solo localmente in sotterraneo. Le portate massime e minime dei due corsi d'acqua sono molto influenzate dall'entità degli scarichi delle acque reflue e in via puramente indicativa sono oscillano tra circa  $330 \div 590 \text{ l/s}$  (Solofrana) e  $933 \div 1963 \text{ l/s}$  (Alveo Nocerino).



**Figura 7.1: Schema idrogeologico delle piane di Sarno e del Solofrana.**  
(Fonte: Celico F. & Piscopo, 1995)

## 8. PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA ED IDRAULICA

Gli interventi di progetto, in relazione al rischio geomorfologico, nel Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della ex Autorità di bacino regionale della Campania Centrale, tuttora vigente, ricadono tutti in zona "bianca" non campita cui non è associato alcun livello di pericolosità e/o rischio da frana, ad eccezione delle opere da realizzare su via Solimena nel tratto compreso tra l'incrocio della strada *de qua* e via Lucarelli, a SE, e via Dentice d'Accadia, a NW, che rientrano tra le zone a pericolosità da frana bassa (P1), campite in verde, con rischio da frana moderato (R1) (*cf. Tavole B2, B17 e B18*).

Dal punto di vista idraulico gli interventi *in fieri* nell'ambito del suddetto PSAI rientrano nelle seguenti perimetrazioni:

- le opere di via Atzori sono interessate da pericolosità idraulica media (P2) con rischio idraulico moderato (R1) fino all'incrocio con via Fucilari da cui, fino a via Riccio, la pericolosità idraulica passa da media (P2) ad elevata (P3) con rischio idraulico elevato (R3) e molto elevato (R3);
- l'intervento su via Pucci è cartografato come in zona a pericolosità idraulica elevata (P3) con rischio idraulico molto elevato (R4);
- le opere su via Castaldo-Via Solimena ricadono in zona a pericolosità idraulica media (P2) con rischio idraulico moderato (R1) ad esclusione dell'ultimo tratto a NW su via Solimena classificato a rischio idraulico medio (R2) ed elevato (R3);
- l'intervento su via Dentice d'Accadia rientra in zona a pericolosità idraulica elevata (P3) con rischio idraulico molto elevato (R3);
- le restanti opere saranno eseguite in zone a pericolosità idraulica media (P2) con rischio idraulico moderato (R1) (*cf. Tavole B2, B19 e B20*).

## 9. INDAGINI GEOGNOSTICHE *IN SITU*

Per la ricostruzione della successione litostratigrafica locale, la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione e la modellazione sismica dei siti di costruzione, sono state eseguite due campagne di indagini geognostiche *in situ* che, nel complesso, hanno compendiato l'esecuzione di n. 8 sondaggi meccanici a carotaggio continuo, nel corso dei quali sono stati prelevati n. 5 campioni indisturbati per le prove di laboratorio e sono state effettuate n. 11 prove penetrometriche SPT, n. 9 prove penetrometriche DPSH e n. 5 prospezioni sismiche MASW.

Le terebrazioni meccaniche eseguite in fase di progettazione definitiva sono state affidate alla GEOSEVI s.a.s. di Fisciano (SA) (*cf. Tavola B5*) mentre quelle inerenti il progetto esecutivo sono state eseguite dalla Trivelsondaggi S.r.l. di Crispano (NA) (*cf. Tavola B6*). Le prospezioni geofisiche MASW, infine, sono esperite dal dr. Francesco Cuccurullo di Pagani (SA) (*cf. Tavola B7*).

Ci si avvalsi inoltre di n. 8 sondaggi a carotaggio continuo eseguiti per lo studio geologico del PRG e PUC di Nocera Inferiore, n. 3 sondaggi a carotaggio continuo effettuati per lo studio geologico del PRG e PUC di Nocera Superiore, n. 2 sondaggi a carotaggio continuo, n. 3 prove penetrometriche dinamiche continue e n. 8 prospezioni geofisiche (MASW, HVSR e down-hole) eseguite nell'area di interesse per committenti privati. Nel corso di tali sondaggi, a diverse progressive dal p.c. sono stati prelevati campioni di terreno indisturbati e sono state eseguite prove penetrometriche dinamiche SPT (*cf. Tavole B5 e B8*).

L'ubicazione di tutte le indagini testé menzionate è riportata sugli stralci aerofotogrammetrici in scala 1 : 2000 di cui alle Tavole B3 e B4 mentre le informazioni relative alle suddette perforazioni sono illustrate nelle tabelle seguenti.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

<b>Sondaggio (sigla)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Campioni indisturbati (n)</b>	<b>Prove SPT (n)</b>
<b>S<sub>3</sub></b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>S<sub>4</sub></b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>S<sub>6</sub></b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>S<sub>7</sub></b>	<b>20</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>S<sub>8</sub></b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
<b>S<sub>11</sub></b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
<b>S<sub>12</sub></b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
<b>S<sub>30</sub></b>	<b>27</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

**Tabella 9.1: Riepilogo dei sondaggi estratti dallo studio del PRG-PUC di Nocera Inferiore.**

<b>Sondaggio (sigla)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Campioni indisturbati (n)</b>	<b>Prove SPT (n)</b>
<b>S<sub>5(PUC)</sub></b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>S<sub>5(PRG)</sub></b>	<b>30</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
<b>S<sub>11</sub></b>	<b>30</b>	<b>-</b>	<b>2</b>

**Tabella 9.2: Riepilogo dei sondaggi estratti dallo studio del PRG-PUC di Nocera Superiore.**

<b>Sondaggio (sigla)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Campioni indisturbati (n)</b>	<b>Prove SPT (n)</b>
<b>S<sub>a</sub></b>	<b>30</b>	<b>2</b>	<b>8</b>
<b>S<sub>1</sub></b>	<b>30</b>	<b>1</b>	<b>3</b>

**Tabella 9.3: Riepilogo dei sondaggi eseguiti per committenti privati nell'area d'interesse.**

<b>Prova penetrometrica (sigla)</b>	<b>Profondità raggiunta (m)</b>	<b>Campioni indisturbati (n)</b>
<b>DPSH<sub>1</sub></b>	<b>12,40</b>	<b>-</b>
<b>DPSH<sub>2</sub></b>	<b>15,00</b>	<b>1</b>
<b>DPSH<sub>3</sub></b>	<b>10,00</b>	<b>-</b>

**Tabella 9.4: Riepilogo delle prove penetrometriche dinamiche continue superpesanti eseguite per committenti privati nell'area d'interesse.**

<b>Sondaggio (sigla)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Campioni indisturbati (n)</b>	<b>Prove SPT (n)</b>
<b>S<sub>1</sub></b>	<b>5</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>S<sub>2</sub></b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>-</b>
<b>S<sub>3</sub></b>	<b>10</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

**Tabella 9.5: Riepilogo dei sondaggi eseguiti dalla GeoSevi s.a.s. per conto GORI SpA (2017).**

<b>Sondaggio (sigla)</b>	<b>Lunghezza (m)</b>	<b>Campioni indisturbati (n)</b>	<b>Prove SPT (n)</b>
<b>S<sub>1</sub></b>	<b>6</b>	<b>-</b>	<b>1</b>
<b>S<sub>2</sub></b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>3</b>
<b>S<sub>3</sub></b>	<b>10</b>	<b>1</b>	<b>4</b>
<b>S<sub>4</sub></b>	<b>9</b>	<b>-</b>	<b>-</b>
<b>S<sub>5</sub></b>	<b>15</b>	<b>2</b>	<b>3</b>

**Tabella 9.6: Riepilogo dei sondaggi eseguiti dalla Trivelsondaggi S.r.l. per conto GORI SpA (2019).**

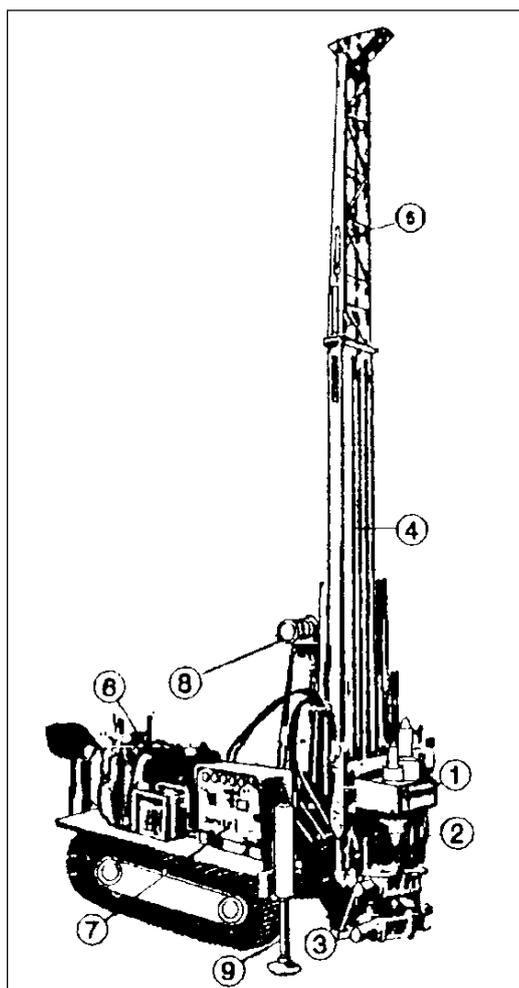
<b>Prova penetrometrica (sigla)</b>	<b>Profondità raggiunta (m)</b>	<b>Campioni indisturbati (n)</b>
<b>DPSH<sub>1</sub></b>	<b>3,60</b>	<b>-</b>
<b>DPSH<sub>2</sub></b>	<b>10,00</b>	<b>-</b>
<b>DPSH<sub>3</sub></b>	<b>7,00</b>	<b>-</b>
<b>DPSH<sub>4</sub></b>	<b>10,00</b>	<b>-</b>
<b>DPSH<sub>5</sub></b>	<b>15,00</b>	<b>-</b>
<b>DPSH<sub>6</sub></b>	<b>15,00</b>	<b>-</b>
<b>DPSH<sub>7</sub></b>	<b>15,00</b>	<b>-</b>
<b>DPSH<sub>8</sub></b>	<b>3,40</b>	<b>-</b>
<b>DPSH<sub>9</sub></b>	<b>3,40</b>	<b>-</b>

**Tabella 9.7: Riepilogo delle prove penetrometriche dinamiche continue superpesanti eseguite dalla Trivelsondaggi S.r.l. per conto GORI SpA (2019).**

**9.1 SONDAGGI A CAROTAGGIO CONTINUO**

Le terebrazioni meccaniche eseguite per la progettazione esecutiva sono state spinte alla profondità massima di 15,00 metri dal p.c., ed eseguite con una perforatrice idraulica CMV K400 (cfr. Figura 9.1 e Tavola B27) corredata da tutti gli accessori necessari per il corretto funzionamento. Le caratteristiche tecniche della perforatrice sono riassunte nella seguente tabella 9.1.1

<b>DATI TECNICI - Tabella 9.1.1: Dati tecnici della perforatrice utilizzata per i sondaggi</b>			
Motore Diesel VM	Hp 67,5	Morsa bloccaggio	Dia. 200
Mast applicabili	Tipo M.T. 1-2	Martinetto svitatore	x
Lunghezza mast	mm. 2100 - 3000	Testa di rotazione TR	Tipo 420
Corsa testa TR	mm. 1150 - 1700	Coppia max - min	Kgm. 420 - 118
Spinta	Kg. 1500	Giri max - min	Rpm. 250 - 70
Tiro	Kg. 2500	Cambio	Rapp. 2
Argano tiro	Kg. 1000	Prolunga mast	Mt. 1,00
Capacità fune	mt. 62	Peso	Kg. 3000
APPLICAZIONI: Pompa acqua / Pompa scarotatrice		LAVORI ESEGUIBILI: Micropali / Tiranti / Sondaggi / Fori per iniezioni	



**Figura 9.1.1: Perforatrice idraulica per sondaggi a carotaggio continuo.**

- 1) Testa di rotazione.
- 2) Canotto antisvitamento.
- 3) Gruppo frenosvitatore.
- 4) Slitta avanzamento orientabile.
- 5) Prolunga pieghevole.
- 6) Motore.
- 7) Pannello comandi
- 8) Argano.
- 9) Cilindri di appoggio.

I sondaggi sono stati eseguiti integralmente con tecnica di perforazione a carotaggio continuo, mediante l'impiego di un carotiere semplice del diametro  $\varnothing = 101$  mm con corona ad inserti di widia con avanzamento a secco e/o utilizzando la minima quantità d'acqua necessaria per raffreddare gli utensili di perforazione.

La stabilità del foro, nella parte iniziale, è stata assicurata da un rivestimento metallico provvisorio, del diametro di  $\varnothing = 127$  mm, installato contestualmente al procedere della perforazione.

Tale *modus operandi*, unitamente all'abilità dell'operatore, ha reso minimo il disturbo nei terreni attraversati consentendo una percentuale di recupero sempre superiore al 90%.

I campioni rimaneggiati - "carote" - estratti nel corso delle perforazioni sono stati alloggiati in apposite cassette catalogatrici in PVC di dimensioni  $100 \times 50 \times 15$  cm, munite di setti separatori e con apposito coperchio apribile, avendo cura di riportare negli scomparti interni le quote di riferimento di ciascuna manovra eseguita (*cf. Tavola B27*).

