

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



**DIREZIONE TECNICA  
U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

**ITINERARIO NAPOLI – BARI  
RADDOPPIO TRATTA APICE – ORSARA  
I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

SCALA:

-

COMMESSA    LOTTO    FASE    ENTE    TIPO DOC.    OPERA/DISCIPLINA    PROGR.    REV.

I F 0 G    0 0    D    6 9    R G    G E 0 0 0 1    0 0 2    A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	W. RIVOLA	Giugno 2017	S. GIUGLIANO <i>[Signature]</i>	Giugno 2017	D. ARREA <i>[Signature]</i>	Giugno 2017	F. MARCHESE Giugno 2017

File: IF0G00D69RGGE0001002A.pdf

n. 15

ITALFERR S.p.A.  
U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE  
Ordine Geodis/Lazio n. 179 ES  
*[Signature]*  
Resp. U.O. GEOLOGIA, GESTIONE TERRE E BONIFICHE

**INDICE**

1	PREMESSA .....	4
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....	6
3	GEOLOGIA.....	7
3.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	7
3.2	STRATIGRAFIA .....	9
3.2.1	<i>Unità tettonica del Fortore</i> .....	11
3.2.2	<i>Gruppo di Ariano</i> .....	12
3.2.3	<i>Depositi continentali quaternari</i> .....	13
4	GEOMORFOLOGIA .....	18
4.1	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO GENERALE .....	18
4.2	CARTOGRAFIA DEL PIANO STRALCIO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO .....	18
5	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO .....	21
5.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....	21
5.2	VULNERABILITÀ DEGLI ACQUIFERI.....	22
6	INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	24
7	ASSETTO STRATIGRAFICO .....	26
7.1	UNITÀ STRATIGRAFICHE.....	26
7.2	LIVELLI PIEZOMETRICI .....	26
8	SISMICITÀ DELL'AREA .....	27
8.1	PREMESSA .....	27
8.2	CLASSIFICAZIONE SISMICA E PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE.....	27
8.3	SISMICITÀ DELL'AREA, CATALOGO PARAMETRICO DEI TERREMOTI ITALIANI .....	36
8.4	SORGENTI SIMOGENETICHE .....	40
8.5	MAGNITUDO MASSIMA ATTESA DA ZS9 .....	44
8.6	PARAMETRI PER LA DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO .....	46
8.6.1	<i>Categoria di sottosuolo</i> .....	46

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	00	D 69 RG	GE 0001 002	A	3 di 49

8.6.2	Condizioni topografiche .....	46
8.7	CONSIDERAZIONI SUL RISCHIO DI LIQUEFAZIONE.....	46
9	BIBLIOGRAFIA .....	48

## 1 PREMESSA

La presente relazione illustra e riassume i risultati dello studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico eseguito a supporto della progettazione definitiva del miglioramento tecnologico dell'esistente linea Napoli-Bari, in corrispondenza della stazione ferroviaria di Paduli, ubicata all'estremo occidentale del Comune di Benevento, come illustrato in Figura 1.

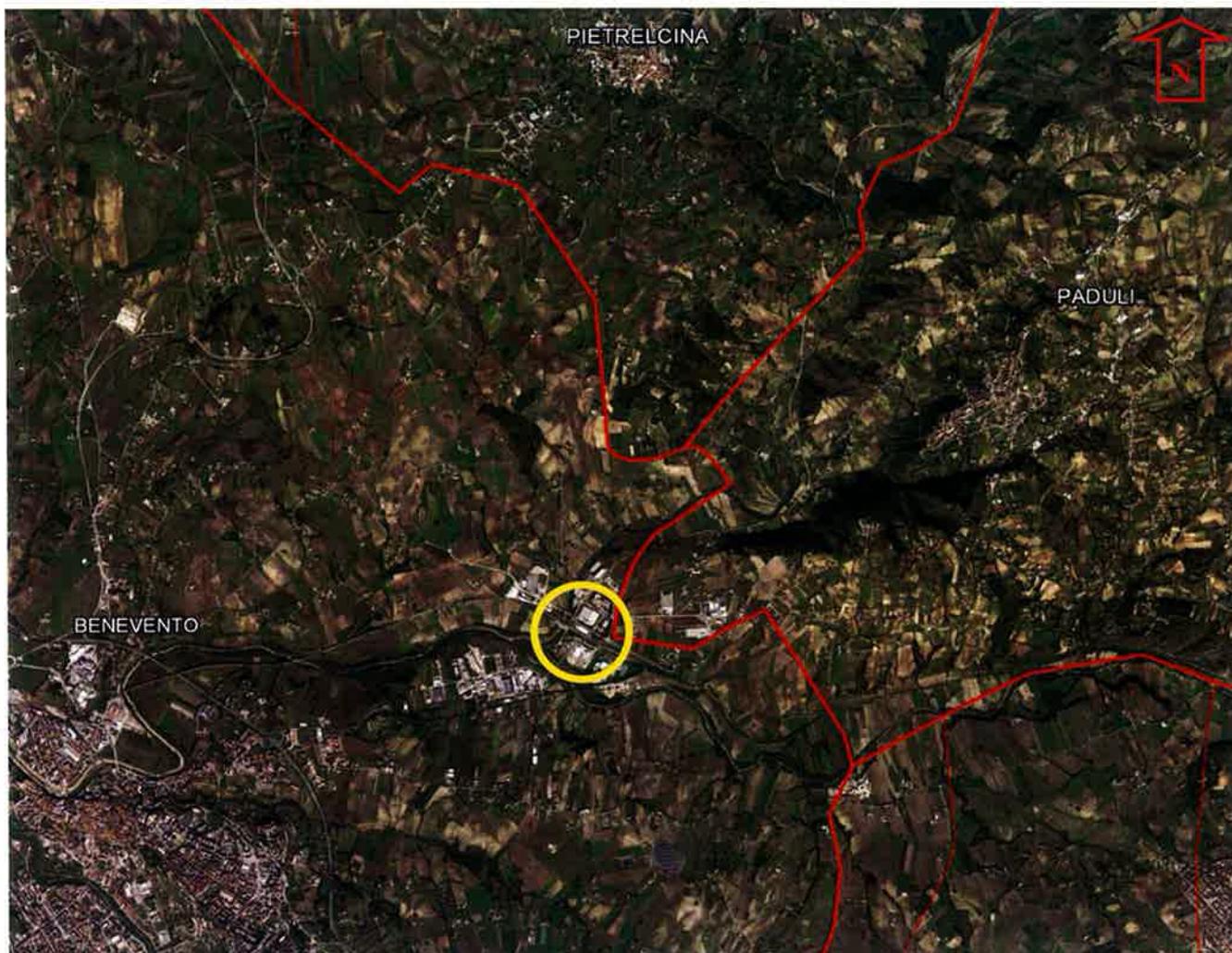


Figura 1. Ubicazione dell'area in studio (da Google Earth, non in scala)

Lo studio raccoglie e sintetizza le informazioni attualmente disponibili derivanti sia da fonti bibliografiche sia da indagini pregresse, integrate da una campagna geognostica appositamente realizzata nel mese di giugno 2017.

Nel seguito saranno descritte le principali peculiarità di carattere geologico, idrogeologico e sismico dell'area connesse alla realizzazione degli interventi in progetto.

In sintesi, saranno trattati i seguenti argomenti:

1. inquadramento geologico, geomorfologico e idrogeologico;
2. descrizione delle indagini geognostiche disponibili;

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF0G	00	D 69 RG	GE 0001 002	A	5 di 49

3. modello geologico di riferimento e potenziali criticità;
4. inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento;
5. analisi del rischio di liquefazione.

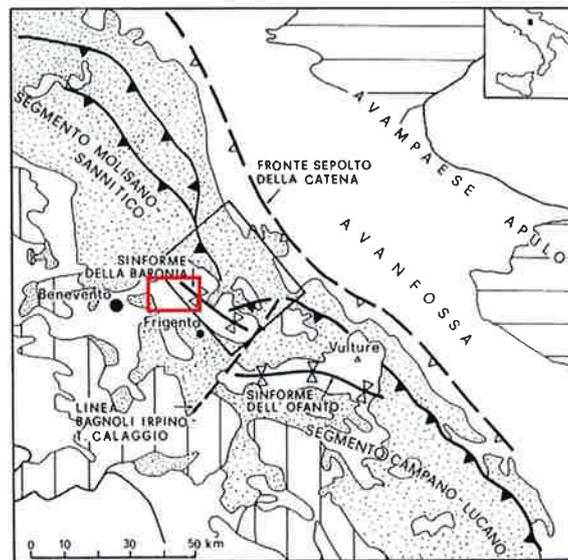
## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- Delibera Giunta Regionale n.1677/2005 “Prime indicazioni applicative in merito al decreto ministeriale 14 settembre 2005”.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.M. 14/01/2008, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n. 617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248”.

### 3 GEOLOGIA

#### 3.1 Inquadramento geologico

L'area oggetto di studio è ubicata nel settore irpino-dauno dell'Appennino meridionale. Più in particolare il settore irpino-dauno ricade (Figura 2) nella zona di giunzione fra l'arco molisano-sannitico, a nord, definitosi durante il Pliocene superiore e caratterizzato da strutture ad orientazione NNW-SSE e NW-SE, e l'arco campano lucano, a sud, strutturatosi durante il Pleistocene inferiore e caratterizzato da strutture ad andamento WNW-ESE (Cinque et alii, 1993).



**Figura 2. Unità stratigrafico-strutturali dell'Appennino centro-meridionale: unità della piattaforma carbonatica apula (rigato orizzontale), unità della piattaforma carbonatica sud-appenninica (rigato verticale), unità bacinali meso-cenozoiche del bacino lagonegrese-molisano ed associati depositi sinorogeni messiniani (puntinato), depositi clastici e vulcanici del Pliocene-Quaternario (bianco) (da Cinque et alii, 1993). Il riquadro rosso evidenzia l'area di studio.**

In questo segmento di catena affiorano varie unità tettoniche riconducibili a tre falde di ricoprimento, sovrapposte in direzione adriatica, e sequenze silicoclastiche sinorogeniche, attribuibili a depocentri di sedimentazione tipo thrust top e *foredeep* (Di Nocera et alii, 2006).

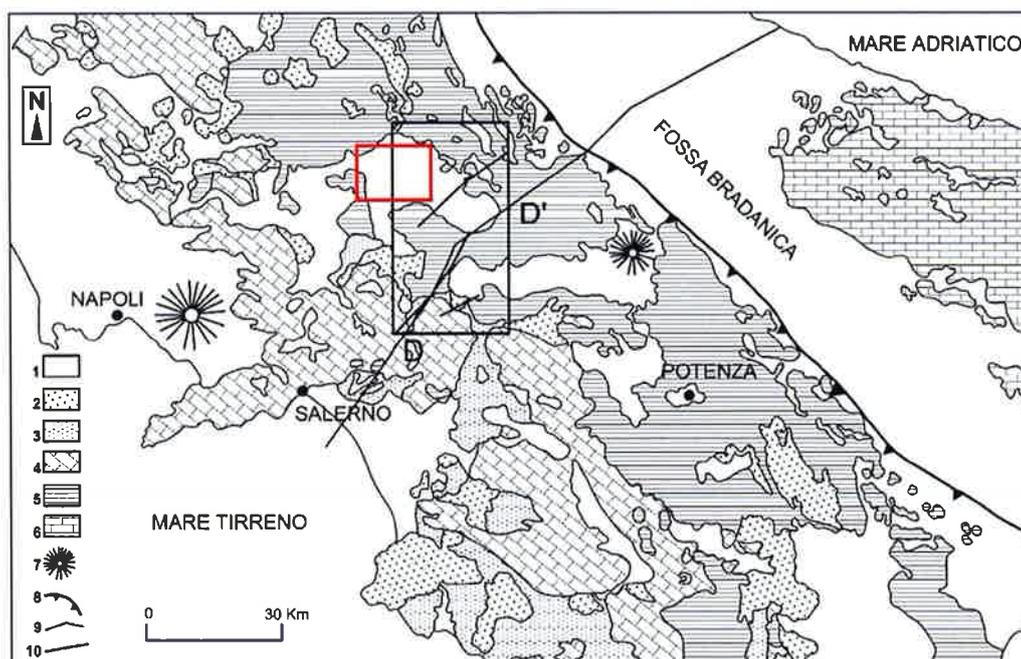
La falda tettonica più alta è costituita da successioni meso-cenozoiche bacinali riconducibili all'Unità Sicilide (D'Argenio et alii, 1973). La falda intermedia si compone di sequenze di piattaforma e peri-piattaforma carbonatica meso-cenozoica riferibili all'Unità Alburno-Cervati p.p. ed all'Unità dei Monti della Maddalena p.p. (D'Argenio et alii, 1973, 1975). La falda inferiore consta di quattro unità tettoniche, derivate dalla strutturazione del bacino pelagico Lagonegrese-Molisano (Pescatore & Tramutoli, 1980), quali l'Unità di Frigento (Di Nocera et alii 2002), l'Unità del Fortore (Dazzaro et alii, 1988, Pescatore et alii, 2000), l'Unità della Daunia (Ciaranfi et alii, 1973; Santo & Senatore, 1988; Russo & Senatore, 1989) e l'Unità di Vallone del Toro (Basso et alii, 2001, 2002; Matano et alii, 2005).

All'interno dell'areale studiato nell'ambito del presente lavoro sono presenti esclusivamente le unità tettoniche della falda inferiore. Si tratta di unità deformate in maniera molto intensa a partire dal Tortoniano, accavallate con vergenza orientale e derivanti da successioni sedimentarie prevalentemente pelitico calcaree, di età Trias-Miocene; esse inoltre risultano strutturate e sovrapposte su di un sistema sepolto di *foreland thrust belt* riferibile alla

Piattaforma apula interna (Mostardini & Merlini, 1986). Fino al limite Messiniano/Pliocene inferiore la deformazione si è esplicitata attraverso *thrust* sequenziali; successivamente l'evoluzione tettonica è caratterizzata da accavallamenti "fuori sequenza" (Roure et alii, 1991), connessi alla strutturazione del duplex carbonatico apulo profondo (Matano e Di Nocera, 2001; Patacca & Scandone, 2001). La sequenza deposizione si chiude, nell'area in esame, con la Formazione del Vallone Ponticello, interpretata come unità stratigrafica sin-orogenetica del Miocene medio-superiore.

Al di sopra delle unità in questione si rinvengono successioni clastiche sinorogene supramessiniane (Unità di Altavilla di D'Argenio et alii, 1975) e plioceniche (Gruppo di Ariano di D'Argenio et alii, 1975), che rappresentano i riempimenti di bacini satellite (bacini di piggy-back, originati sul dorso delle falde), costituite da sequenze terrigene di ambienti tra il continentale ed il neritico e separate da discordanze angolari a carattere regionale (Chiocchini et alii, 1992).

La chiusura delle unità geologiche avviene con la deposizione delle unità appartenenti al Sintema del F. Calore e dai depositi di versante quaternari.



**Figura 3. Carta geologica schematica dell'Appennino meridionale (da Di Nocera et alii, 2006). L'areale in studio ricade all'interno del rettangolo rosso. Legenda: 1) depositi pliocenici e quaternari; 2) depositi sinorogenici miocenici; 3) Unità Sicilide e Liguride; 4) Unità della piattaforma carbonatica sud-appenninica; 5) Unità del bacino Lagonegrese-Molisano; 6) Unità apula; 7) Edifici vulcanici; 8) limite ipogeo della catena.**

Dal punto di vista paleogeografico il modello pre-orogenco preso a riferimento in questa sede è quello proposto in Di Nocera et alii (2006), già analogo a quello di Pescatore et alii (1996; 1999). Tale modello nel settore campano-lucano della catena appenninica prevede i seguenti domini paleogeografici (Figura 4):

- Bacino Liguride;
- Piattaforma carbonatica sud-appenninica;

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

- Bacino Lagonegrese-Molisano;
- Piattaforma Apula.

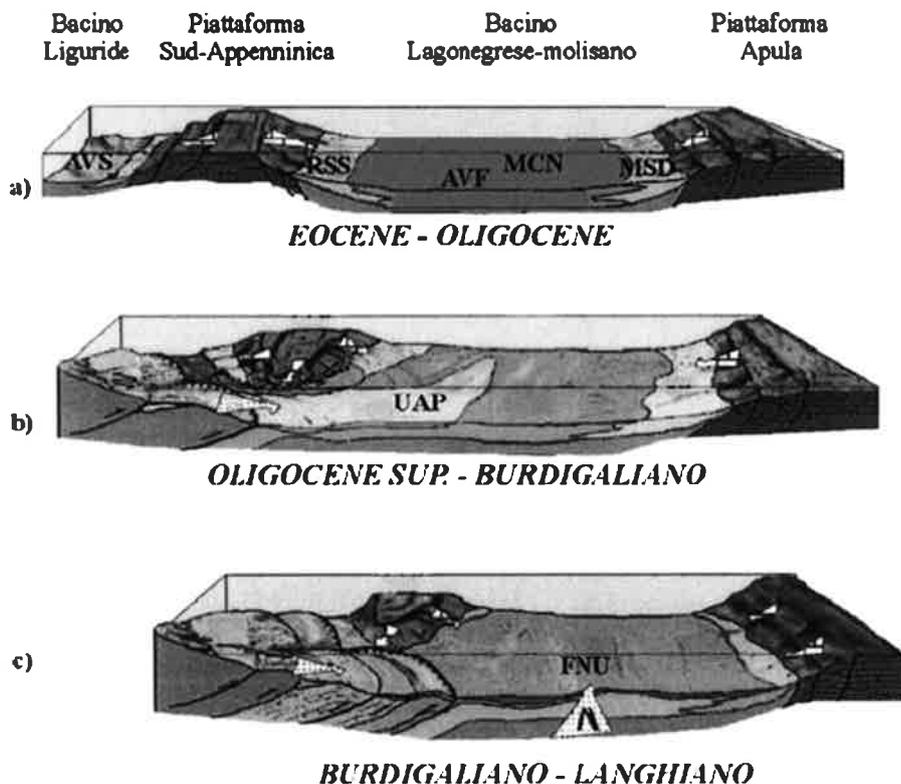


Figura 4. Schema paleogeografico del margine continentale apulo-adriatico nel settore campano-lucano tra l'Eocene ed il Langhiano (da Di Nocera et alii, 2006)

Le unità tettoniche presenti nell'areale in studio sono ascrivibili al Bacino Lagonegrese Molisano; più in particolare nell'ambito del modello paleogeografico di riferimento, l'Unità di Frigento viene riferita al settore più interno del Bacino, l'Unità del Fortore al settore assiale, l'Unità tettonica della Daunia e l'Unità di Vallone del Toro sono invece riferibili ai settori più esterni del Bacino Lagonegrese-Molisano assenti nell'area di studio.

### 3.2 Stratigrafia

Per la definizione dell'assetto stratigrafico dell'area, si è fatto riferimento alla legenda della Carta Geologica d'Italia, alla scala 1:50.000, redatta nell'ambito del progetto CARG. In particolare, è stato consultato il Foglio n.432 "Benevento" e le relative note illustrative.

Come riportato al paragrafo precedente, nell'area di studio si distinguono varie formazioni geologiche che possono essere raggruppate in unità stratigrafico-strutturali differenziate tra loro per la collocazione paleogeografica e l'evoluzione geodinamica; si tratta di grandi corpi geologici, unitari e/o in frammenti non necessariamente continui, con caratteri litologici specifici e comportamento meccanico generalmente omogeneo alla grande scala.

In riferimento alla cartografia geologica (Foglio 425 Benevento sezione 1 alla scala 1:25.000) riportata in Figura 7, le unità stratigrafico-strutturali, dalla più antica alla più recente, che caratterizzano l'area di studio sono:

- Unità Tettonica del Fortore;
- Supersintema di Ariano;
- Sintema del Calore e depositi continentali quaternari.

Di seguito vengono descritti i caratteri principali delle unità individuate nell'areale di progetto. In Figura 5 è riportato lo schema dei rapporti cronostratigrafici delle unità presenti nell'area di studio

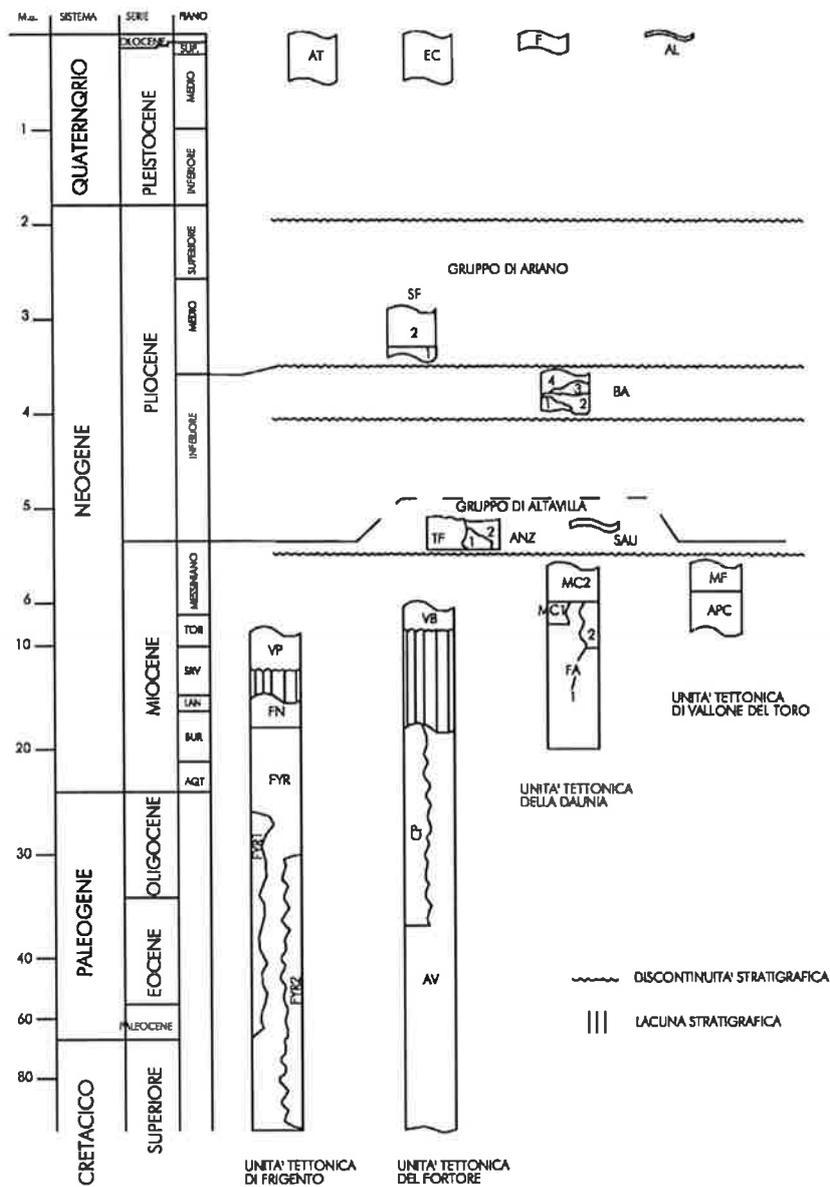


Figura 5. Schema dei rapporti cronostratigrafici delle unità presenti nell'area in esame

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

### 3.2.1 Unità tettonica del Fortore

L'unità tettonica del Fortore comprende tre unità: la Formazione delle Argille Varicolori, il Flysch Numidico e la Formazione di S. Giorgio. Nell'area in esame, l'unità tettonica del Fortore è rappresentata dalla Formazione delle Argille Varicolori e dalla Formazione di S. Giorgio.

#### Formazione delle Argille Varicolori (AVR)

Si tratta di una formazione molto diffusa nell'Appennino meridionale; essa si compone di tre membri in rapporti latero-verticali: uno prevalentemente argilloso (AVR<sub>3</sub>), uno comprendente calcareniti e calciruditi torbiditiche (AVR<sub>2</sub>), eteropico del precedente, ed uno composto da arenarie torbiditiche vulcanoclastiche (AVR<sub>1</sub>) intercalato in AVR<sub>3</sub>.

- **Membro arenaceo di Tufiello** – AVR<sub>1</sub> (Oligocene inferiore): arenarie vulcanoclastiche torbiditiche medio-grossolane di colore marrone, prive di strutture interne e ricca di mica chiara con rare intercalazioni di peliti. La stratificazione è poco evidente e lo spessore varia da pochi metri ad alcune decine di metri. Il membro non affiora nell'area di studio;
- **Membro calcareo-pelitico di Petrelcina** – AVR<sub>2</sub> (Miocene inferiore): torbiditi calcaree costituite da calciruditi, calcareniti e calcilutiti biancastre in strati da medi a molto spessi fino a megastrati, talora con liste e noduli di selce, con rare intercalazioni di peliti rosse e verdastre in strati molto sottili. Localmente si intercalano strati medio-spessi di areniti quarzose. Lo spessore complessivo del membro, sulla base delle osservazioni di terreno, è valutabile da poche ad alcune decine di metri. Il membro affiora in destra idrografica del F. Tammaro a ovest di Paduli. Ambiente di deposizione: base di scarpata;
- **Membro argillitico di Montaperto** - AVR<sub>3</sub> (Oligocene Superiore - Burdigaliano): peliti varicolori scagliose, marne, calcari marnosi giallastri o verdastri in strati da sottili a spessi, calcareniti laminate e diaspri varicolori in strati medio-sottili. L'unità è molto diffusa, e si presenta spesso caotica per fenomeni di instabilità dei versanti ed è interessata da trasporto colluviale. L'ambiente deposizionale è batiale variante da scarpata a piana sottomarina. La formazione affiora in tutta l'area compresa tra Paduli e Benevento, in particolare in sinistra idrografica del F. Calore ed in destra idrografica del F. Tammaro.

#### Formazione di S. Giorgio (SGI)

Si tratta di una formazione torbiditica costituita in prevalenza da associazioni di facies grossolane, che poggia sulla Formazione delle Argille varicolori con contatto inconforme. La formazione comprende due membri: un membro arenaceo e un membro pelitico-arenaceo.

- **Membro pelitico-arenaceo di S. Libero** – SGI<sub>1</sub> (Langhiano superiore): alternanze di siltiti marroni e nere mangesifere e di peliti marroni-verdine massive; si intercala uno strato spesso di calcirudite-calcarenite torbiditica. Nella stessa area si associano torbiditi arenaceo-pelitiche composte da arenarie giallastre medio-fini in strati da medi a spessi. Il contatto con il membro arenaceo SGI<sub>2</sub> è per sovrascorrimento e lo spessore varia da alcune decine di metri a 150 metri. Ambiente deposizionale: conoide sottomarina; Il membro non affiora nell'area di studio;
- **Membro arenaceo di Castelpoto** – SGI<sub>2</sub> (Langhiano – Miocene superiore): arenarie torbiditiche medio-grossolane giallastre prive di strutture interne, in strati da spessi a molto spessi amalgamati con geometria tabulare a scala dell'affioramento. Rare intercalazioni di peliti bianche, marne grigio-verdi e calcareniti torbiditiche. Lo spessore varia da alcune decine di metri a 300 metri. Ambiente deposizionale: conoide

	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

sottomarina, probabilmente interna. Il membro affiora in destra idrografica del F. Tammara a ovest di Paduli.

### 3.2.2 Gruppo di Ariano

Comprende depositi largamente affioranti nell'area oggetto di studio. Si tratta di depositi pliocenici di bacino intra-appenninico che tradizionalmente sono riferiti in letteratura all'Unità di Ariano (Ippolito et alii, 1973; Pescatore & Ortolani, 1973; Cocco et alii, 1974; Ippolito et alii, 1974; D'Argenio et alii, 1975). Recenti studi lito e bio-stratigrafici dei terreni pliocenici affioranti nell'Irpinia e nella Daunia meridionale (Amore et alii, 1998; Ciarcia et alii, 2003; Matano & Staiti, 1998) hanno portato alla distinzione di due cicli sedimentari, uno del Pliocene inferiore (Formazione della Baronìa), l'altro del Pliocene medio (Formazione del T. Cervaro). Le successioni sono pressoché esclusivamente costituite da termini clastici sedimentati in ambienti compresi fra il marino prossimale, costiero-lagunare e alluvionale in bacini tipo wedge-top, e risultano limitate da superfici di unconformity a carattere erosionale, legate a fasi tettoniche che hanno prodotto una discordanza angolare.

Nell'area di studio, il Gruppo di Ariano è rappresentato unicamente dalla Formazione della Baronìa appartenente alla successione del ciclo sedimentario del Pliocene inferiore. La formazione comprende cinque membri, nell'area di studio affiorano unicamente il BNA<sub>2</sub> e il BNA<sub>3</sub>.

#### Formazione della Baronìa (BNA)

La Formazione della Baronìa comprende diversi membri, i cui rapporti reciproci e con il substrato sono molto complessi (Figura 6).

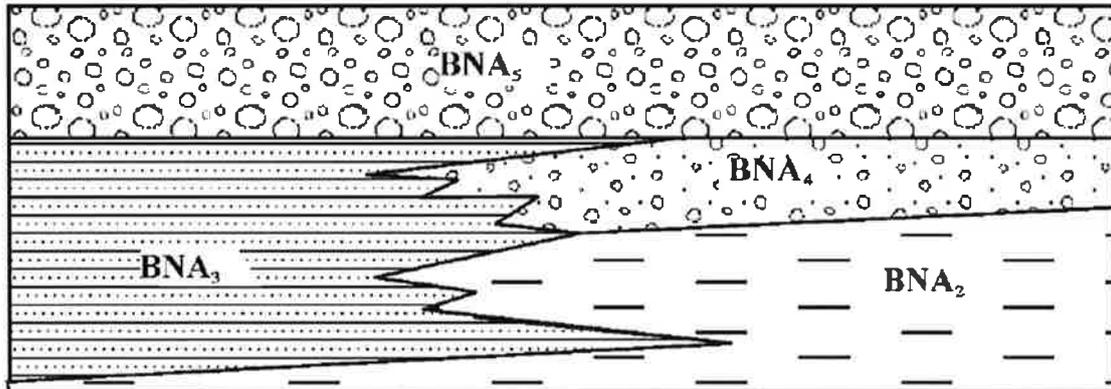


Figura 6. Schema dei rapporti fra le unità litostratigrafiche della Formazione della Baronìa

- **Membro pelitico - arenaceo del F. Miscano - BNA<sub>2</sub>** (Pliocene inferiore-medio): argille siltoso-marnose e silt argilloso di colore grigiastro, intensamente bioturbati, con rari piccoli gusci di molluschi; gradualmente si passa a siltiti, silt sabbiosi e sabbie a grana fine o molto fine con intercalazioni di silt argilloso-marnosi di colore grigiastro, lenti di sabbia e rare arenarie. La stratificazione è assente o mal definita, talora è visibile la laminazione piano-parallela per lo più obliterata dall'intensa bioturbazione. Ambiente di piattaforma neritica dal limite con l'epibatiale fino alla transizione con la spiaggia sommersa. Passano superiormente al membro sabbioso-conglomeratico (BNA<sub>4</sub>) e lateralmente al membro sabbioso (BNA<sub>3</sub>). Lo spessore complessivo è variabile tra 100 e 250m. Il membro affiora nei dintorni di S. Arcangelo Trimonte;
- **Membro sabbioso di Apollosa - BNA<sub>3</sub>** (Pliocene Inferiore): sabbie quarzo-feldspatiche, a grana media e grossa con abbondanti frammenti di gusci di ostreidi e pettinidi e con sottili interstrati marnoso-argillosi

verdastris e livelli di ciottoli; nella parte alta, a luoghi, argille marnose scure di ambiente lagunare. Sabbie con matrice siltoso-marnosa, in strati medi e sottili, alternate ad areniti giallastre a grana media e fine, poco cementate, e siltiti. Frequenti strutture trattive da moto ondoso e corrente. Ambiente di spiaggia. Passano lateralmente e parzialmente al membro sabbioso-conglomeratico (BNA<sub>4</sub>) e nella porzione superiore al membro pelitico-arenaceo (BNA<sub>2</sub>). Lo spessore complessivo è variabile tra 100 e 250m. Il membro affiora estesamente nell'area di Paduli.

### 3.2.3 Depositi continentali quaternari

Si tratta di unità depositate in ambiente fluviale, lacustre e subaereo ad opera di processi fluviali, di eruzioni piroclastiche e dai processi di versante.

Tali depositi sono rappresentati dal Sintema del F. Calore e dai cosiddetti depositi in formazione.

#### Sintema del F. Calore (SFL)

Il sintema è composto da quattro subsintemi connessi alle varie fasi di attività e della evoluzione morfodinamica dei corsi d'acqua. Essi presentano litologie molto simili, pertanto sono distinti utilizzando criteri geomorfologici; in particolare, dal più recente al più antico si individuano: subsintema del F. Ufita, subsintema di Benevento, subsintema di Capodimonte e subsintema di Castello del Lago. Essi sono delimitati da superfici di discontinuità con geometria sub-orizzontale più o meno ondulata, più evidenti e continue nei subsintemi del F. Ufita e di Capodimonte.

- **Subsintema di Castello del Lago** - SFL<sub>1</sub> (Pleistocene medio): ghiaie eterometriche poligeniche con lenti di sabbie e peliti. Depositi fluviali e lacustri antichi. Spessore circa 10-100m. Affiora nella porzione occidentale dell'area in esame;
- **Subsintema di Capodimonte** - SFL<sub>2</sub> (Pleistocene medio): ghiaie, conglomerati, ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche, molto addensate, con intercalazioni lenticolari di sabbie e peliti. Alluvioni antiche terrazzate, in più ordini, fino a 70-80 m sull'alveo attuale. Spessore da alcuni metri a qualche decina di metri. Affiora nella porzione occidentale dell'area in esame;
- **Subsintema di Benevento** - SFL<sub>3</sub> (Pleistocene medio – superiore): ghiaie e ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche. Depositi fluviali e lacustri antichi. Spessori da alcuni metri a qualche decina di metri;
- **Subsintema del Fiume Ufita** - SFL<sub>4</sub> (Pleistocene superiore - Olocene): ghiaie e ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche, con intercalazioni lenticolari di sabbie e limi con ciottoli e di peliti. Spessore da alcuni metri a qualche decina di metri;

#### Depositi in formazione

- **Corpi di frana in evoluzione (a<sub>1</sub>) e quiescenti (a<sub>2</sub>)**: si tratta di depositi di natura gravitativa costituiti generalmente da una massa caotica eterogenea ed eterometrica derivante dalla mobilitazione e deposizione di terreni di natura variabile in funzione delle caratteristiche litologiche delle unità coinvolte nel processo;
- **depositi alluvionali recenti e attuali (b)**: costituiti da sabbie e sabbie pelitiche con lenti di ghiaie che ricoprono il letto fluviale e le aree limitrofe inondabili dei corsi d'acqua principali;
- **depositi eluvio-colluviali (b2)**: costituiti da sedimenti sabbioso-limosi di colore bruno, o più raramente scuri, derivati dall'alterazione di prodotti piroclastici. Sono presenti inoltre depositi a matrice

prevalentemente pelitica con frammenti di varia natura, eterometrici, con elementi riferibili alle unità sedimentarie sottostanti.