Successivamente le carote sono state analizzate e fotografate dallo scrivente geologo. L'esame dettagliato ha consentito la compilazione delle colonne stratigrafiche avendo cura di annotare:

- spessore e profondità dal p.c. del tetto di ogni unità litostratigrafica. Vengono segnalate, nell'ambito delle unità, eventuali alternanze o particolari tipi di deposizione (varve, laminazioni ritmiche, ecc.);
- colore prevalente;
- composizione granulometrica approssimata, nei termini correnti (trovanti, ciottoli, ghiaia, sabbia, limo, argilla), indicando il diametro massimo della ghiaia ed elencando per prima la frazione prevalente e di seguito le eventuali altre frazioni secondo importanza percentuale;
- caratteristiche di consistenza (terreni coesivi) nei termini correnti (privo di consistenza, poco consistente, moderatamente consistente, consistente, molto consistente, estremamente consistente);
- caratteristiche di addensamento (terreni incoerenti) nei termini usuali (sciolto, poco addensato, moderatamente addensato, addensato, molto addensato);

- presenza di inclusi organici (resti vegetali, torbe, ecc.) e non (calcinacci, resti archeologici, ecc.);
- presenza di eventuali falde acquifere;
- profondità di prelievo dei campioni indisturbati;
- profondità di esecuzione e risultati delle prove S.P.T.

Le colonne stratigrafiche, riportate nella Tavola B6, mostrano una successione riconducibile sostanzialmente a tre litologie:

- ↗ l'orizzonte di riporto;
- ↗ i prodotti piroclastici rimaneggiati del distretto vulcanico del *Somma-Vesuvio* con localizzate lenti ghiaioso-sabbiose di natura carbonatica;
- ↗ la formazione dell'Ignimbrite Campana.

## 9.2 PRELIEVO DI CAMPIONI

Per la determinazione sperimentale delle caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni di fondazione nel corso dei sondaggi sono stati prelevati n. 5 campioni indisturbati la cui profondità e modalità di prelievo sono riepilogate nella tabella 9.2.1.

<b>Sondaggio</b>	<b>Ditta esecutrice</b>	<b>Profondità di prelievo (m)</b>	<b>Sigla campione</b>	<b>Modalità di prelievo</b>	<b>Classe</b>
<b>S<sub>2</sub></b>	<b>GeoSevi s.a.s. (2017)</b>	<b>4,50 ÷ 5,00</b>	<b>1/I</b>	<b>Pressione - Shelby</b>	<b>Q5</b>
<b>S<sub>2</sub></b>	<b>Trivelsondaggi S.r.l. (2019)</b>	<b>4,00 ÷ 4,50</b>	<b>1/I</b>	<b>Pressione - Shelby</b>	<b>Q5</b>
<b>S<sub>3</sub></b>	<b>Trivelsondaggi S.r.l. (2019)</b>	<b>6,50 ÷ 6,80</b>	<b>1/I</b>	<b>Pressione - Shelby</b>	<b>Q5</b>
<b>S<sub>5</sub></b>	<b>Trivelsondaggi S.r.l. (2019)</b>	<b>4,00 ÷ 4,50</b>	<b>1/I</b>	<b>Pressione - Shelby</b>	<b>Q5</b>
<b>S<sub>5</sub></b>	<b>Trivelsondaggi S.r.l. (2019)</b>	<b>8,00 ÷ 8,50</b>	<b>1/I</b>	<b>Pressione - Shelby</b>	<b>Q5</b>

Tabella 9.2.1

I prelievi sono stati eseguiti mediante campionatori con fustella a pareti sottili (*Shelby*) che vengono infissi nel terreno senza rotazione allo scopo di indurre il minore disturbo possibile al campione (*cf. Tavola B27*).

La fustella contenente il campione di terreno estratto, costituita da un tubo in acciaio inox con la base tagliente e con angolo di scarpa compreso tra 4° e 15°, all'atto della estrazione viene separata dal campionatore e le superfici esposte vengono sigillate con paraffina fusa al fine di preservarne integro il contenuto d'acqua.

Successivamente il campione è stato catalogato, annotando sull'apposita etichetta i seguenti dati:

- ☞ committente;
- ☞ cantiere;
- ☞ sondaggio;
- ☞ numero identificativo del campione;
- ☞ quota di inizio e fine prelievo;
- ☞ classe di qualità;

e conservato in un luogo idoneo fino alla data di spedizione presso il laboratorio geotecnico.

### 9.3 PROVE PENETROMETRICHE SPT

Nel corso dei sondaggi, a diverse progressive dal piano campagna, sono state eseguite n. 2 prove penetrometriche dinamiche del tipo Standard Penetration Test (*cf. Tavole B5 e B6*).

Com'è noto la prova SPT consiste nell'infissione a percussione di uno speciale campionatore (Raymond) che, penetrando nel terreno sotto i colpi di un maglio (con dispositivo di sganciamento automatico) di peso pari a 63,5 Kg e con volata di 76 cm, consente di valutarne la resistenza meccanica alla penetrazione, per un tratto di 45 cm, e subordinatamente di prelevare piccoli campioni del terreno stesso (*cf. Figura 9.3.1 e Tavola B27*).

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

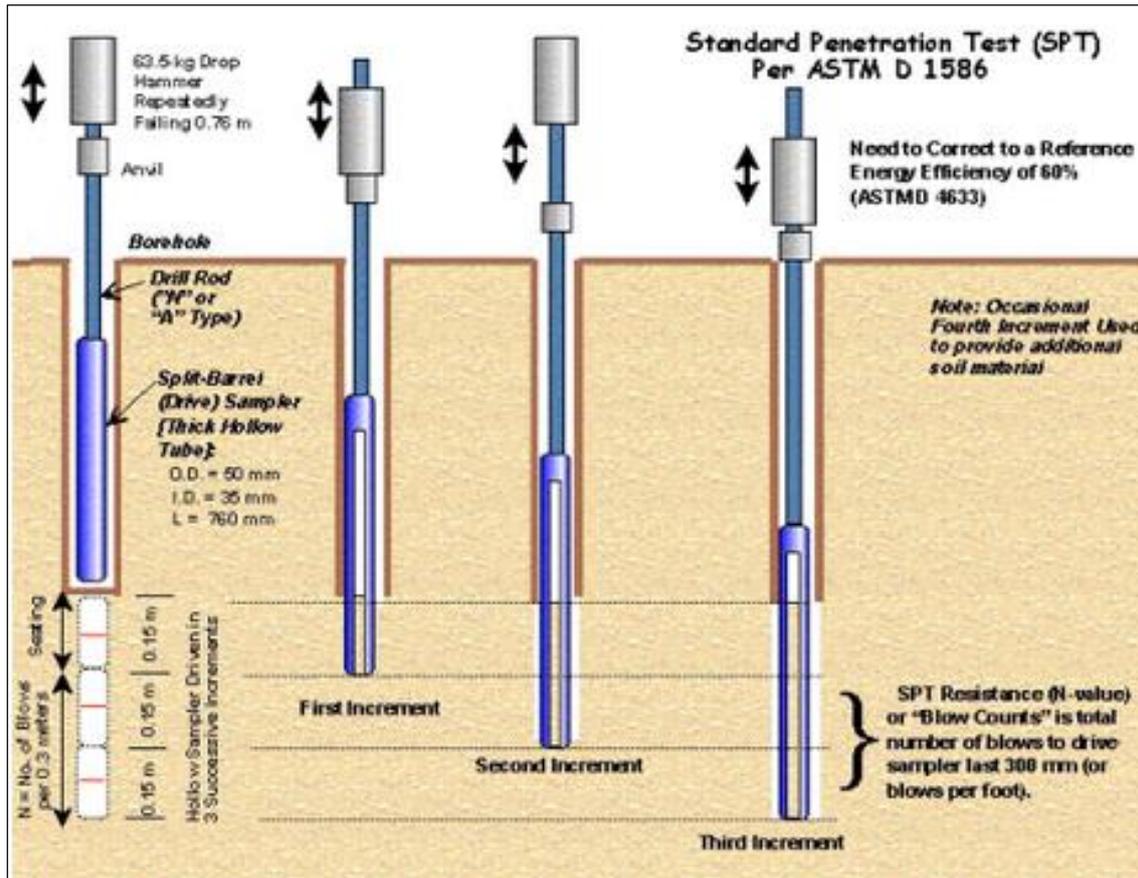


Figura 9.3.1: Prova SPT- Schema di principio (non in scala).

Più dettagliatamente, posato il campionatore SPT sul fondo del foro, accuratamente pulito e confrontato con la quota raggiunta dalla perforazione, si registra il numero di colpi necessario per farlo avanzare di 15 cm. Se l'infissione ( $i$ ) dopo 50 colpi è inferiore a 15 cm ( $N_{SPT} = N_1 = 50$  colpi;  $i < 15$  cm) si sospende la prova registrando il valore di  $i$  (ad es.  $N_{SPT} = 50$ ,  $i = 12$  cm). Se  $N_1 \leq 50$  colpi si registra il numero di colpi  $N_2$  per ottenere l'infissione di altri 15 cm ed il numero di colpi  $N_3$  per ottenere ulteriori 15 cm.

Si assume in tal caso:  $N_{SPT} = (N_2 + N_3)$  colpi;  $i = 30$  cm; se per  $i$  colpi  $N_{SPT} = N_2 + N_3 = 100$  non si raggiungono i 30 cm, ad esempio  $N_{SPT} = 100$  colpi  $i = 22$  cm si sospende l'infissione.

Il valore di  $N_{SPT}$  è la somma dei colpi necessari per ottenere gli ultimi 2 tratti di penetrazione.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

Il ritmo delle percussioni nel corso della prova deve essere compreso fra 20 e 25 colpi/minuto in modo da fornire sempre la stessa energia di battitura. Se la prova viene eseguita in terreni molto addensati o ghiaiosi la scarpa del campionatore SPT va sostituita con una punta conica avente diametro esterno di 51 mm ed apertura di 60°. Dalla prova SPT è possibile trarre utili informazioni sullo stato di addensamento nei terreni granulari e sul grado di consistenza in quelli coesivi così come risulta dalle tabelle seguenti.

<b>Valutazione dei parametri di resistenza dai dati dello S.P.T.</b>			
<b>Definizione della consistenza</b>	<b>Numero dei colpi <math>N</math> (S.P.T.)</b>	<b>Indice di consistenza <math>I_c</math></b>	<b>Coesione non drenata <math>c_u</math> (bar)</b>
<b><i>Terreno coerente</i></b>			
<b>Molto soffice</b>	<b>&lt; 2</b>	<b>~ 0.</b>	<b>&lt; 0,1</b>
<b>Soffice</b>	<b>2 ÷ 4</b>	<b>0 ÷ 0,25</b>	<b>0,1 ÷ 0,25</b>
<b>Plastico</b>	<b>4 ÷ 8</b>	<b>0,25 ÷ 0,5</b>	<b>0,25 ÷ 0,5</b>
<b>Duro</b>	<b>8 ÷ 15</b>	<b>0,5 ÷ 0,75</b>	<b>0,5 ÷ 1,0</b>
<b>Molto duro</b>	<b>15 ÷ 30</b>	<b>0,75 ÷ 1,0</b>	<b>1,0 ÷ 2,0</b>
<b>Durissimo</b>	<b>&gt; 30</b>	<b>&gt; 1,0</b>	<b>&gt; 2,0</b>
<b><i>Terreno incoerente (sabbie e ghiaie)</i></b>		<b>Densità relativa <math>D_r</math></b>	<b>Angolo di attrito <math>\varphi'</math></b>
<b>Molto sciolto</b>	<b>&lt; 4</b>	<b>&lt; 0,2</b>	<b>&lt; 30°</b>
<b>Sciolto</b>	<b>4 ÷ 10</b>	<b>0,2 ÷ 0,4</b>	<b>30° ÷ 35°</b>
<b>Medio</b>	<b>10 ÷ 30</b>	<b>0,4 ÷ 0,6</b>	<b>35° ÷ 40°</b>
<b>Denso</b>	<b>30 ÷ 50</b>	<b>0,6 ÷ 0,8</b>	<b>40° ÷ 45°</b>
<b>Molto denso</b>	<b>&gt; 50</b>	<b>&gt; 0,8</b>	<b>&gt; 45°</b>

Tabella 9.3.1

Comparazione di parametri da valori di N (SPT)

Definizione	SPT	Densità relativa	Angolo res. al taglio **( <i>appross.</i> )	Campo di variab. peso unità di vol. kN/m <sup>3</sup>
<i>Terzaghi-Peck 1948</i>	<i>N</i>	<i>Dr*</i>		
<i>Molto sciolta</i>	<i>5-10</i>	<i>0-15</i>	<i>25°-30°</i>	<i>11 - 16</i>
<i>Sciolta</i>	<i>8-15</i>	<i>35</i>	<i>27°-32°</i>	<i>14 - 18</i>
<i>Media</i>	<i>10-40</i>	<i>65</i>	<i>30°-35°</i>	<i>17 - 20</i>
<i>Densa</i>	<i>20-70</i>	<i>85</i>	<i>35°-40°</i>	<i>17 - 22</i>
<i>Molto densa</i>	<i>35</i>	<i>100</i>	<i>38°-43°</i>	<i>20 - 23</i>

Tabella 9.3.2

Comparazione di parametri da valori di N (SPT)

Descrizione della consistenza	SPT <i>N</i>	Resist. alla compress. <i>qu kPa</i>	Peso dell'unità di volume saturo kN/m <sup>3</sup>
<i>Argilla molto molle</i>	<i>&lt;2</i>	<i>&lt;25</i>	<i>&lt;16</i>
<i>Argilla molle</i>	<i>2 - 4</i>	<i>25 - 50</i>	<i>16 - 17</i>
<i>Argilla media</i>	<i>4 - 8</i>	<i>50 -100</i>	<i>17 - 19</i>
<i>Argilla compatta</i>	<i>8 -16</i>	<i>100 -200</i>	<i>19 - 21</i>
<i>Argilla molto compatta</i>	<i>16 - 32</i>	<i>200 -400</i>	<i>20 - 22</i>
<i>Argilla dura</i>	<i>&gt;30</i>	<i>&gt;400</i>	<i>&gt;22</i>

Tabella 9.3.3

<b>Sabbie</b>	<b>N<sub>SPT</sub></b>	<b>Valutazione dello stato di addensamento</b>
	<b>0 ÷ 4</b>	<b>Sciolto</b>
	<b>4 ÷ 10</b>	<b>Poco addensato</b>
	<b>10 ÷ 30</b>	<b>Moderatamente addensato</b>
	<b>30 ÷ 50</b>	<b>Addensato</b>
	<b>&gt; 50</b>	<b>Molto addensato</b>
<b>Terreni coesivi</b>	<b>N<sub>SPT</sub></b>	<b>Valutazione della consistenza</b>
	<b>&lt; 2</b>	<b>Privo di consistenza</b>
	<b>2 ÷ 4</b>	<b>Poco consistente (molle)</b>
	<b>4 ÷ 8</b>	<b>Moderatamente consistente</b>
	<b>8 ÷ 15</b>	<b>Consistente</b>
	<b>15 ÷ 30</b>	<b>Molto consistente</b>
	<b>&gt; 30</b>	<b>Estremamente consistente (duro)</b>

Tabella 9.3.4: Classifica orientativa dello stato di compattezza dei terreni incoerenti e coesivi (Fonte: A.G.I. 1977).