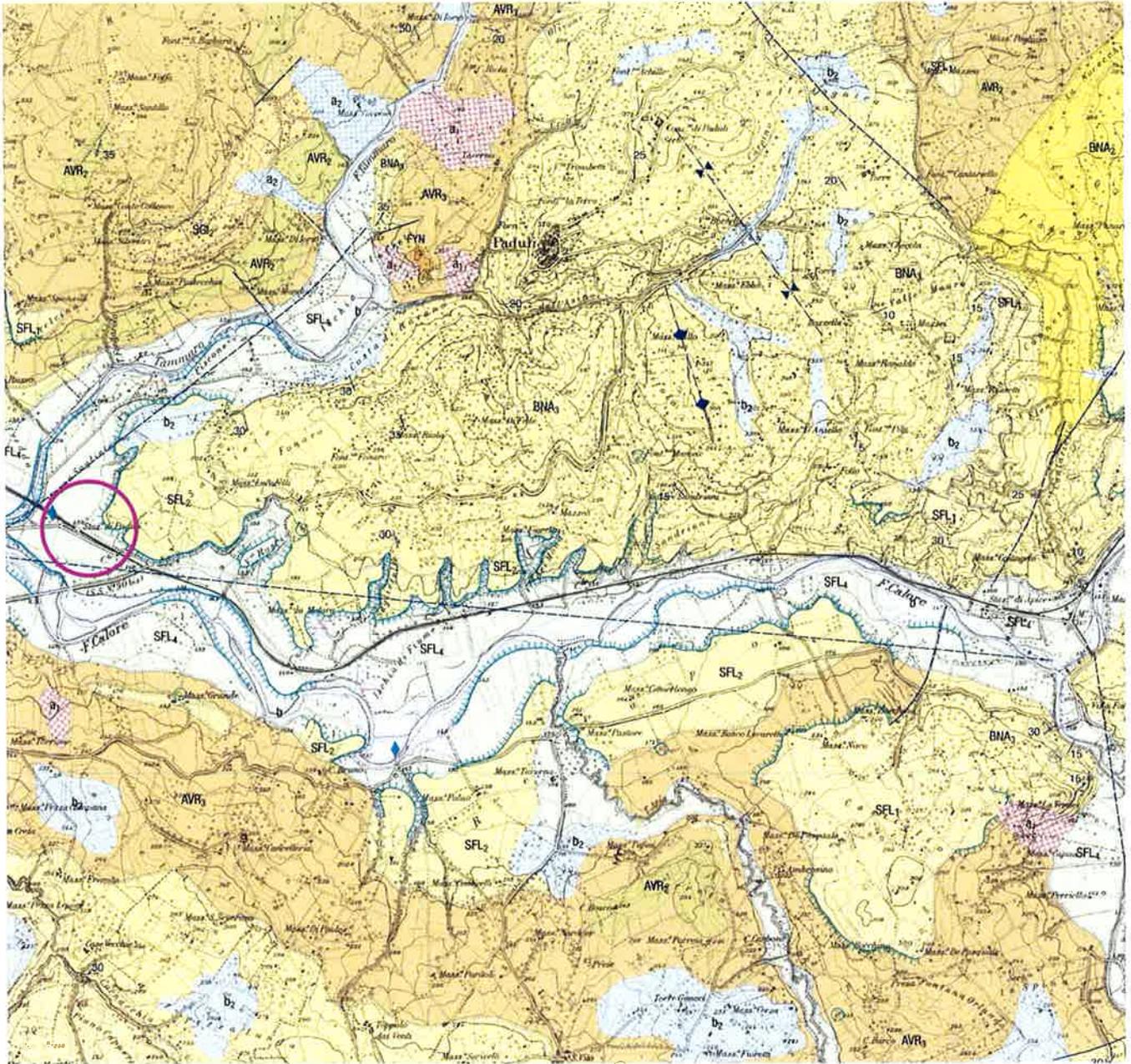


Figura 7. Stralcio della “Carta Geologica d’Italia in scala 1:25.000” foglio n. 425 sezione 1 “Pietrelcina” (non in scala).  
 In magenta è indicata l’area in oggetto

UNITA' QUATERNARIE CONTINENTALI

DEPOSITI IN FORMAZIONE

Olocene		a	<b>Depositi di versante.</b> Accumuli clastici eterometrici, in genere privi o quasi di matrice, la cui composizione è connessa ai litotipi al contorno (a). <i>OLOCENE</i>
		a <sub>1</sub>	<b>Corpi di frana in evoluzione.</b> Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici con evidenze di movimenti in atto (a <sub>1</sub> ). <i>OLOCENE</i>
		a <sub>2</sub>	<b>Corpi di frana quiescenti.</b> Accumuli gravitativi caotici di materiali eterogenei ed eterometrici quiescenti o stabilizzati (a <sub>2</sub> ). <i>OLOCENE</i>
		b	<b>Depositi alluvionali recenti e attuali.</b> Ghiaie, sabbie e peliti in lenti di dimensioni variabili, di accumulo recente e attuale, ancora soggetti a rielaborazione fluviale (b). <i>OLOCENE</i>
		b <sub>2</sub>	<b>Depositi eluvio-colluviali.</b> Sedimenti detritici costituiti da clasti eterometrici con matrice prevalentemente pelitica; depositi sabbioso-limosi bruni pedogenizzati, derivanti dall'alterazione dei Prodotti proclastici scolti, talora con lenti detritiche (b <sub>2</sub> ). <i>OLOCENE</i>
		h	<b>Terreni di riporto e di risulta di Benevento.</b> Depositi eterogenei ed eterometrici (h).

SUPERSISTEMA DEL F. VOLTURNO (VO) - SISTEMA DEL F. CALORE (SFL)

Pleistocene - Olocene		SFL <sub>4</sub>	<b>SUBSISTEMA DEL F. UFFITA</b> Ghiaie e ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche, con intercalazioni lenticolari di sabbie e limi con ciottoli e di peliti (SFL <sub>4</sub> ). Spessore: da alcuni metri a qualche decina di metri. <i>PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE</i>
		SFL <sub>3</sub>	<b>SUBSISTEMA DI BENEVENTO</b> Ghiaie e ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche. Depositi fluviali e lacustri antichi (SFL <sub>3</sub> ); spessore: da alcuni metri a qualche decina di metri. <i>PLEISTOCENE MEDIO - SUPERIORE</i>
		SFL <sub>2</sub>	<b>SUBSISTEMA DI CAPODIMONTE</b> Ghiaie, conglomerati, ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche, molto addensate, con intercalazioni lenticolari di sabbie e peliti. Alluvioni antiche terrazzate, in più ordini, fino a 70-80m sull'alveo attuale. Spessore: da alcuni metri a qualche decina di metri (SFL <sub>2</sub> ). <i>PLEISTOCENE MEDIO</i>
		SFL <sub>1</sub>	<b>SUBSISTEMA DI CASTELLO DEL LAGO</b> Ghiaie eterometriche poligeniche con lenti di sabbie e peliti. Depositi fluviali e lacustri antichi (SFL <sub>1</sub> ). Spessore: circa 10 - 100 m. <i>PLEISTOCENE MEDIO</i>

UNITA' TARDO OROGENE

GRUPPO DI ARIANO IRPINO (AR)

**Formazione della Baronia (BNA)** - Formazione suddivisa in quattro membri che formano un ciclo sedimentario completo. ZANCLEANO SUPERIORE - PIACENZIANO

**membro conglomeratico di Trevico**

Conglomerati eterometrici poligenici clasto-sostenuti in strati spessi e molto spessi con matrice di colore rossastro con intercalazioni lenticolari di sabbie giallastre (BNA<sub>5</sub>). Strutture sedimentarie: gradazione ed embricatura dei clasti. Spessore: da qualche decina di metri a circa 300 m. Ambiente deposizionale: conoide alluvionale.

**membro sabbioso-conglomeratico di S. Leucio del Sanno**

Sabbie giallastre e conglomerati poligenici eterometrici in strati spessi e molto spessi (BNA<sub>4</sub>). Passano lateralmente al membro pelitico - arenaceo (BNA<sub>2</sub>) e nella porzione superiore al membro sabbioso (BNA<sub>3</sub>). Strutture sedimentarie: lamine piane ed inclinate a basso angolo nelle sabbie, embricatura nei ciottoli dei conglomerati. Spessore: variabile tra circa 100 e 250 m. Ambiente deposizionale: battigia.

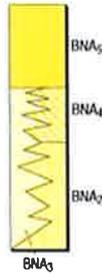
**membro sabbioso di Apollosa**

Sabbie e arenarie giallastre in strati da medi a molto spessi, anche lenticolari, talora con ciottoli e intercalazioni di peliti in strati sottili e medi (BNA<sub>4</sub>). Passano lateralmente e parzialmente al membro sabbioso conglomeratico (BNA<sub>4</sub>) e nella porzione superiore al membro pelitico-arenaceo (BNA<sub>2</sub>). Strutture sedimentarie: bioturbazione intensa, lamine piane ed inclinate a basso angolo, lamine incrociate (increspature da onda) Datazione isotopica <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr su gusci di bivalvi: 2,6 Ma (Pliocene inferiore - medio). Spessore: compreso tra 100 e 250 m. Ambiente deposizionale: battigia e spiaggia sommersa. Foraminiferi e Nannofossili non significativi.

**membro pelitico-arenaceo del F. Miscano**

Peliti grigiastre in strati da medi a spessi, talora anche molto spessi, con intercalazioni di arenarie giallastre in strati medio-sottili (BNA<sub>2</sub>). Localmente si intercalano torbiditi arenaceo-pelitici (facies C<sub>1</sub> e D<sub>1</sub>) in strati medio-spessi. Passano superiormente al membro sabbioso-conglomeratico (BNA<sub>4</sub>) e lateralmente al membro sabbioso (BNA<sub>3</sub>). Lo spessore è compreso tra circa 100 e 250 m. Foraminiferi: Nannofossili: biozona MNN16a. Età: Pliocene inferiore-medio. Datazione isotopica <sup>87</sup>Sr/<sup>86</sup>Sr su gusci di bivalvi: 2,6 Ma (Pliocene medio), biozona a *Globorotala punctulata* e probabile biozona a gr. *Globorotala crassaformis*. Ambiente deposizionale: neritico di transizione-piattaforma.

Pliocene



UNITA' TETTONICA DEL FORTORE

**Formazione di S. Giorgio** - Formazione suddivisa in due membri  
LANGHIANO - MIOCENE SUPERIORE

**membro arenaceo di Castelpoto**

Arenarie medio-grossolane giallastre in strati da spessi a molto spessi amalgamati (facies A<sub>1</sub>), talora con lenti di conglomerati poligenici (facies A<sub>2</sub>); arenarie con lamine piane orizzontali (facies B); rare intercalazioni di peliti bianche, marne grigio-verdi e calcareniti torbiditiche (SG<sub>2</sub>). Sono presenti intercalazioni di una litofacies arenaceo-pelitica (facies C<sub>1</sub> e C<sub>2</sub>) strati medio-spessi (non cartografabili), di una litofacies pelitico-arenacea (facies D<sub>2</sub>) in strati sottili e molto sottili (SG<sub>2a</sub>) e di olistostromi di argilliti varicolori (D<sub>2</sub>). Strutture sedimentarie: massiva la facies A<sub>1</sub>; conglomerati organizzati nella facies A<sub>2</sub>; sequenze di Bouma T<sub>a-e</sub> nella facies C, T nella facies C<sub>1</sub>, T<sub>a-e</sub> nella facies D, lamine piane nella facies B. Strutture sedimentarie massiva la facies A; conglomerati organizzati nella facies A<sub>2</sub>; sequenze di Bouma T<sub>a-e</sub> nella facies C<sub>1</sub>, T<sub>a-e</sub> nella facies C<sub>2</sub>, T<sub>c-e</sub> nella facies D<sub>2</sub>, lamine piane nella facies B. Spessore: da alcune decine di metri a circa 300 m. Foraminiferi: dalla biozona a *Preorbulina* spp. alla biozona a *Globigerinoides extremus*. Nannofossili: dalla biozona MNN15a alla biozona MNN7. Sia tra i Foraminiferi che tra i Nannofossili sono presenti forme rielaborate dal Cretaceo al Miocene inferiore. Età: Langhiano - Miocene superiore. Ambiente deposizionale: conoide sottomarina l.s., probabilmente interna.

**membro pelitico-arenaceo di S. Libero**

Alternanze di silti marroni e di peliti in strati da medi a molto sottili (facies D<sub>2</sub>) con rare intercalazioni di calcareniti torbiditiche in strati medio-spessi e di torbiditi arenaceo-pelitici in strati medio-spessi (facies C e D<sub>1</sub>) (SG<sub>1</sub>). Strutture sedimentarie: peliti massive; sequenze di Bouma T<sub>a-e</sub> e T<sub>a-e</sub> nella facies C, T<sub>d-e</sub> nella facies D<sub>1</sub>; gradazione diretta e lamine piane ed incrociate nelle torbiditi carbonatiche. Spessore: da alcune decine di metri a circa 150 m. Foraminiferi: biozona a *Orbulina suturalis*. Nannofossili: biozona MNN5a. Età: Langhiano superiore. Ambiente deposizionale: conoide sottomarina l.s.

Miocene - Pliocene



**FLYSCH NUMIDICO**

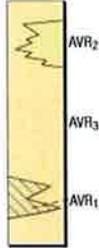
Quarzareniti giallastre in strati medio-spessi (FYN). Spessore: poche decine di metri. Fossili: assenti per mancanza di intercalazioni pelitiche. Ambiente deposizionale: non definibile per esiguità degli affioramenti.  
MIOCENE INFERIORE

Olig

**Formazione delle Argille Varicolori** - Formazione suddivisa in tre membri.  
*OLIGOCENE - MIOCENE INFERIORE*

**membro argillitico di Montaperto**

Argilliti varicolori, marne calcaree, marne argillose; calcari marnosi, marne grigie e calcareniti torbiditiche; selce in strati medio-sottili (AVR<sub>3</sub>). Strutture sedimentarie: non osservabili. Spessore: non definibile con precisione, dell'ordine di alcune centinaia di metri. Foraminiferi: probabilmente dalla biozona *Globigerina angulaturaks* alla biozona a *Globigerinoides bisphaericus*. Nannofossili: biozona non chiaramente definibili, probabilmente dalla biozona MNP25 alla biozona MN2. Sia tra i Foraminiferi che tra i Nannofossili sono presenti forme rielaborate del Cretaceo e dell'Oligocene. Età: Oligocene superiore-Burdigaliano. Ambiente deposizionale: pelagico da scarpata a piana sottomarina.



**membro calcareo-pelitico di Pietrelcina**

Calciuditi e calcareniti biancastre torbiditiche in strati medi, spessi e molto spessi, fino a megastrati, con rare intercalazioni di peliti policrome in strati molto sottili (AVR<sub>2</sub>). Strutture sedimentarie: sequenze di Bouma T<sub>1-4</sub> e T<sub>6-8</sub>. Spessore: da poche decine di metri ad alcune decine di metri. Fossili: frammenti di macroforaminiferi (alveoline e nummuliti), planctonici e nannofossili rmaneggiati in genere di età eocenica. Ambiente deposizionale: base di scarpata.

**membro arenaceo di Tufiello**

Arenarie vulcanoclastiche medio-grossolane ricche in mica (AVR<sub>1</sub>). Strutture sedimentarie: massiva la facies A<sub>1</sub>. Spessore: da pochi metri ad alcune decine di metri. Foraminiferi: assenti. Nannofossili: biozona NP22. Età: Oligocene inferiore. Ambiente deposizionale: base di scarpata.

Figura 8. Legenda della "Carta Geologica d'Italia in scala 1:25.000" foglio n. 425 sezione 1 "Pietrelcina"

	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

## 4 GEOMORFOLOGIA

### 4.1 Inquadramento geomorfologico generale

L'area di studio è caratterizzata da un paesaggio collinare, il cui rilievo massimo è rappresentato dall'alto in cui sorge in Convento di Paduli, posto ad una quota di circa 440 metri slm.

Un importante elemento morfologico è rappresentato dal reticolo idrografico: nell'area sono presenti il F. Calore e il F. Tammaro; l'asta fluviale del Calore è disposta in direzione E-W, mentre il F. Tammaro che confluisce nel Calore all'altezza della stazione di Paduli ha andamento NE-SW. In generale gli andamenti dei corsi d'acqua risentono della neotettonica.

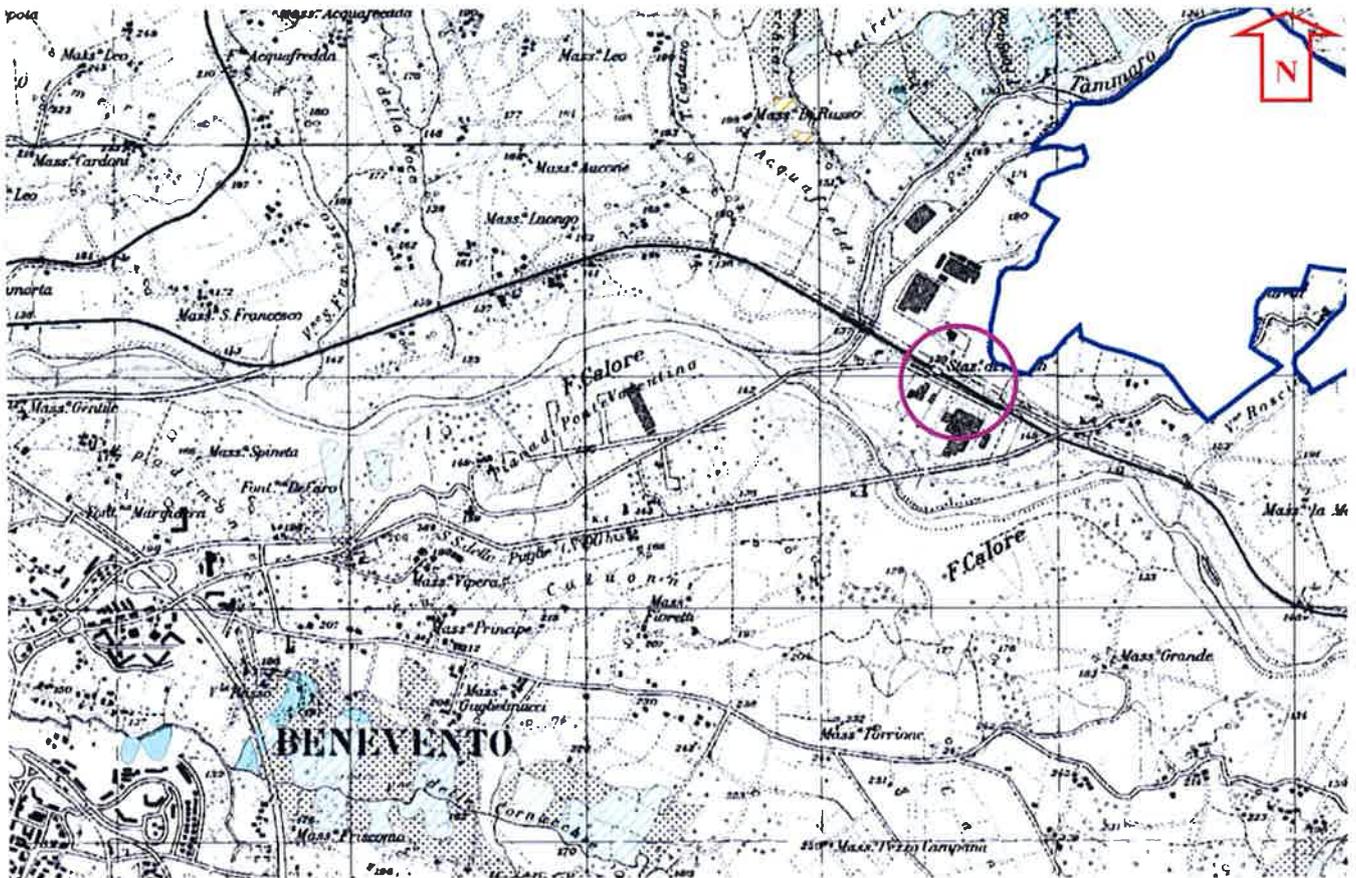
In generale, nell'area di studio, si possono riconoscere tre aree distinte per caratteristiche morfologiche: la porzione ad est della confluenza tra il F. Calore ed il F. Tammaro mostra forme collinari dolci connesse al substrato pelitico e sabbioso della Formazione della Baronìa; la parte ad W del Tammaro ed a N del Calore è caratterizzata da forme collinari dolci e con deboli pendii, talora subpianeggianti, legate alla Formazione delle Argille Varicolori, mentre l'area a S del Calore è interessata da zone pianeggianti impostate sui depositi lacustri quaternari.

La stazione di Paduli sorge in una larga area di fondovalle (circa 700 metri) del F. Calore, in destra idraulica del corso d'acqua, in prossimità delle pendici del versante che sale verso Paduli.

### 4.2 Cartografia del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico

Di seguito si riporta la cartografia del Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico (P.S.A.I.) della Regione Campania, redatta dall'Autorità di Bacino dei Fiumi Liri-Garigliano e Volturno, per quanto concerne l'area in oggetto.

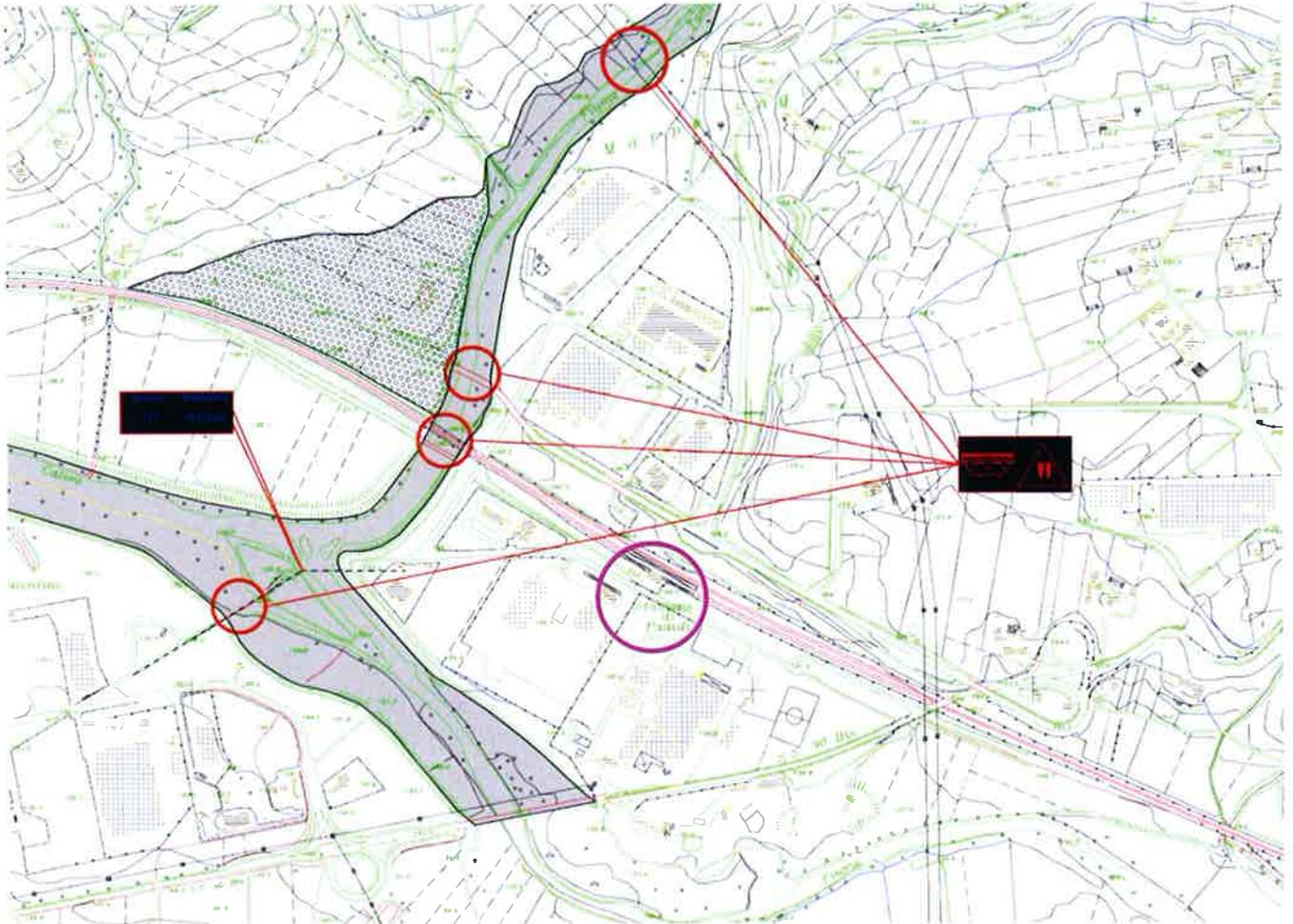
In particolare è stata analizzata la cartografia del "Rischio di frana" (L. n. 183 del 18/05/89; L. n. 253 del 7/08/90; L. n.493 del 4/12/93; L.n. 226 del 13/07/99; L.n. 365 del 11/12/00, Figura 9), che non individua aree caratterizzate da rischio interagenti con le opere in progetto; inoltre è stata analizzato il Piano Stralcio Difesa Alluvioni del Bacino F. Volturno (ex art.17 L. n. 183 del 18/05/89 e art. 12 L. n.493 del 4/12/93, Figura 10) che anch'esso non individua criticità per l'area in oggetto.



Legenda

- |   |   |
|---|---|
| <p> <b>AREA A RISCHIO MOLTO ELEVATO - R4</b><br/>Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche.<br/>(* Area a rischio molto elevato ricadenti in zone a Parco)</p> <p> <b>AREA A RISCHIO ELEVATO - R3</b><br/>Nella quale per il livello di rischio presente, sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale.</p> <p> <b>AREA A RISCHIO MEDIO - R2</b><br/>Nella quale per il livello di rischio presente sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche.</p> <p> <b>AREA A RISCHIO MODERATO - R1</b><br/>Nella quale per il livello di rischio presente i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono marginali.</p> <p> <b>AREA DI ALTA ATTENZIONE - A4</b><br/>Area non urbanizzata, potenzialmente interessata da fenomeni di innesco, transito ed invasione di frane a massima intensità attesa alta.</p> <p> <b>AREA DI MEDIO - ALTA ATTENZIONE - A3</b><br/>Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana attiva a massima intensità attesa media o di una frana quiescente della medesima intensità in un'area classificata ad alto grado di sismicità.</p> <p> <b>AREA DI MEDIA ATTENZIONE - A2</b><br/>Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana quiescente, a massima intensità attesa media.</p> <p> <b>AREA DI MODERATA ATTENZIONE - A1</b><br/>Area non urbanizzata, ricadente all'interno di una frana a massima intensità attesa bassa.</p> | <p> <b>AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE ALTO - RP4</b><br/>Area nella quale il livello di rischio, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.</p> <p> <b>AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE ALTA - AP4</b><br/>Area non urbanizzata, nella quale il livello di attenzione, potenzialmente alto, può essere definito solo a seguito di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.</p> <p> <b>AREA A RISCHIO POTENZIALMENTE BASSO - RP3</b><br/>Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di rischio, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.</p> <p> <b>AREA DI ATTENZIONE POTENZIALMENTE BASSA - AP3</b><br/>Area nella quale l'esclusione di un qualsiasi livello di attenzione, potenzialmente basso, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.</p> <p> <b>Area di possibile ampliamento dei fenomeni franosi cartografati all'interno, ovvero di fenomeni di primo distacco, per la quale si rimanda al D.M. LL.PP. 11/3/88 C1</b><br/><small>Area nella quale il verificarsi della frana, causata dal fenomeno franoso cartografato, è subordinata allo svolgimento di indagini e studi a scala di maggior dettaglio.</small></p> <p> <b>Area di versante nella quale non è stato riconosciuto un livello di rischio o di attenzione significativo (applicazione D.M. LL.PP. 11/3/88) - C2</b></p> |
|---|---|

Figura 9. Stralcio della "Carta degli scenari di rischio" del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico – Rischio da frana (non in scala). In magenta è indicata l'area in oggetto



**LEGENDA**

**DESTINAZIONE D'USO**



**ZONIZZAZIONE**



**SQUILIBRI**



Figura 10. Stralcio della “Zonizzazione ed individuazione squilibri” del Piano Stralcio Difesa Alluvioni (non in scala). In magenta è indicata l’area in oggetto

## 5 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

### 5.1 Inquadramento geologico generale

Dal punto di vista della circolazione delle acque sotterranee e delle sorgenti, nell'area vi sono diverse formazioni caratterizzate da litotipi a permeabilità da media a bassa (come BNA2, AVR) e le principali unità permeabili sono rappresentate dai depositi alluvionali e dai membri arenacei e conglomeratici della Formazione della Baronia (come BNA3), come indicato nella Carta idrogeologica della Provincia di Benevento riportata in Figura 11.

Nell'area in oggetto, nel primo sottosuolo fino alla massima profondità indagata, è ipotizzabile la presenza di un'unica falda in equilibrio con il livello dei F. Calore e Tammaro. All'interno dei depositi ghiaiosi di fondovalle, caratterizzati da un'elevata permeabilità per porosità. Le curve isopiezometriche portano ad ipotizzare, nell'area, una soggiacenza dell'ordine dei 5-10 metri e la direzione di flusso principale è orientata in senso E-W, assialmente alla valle.

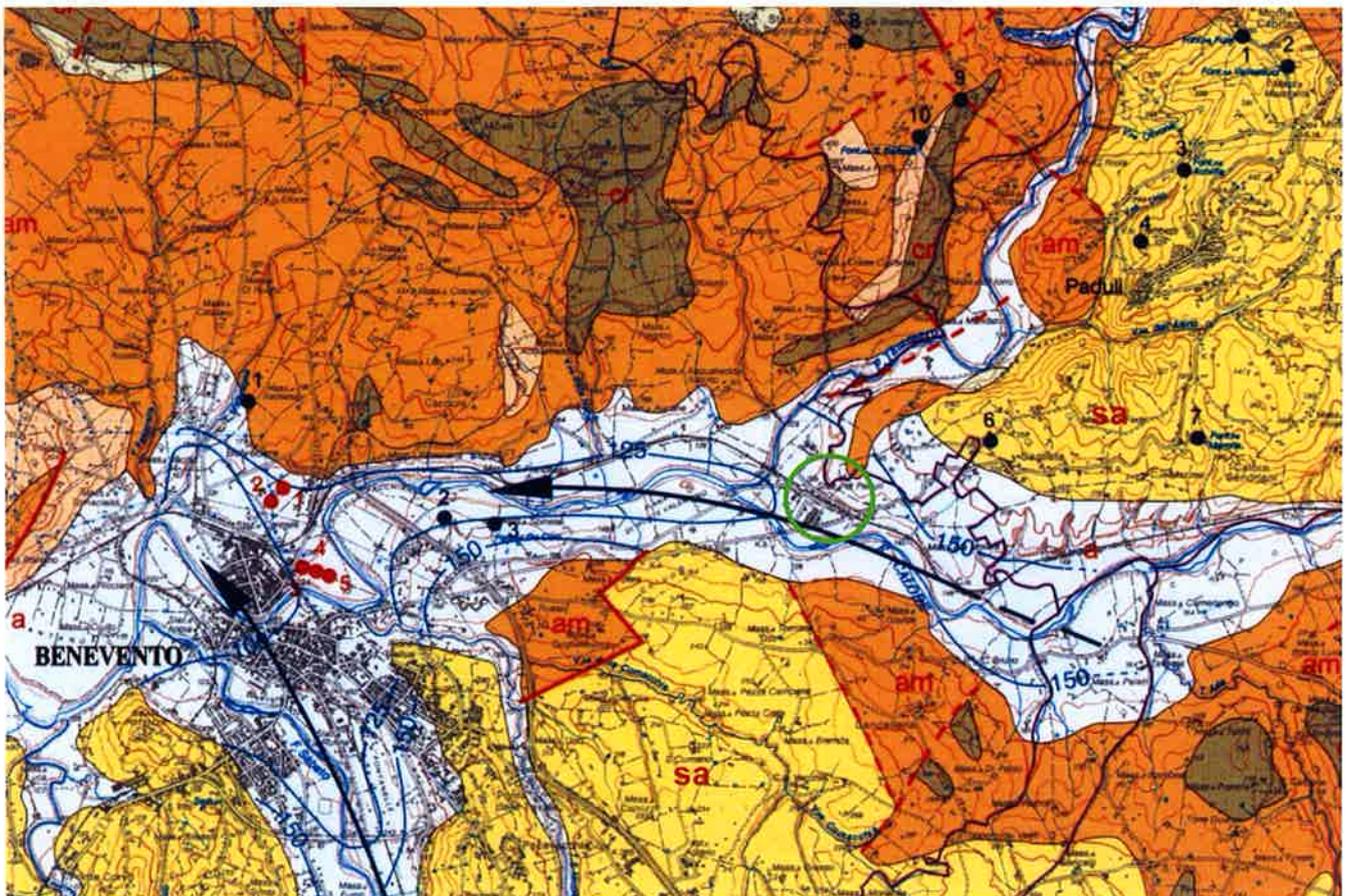
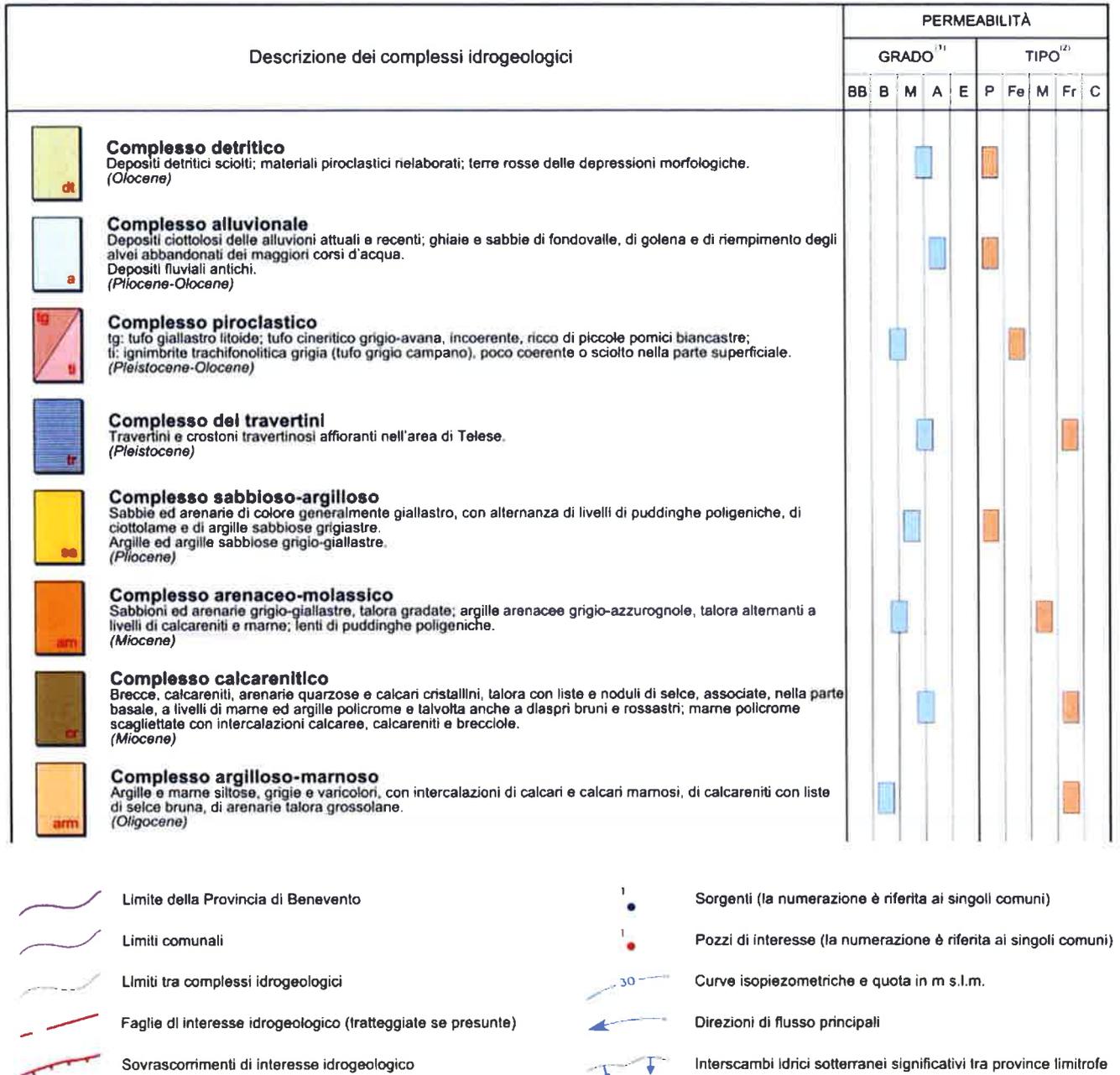