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

Tuttavia occorre ricordare che la tabella 5 non tiene conto dello stato tensionale efficace agente che, invece, ha notevole influenza sulla resistenza del terreno alla penetrazione; il valore di  $N_{SPT}$ , infatti, oltre che con  $D_r$  cresce con la pressione litostatica e con la dimensione dei granuli mentre diminuisce in presenza d'acqua.

A questo proposito Terzaghi e Peck ottengono per le sabbie fini, il valore di  $N_{SPT}$  sotto la falda dalla relazione:

$$N_{SPT} = 15 + \frac{1}{2} (N' - 15)$$

dove  $N'$  è il numero di colpi sopra la falda, formula che tiene conto che parte dell'energia di infissione si dissipa in pressione interstiziale.

Giova ricordare, infine, che la prova penetrometrica S.P.T. perde di significato nel caso di acqua rapidamente risalente nel foro e che ad  $N_2$  ed  $N_3$  può attribuirsi un significato simile a quello di  $R_p$  ed  $R_l$  delle prove penetrometriche statiche: più  $N_3$  è maggiore di  $N_2$  più il terreno è addensato.

Le risultanze delle prove SPT, già riportate sulle colonne stratigrafiche dei sondaggi, sono riassunte nella seguente tabella 9.3.5.

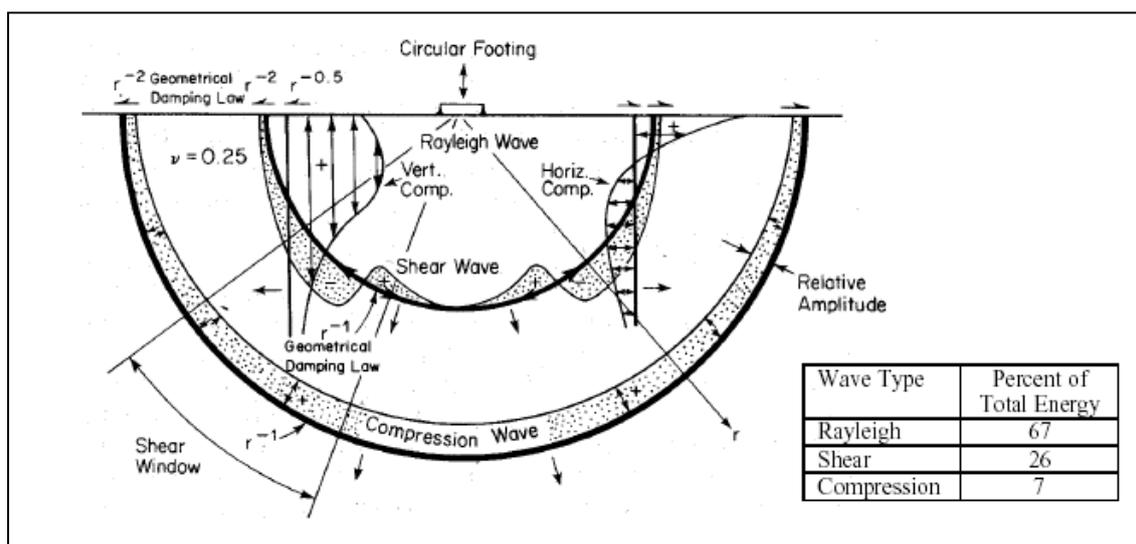
<b>STANDARD PENETRATION TEST (SPT)</b>								
Sondaggi (2019)	Prova (n.)	Quote		Numero di colpi				Tipo di punta
		da metri	a metri	1° tratto 15 cm	2° tratto 15 cm	3° tratto 15 cm	$\Sigma$ 2°+ 3° tratto	
S <sub>1</sub>	1	5,50	5,95	12	9	21	30	Raymond
S <sub>2</sub>	1	2,00	2,45	2	5	7	13	Raymond
S <sub>2</sub>	2	4,50	4,95	3	4	4	8	Raymond
S <sub>2</sub>	3	7,00	7,45	3	5	7	12	Raymond
S <sub>3</sub>	1	4,60	5,05	2	2	4	6	Raymond
S <sub>3</sub>	2	6,80	7,07	16	R	-	-	Raymond
S <sub>3</sub>	3	8,80	9,25	4	4	5	9	Raymond
S <sub>3</sub>	4	12,00	12,45	5	6	7	13	Raymond
S <sub>5</sub>	1	4,50	4,95	2	2	4	6	Raymond
S <sub>5</sub>	2	8,50	8,95	5	7	8	15	Raymond
S <sub>5</sub>	3	11,40	11,85	4	7	10	13	Raymond

Tabella 9.3.5

## 9.4 PROSPEZIONI SISMICHE MASW

Per la modellazione sismica dei siti di costruzione sono state eseguite n. 5 prospezioni geofisiche di superficie del tipo *MASW* (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde Superficiali di Rayleigh).

Il rilievo geofisico MASW è utilizzato per la determinazione dei profili verticali della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) tramite inversione delle curve di dispersione delle onde di *Rayleigh* effettuata con *algoritmi genetici* (cfr. Figura 9.4.1).



**Figura 9.4.1: Distribution of Stress Wave Motions from a Vibration Circular Footing on a homogeneous, Isotropic, Elastic Half Space (from Woods, 1968).**

I vantaggi di questa nuova metodologia geofisica rispetto ai metodi tradizionali sono:

- 1) l'uso particolarmente indicato per suoli altamente attenuanti ed ambienti rumorosi;
- 2) l'utilizzo non limitato - a differenza del metodo a rifrazione - dalla presenza di inversioni di velocità in profondità;
- 3) la buona risoluzione (a differenza del metodo a riflessione);
- 4) la ricostruzione della distribuzione verticale delle  $V_s$ , fondamentale per la caratterizzazione geotecnica del sito.

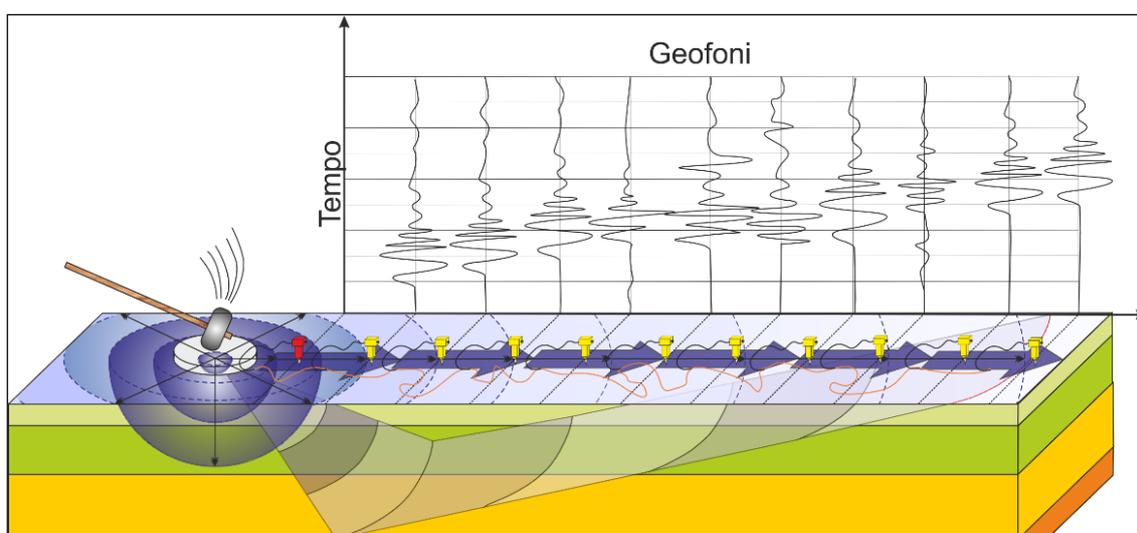
L'attrezzatura utilizzata per tali prospezioni è composta da:

- un sismografo M.A.E. A6000-S 24 bit 24 canali, strumento compatto e versatile progettato e realizzato appositamente per eseguire indagini di prospezione sismica convenzionali (rifrazione, riflessione) e non convenzionali [Re.Mi. (Refraction

Microtremor); M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves); S.A.S.W. (Spectral Analysis of Surface Waves)];

- una sorgente energizzante costituita da una massa battente (martello) da 10 kg che percuote una piastra metallica;
- n. 24 geofoni da 4,5 Hz.

Lo schema dello stendimento sismico è riprodotto in figura 9.4.2.



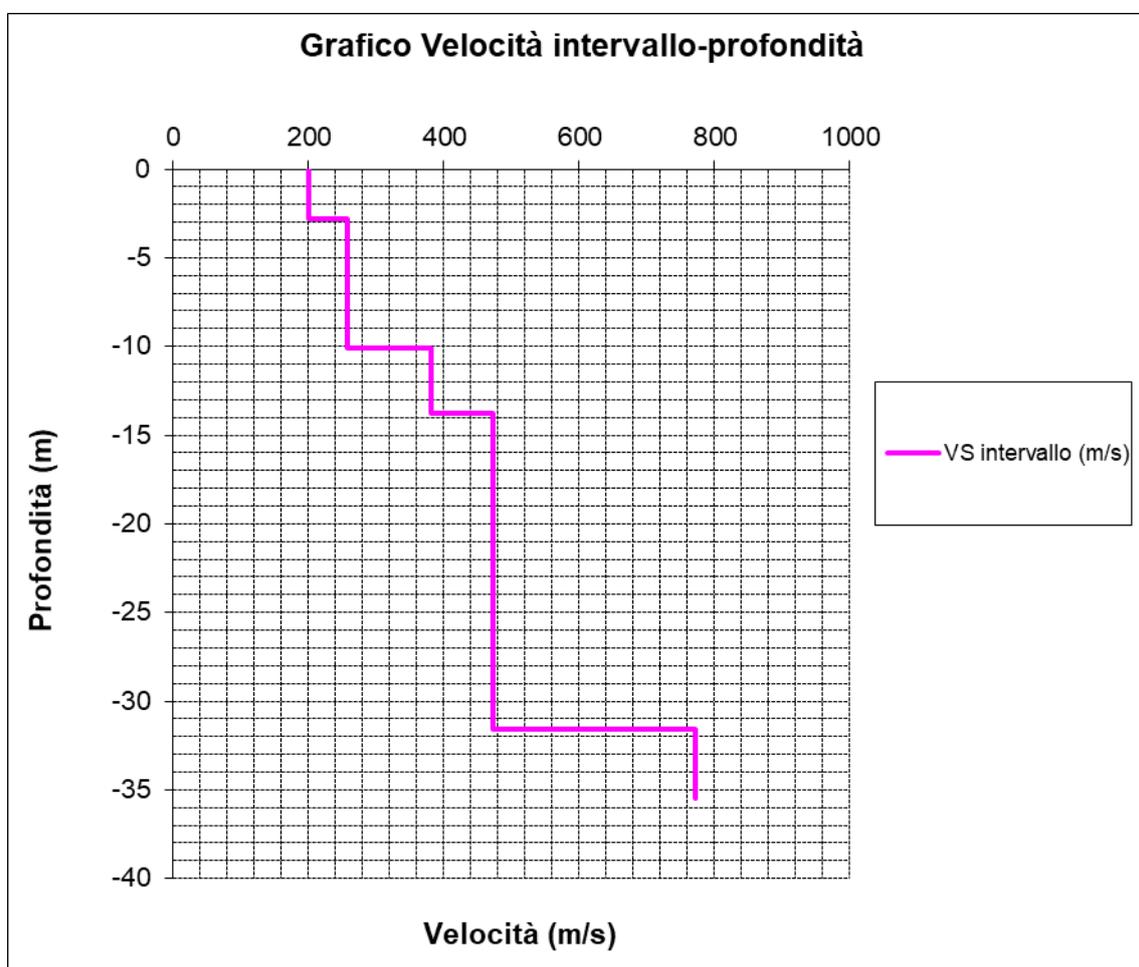
**Figura 9.4.2: Schema dello stendimento sismico.**

Il software SurfSeis 2.05 della Kansas Geological Survey ha consentito di analizzare i dati sismici acquisiti in campagna in modo tale da poter ricavare i profili verticali della  $V_s$  (velocità delle onde di taglio).