Figura 11. Stralcio della Carta idrogeologica della Provincia di Benevento (Esposito et alii, 2003; non in scala). In verde è indicata l'area in oggetto

**LEGENDA**



Note: 1) Grado di permeabilità: BB = Bassissimo; B = Basso; M = Medio; A = Alto; E = Elevato 2) Tipo di permeabilità: P = Porosità; Fa = Fessurazione; M = Mista; Fr = Fratturazione; C = Carsismo

Figura 12. Legenda della Carta idrogeologica della Provincia di Benevento (Esposito et alii, 2005; non in scala)

## 5.2 Vulnerabilità degli acquiferi

La vulnerabilità degli acquiferi è stata recepita dalla Carta Idrogeologica della Provincia di Benevento, che riporta lo "schema della vulnerabilità all'inquinamento dei corpi idrici sotterranei".

Dall'osservazione delle cartografie, in riferimento alla carta geologica, si evince che i terreni a permeabilità più alta presenti nel fondovalle sono soggetti a vulnerabilità elevata (b, SFL2 e SFL4), mentre i terreni a permeabilità minore che costituiscono i versanti ricadono nella classe di vulnerabilità molto bassa.



- EE - Estremamente elevato
- E - Elevato
- AM - Da alto a medio
- MB - Da medio a basso
- BB - Bassissimo o nullo

Figura 13. Stralcio della Carta Idrogeologica della Provincia di Benevento per la vulnerabilità degli acquiferi (l'area in oggetto è contornata in giallo)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

## 6 INDAGINI GEOGNOSTICHE

I dati geognostici a supporto del presente studio derivano dalle risultanze del sondaggio stratigrafico realizzato nel mese di giugno 2017 dalla ATI Trivelsonda - Landservice S.r.l..

Il sondaggio stratigrafico, denominato FA09, è stato spinto fino a 30 metri di profondità dal piano di campagna, ed ha previsto l'esecuzione delle seguenti attività:

- rilievo della stratigrafia con esecuzione di fotografie a colori del materiale depositato in cassetta;
- esecuzione di prove di consistenza speditive (pocket penetrometer) nei livelli coesivi;
- esecuzione di n.1 prova geotecnica in foro di tipo SPT;
- prelievo di n.1 campione indisturbato.

Nella seguente Tabella 1 si riportano i dati significativi del sondaggio; in particolare dell'ubicazione nel sistema di coordinate UTM WGS84, della quota e della profondità raggiunta. L'ubicazione dell'indagine è riportata in Figura 14.

**Tabella 1. Riepilogo delle caratteristiche del sondaggio FA09**

Sigla	Tipologia prova	Coord. Gauss Boaga		Quota [m slm]	Prof. [metri]
		Nord	Est		
FA09	Sond. a carotaggio continuo	4555008,17	486449,02	138	30

Sul campione C11 prelevato alla profondità 4.5÷5.0 metri da piano campagna, sono state eseguite le seguenti prove:

- apertura e descrizione del campione;
- determinazione del peso di volume e del contenuto d'acqua;
- analisi granulometrica completa;
- determinazione dei Limiti di Atterberg;
- Classificazione UNI100006;
- Prova di Taglio diretto CD.

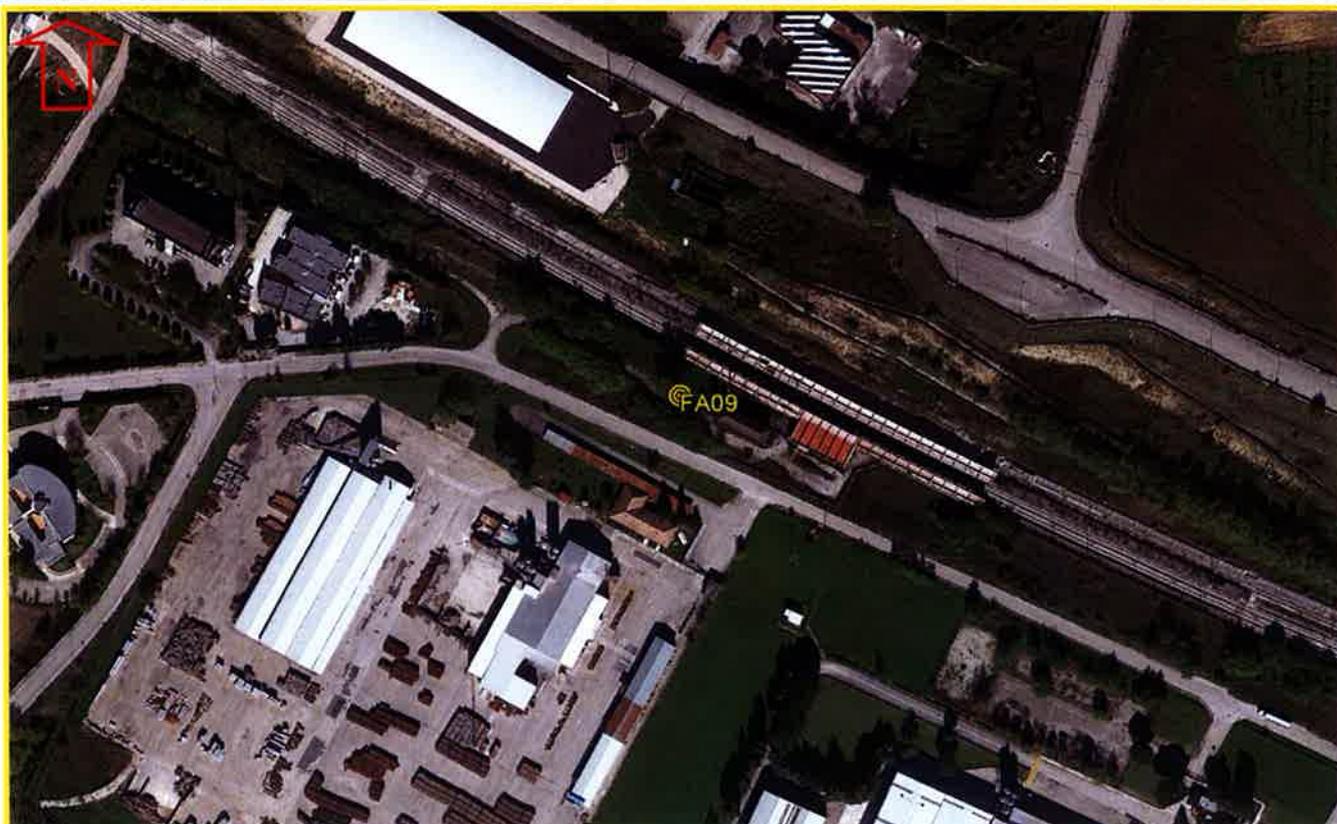


Figura 14. Ubicazione del sondaggio stratigrafico FA09

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

## 7 ASSETTO STRATIGRAFICO

### 7.1 Unità stratigrafiche

In riferimento alle condizioni geologiche dell'area, al sondaggio stratigrafico ed alle prove di laboratorio disponibili è stato ricostruito il modello stratigrafico di riferimento; esso prevede le seguenti unità stratigrafiche:

- Unità R: terreno di riporto costituito da limo e sabbia con inclusi ciottoli, ghiaia e clasti calcarei;
- Unità 1: sabbia limosa di colore da marrone chiaro a marrone scuro, con inclusi rari clasti di natura arenacea;
- Unità 2: ghiaia e ciottoli di natura calcarea ed arenacea immersi in matrice limoso-sabbiosa di colore avana chiaro.

Pertanto, può essere assunta la seguente stratigrafia di riferimento:

**Tabella 2. Stratigrafia di riferimento**

<b>Prof. [da m. a m.]</b>	<b>Unità</b>	<b>Descrizione</b>
0.00 ÷ 3.10	R	Terreni di riporto
3.10 ÷ 7.20	1	Sabbia limosa
7.20 ÷ 30.00	2	Ghiaia

### 7.2 Livelli piezometrici

Per quanto concerne i livelli di falda, durante l'esecuzione del sondaggio è stato rilevato un valore di soggiacenza di 8.5 metri. Tale dato risulta in equilibrio con la quota dell'alveo dei F. Calore e Tammaro; in ogni caso si assume che la falda possa subire innalzamenti in occasione dei periodi piovosi.

	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

## 8 SISMICITÀ DELL'AREA

### 8.1 Premessa

Il settore studiato ricade in un'ampia fascia dell'Appennino Meridionale (area Irpinia-Sannio-Matese in Basili et alii, 1988) nella quale si sono verificati alcuni dei terremoti più importanti dell'intera dorsale montuosa. La sismicità di questo settore di orogene ha dunque un carattere fortemente distruttivo; dalla fine del XVII secolo più volte è stato raggiunto e superato il IX grado MCS. Più in particolare, facendo riferimento agli eventi sismici maggiormente significativi registrati di recente all'interno dell'areale in esame si ricordano: il sisma del 1930 con epicentro nei pressi dell'abitato di Villanova del Battista, che subì ingentissimi danni, caratterizzato da intensità Mercalli tra il IX ed il X grado (magnitudo Richter 6.9), ed il sisma del 1962 con epicentro nell'arianese che fu caratterizzato da intensità Mercalli pari al IX grado (magnitudo Richter 6.2). Per quel che riguarda il devastante terremoto irpino-lucano del 1980, con epicentro nella valle del Sele (Pingue et alii, 1988), produsse nella zona in esame effetti del VI-VII grado MCS.

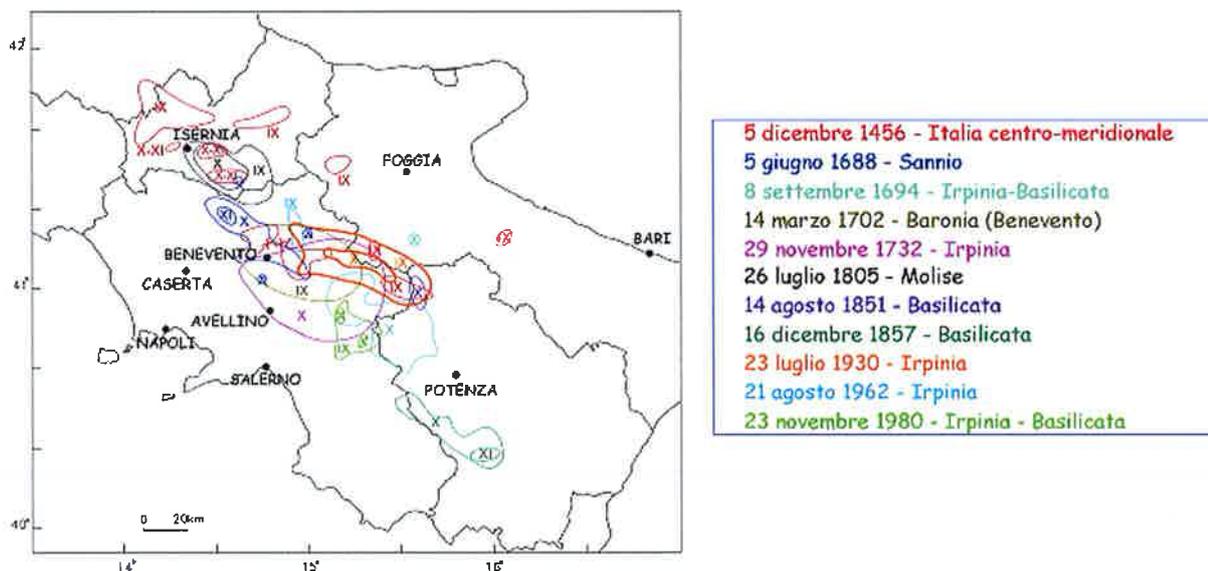


Figura 15. Rappresentazione delle isosiste di intensità superiore al IX grado della scala Mercalli rilevate per i terremoti distruttivi nell'Appennino Meridionale negli ultimi 600 anni (da Emolo et alii, 2000)

### 8.2 Classificazione sismica e pericolosità sismica di base

La classificazione sismica del territorio nazionale è stata elaborata e rivista in seguito ai principali terremoti; tra questi, ultimi in ordine di tempo, quelli verificatisi in Irpinia nel 1980 ed in Molise nel 2002.

Fino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità. I Decreti Ministeriali emanati dal Ministero dei Lavori Pubblici tra il 1981 ed il 1984 avevano classificato complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102, che corrispondono al 45% della superficie del territorio nazionale, nel quale risiede il 40% della popolazione; la sismicità era definita attraverso il grado di sismicità S.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

La regione Campania con D.G.R. n. 5447 del 7 novembre 2002 ha approvato l'aggiornamento della classificazione sismica, formulata sulla base dei criteri generali e delle risultanze del Gruppo di Lavoro costituito dal Servizio Sismico Nazionale, dall'Istituto Nazionale di Geofisica e dal Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, in base alla risoluzione approvata dalla Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi nella seduta del 23 aprile 1997. In tale aggiornamento sono state introdotte 3 categorie sismiche, più una quarta categoria di comuni non classificati (n.c.).

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato, in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni), da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003. Il provvedimento detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone (da 1 a 4), a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

La stazione di Paduli è posta in corrispondenza del confine amministrativo tra i territori di Paduli e Benevento che, in riferimento alla classificazione sismica stabilita dall'Allegato A dell'OPCM 3274/2003, risultano classificati come indicato in Tabella 3. In Tabella 4 è definita la corrispondenza fra le varie classificazioni.