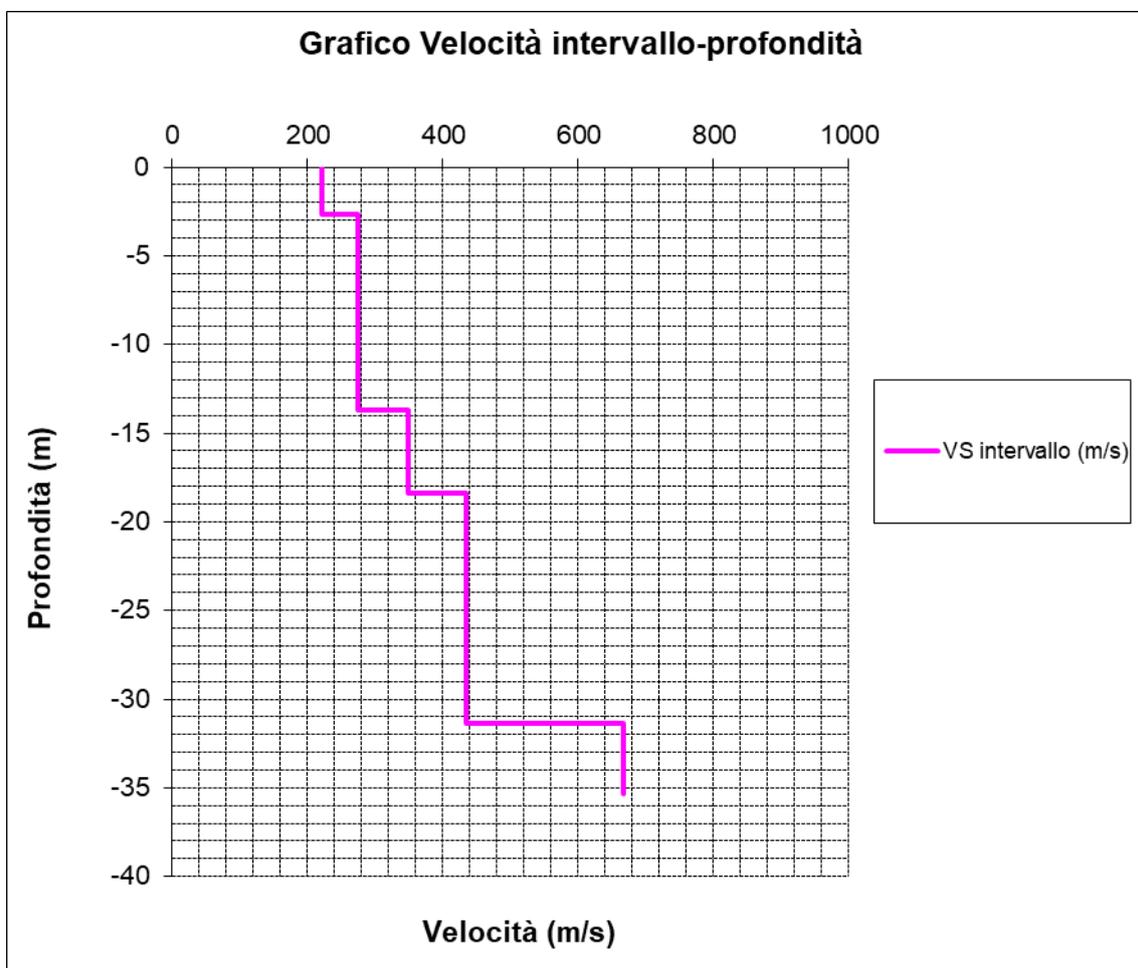
Per maggiori dettagli sulle prospezioni esperite, la metodologia utilizzata e l'elaborazione dei dati registrati in campo si rimanda alla relazione specialistica di cui alla Tavola B7.

Di seguito si riportano i valori delle velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) per i vari sismostrati rilevati dalle suddette MASW ed i relativi grafici  $V_s/Profondità$  (cfr. Tabelle 9.4.1 ÷ 9.4.5 e Figure 9.4.3 ÷ 9.4.7).

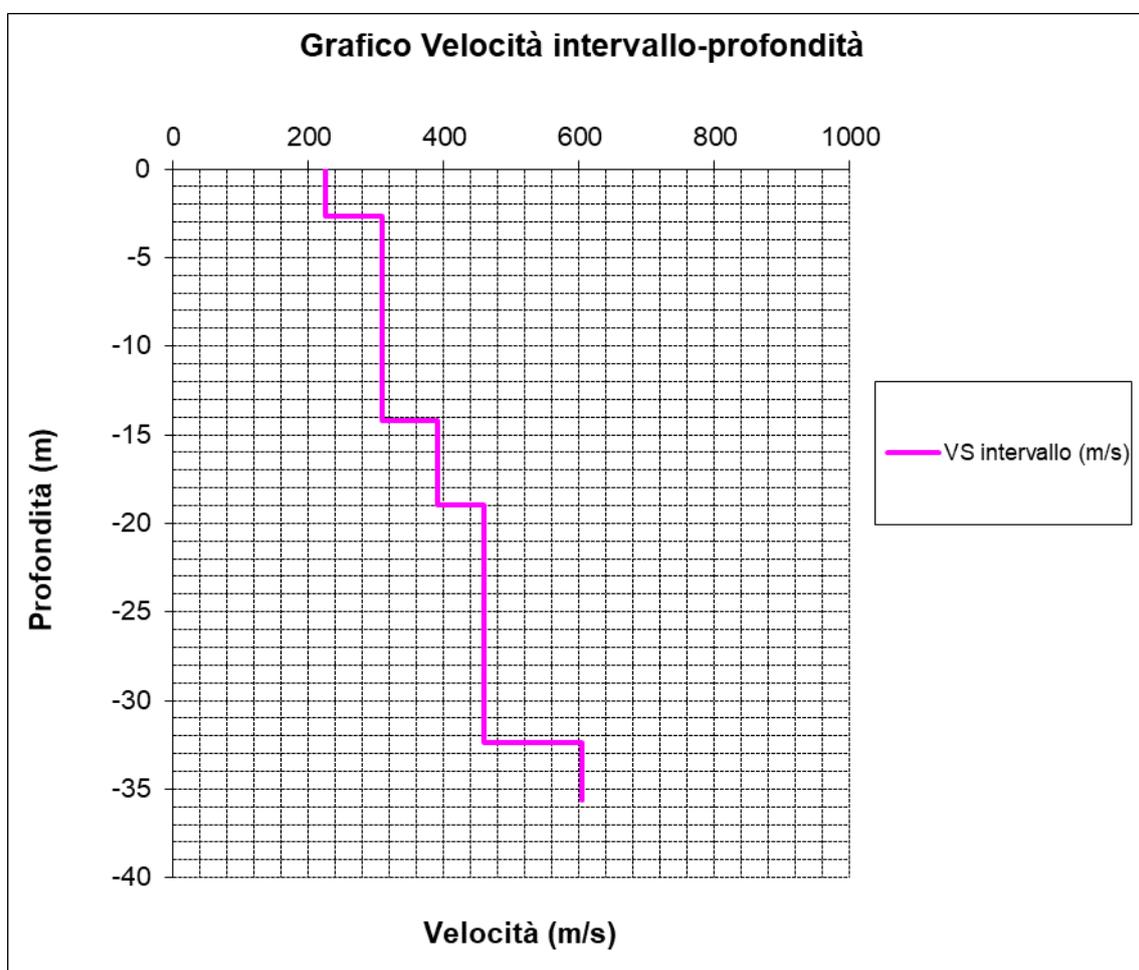
<b>Sismostrato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.1</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.2</b>
<b>S1</b>	<b>0.0 – 2.8</b>	<b>200</b>	<b>200</b>
<b>S2</b>	<b>2.8 – 10.1</b>	<b>258</b>	<b>257</b>
<b>S3</b>	<b>10.1 – 13.8</b>	<b>383</b>	<b>381</b>
<b>S4</b>	<b>13.8 – 31.6</b>	<b>473</b>	<b>472</b>
<b>S5</b>	<b>31.6 – 35.5</b>	<b>772</b>	<b>772</b>

Tabella 9.4.1: Valori di  $V_s$  desunti dalla MASW n. 1Figura 9.4.3: Grafico dei valori medi di  $V_s$  relativo alla MASW n.1

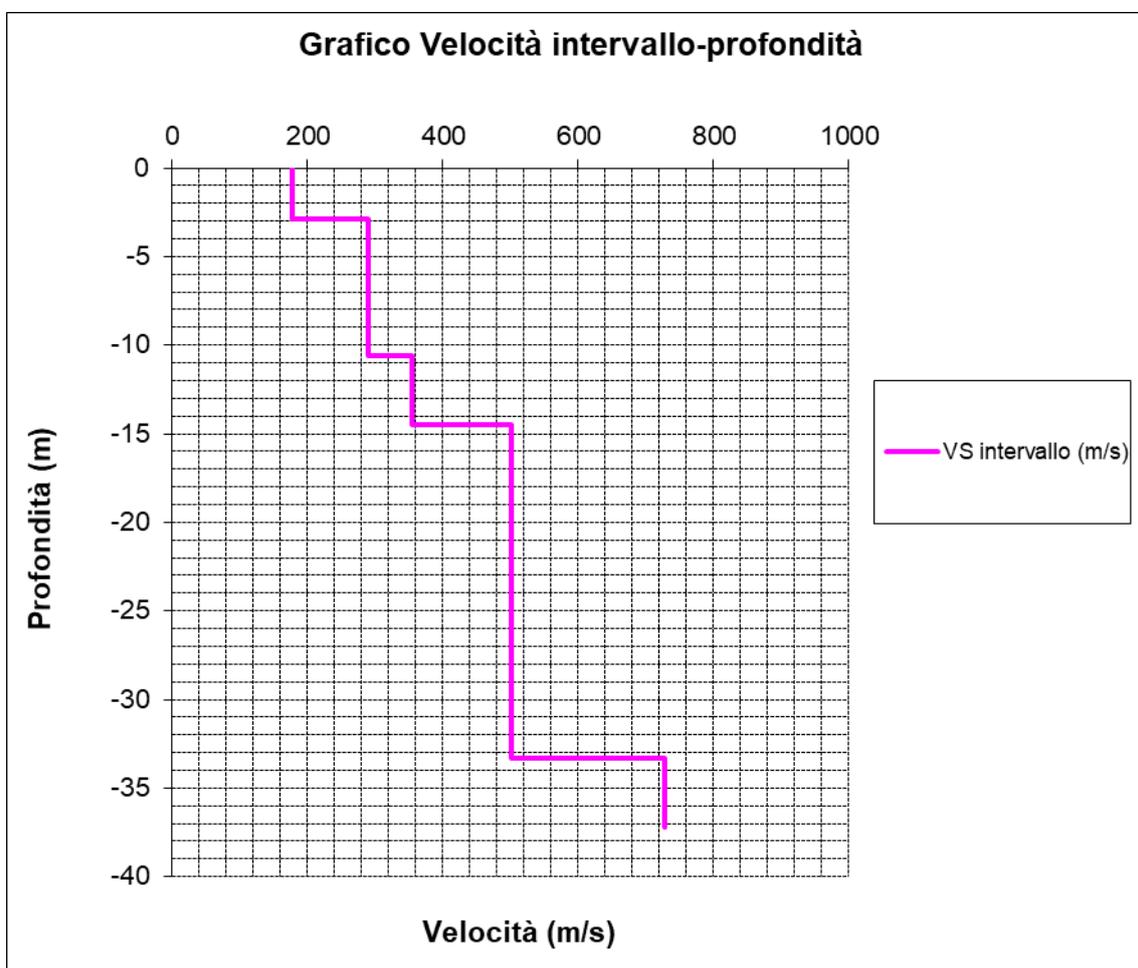
<b>Sismostrato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.1</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.2</b>
<b>S1</b>	<b>0.0 – 2.7</b>	<b>221</b>	<b>222</b>
<b>S2</b>	<b>2.7 – 13.7</b>	<b>274</b>	<b>275</b>
<b>S3</b>	<b>13.7 – 18.4</b>	<b>349</b>	<b>349</b>
<b>S4</b>	<b>18.4 – 31.4</b>	<b>435</b>	<b>434</b>
<b>S5</b>	<b>31.4 – 35.3</b>	<b>666</b>	<b>666</b>

Tabella 9.4.2: Valori di  $V_s$  desunti dalla MASW n. 2Figura 9.4.4: Grafico dei valori medi di  $V_s$  relativo alla MASW n.2