**Tabella 3. Classificazione sismica dei comuni di Benevento e Paduli (Allegato A OPCM 3274/2003)**

Codice Istat 2001	Denominazione	Categoria secondo la classificazione precedente (Decreti fino al 1984)	Categoria secondo la proposta del GdL del 1998	Zona ai sensi dell'OPCM 3274/2003
15062045	Paduli	I	I	1
15062008	Benevento	II	I	1

**Tabella 4. Corrispondenza tra le successive classificazioni sismiche**

Decreti fino al 1984	GdL 1998	Classificazione OPCM 2003
S=12	I° categoria	Zona 1
S=9	II° categoria	Zona 2
S=6	III° categoria	Zona 3
non classificato	n.c.	Zona 4

Le novità introdotte con l'ordinanza sono state pienamente recepite e ulteriormente affinate, grazie anche agli studi svolti dai centri di competenza (INGV, Reluis, Eucentre). Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 5). Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 14 gennaio 2008) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi per ciascun comune, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dal 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

L'azione sismica viene valutata in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti), su sito di riferimento rigido (di categoria A), a superficie orizzontale (superficie topografica di categoria T1), riferendosi alla definizione di "pericolosità sismica di base", fornita dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Figura 16).

In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle seguenti grandezze, sulla base delle quali sono compiutamente definite le forme spettrali per la generica "probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ ":

- $a_g$ : accelerazione massima su suolo tipo A (allegato B alle NTC)
- $F_0$ : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (allegato B alle NTC)
- $T_{C*}$ : periodo di riferimento che consente di calcolare il periodo  $T_C$  corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro (Allegato B alle NTC).

La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del Comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

**Tabella 5. Valori di accelerazione massima del suolo  $a_g$  con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, riferito a suoli rigidi caratterizzati da  $V_s,30 > 800$  m/s**

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (Norme Tecniche, $a_g/g$ )
1	>0.25	0.35
2	0.15 ÷ 0.25	0.25
3	0.05 ÷ 0.15	0.15
4	<0.05	0.05

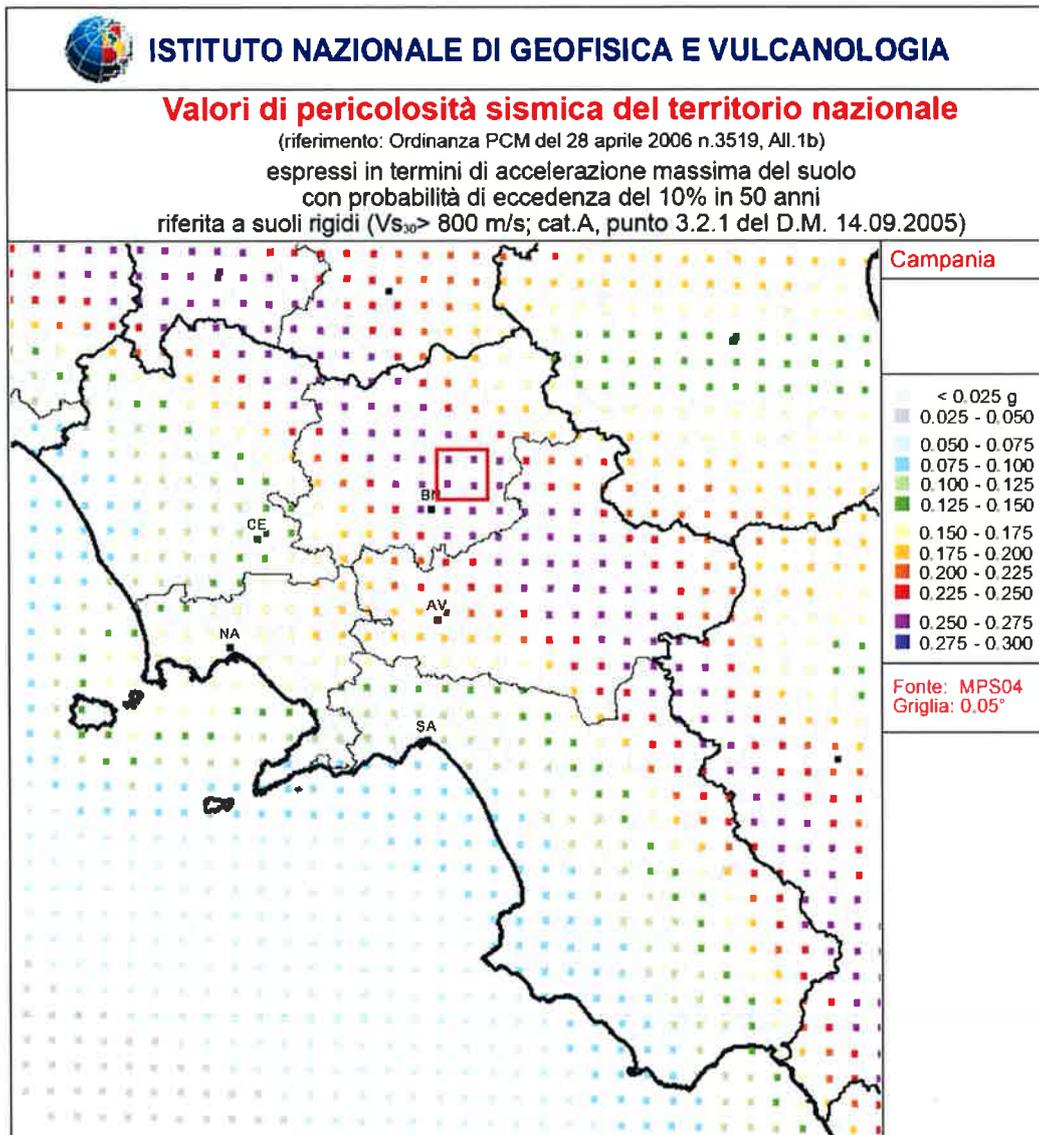


Figura 16. Valori di pericolosità sismica del territorio regionale (particolare della regione Campania). Fonte: Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV)

Per i comuni di Paduli e Benevento, in Tabella 6 e Tabella 7 vengono forniti, per periodi di ritorno  $T_R$  di 30 anni, 50 anni, 72 anni, 101 anni, 140 anni, 201 anni, 475 anni, 975 anni, 2475 anni, i valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{C^*}$  da utilizzare per definire l'azione sismica nei diversi stati limite considerati. Da Figura 17 a Figura 20 sono rappresentati gli spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento e la variabilità dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_{C^*}$  col periodo di ritorno  $T_R$ .

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

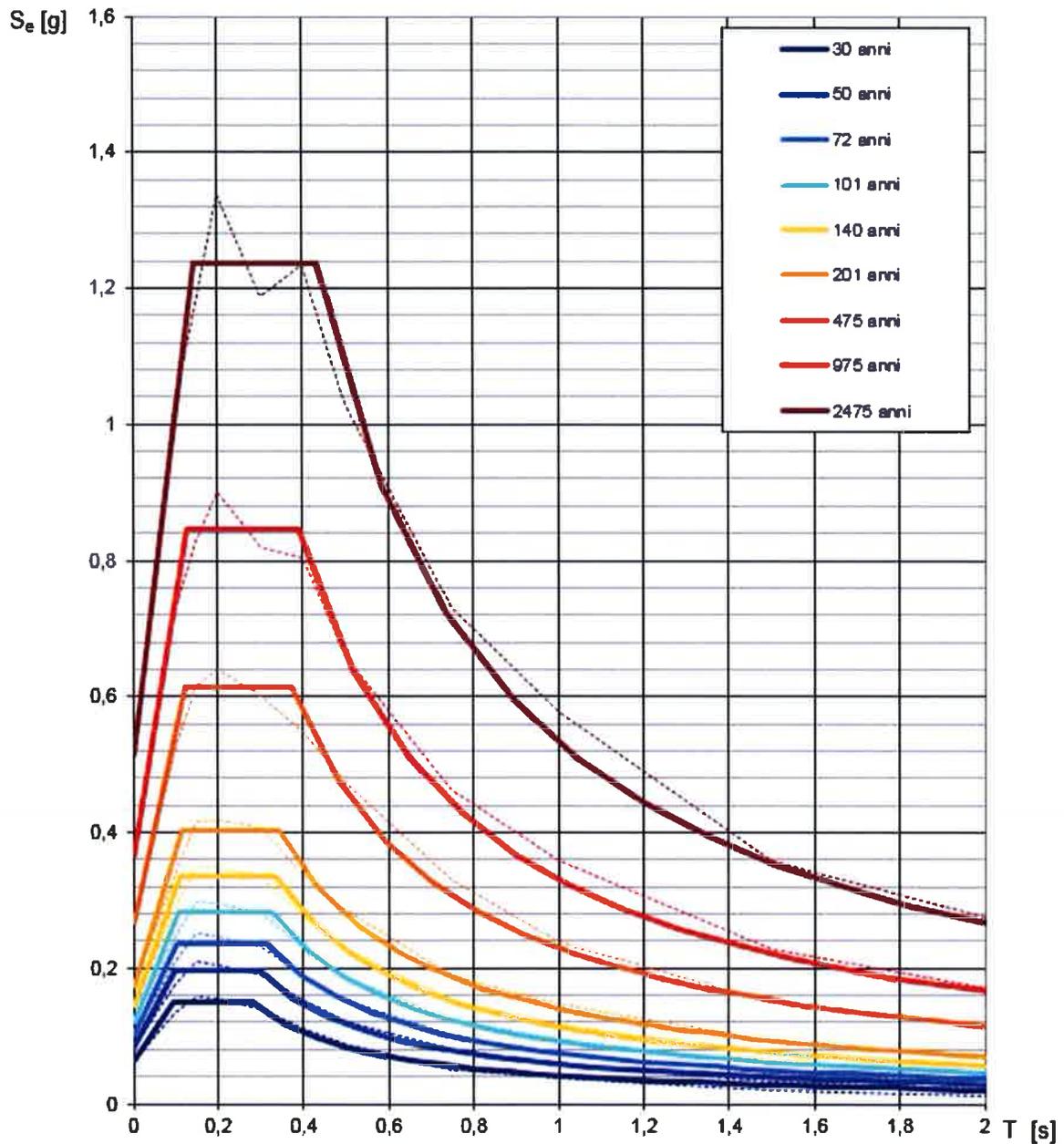
**Tabella 6. Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_{c^*}$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento (Comune di Paduli)**

TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_{c^*}$
30	0,063	2,394	0,279
50	0,084	2,345	0,295
72	0,102	2,327	0,316
101	0,122	2,323	0,327
140	0,145	2,319	0,336
201	0,175	2,310	0,346
475	0,268	2,291	0,376
975	0,367	2,303	0,391
2475	0,514	2,407	0,431

**Tabella 7. Valori dei parametri di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_{c^*}$  per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento (Comune di Benevento)**

TR [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$	$T_{c^*}$
30	0,062	2,384	0,279
50	0,083	2,351	0,294
72	0,101	2,325	0,312
101	0,120	2,331	0,322
140	0,142	2,320	0,332
201	0,170	2,312	0,342
475	0,257	2,304	0,369
975	0,349	2,335	0,390
2475	0,486	2,458	0,430

### Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 17. Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento (Comune di Paduli)

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**

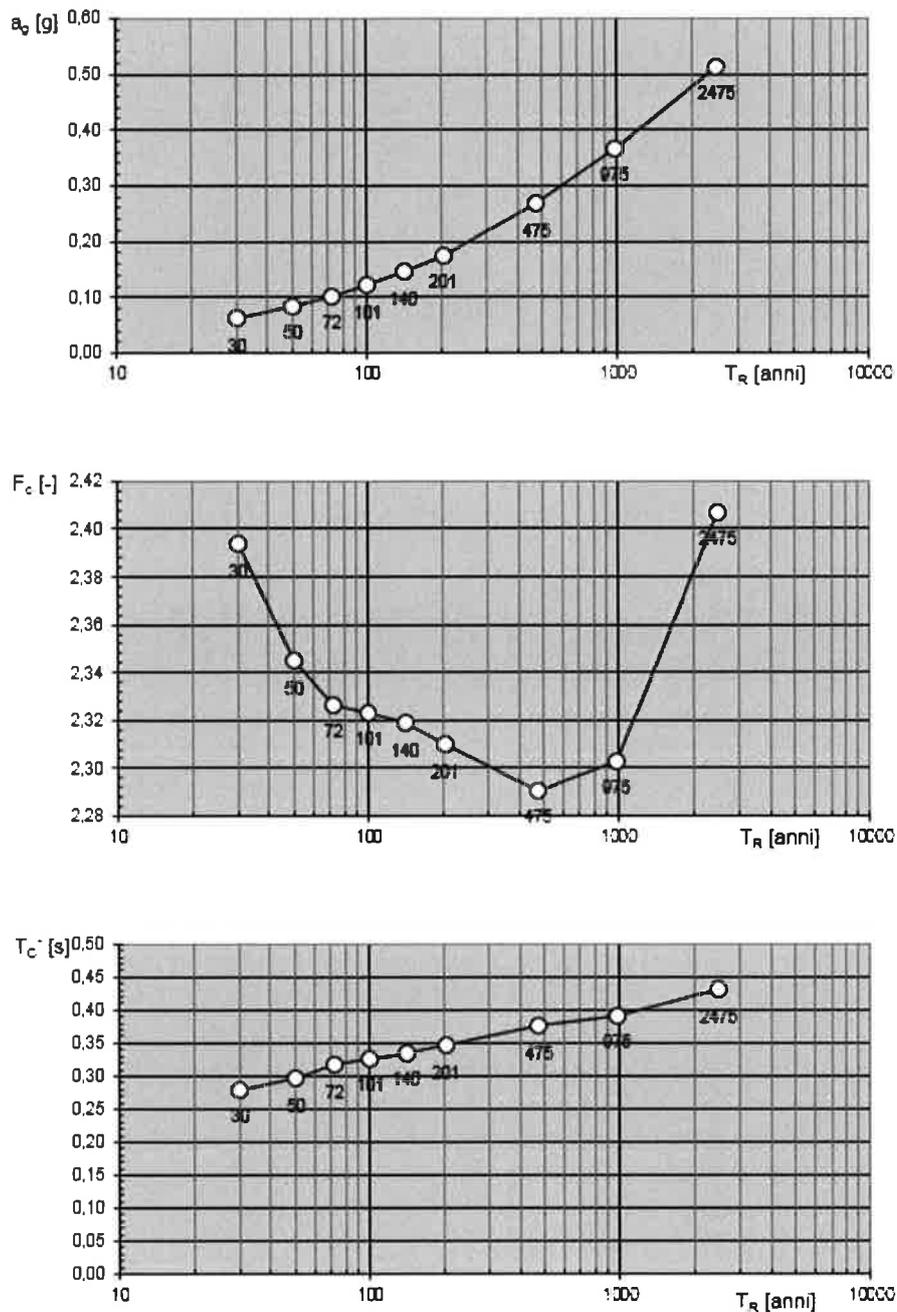
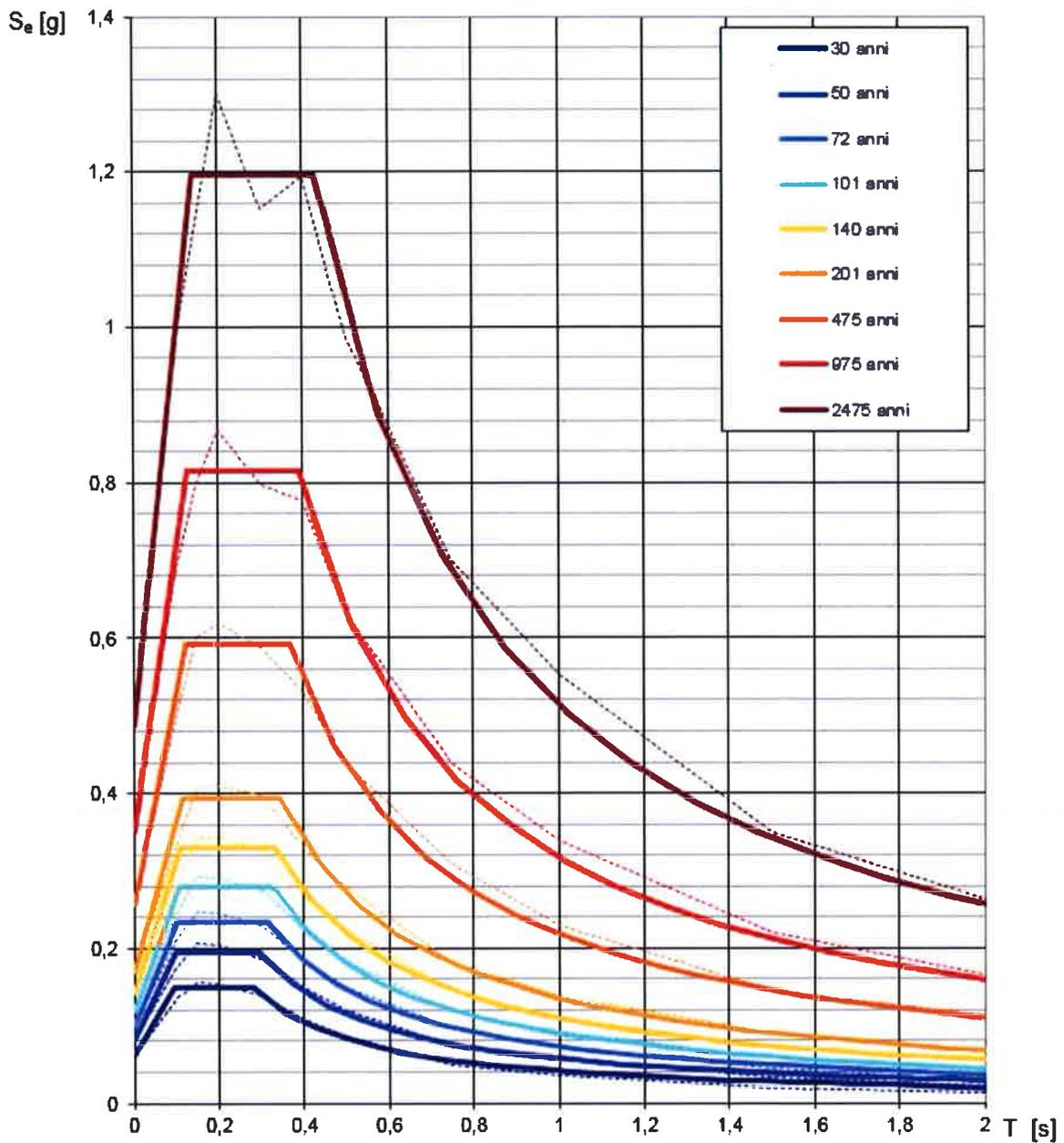


Figura 18. Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  col periodo di ritorno  $T_R$  (Comune di Paduli)

### Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno $T_R$ di riferimento



NOTA:

Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Figura 19. Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno  $T_R$  di riferimento (Comune di Benevento)

**Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$ : variabilità col periodo di ritorno  $T_R$**

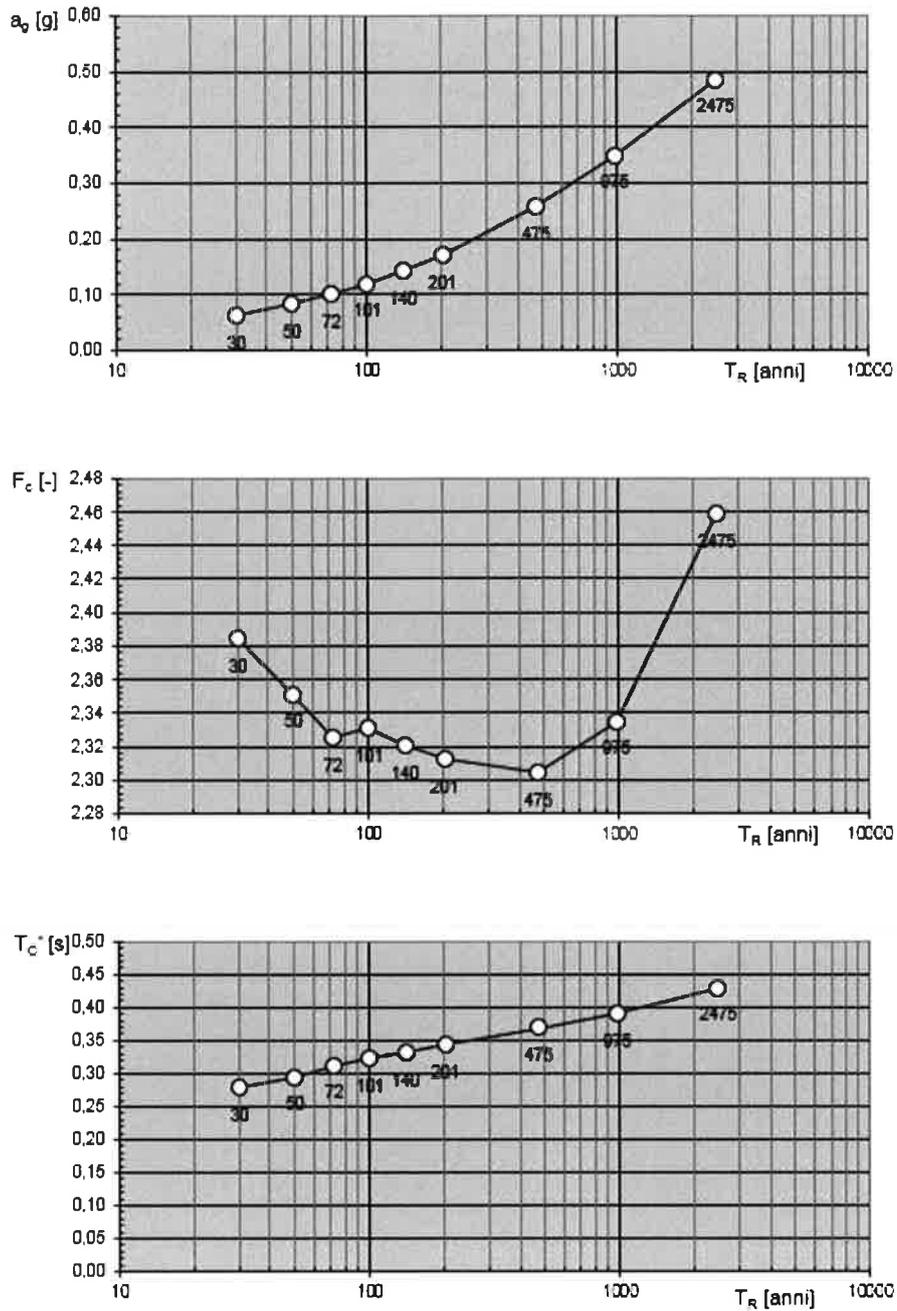


Figura 20. Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$  e  $T_C^*$  col periodo di ritorno  $T_R$  (Comune di Benevento)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - IIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

### 8.3 Sismicità dell'area, Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani

Al fine di inquadrare dal punto di vista della sismicità storica l'area in esame, si riporta di seguito un breve riepilogo delle osservazioni macrosismiche di terremoti al di sopra della soglia del danno che hanno interessato storicamente i comuni di Paduli e Benevento.

Nello specifico, le informazioni riportate di seguito derivano dalla consultazione del DBMI15, il database macrosismico utilizzato per la compilazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 (Rovida et al., 2016 consultabile on-line al sito <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>). Pertanto, nelle successive tabelle si intende:

- I Intensità al sito (scala MCS)
- Data Tempo origine: anno, mese, giorno, ora, minuti e secondi
- Ax Area epicentrale
- Np Numero di osservazioni macrosismiche
- Io Intensità epicentrale (scala MCS)
- Mw Magnitudo momento

**Tabella 8. Storia sismica di Paduli**

Effetti	In occasione del terremoto del				
I	Data	Ax	Np	Io	Mw
11	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7,19
9-10	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7,06
8-9	1702 03 14 05	Sannio-Irpinia	37	10	6,56
8	1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6,75
7	1794 06 12 22 30	Irpinia	16	7	5,26
7	1805 07 26 21	Molise	220	10	6,68
5	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5	4,26
4-5	1898 11 24 23 37	Casalbore	25	5	4,21
3	1899 08 16 00 05	Subappennino dauno	32	6	4,57
8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
5	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4,64
4	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6	4,96
5	1950 01 01 10 03	Beneventano	7	5	4,16
8-9	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6,15
F	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4,83
4-5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5,02
4	1977 07 24 09 55 29.00	Irpinia	85	5-6	4,37
5-6	1978 02 08 04 10 29.00	Irpinia	100	5-6	4,44
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
4-5	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5,86

Effetti	In occasione del terremoto del					
	I	Data	Ax	Np	Io	Mw
4	1984 05 11 10 41 49.27	Monti della Meta		342	7	5,47
4-5	1990 04 22 16 47 07.38	Sannio		34	5	3,63
5-6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino		1375		5,77
NF	1990 08 30 14 54	Beneventano		39	5-6	3,2
4-5	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino		597	7	5,08
3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia		557	6	4,9
3	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese		284	6	4,52
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise		638	7	5,72

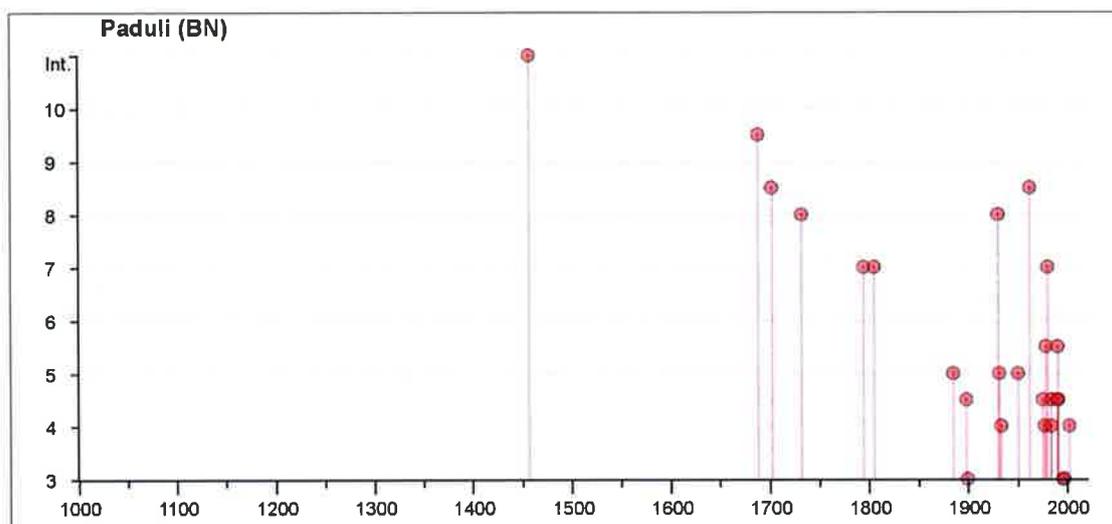
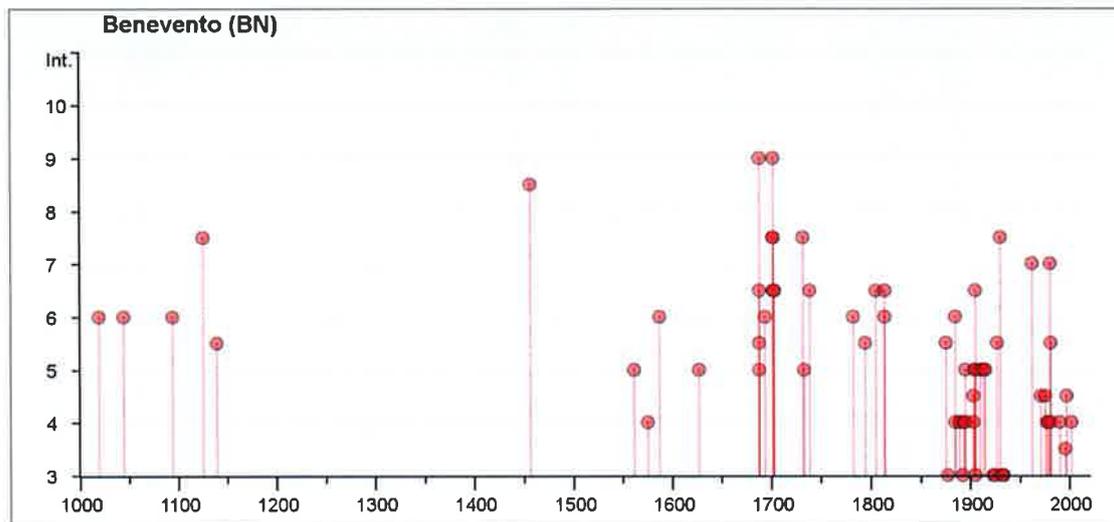


Tabella 9. Storia sismica di Benevento

Effetti	In occasione del terremoto del					
	I	Data	Ax	Np	Io	Mw
6	1019 04 01	Benevento		1	6	4,63
6	1044 04 19 09	Benevento		1	6	4,63
6	1094 01 14	Benevento		1	6	4,63
7-8	1125 10 11	Benevento		1	7-8	5,33
5-6	1139 01 22	Benevento		1	5-6	4,4
8-9	1456 12 05	Appennino centro-meridionale		199	11	7,19
5	1561 07 31 19 45	Vallo di Diano		22	9	6,34
4	1575 06 05 20 30	Napoli		2	5-6	3,25
6	1587	Benevento		1	6	4,63
5	1627 07 30 10 50	Capitanata		64	10	6,66
5	1688 01 14	Benevento		1	5	4,16

Effetti					
In occasione del terremoto del					
I	Data	Ax	Np	Io	Mw
9	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7,06
6-7	1688 08 14	Beneventano	3	6-7	4,86
5-6	1688 10 12	Beneventano	1	5-6	4,4
6	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6,73
7-8	1702 03 14 04 30	Sannio-Irpinia	4	6-7	4,86
9	1702 03 14 05	Sannio-Irpinia	37	10	6,56
7-8	1702 04 02 06 20	Sannio-Irpinia	4	6-7	4,86
6-7	1702 04 06 16 55	Sannio-Irpinia	1	6-7	4,86
6-7	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6,92
7-8	1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6,75
5	1733 07 16 04	Irpinia	2	5	4,16
6-7	1739 02 27 04 20	Benevento	3	5-6	4,4
F	1741 08 06 13 30	Irpinia	8	7-8	5,44
6	1782 01 11	Benevento	2	5	4,16
5-6	1794 06 12 22 30	Irpinia	16	7	5,26
6-7	1805 07 26 21	Molise	220	10	6,68
6-7	1814 11 25	Beneventano	2	5-6	4,4
6	1814 12 01 06	Beneventano	1	6	4,63
5-6	1875 12 06	Gargano	97	8	5,86
3	1877 08 24 02 45	Lazio meridionale	54	7	5,21
6	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5	4,26
4	1885 12 26 02	Molise	28	5-6	4,66
NF	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8	5,55
4	1889 12 08	Gargano	122	7	5,47
NF	1892 01 22	Colli Albani	81	7	5,14
3	1892 04 20	Gargano	15	6-7	5,02
4	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5,15
NF	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5,39
NF	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9	6,12
5	1895 02 01 07 24 35.00	Monti del Partenio	40	5	4,29
4	1895 08 09 17 38 20.00	Adriatico centrale	103	6	5,11
NF	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4,69
4	1903 12 07 05 58	Beneventano	9	4-5	4,14
4-5	1903 12 07 19 45	Beneventano	4	4-5	3,93
5	1904 07 18 20 02	Beneventano	24	5	4,5
6-7	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4,9
NF	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4,61

Effetti In occasione del terremoto del					
I	Data	Ax	Np	Io	Mw
3	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6,95
5	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5,18
5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5,76
5	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5,35
5	1915 01 13 06 52 43.00	Marsica	1041	11	7,08
3	1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6	4,73
3	1924 03 26 20 50	Sannio	12	4	4,06
5-6	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6	4,98
2	1930 04 27 01 46	Salernitano	26	7	4,98
7-8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6,67
3	1931 05 10 10 48 55.00	Irpinia	43	5-6	4,64
3	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6	4,96
3	1933 09 26 03 33 29.00	Maiella	325	9	5,9
2	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4,96
7	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6,15
4-5	1971 05 06 03 45 05.00	Irpinia	68	6	4,83
4-5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5,02
4	1977 07 24 09 55 29.00	Irpinia	85	5-6	4,37
4	1978 02 08 04 10 29.00	Irpinia	100	5-6	4,44
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	1394	10	6,81
5-6	1981 02 14 17 27 45.00	Monti di Avella	85	7-8	4,88
4	1981 11 29 05 06 45.00	Potentino	14	5	4,51
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	709	7	5,62
4	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5,77
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5,08
3-4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4,9
4-5	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4,52
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5,72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4,44
NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4,53



#### 8.4 Sorgenti sismogenetiche

Recentemente è stata presentata la nuova versione del “*Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy*”, inizialmente divulgato in forma preliminare nel luglio 2000 come versione 1.0 e quindi pubblicato nel 2008 come versione 3 (Basili et alii, 2008).

Il Database contiene sorgenti sismogenetiche individuali e composite ritenute in grado di generare forti terremoti. La nuova versione del Database contiene oltre 100 sorgenti sismogenetiche identificate attraverso studi geologico-geofisici (70% in più rispetto alla precedente versione). Tali sorgenti ricadono sull'intero territorio italiano e su alcune regioni confinanti.

L'assetto di queste sorgenti fornisce informazioni sull'andamento dei maggiori sistemi di faglie attive, consentendo in alcuni casi di individuare aree di potenziale gap sismico.

Obiettivo del Database è quello di rendere quanto più possibile completa l'informazione sulle sorgenti sismogenetiche potenziali del territorio nazionale. Per questa ragione, oltre ad un numero maggiore di sorgenti individuali, viene proposta una forma di rappresentazione e caratterizzazione di tutte le aree che, pur essendo certamente in grado di generare forti terremoti, sono ancora poco comprese. È stata pertanto istituita una nuova categoria di aree sismogenetiche per le quali, in analogia con quanto proposto dalla nuova zonazione sismogenetica ZS9 (Meletti et alii, 2004), viene fornita la localizzazione geografica, la stima del meccanismo di fagliazione, la profondità efficace e la magnitudo massima attesa.

Dall'esame del Database, nei pressi del territorio in oggetto si osserva la presenza di tre sorgenti sismogenetiche composite (Figura 21), da ovest verso est: la sorgente Miranda-Apice (ITCS024), la sorgente Pago Veiano-Montaguto (ITCS057) e la sorgente Mirabella Eclano-Monteverde (ITCS084). Inoltre, è segnalata la presenza di due sorgenti ancora in approfondimento (nella figura in blu), il cui codice è ITDS027 e ITDS033.