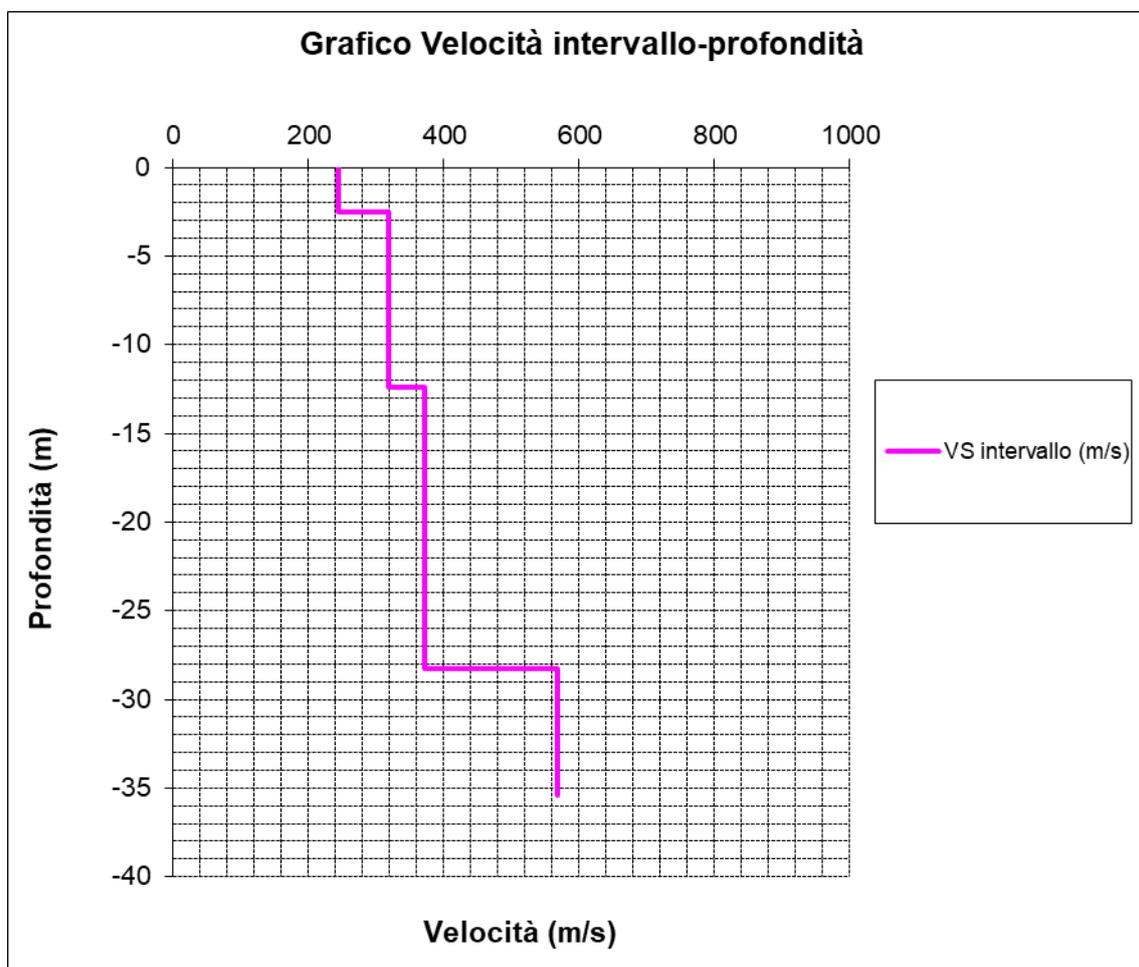
<b>Sismostrato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.1</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.2</b>
<b>S1</b>	<b>0.0 – 2.8</b>	<b>224</b>	<b>225</b>
<b>S2</b>	<b>2.8 – 14.2</b>	<b>307</b>	<b>308</b>
<b>S3</b>	<b>14.2 – 19.0</b>	<b>389</b>	<b>391</b>
<b>S4</b>	<b>19.0 – 32.4</b>	<b>459</b>	<b>460</b>
<b>S5</b>	<b>32.4 – 35.6</b>	<b>604</b>	<b>604</b>

Tabella 9.4.3: Valori di  $V_s$  desunti dalla MASW n. 3Figura 9.4.5: Grafico dei valori medi di  $V_s$  relativo alla MASW n. 3

<b>Sismostrato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.1</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.2</b>
<b>S1</b>	<b>0.0 – 2.9</b>	<b>177</b>	<b>177</b>
<b>S2</b>	<b>2.9 – 10.6</b>	<b>289</b>	<b>291</b>
<b>S3</b>	<b>10.6 – 14.5</b>	<b>354</b>	<b>354</b>
<b>S7</b>	<b>14.5 – 33.3</b>	<b>503</b>	<b>502</b>
<b>S10</b>	<b>33.3 – 37.2</b>	<b>728</b>	<b>726</b>

Tabella 9.4.4: Valori di  $V_s$  desunti dalla MASW n. 4Figura 9.4.6: Grafico dei valori medi di  $V_s$  relativo alla MASW n. 4

<b>Sismostrato</b>	<b>Profondità (m)</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.1</b>	<b><math>V_s</math> (m/s) acquisizione n.2</b>
<b>S1</b>	<b>0.0 – 2.5</b>	<b>243</b>	<b>243</b>
<b>S2</b>	<b>2.5 – 12.4</b>	<b>318</b>	<b>319</b>
<b>S3</b>	<b>12.4 – 28.3</b>	<b>372</b>	<b>373</b>
<b>S4</b>	<b>28.3 – 35.4</b>	<b>566</b>	<b>568</b>

Tabella 9.4.5: Valori di  $V_s$  desunti dalla MASW n. 5Figura 9.4.7: Grafico dei valori medi di  $V_s$  relativo alla MASW n. 5

## 10. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA LOCALE

Le fonti bibliografiche e cartografiche consultate, i rilievi di campo e le indagini geognostiche di cui al § 9 (*cf. Tavole B5 e B6*) hanno permesso di ricostruire la successione litostratigrafica tipo dell'area d'interesse che, ai fini del presente lavoro, è schematizzabile in quattro strati:

- ↗ 1° strato, di spessore massimo pari a circa 5 metri, formato da materiale di riporto composto da piroclastiti cineritiche sabbioso limose con ciottoli carbonatici, frammenti di laterizi e tufo, nonché scorie vulcaniche (*Attuale o Recente*);
- ↗ 2° strato, di spessore variabile tra circa 10÷15 metri, costituito da piroclastiti cineritiche sabbioso limose, di colore variabile da marrone a grigio-giallastro o avana, con pomici grigiastre e scorie, in posto o rimaneggiate, talvolta organizzate in livelli e/o lenti con spessore massimo di circa un metro. Localmente si rinvencono orizzonti di ghiaia carbonatica con clasti a spigoli vivi in matrice sabbiosa e/o materiale alluvionale costituito da sabbia con ghiaia (*Pleistocene superiore - Olocene*);
- ↗ 3° strato, ove presente, di spessore massimo pari a circa 2 metri, rappresentato da ghiaia sabbiosa con clasti carbonatici sub-arrotondati, frammenti tufacei e rare pomici bianche alterate (*Pleistocene superiore - Olocene*);
- ↗ 4° strato, di spessore indefinito, rappresentato dalla formazione del Tufo Grigio Campano (*Ignimbrite Campana*), costituita da depositi da flusso piroclastico di colore grigio scuro, talora giallastro, a diverso grado di litificazione. Nella matrice cineritica, ricca di cristalli di sanidino, si rinviene un contenuto variabile di scorie vetrose molto soffiate (pomici), di colore grigio scuro-nerastro, di dimensioni da centimetriche a decimetriche. L'età radiometrica è di circa 39.000 anni (*Pleistocene superiore*).

Detto materiale si rinviene tenero e friabile nella parte sommitale della formazione (circa 3 metri) denominata "*cappellaccio*" o "*cinerazzo*", ove assume le caratteristiche di una cinerite sabbiosa con pomici e scorie vulcaniche ed è caratterizzata da uno scarso grado di litificazione.

## 11. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI ATTRAVERSO LE PROVE PENETROMETRICHE SPT E DPSH

La caratterizzazione geotecnica dei terreni mediante le prove penetrometriche dinamiche SPT e DPSH di cui al § 9 è stata eseguita con il programma Dynamic Probing (versione 2019) della società *GeoStru Software*, di Bianco (RC), in licenza allo scrivente.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981. Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Le elaborazioni delle prove SPT e DPSH, l'interpretazione stratigrafica delle DPSH, e la relativa caratterizzazione geotecnica dei terreni, sono riportate nella Tavola B22.

## 12. ANALISI GEOTECNICHE DI LABORATORIO

I campioni indisturbati prelevati nel corso dei sondaggi mediante campionatori a pareti sottili *Shelby*, (cfr. *Tabella 9.2.1*) sono stati recapitati presso i laboratori geotecnici ISOGEA S.r.l. di Scafati (SA) ed ILAG S.r.l. di Napoli, entrambi muniti di autorizzazione da parte del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti, ove una volta estratti dalle fustelle cilindriche sono stati sottoposti alle seguenti prove:

- Descrizione visiva;
- Caratteristiche fisiche generali;
- Analisi granulometrica per setacciatura;
- Analisi granulometrica per sedimentazione;
- Prova di taglio diretto;
- Prova edometrica.

I certificati di tali prove, unitamente a quelle pregresse, sono stati raccolti in due fascicoli che costituiscono le Tavole B8 e B9, mentre nella Tavola B23 sono riportate le tabelle e grafici riepilogativi dei singoli campioni prelevati nel corso delle indagini esperite per il progetto esecutivo.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

**13. CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI**

I valori nominali delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione da utilizzare nei calcoli strutturali sono riportati nelle legende delle sezioni geotecniche delle Tavole B24, B25 e B26 e riassunti nella seguente tabella 13.1.

Detti parametri sono stati dedotti dall'elaborazione delle prove penetrometriche SPT e DPSH (cfr. Tavola B22), dalle analisi geotecniche di laboratorio di cui al paragrafo precedente (cfr. Tavole B9 e B23) e da quelle estratte dal PUC (cfr. Tavola B8).

LITOTIPI	PARAMETRI GEOTECNICI									
	Spessore (m)	$\gamma_{nat}$ (KN/m <sup>3</sup> )	$c_u$ (KN/m <sup>2</sup> )	$c'$ (KN/m <sup>2</sup> )	$\phi'$ (deg.)	$D_r$ (%)	$I_c$ (ad.)	$E$ (MPa)	$E_{ed}$ (MPa)	$q_c$ (MPa)
<b>RIPORTO</b> costituito da piroclastiti limo-sabbiose con materiale eterometrico e poligenico, da sciolto a poco addensato.	0 ÷ 5	14,21 ÷ 18,14	-	0,00	20 ÷ 30	-	-	-	-	-
<b>PIROCLASTITI SABBIOSE LIMOSE</b> da poco a moderatamente addensate.	10 ÷ 15	14,21 ÷ 18,63	-	0,00 ÷ 19,61	24 ÷ 32	-	-	2,3 ÷ 6	3 ÷ 9	-
<b>GHIAIA SABBIOSA</b> di natura carbonatica da poco a moderatamente addensata.	0 ÷ 2	15,69 ÷ 17,65	-	0,00	>35	-	-	-	-	-
<b>DETRITO CARBONATICO</b> clastosostenuto	n.d.	20	-	0,00	>35	-	-	-	-	-
<b>PIROCLASTITI SABBIOSE LIMOSE</b> da moderatamente addensate ad addensate.	0 ÷ 3	11,76 ÷ 14,21	-	4,90 ÷ 14,71	32 ÷ 35	38 ÷ 45	-	7 ÷ 12	12 ÷ 16	-
<b>TUFO GRIGIO CAMPANO</b> Da addensato a molto addensato, litoide verso il basso.	>10	11,76 ÷ 14,71	-	17,80 ÷ 24,51	32 ÷ 38	48 ÷ 53	-	6 ÷ 16	6 ÷ 20	0,9 ÷ 2,2

**Tabella 13.1: Riepilogo delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni.**

[Legenda:  $\gamma$  (KN/m<sup>3</sup>) = peso dell'unità di volume;  $c_u$  (KN/m<sup>2</sup>) = coesione non drenata;  $c'$  (KN/m<sup>2</sup>) = coesione efficace;  $c_{res}$  (KN/m<sup>2</sup>) = coesione efficace residua;  $\phi'$  (deg.) = angolo di resistenza al taglio;  $\phi$  (deg.) = angolo di resistenza al taglio residuo;  $D_r$  (%) = densità relativa;  $I_c$  (ad.) = indice di consistenza;  $E$  (SPT) (MPa) = modulo di Young;  $E_{ed}$  (SPT) (MPa) = modulo edometrico;  $q_c$  (MPa) = resistenza a compressione uniaassiale].

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

## 14. SISMICITÀ DELL'AREA

L'Appennino Campano rappresenta una delle zone a più alta sismicità di tutta la Penisola Italiana. Alcuni terremoti localizzati al confine tra Campania e Molise e tra Campania e Basilicata hanno provocato danni su aree estese migliaia di km<sup>2</sup>.