Le principali informazioni di riferimento di ciascuna sorgente certa sono riportate da Figura 22 a Figura 24).

RELAZIONE GEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IFOG	00	D 69 RG	GE 0001 002	A	41 di 49

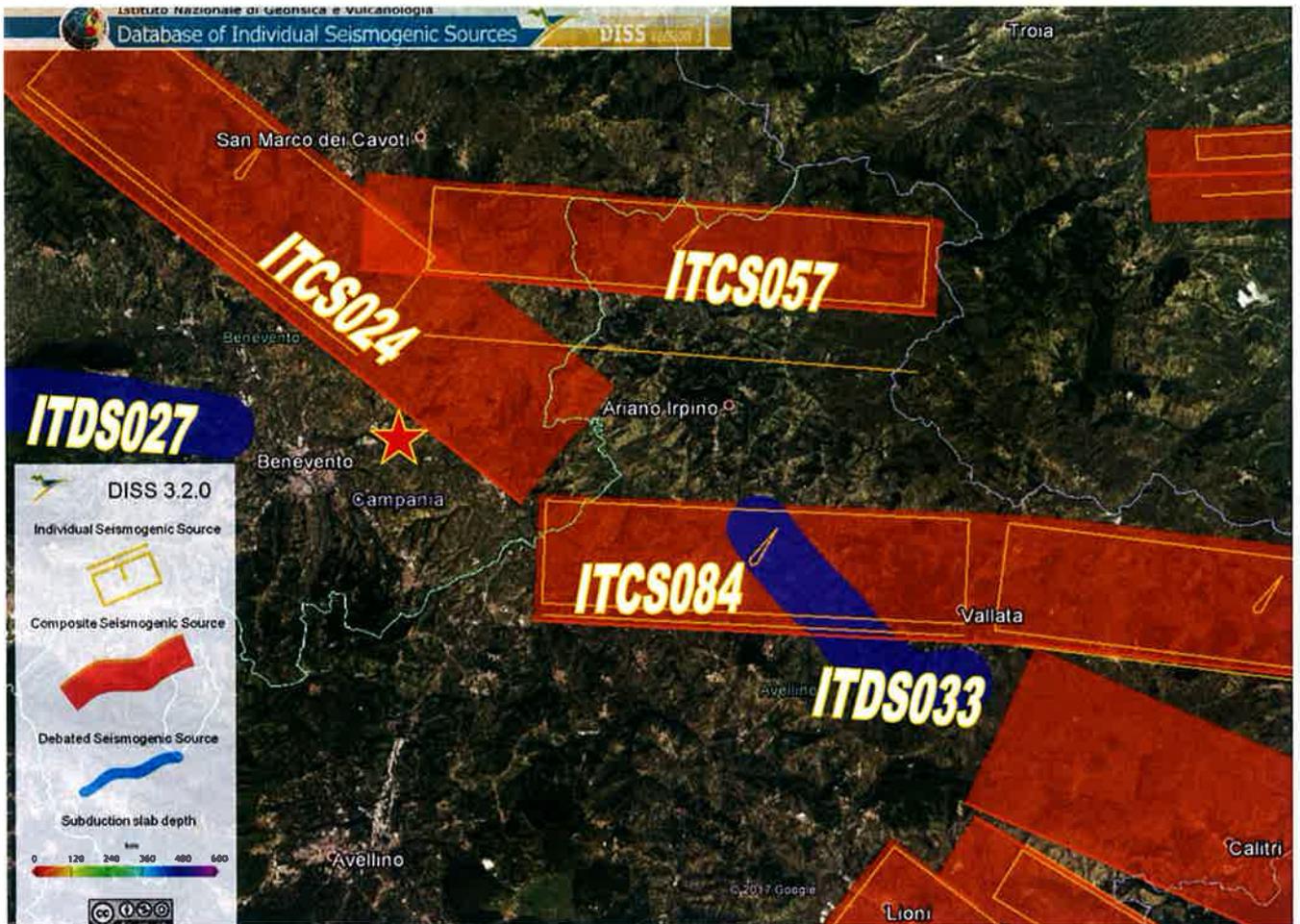


Figura 21. Sorgenti sismogenetiche contenute nella nuova versione del "Database of Potential Sources for Earthquakes larger than M 5.5 in Italy" per l'area in oggetto. L'area in oggetto è indicata dalla stella di colore rosso

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	1.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Max depth [km]	14.0	LD	Based on data of instrumental seismicity.
Strike [deg] min... max	300...330	OD	Based on geological and geomorphological observation.
Dip [deg] min... max	50...60	OD	Based on geological and geomorphological observation.
Rake [deg] min... max	260...280	EJ	Inferred from regional seismological constraints.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.6	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 22. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Miranda-Apice (ITCS024)

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER	QUALITY	EVIDENCE	
Min depth [km]	11.0	EJ	Inferred from upper depth of instrumental major earthquakes in the region.
Max depth [km]	25.0	EJ	Inferred from lower depth of instrumental major earthquakes in the region.
Strike [deg] min... max	270...290	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Dip [deg] min... max	60...80	OD	Based on macroseismic and geophysical data.
Rake [deg] min... max	220...240	EJ	Inferred from rake of instrumental major earthquakes in the region.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
Max Magnitude [Mw]	6.9	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 23. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Pago Veiano-Montaguto (ITCS057)

**PARAMETRIC INFORMATION**

PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
<b>Min depth [km]</b>	1.0	OD	Based on seismological and geological data.
<b>Max depth [km]</b>	16.0	OD	Based on seismological and macroseismic data.
<b>Strike [deg] min... max</b>	270...290	OD	Based on seismological and macroseismic data.
<b>Dip [deg] min... max</b>	55...75	OD	Based on seismological data.
<b>Rake [deg] min... max</b>	230...250	OD	Based on seismological data.
<b>Slip Rate [mm/y] min... max</b>	0.1...1.0	EJ	Unknown, values assumed from geodynamic constraints.
<b>Max Magnitude [Mw]</b>	6.7	OD	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

Figura 24. Quadro riassuntivo della sorgente sismogenetica composta Mirabella Eclano-Monteverde (ITCS084)

	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE.0001.002	REV. A

## 8.5 Magnitudo massima attesa da ZS9

Sulla base delle originali elaborazioni relative alla definizione delle sorgenti sismogenetiche (DISS2.0-2001) è stato elaborato un modello sintetico che descrive la localizzazione delle sorgenti di futuri terremoti, la magnitudo massima che questi potranno raggiungere ed i rate di sismicità attesa zona per zona. Questo modello, che si pone come base per la redazione della carta di pericolosità sismica è rappresentato dalla mappa delle zone sismogenetiche ZS9 (Meletti & Valensise, 2004; Meletti et al., 2008).

In base alla zonazione sismogenetica ZS9 del territorio nazionale (INGV, 2004), la sismicità in Italia può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una legge di ricorrenza della magnitudo, espressa in termini di magnitudo momento  $M_w$ .

Secondo la ZS9 (Figura 26), che sostituisce la precedente zonazione sismogenetica ZS4, l'area oggetto di intervento ricade entro la zona identificata come 927 "Sannio - Irpinia - Basilicata", per la quale gli studi indicano una **magnitudo massima attesa  $M_{wmax} = 7,06$**  (Figura 25).

Nome ZS	Numero ZS	$M_{wmax}$
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

Figura 25. Valori di  $M_{wmax}$  per le zone sismogenetiche di ZS9 (INGV, 2004)



Figura 26. Zonazione sismogenetica ZS9 del territorio italiano (INGV, 2004)

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

## 8.6 Parametri per la definizione dell'azione sismica di progetto

Ai sensi del D.M. 14/01/2008, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche e geomorfologiche locali, determinando quindi la corrispondente categoria (o tipo) di sottosuolo nonché le condizioni topografiche del sito di interesse.

### 8.6.1 Categoria di sottosuolo

Per una valutazione di massima della velocità delle onde S nei primi 30 metri di terreno delle area di studio, nell'intorno del punto di perforazione del sondaggio è stata eseguita la prova MASW FA09.

Sulla base del profilo di velocità delle onde di taglio  $V_s$  nei primi 30 m di profondità, è stato possibile determinare una velocità equivalente  $V_{s30}$  rappresentativa del sito in esame. Secondo la normativa italiana in materia di progettazione antisismica "O.P.C.M. n° 3274/2003" e sue modifiche e le Norme Tecniche di Costruzione (D.M. 14/01/2008) e sue modifiche e, ancora, secondo la normativa europea Eurocodice 8, il valore calcolato di  $V_{s30}$  è pari a:

$$V_{s30}=467 \text{ m/s.}$$

*categoria suolo di fondazione B*— Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di  $V_{s30}$  compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero  $NSPT_{30} > 50$  nei terreni a grana grossa e  $c_{u,30} > 250$  kPa nei terreni a grana fina).

Il certificato delle prova MASW FA09 eseguita è riportato nell'elaborato "indagini geofisiche" con codifica *IF0G 00 D 69 IG GE0005 010 A*.

### 8.6.2 Condizioni topografiche

Per quanto concerne le caratteristiche della superficie topografica, essendo le aree in oggetto localizzate in ambito di pianura e non essendovi particolari emergenze topografiche che possano dar luogo ad effetti di amplificazione sismica locale, le morfologie possono essere ricondotte ad una delle configurazioni superficiali semplici previste nel D.M. 14/01/2008 in Tabella 3.2.IV.

In particolare, i siti in oggetto possono essere classificati di categoria T1, "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$ ", caratterizzata da un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$ .

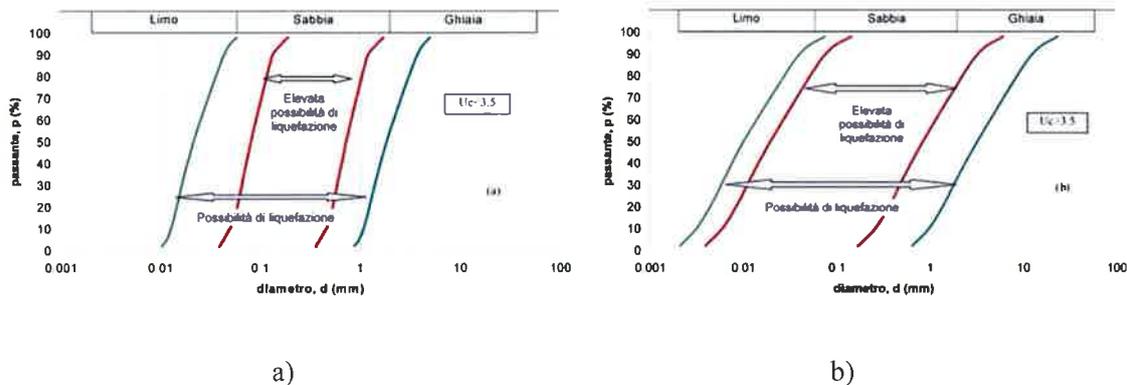
## 8.7 Considerazioni sul rischio di liquefazione

In terreni saturi sabbiosi sollecitati, in condizioni non drenate, da azioni cicliche dinamiche, il termine liquefazione comprende una serie di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche. L'avvenuta liquefazione si manifesta, in presenza di manufatti, attraverso la perdita di capacità portante e/o lo sviluppo di elevati cedimenti e rotazioni.

In base ad D.M. 14/01/2008, la verifica di liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanza:

- eventi sismici attesi di magnitudo  $M$  inferiore a 5;

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti minori di 0.1g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite, con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N_1)_{60} > 30$  oppure  $q_{cIN} > 180$ , dove  $(N_1)_{60}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa, e  $q_{cIN}$  è il valore della resistenza, determinata in prove penetrometriche statiche (CPT), normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nel grafico a), nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  e nel grafico b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3.5$ .



A partire dai dati a disposizione si segnala, per caratteristiche granulometriche, l'unità 1 (sabbia limosa) risulterebbe potenzialmente liquefacibile, qualora venisse considerato un livello di falda maggiore di quello rilevato a fine perforazione.

In ogni caso, per l'analisi di dettaglio della liquefazione si rimanda agli elaborati di calcolo geotecnico.

 <b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	<b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b>					
	RELAZIONE GEOLOGICA	COMMESSA IF0G	LOTTO 00	CODIFICA D 69 RG	DOCUMENTO GE 0001 002	REV. A

## 9 BIBLIOGRAFIA

Basili A., Favali P., Scalera G. & Smriglio G., 1988 - La pericolosità sismica dell'area Irpinia-Sannio-Matese. Mem. Soc. Geol. It., 41, 1095-1103.

Basili R., Valensise G., Vannoli P., Burrato P., Fracassi U., Mariano S., Tiberti M.M. & Boschi E., 2008 - The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, Tectonophysics, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014

Brancaccio L. & Cinque A., 1988 - Evoluzione geomorfologica dell'Appennino Campano-Lucano. Mem. Soc. Geol. It., 41, 83-86.

Chiocchini U., Moretti A., Sacchi L., Scalise A.R., & Valletta M., 1992 - Ricerche geologiche e geomorfologiche nell'area tra i fiumi Ufita e Miscano (Appennino campano-Bacino pliocenico di Ariano Irpino) - Italia. Mem. Descr. Carta Geol. D'It., XLII (1992), pp. 149-178.

Cinque A., Patacca E., Scandone P. & Tozzi M., 1993 - Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationships between surface geological features and deep lithospheric structures. Annali di Geofisica, 36, 2, 249-260.

D'Argenio B., Pescatore T. & Scandone P., 1975 - Structural patterns of Campania-Lucania Apennines. In Ogniben L, Parotto M. & Praturlon A. (ED.) Structural model of Italy, Quaderni de "La ricerca scientifica", 90, 313-327, CNR Roma.

Di Nocera S., Matano F., Pescatore T., Pinto F., Quarantiello R., Senatore M.R. & Torre M., 2006 - Schema geologico del transetto Monti Picentini orientali - Monti della Daunia meridionali: unità stratigrafiche ed evoluzione tettonica del settore esterno dell'Appennino meridionale. Boll. Soc. Geol. It., 125, 39-58.

Emolo A., Gorini A., Iannaccone G. & Zollo A., 2000 - Il terremoto irpino del 1930: caratteristiche della sorgente sismica da simulazioni numeriche del processo di frattura. Gruppo Naz. Geofisica della Terra Solida, Atti del 19° Convegno Nazionale.

Esposito L., Celico P., Guadagno F.M. & Aquino S., 2003 - Carta Idrogeologica della Provincia di Benevento. Techne, Napoli.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Monaco C., 1990 - Tettonica a thrust neogenica nella catena appenninico-maghrebide: esempi dalla Lucania e dalla Sicilia. Studi Geol. Camerti, vol. suppl. 1990, 19-26.

Matano F. & Di Nocera S., 2001 - Geologia del settore centrale dell'Irpinia (Appennino meridionale): nuovi dati ed interpretazioni. Boll. Soc. Geol. It., 120, 3-14.

Meletti C. & Valensise G (a cura di), 2004 - Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica (Ordinanza PCM 20/03/2003 n.3274) Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - Zonazione sismogenetica ZS9, App.2 al Rapporto Conclusivo.

Mostardini F. & Merlini S., 1986 - Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di modello strutturale. Mem. Soc. Geol. It., 35, 177-202.

Patacca E. & Scandone P., 1989 - Post-Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relict lithospheric slab. In: Boriani A., Bonafede M., Piccardo G.B. & Vai G.B. (eds) - The lithosphere

 <p><b>ITALFERR</b> GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p><b>ITINERARIO NAPOLI - BARI</b> <b>RADDOPPIO TRATTA APICE - ORSARA</b> <b>I LOTTO FUNZIONALE APICE - HIRPINIA</b></p>					
<p>RELAZIONE GEOLOGICA</p>	<p>COMMESSA</p> <p>IF0G</p>	<p>LOTTO</p> <p>00</p>	<p>CODIFICA</p> <p>D 69 RG</p>	<p>DOCUMENTO</p> <p>GE 0001 002</p>	<p>REV.</p> <p>A</p>	<p>FOGLIO</p> <p>49 di 49</p>

in Italy. *Advances in Earth Sciences Research. It. Nat. Comm. Int. Lith. Progr., Mid-term Conf. Proceed.*, Roma maggio 1987, Acc. Naz. dei Lincei, Atti Conv. Lincei, 80, 157-176.

Patacca E. & Scandone P., 2001 – Late thrust propagation and sedimentary response in thrust-belt-foredeep system of the Southern Apennines (Pliocene-Pleistocene). In Vai G.B. & Martini I.P. (eds), *Anatomy of an orogen: The Apennines and adjacent Mediterranean Basins*, 401-440, Kluwer Academic Publ., Great Britain.

Pescatore T. & Tramutoli, 1980 – I rapporti tra il bacino di Lagonegro e il bacino irpino nella media valle del Basento(Lucania). *Rend. Acc. Sc. Fis. Mat.*, 47, 19-41.

Pingue F., De Natale G., Bonasia V., Cagnetti V., Del Pezzo E., Martini M., Scarpa R. & Zollo A., 1988 - Il terremoto Irpino-Lucano del 23 novembre 1980. *Mem. Soc. Geol. It.*, 41, 2, 1163-1169.

Roure F., Casero P. & Vially R., 1991 – Growth processes and melange formation in the southern Apennines accretionary wedge. *Earth and Planetary Science Letters*, 102, 395-412.

Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), 2016. CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>