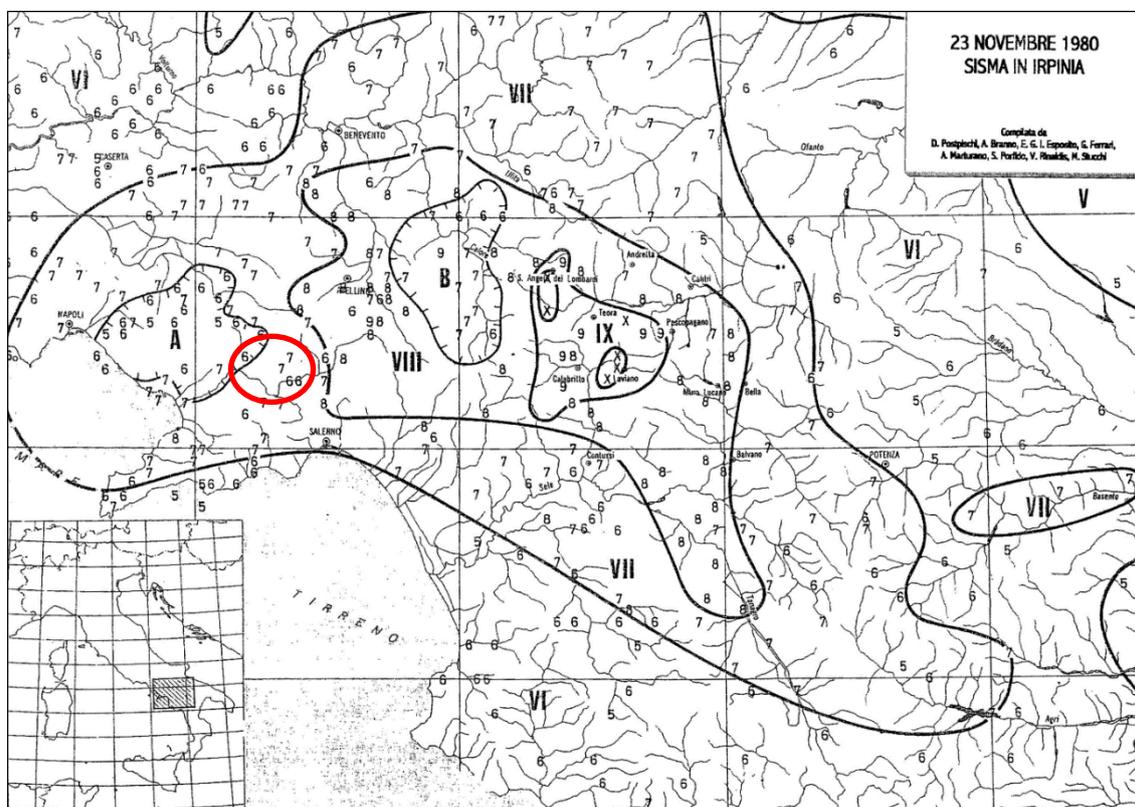
Ciò premesso, è stata realizzata una ricerca finalizzata alla ricostruzione dei principali terremoti che hanno interessato il territorio del comune di Anagni; all'uopo è stato consultato il Database Macrosismico Italiano DBMI11 (anno 2011) a cura di M. Locati, R. Camassi e M. Stucchi <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11> che rappresenta la versione aggiornata del DBMI04 (Stucchi et alii anno 2007) "database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04" - INGV Progetto "S1".

Storia sismica di Nocera Inferiore [40.743, 14.642]					
Numero totale di terremoti: 25					
Effetti	In occasione del terremoto del:				
Is [MCS]	Data	Ax-Area sismogenetica	Np-Numero osservazioni	Io-Intensità Epicentrale	Mw-Magnitudo
7-8	1561 07 31 20:10	Vietri sul Mare	5	8	5.57 ±0.34
7	1805 07 28 21:00	Molise	223	10	6.62 ±0.11
F	1853 04 09 12:45	Irpinia	47	8	5.56 ±0.30
7-8	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11	7.03 ±0.08
5	1905 03 14 19:16	BENEVENTANO	94	6-7	4.90 ±0.16
5	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
2	1907 10 23 20:28	Calabria meridionale	274	8-9	5.87 ±0.25
6	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.73 ±0.09
3-4	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8	5.37 ±0.11
4	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
4	1923 11 08 12:28	MURO LUCANO	28	6	4.96 ±0.23
4	1927 05 25 02:50:30	CERRETO	54	6	4.95 ±0.18
6	1930 04 27 01:46	SALERNITANO	30	7	4.76 ±0.28
7	1930 07 23 00:08:43	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09
6-7	1962 08 21 18:19:30	Irpinia	262	9	6.13 ±0.10
7	1980 11 23 18:34:52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
5-6	1981 02 14 17:27:46	BAIANO	85	7-8	4.90 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02:60	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
4-5	1984 05 07 17:49:43	Appennino abruzzese	912	8	5.89 ±0.09
5	1990 05 05 07:21:22	Potentino	1374		5.80 ±0.09
4-5	1991 05 26 12:26:01	Potentino	597	7	5.11 ±0.09
4-5	1996 04 03 13:04:36	Irpinia	557	6	4.93 ±0.09
4	2002 11 01 15:09:02	Subapp. Dauno	645		5.72 ±0.09
NF	2003 08 01 15:45:18	Molise	516	5	4.50 ±0.09
3	2005 05 21 19:55:19	Irpinia	276	5-6	4.40 ±0.11

This file has been downloaded from INGV - DBMI11

Figura 14.1: Storia sismica del Comune di Nocera Inferiore

Dal 1694 al 2005 il Comune di Nocera Inferiore è stato interessato da 12 eventi di intensità compresa tra 7 e 3. Quelli più distruttivi sono avvenuti nel 1930 "Irpinia" e nel 1980 "Irpinia-Basilicata", di cui si riporta la carta delle isosiste in figura 14.2.

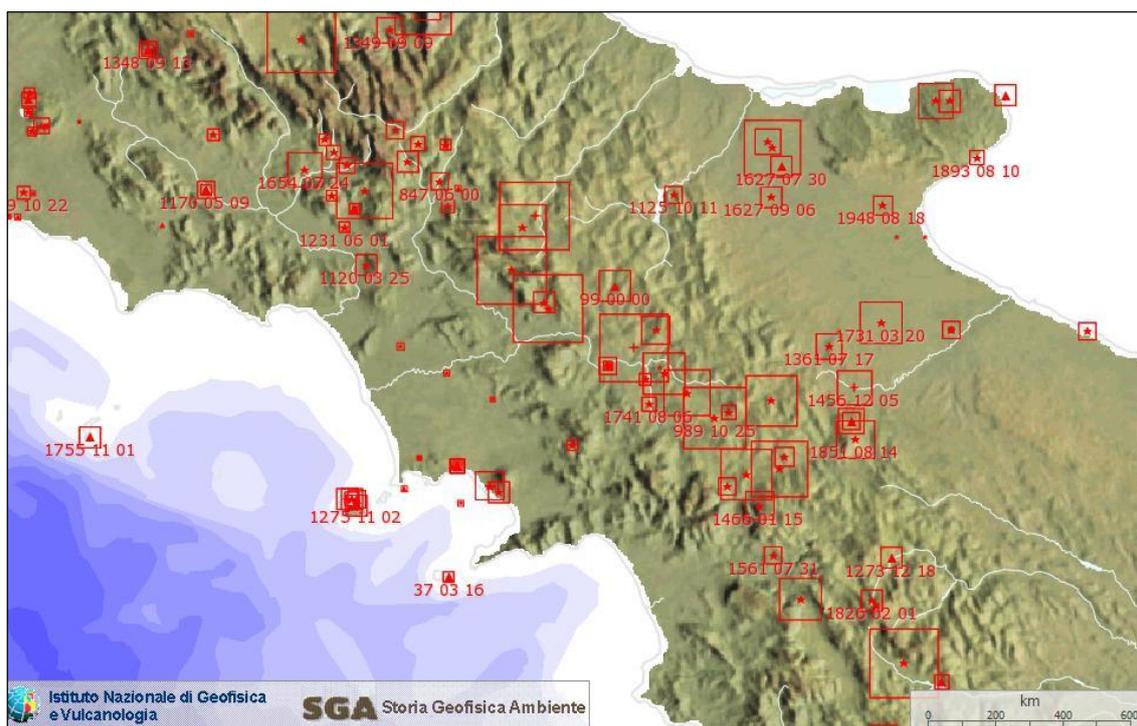


**Figura 14.2: Distribuzione delle isosiste del terremoto del 1980.**

La collocazione dell'Appennino Campano nell'ambito dell'evoluzione geodinamica della penisola italiana, e in particolare dell'Appennino Meridionale, non è chiaramente definita in quanto non rientrando nella struttura dell'Arco Calabro, né in quella che possiamo definire dell'Arco Umbro-Marchigiano-Toscano, è considerata zona di transizione. La notevole variabilità del campo di deformazioni, infatti, non solo evidenzia l'azione di un campo di sforzi regionale complesso, ma anche una differenziazione dello stesso rispetto ai campi di sforzi agenti nella parte meridionale e centro-settentrionale dell'Appennino. Pertanto, per la definizione delle zone sismogenetiche nell'area investigata, risulta necessario che l'analisi delle strutture locali sia inserita in un contesto geodinamico più ampio, sia per meglio definire i limiti delle aree sottoposte ai diversi campi di sforzi che le interazioni tra queste. Nella seguente figura 14.3 si riporta la carta della distribuzione dei terremoti da cui si può osservare che i terremoti più intensi dell'Appennino Campano sono localizzati nelle aree

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

sismogenetiche del Matese, Sannio ed Irpinia. Questa è una delle regioni più attive d'Italia, caratterizzata da terremoti distruttivi con magnitudo circa 7. Gran parte di essi sono localizzati su una stretta fascia lungo la cresta occidentale della catena appenninica, con un allineamento delle isosiste di massima intensità dei terremoti storici secondo la direzione appenninica NW-SE, coerentemente con la distribuzione dei lineamenti tettonici più significativi. È da ritenere quindi che le strutture sismogenetiche dei terremoti di più elevata energia abbiano andamento secondo l'asse longitudinale della catena.



**Figura 14.4: Ubicazione terremoti storici ed intensità relativa (Fonte: Sito dell'Ingv).**

In figura 14.4 si riporta uno stralcio della zonazione sismogenetica (ZS9) del territorio nazionale eseguita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV Gruppo di lavoro, 2004) secondo la quale la sismicità italiana può essere distribuita in 36 zone a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo.

In tale scenario il territorio comunale di Nocera Inferiore ricade all'interno della fascia sismogenetica 928 "Ischia-Vesuvio" con un valore massimo di magnitudo  $M = 5,91$  (cfr. *Tabella 14.1*), anche se risente della zona sismogenetica 927 ("Sannio-Irpinia-Basilicata", valore massimo di magnitudo  $M = 7,06$ ), per i quali sono indicati i valori riportati nella seguente tabella 14.2.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------



**Figura 14.4: Zonazione sismogenetica ZS9**

Nome ZS	Numero ZS	M <sub>vmax</sub>
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

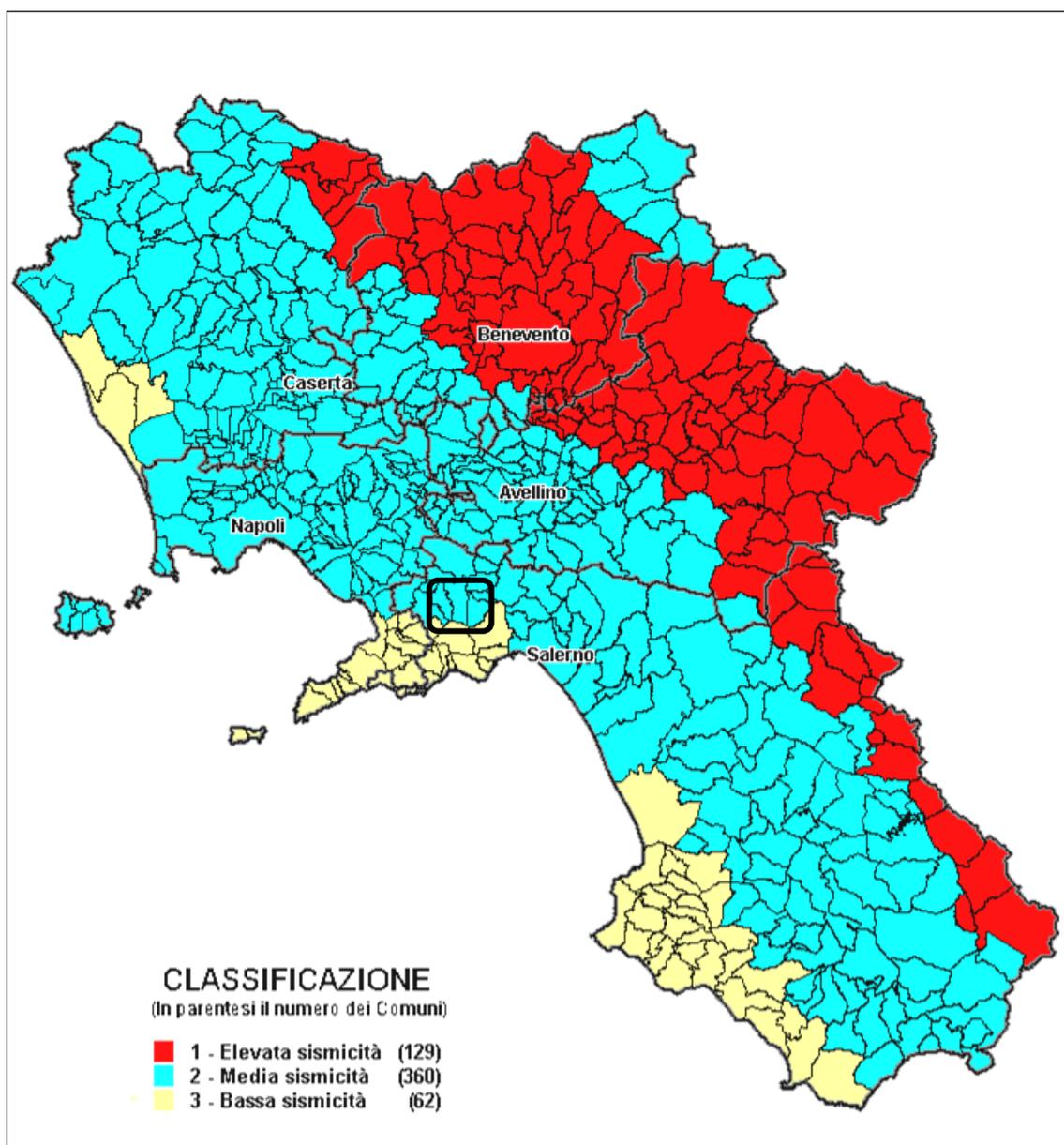
**Tabella 14.1: Valori di M<sub>vmax</sub> per le zone sismo genetiche ZS9.**

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
901	18	15	2	4.0	8-12	8
902	34	25	2	3.8	8-12	10
903	23	19	2	4.5	8-12	9
904	13	9	1	3.4	5-8	7*
905	181	110	32	4.8	5-8	8*
906	41	34	13	4.7	5-8	8*
907	33	19	7	4.2	5-8	8*
908	405	128	25	3.7	8-12	10
909	263	94	9	4.1	8-12	10
910	80	24	2	3.4	8-12	10
911	126	91	18	4.1	8-12	8
912	180	141	54	4.6	5-8	7
913	767	362	100	4.8	12-20	13
914	878	542	131	4.5	12-20	13
915	614	348	65	4.2	8-12	8
916	140	83	16	4.6	5-8	6*
917	103	71	22	4.9	5-8	7
918	455	179	26	4.2	12-20	13
919	3001	1545	421	5.0	8-12	8
920	296	201	39	4.6	5-8	6*
921	97	63	9	4.0	1-5	4#
922	355	148	29	3.9	1-5	4#
923	1195	663	139	5.4	8-12	9
924	442	308	65	4.4	12-20	13
925	41	24	5	3.9	12-20	13
926	85	55	15	5.0	12-20	13
927	1507	654	139	5.0	8-12	10
928	15	9	1	3.9	1-5	3#
929	522	294	73	3.9	8-12	10
930	193	128	41	4.3	8-12	10
931	2	2	2	3.7	8-12	10*
932	277	194	55	4.3	12-20	13
933	413	162	44	4.4	8-12	10
934	8	6	3	3.7	8-12	10
935	45	34	6	3.7	12-20	13
936	374	283	67	4.3	1-5	3#

**Tabella 14.2 Valori di Magnitudo e classi di profondità**

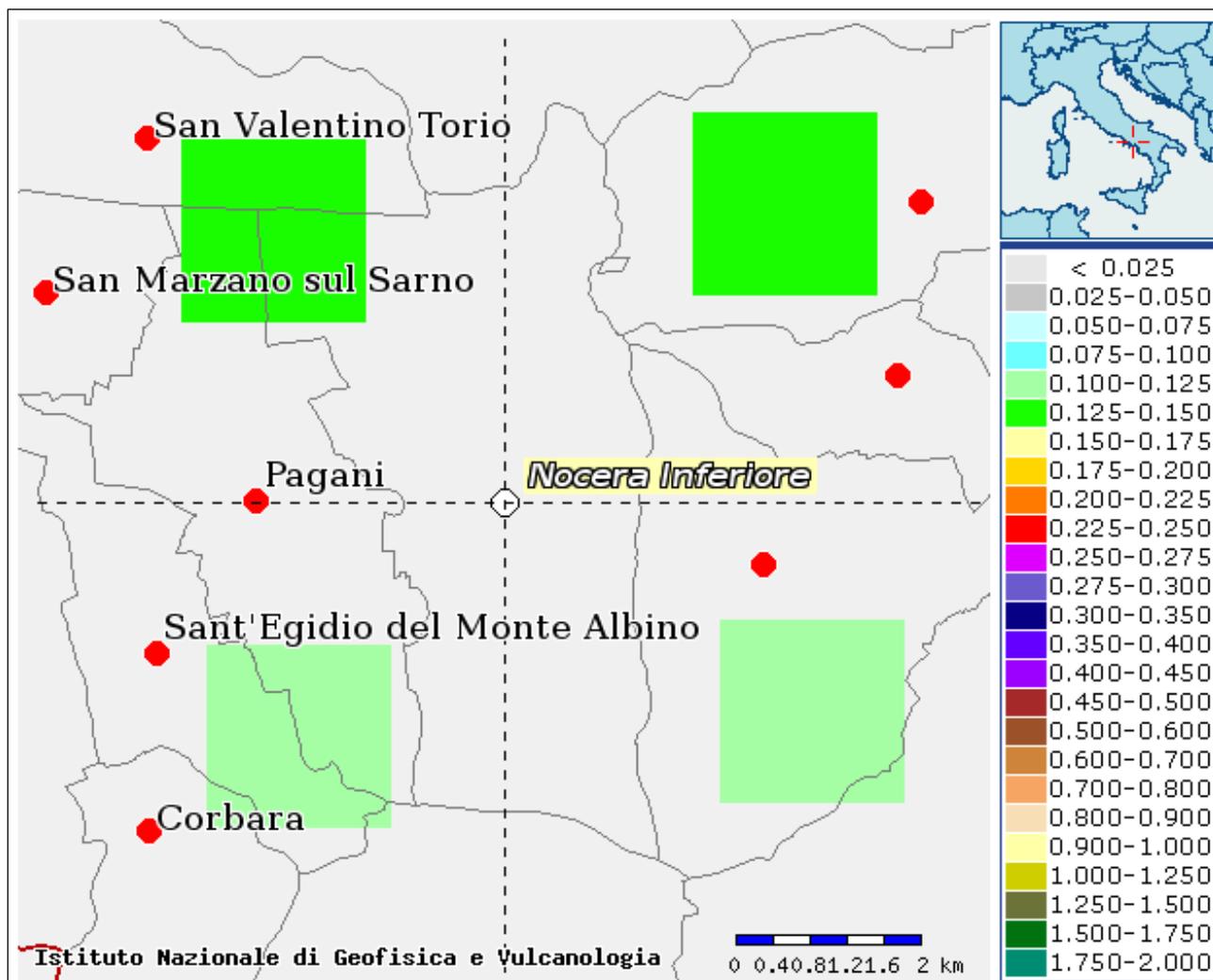
Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

Ciò premesso, il territorio comunale di Nocera Inferiore, a seguito del sisma che ha colpito il Molise il 31 ottobre 2002 è stato riconfermato a rischio sismico con delibera della Giunta Regionale della Campania n. 5447 del 7.11.2002 che ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica del territorio regionale inserendo nell'elenco sismico tutti i comuni della Regione Campania. Pertanto alla luce del succitato atto normativo il territorio comunale di Noera Inferiore è stato assoggettato ad un grado di sismicità  $S = 9$  (2ª categoria sismica) (cfr. Figura 14.5).



**Figura 14.5: Classificazione sismica della Campania di cui alla Delibera di Giunta Regionale n. 5447 del 7 novembre 2002 pubblicata sul BURC n. 56 del 18.11.2002.**

Inoltre, la mappa del territorio nazionale per la pericolosità sismica (cfr. Figura 14.6), disponibile on-line sul sito dell'INGV di Milano, indica che il territorio comunale di Nocera Inferiore rientra nelle celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.100 e 0.150 (punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50).



**Figura 14.6: Mappa di pericolosità sismica redatta dall'INGV di Milano - Punti della griglia riferiti a: parametro dello scuotimento  $a_g$ ; probabilità in 50 anni 10%; percentile 50.**

## 15. CARATTERIZZAZIONE DEI TERRENI IN PROSPETTIVA SISMICA

La caratterizzazione dei terreni in prospettiva sismica è stata eseguita sulla scorta delle cinque MASW eseguite ai fini del presente lavoro, i cui risultati sono stati confrontati ed integrati con ulteriori prospezioni geofisiche esperite nell'area di interesse (cfr. Tavola B7). In tal modo è stata approntata la seguente tabella 15.1 ove si riportano i range delle velocità delle onde trasversali dei vari litotipi in cui è stato schematizzato il sottosuolo nei paragrafi che precedono, fino alla profondità di oltre 35 m dal p.c.

LITOTIPI	PARAMETRI GEOFISICI					
	V <sub>p</sub> (m/s)	V <sub>s</sub> (m/s)	E <sub>d</sub> (MPa)	G <sub>d</sub> (MPa)	K (MPa)	ν (ad.)
<b>RIPORTO costituito da piroclastiti limo-sabbiose con materiale eterometrico e poligenico, da sciolto a poco addensato</b>	//	150 ÷ 240	-	-	-	-
<b>PIROCLASTITI SABBIOSO LIMOSE da poco a moderatamente addensate</b>	//	250 ÷ 320	-	-	-	-
<b>GHIAIA SABBIOSA di natura carbonatica da poco a moderatamente addensata</b>	//	320 ÷ 400	-	-	-	-
<b>DETRITO CARBONATICO clastosostenuto</b>	//	500 ÷ 700	-	-	-	-
<b>PIROCLASTITI SABBIOSO LIMOSE da moderatamente addensate ad addensate</b>	//	400 ÷ 700	-	-	-	-
<b>TUFO GRIGIO CAMPANO da addensato a molto addensato, litoide verso il basso</b>	//		-	-	-	-

**Tabella 15.1: Principali caratteristiche sismiche dei terreni.**

[Legenda: V<sub>p</sub> (m/s) = velocità delle onde longitudinali o di compressione; V<sub>s</sub> (m/s) = velocità delle onde trasversali o di taglio; ν (ad.) = coefficiente di Poisson; E<sub>d</sub> (MPa) = modulo di Young dinamico; G<sub>d</sub> (MPa) = modulo di taglio dinamico; K (MPa) = modulo di Bulk].

## 16. CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 del DM 17.01.2018. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella 16.1, 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,  $V_S$ . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità  $V_S$  per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo, di cui al § 6.2.2 del citato DM.

I valori di  $V_S$  sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

dove:

- $h_i$  spessore (in metri) dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

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

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella 16.1.

<b>Categoria</b>	<b>Descrizione del profilo stratigrafico</b>	<b><math>V_{S,eq}</math> (m/s)</b>
<b>A</b>	<b><i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i></b> 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>&gt; 800</b>
<b>B</b>	<b><i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i></b> , 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.	<b>360 ÷ 800</b>
<b>C</b>	<b><i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i></b> 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.	<b>180 ÷ 360</b>
<b>D</b>	<b><i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i></b> , 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.	<b>100 ÷ 180</b>
<b>E</b>	<b><i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i></b> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

**Tabella 16.1: Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.**

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definibili come descritto al § 3.2.3 delle norme in discorso.

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

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

Ciò posto, nel caso in esame i valori del parametro  $V_{s,eq}$ , desunto dalle MASW di cui al § 9.4, nelle diverse situazioni di calcolo relative alle opere di progetto sono riportati nella seguente tabella 16.2. Dette indagini, unitamente a quelle pregresse, hanno permesso, infine, di allestire la *Carta della microzonazione sismica* di cui alla Tavola 21.

<b>Prospezione sismica</b>	<b><math>V_{S(0\div30)}</math> (m/s)</b>	<b><math>V_{S(3.2\div33.2)}</math> (m/s)</b>	<b><math>V_{S(4.2\div34.2)}</math> (m/s)</b>	<b><math>V_{S(4.8\div34.8)}</math> (m/s)</b>	<b><math>V_{S(7\div37)}</math> (m/s)</b>	<b>Categorie sottosuolo</b>
<b>MASW n. 1</b>	<b>349</b>	-	<b>410</b> ÷ <b>411</b>	-	-	<b>C/B</b>
<b>MASW n. 2</b>	<b>325</b>	<b>396</b>	-	-	-	<b>C/B</b>
<b>MASW n. 3</b>	<b>350</b> ÷ <b>351</b>	-	-	<b>397</b> ÷ <b>398</b>	-	<b>C/B</b>
<b>MASW n. 4</b>	<b>354</b> ÷ <b>355</b>	-	-	-	<b>460</b>	<b>C/B</b>
<b>MASW n. 5</b>	<b>346</b> ÷ <b>347</b>	-	<b>383</b> ÷ <b>384</b>	-	-	<b>C/B</b>

**Tabella 16.2: Categorie di sottosuolo desunte dalle prospezioni sismiche.**

## 17. CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Le Norme Tecniche per le Costruzioni - DM 17.01.2018 - prevedono che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (*cf. Tabella 17.1*).

<b>Categoria</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>	<b>Inclinazione media (i) (deg)</b>
<b>T<sub>1</sub></b>	<b>Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media <math>i \leq 15^\circ</math></b>	<b><math>\leq 15</math></b>
<b>T<sub>2</sub></b>	<b>Pendii con inclinazione media <math>i &gt; 15^\circ</math></b>	<b><math>&gt; 15</math></b>
<b>T<sub>3</sub></b>	<b>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>15^\circ \leq i \leq 30^\circ</math></b>	<b><math>15 \leq i \leq 30</math></b>
<b>T<sub>4</sub></b>	<b>Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media <math>i &gt; 30^\circ</math></b>	<b><math>i &gt; 30</math></b>

**Tabella 17.1: Categorie topografiche.**

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Nel caso di specie il coefficiente topografico secondo la classificazione prevista in tabella 17.1 appartiene sempre alla categoria "T<sub>1</sub>".

## **18. COMPATIBILITÀ IDROGEOLOGICA DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO CON LE DISPOSIZIONI DEL PSAI**

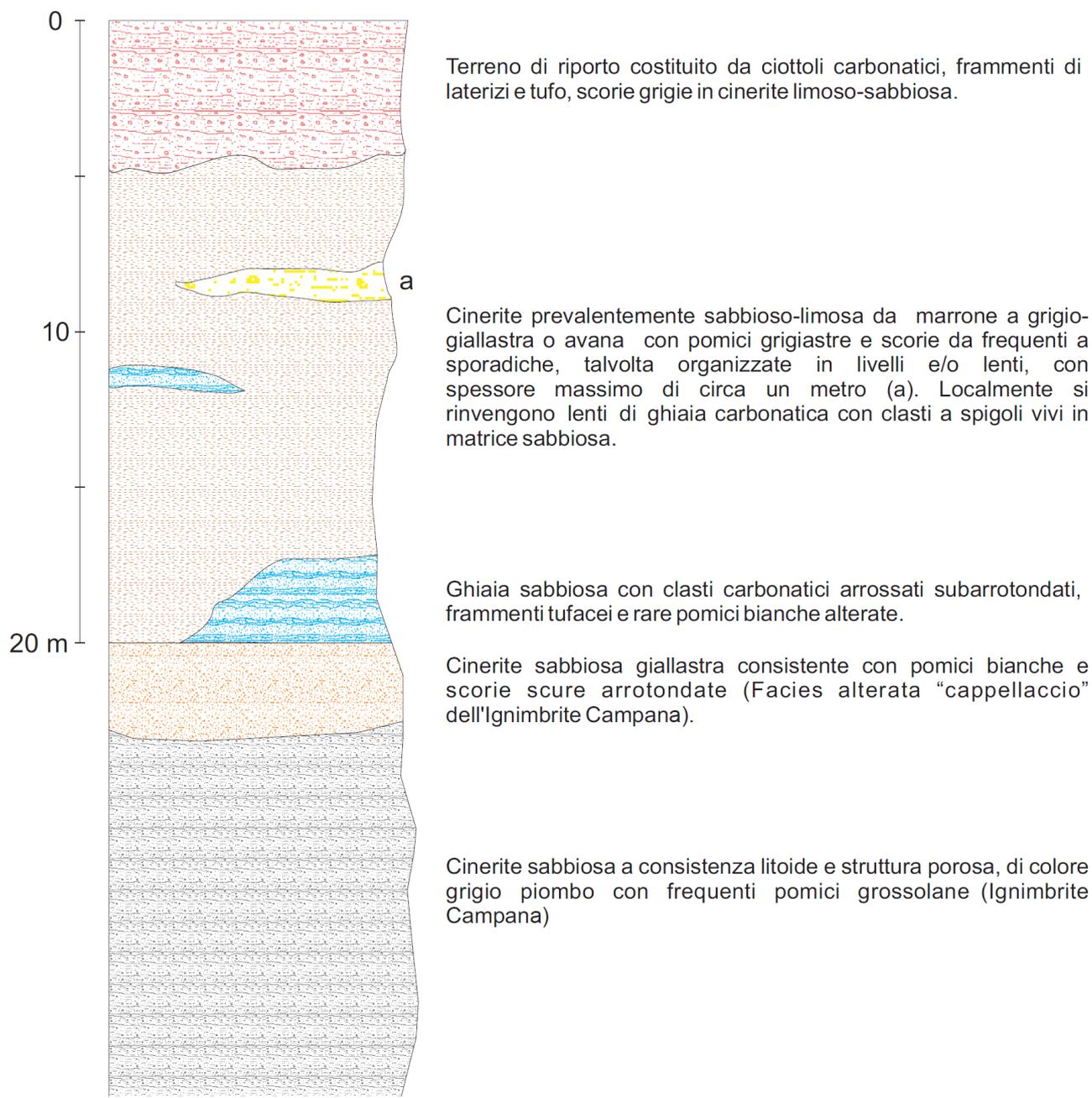
Gli interventi di progetto nelle Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di bacino regionale della Campania Centrale, ad oggi Autorità di bacino distrettuale dell'Appennino Meridionale, in relazione al rischio frana ricadono in zone classificate a rischio nullo o moderato (R1) (*cf. § 8, Tavole B2, B17 e B18*); diversamente ai fini del rischio idraulico gli stessi rientrano in zone caratterizzate da livelli di rischio variabili da R1 a R4 (*cf. § 8, Tavole B2, B19 e B20*).

Ciò detto, le opere in parola sono consentite dalle Norme di Attuazione del suddetto PSAI e rientrano nei casi di cui agli artt. 12, 13, 15 e 24.

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

## 19. MODELLO GEOLOGICO DELL'AREA DI INTERESSE

Sulla scorta di quanto precede è stato ricostruito il modello geologico dell'area di interesse attraverso n. 5 sezioni che ben evidenziano l'assetto ed i rapporti stratigrafici delle diverse unità litologiche, questi ultimi schematizzati anche nella seguente figura 19.1.



**Figura 19.1: Schema dei rapporti stratigrafici delle unità litologiche**

## 20. MODELLO GEOTECNICO DEI SITI DI INTERVENTO

I sondaggi a carotaggio continuo, le prove penetrometriche (SPT e DPSH) e quelle di laboratorio esperite per il progetto esecutivo hanno permesso di ricostruire il modello geotecnico dei vari siti di intervento, che sintetizza le risultanze delle indagini effettate e rappresenta lo strumento propedeutico ed imprescindibile per le verifiche geotecniche e la progettazione strutturale.

Quest'ultimo, nella fattispecie, si concretizza nelle sezioni geotecniche di cui alle Tavole B24, B25 e B26 ove si distinguono i diversi terreni rinvenuti nel corso delle prospezioni ed i loro rapporti giacitureali.

La falda acquifera, dai dati raccolti nel presente lavoro, si colloca ad una profondità superiore alle opere di fondazione e quindi non interferisce con esse. Tuttavia non si esclude che i terreni investigati, localmente, possono essere sede di piccole falde occasionali, che si originano nei periodi di massima piovosità e/o a seguito precipitazioni particolarmente intense, e si localizzano nei livelli più permeabili (pomici e/o ghiaia sabbiosa).

I valori nominali delle principali caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, desunte dalle prove penetrometriche e da quelle di laboratorio, sono riportati sulle tavole sopra citate e sintetizzati nella tabella 13.1.

In proposito è appena il caso di osservare che le piroclastiti sabbioso limose laddove non completamente argillificate, come nel caso in esame, sono dotate di una modestissima coesione (apparente) da considerare prudenzialmente nulla nei calcoli strutturali, atteso che recenti studi<sup>5</sup> su questi terreni hanno evidenziato il ristretto campo di plasticità che li caratterizza. Ciò significa che il limite plastico è abbastanza vicino a quello liquido per cui il terreno, in seguito a variazioni di contenuto d'acqua anche non eccessive, può passare facilmente dallo stato semisolido a quello fluido; ne consegue un forte decadimento delle caratteristiche di resistenza al taglio.

---

<sup>5</sup> Di Palma Nicola (Anno Accademico 2000 - 2001) - Tesi di laurea sperimentale in Geologia Applicata svolta presso il Dipartimento di Geofisica e Vulcanologia dell'Università degli Studi di Napoli "Federico II" dal titolo: *'Indagine geologico-tecnica per il restauro conservativo di un fabbricato per civile abitazione'*. (Relatore: Prof. Ing. Luigi Esposito - Correlatore: Dr. Geol. Francesco Ruocco);

## 21. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Lo studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico eseguito per il progetto esecutivo denominato “*Comune di Nocera Inferiore: Completamento della rete fognaria – 1° Lotto*”, finalizzato all’eliminazione degli scarichi di acque reflue in ambiente, è stato redatto sulla scorta della bibliografia e cartografia tematica esistente per l’area in esame, nonché sulle risultanze delle diverse campagne di indagini geognostiche in sito e prove di laboratorio.

L’analisi critica di tali dati ha permesso la loro omogeneizzazione, la redazione delle necessarie carte tematiche (*cfr. Tavola B10 - Carta geologica, Tavola B10 - Carta degli spessori della copertura detritico-piroclastica, Tavola B13 - Carta delle pendenze, Tavola B14 - Carta geomorfologica, Tavola B15 - Carta idrogeologica, Tavola B16 - Carta della stabilità e Tavola B21 - Carta della microzonazione sismica*) e la ricostruzione del modello geologico dell’area di interesse attraverso cinque sezioni che ben evidenziano i rapporti stratigrafici delle diverse unità litologiche (*cfr. Tavola B12*).

Nello specifico per l’area in esame, escludendo i depositi più superficiali (riporto e suolo agrario), sono state riconosciute due unità geologico-stratigrafiche che, partendo dall’alto possono essere così definite:

- 1) Unità piroclastica post *Ignimbrite Campana* con localizzate lenti e/o strati di pomici e ghiaia;
- 2) Unità dell’*Ignimbrite Campana* p.d. rappresentata dal *Tufo Grigio Campano*.

I rapporti tra esse sono rappresentati sulle sezioni testé menzionate (*cfr. Tavola B12*) e sintetizzati nello schema stratigrafico di cui alla figura 19.1.

La morfologia sub-pianeggiante della zona garantisce sulla stabilità complessiva dell’area rendendola esente da fenomeni franosi (*cfr. Tavola B2 – Cartografia d’inquadramento, Tavola B14 - Carta geomorfologica, Tavola B16 - Carta della stabilità, Tavola B17 – Carta pericolosità frana PSAI e Tavola B18 – Carta rischio frana PSAI*).

Per quanto concerne la circolazione idrica sotterranea i dati reperiti hanno permesso di allestire la *Carta idrogeologica* con le isopiezometriche della falda superficiale da cui si evince che le opere di progetto non interagiscono con essa (*cfr. Tavola B15*). Il reticolo idrografico si identifica con i torrenti Solofrana e Cavaiola che confluiscono nell’Alveo Nocerino, a sua volta affluente del fiume Sarno (*cfr. Tavola B19 – Carta pericolosità idraulica PSAI e Tavola B20 – Carta rischio idraulico PSAI*).

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------

Ai fini del rischio idrogeomorfologico gli interventi di progetto ricadono in zone a rischio da frana nullo o moderato (R1) (cfr. *Tavola B2 - Cartografia d'inquadramento, Tavola B17 - Carta della pericolosità da frana PSAI e Tavola B18 - Carta del rischio da frana PSAI*), mentre in relazione al rischio idraulico gli stessi rientrano in zone caratterizzate da livelli di rischio variabili da R1 a R4 (cfr. *Tavola B2 - Cartografia d'inquadramento, Tavola B19 - Carta della pericolosità idraulica PSAI e Tavola B20 - Carta del rischio idraulico PSAI*). Ciò detto, le opere in parola sono consentite dalle Norme di Attuazione del suddetto PSAI e rientrano nel novero degli interventi consentiti di cui agli artt. 12, 13, 15 e 24.

La ricostruzione della successione litostratigrafica locale sopra menzionata è stata eseguita sulla scorta delle indagini geognostiche (anche pregresse) di cui al § 9 che hanno compendiato l'esecuzione di sondaggi meccanici a carotaggio continuo, prelievo di campioni indisturbati, prove penetrometriche dinamiche del tipo SPT e DPSH e prospezioni sismiche (cfr. *Tavola B3 – Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione delle indagini geognostiche in situ pregresse, Tavola B4 – Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione delle indagini geognostiche in situ, Tavola B5 – Indagini geognostiche in situ pregresse e Tavola B6 – Indagini geognostiche in situ*).

La caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione (cfr. *Tabella 13.1*) è stata eseguita sia mediante l'elaborazione delle prove penetrometriche SPT e DPSH, con un software dedicato<sup>6</sup> (cfr. *Tavola B22 – Relazione sulla caratterizzazione geotecnica dei terreni attraverso le prove penetrometriche SPT e DPSH*), sia attraverso le prove di laboratorio effettuate sui campioni indisturbati, nonché sulla disamina di quelle pregresse (cfr. *Tavole B8 - Prove geotecniche di laboratorio pregresse, Tavole B9 - Prove geotecniche di laboratorio e Tavola B23 - Tabelle riepilogative delle prove geotecniche di laboratorio*).

La caratterizzazione dei terreni in prospettiva sismica finalizzata alla modellazione sismica dei siti di intervento è stata eseguita sulla scorta delle prospezioni MASW (cfr. *Tavola B7 - Relazione geofisica sull'elaborazione delle prospezioni sismiche MASW e modellazione sismica dei siti*). In tal modo sono state calcolate le velocità delle onde di taglio dei vari terreni che costituiscono il sottosuolo fino alla profondità di oltre 37 metri. Note le  $V_s$  è stata determinata

<sup>6</sup> Dynamic Probing (vers. 2019) della società *GeoStru Software* in licenza allo scrivente.

la categoria sismica di sottosuolo mentre l'analisi morfologica dell'area ha consentito, infine, la determinazione della categoria topografica per come previsto al § 3.2.2 delle Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018).

I dati così acquisiti hanno permesso di ricostruire il modello geotecnico del sottosuolo nelle sezioni in allegato (*cf. Tavola B24 – Sezioni geotecniche opere via San Francesco e via Manlio Spera, Tavola B25 – Sezioni geotecniche opere via Martinez Y Cabrera e via Raffaele Pucci e Tavola B26 – Sezione geotecnica collettore via Giovan Battista Castaldo – via Francesco Solimena*), ove sono riportati i diversi terreni ed i loro rapporti stratigrafici, con le relative caratteristiche geotecniche riproposte in legenda per fornire al progettista strutturale una visione chiara e completa del volume significativo di terreno influenzato, direttamente o indirettamente, dalle opere di progetto e che influenzerà le opere stesse.

*Piano di Sorrento, maggio 2019*

*Il Geologo*

*Dr. Francesco RUOCCO*

Progetto esecutivo	B1	Relazione geologica	Rev. 0	File: B1.doc
--------------------	----	---------------------	--------	--------------