

COMMITTENTE:


RFI
 RETE FERROVIARIA ITALIANA
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO
 DIREZIONE INVESTIMENTI
 DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
 DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

PROGETTAZIONE:


ITALFERR
 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO

DIREZIONE TECNICA
 U.O. GEOLOGIA

PROGETTO PRELIMINARE

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO TERMOLI (e) - LESINA (e)

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
 IDROGEOLOGICA

SCALA:

-

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

L 0 3 2 0 0 R 6 9 R G G E 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	A. PELLEGRINO	26/10/2012	R. BRICANTI	26/10/2012	F. GERNONE	26/10/2012	F. Marchese 26/10/2012

File: L032 00 R 69 RG GE0001 001 A

n. Elab.:

INDICE

1	Premessa.....	5
2	SCOPO DEL DOCUMENTO.....	5
3	documenti di riferimento	5
4	ALLEGATI.....	6
5	LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA.....	6
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	7
	6.1 EVOLUZIONE GEOLOGICA	9
	6.2 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE	12
	6.3 CARATTERISTICHE STRUTTURALI	15
7	ASSETTO GEOLOGICO LOCALE	16
	7.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO.....	16
	7.1.1 Argille Subappenniniche (9)	17
	7.1.2 Sabbie di Serracapriola (8)	17
	7.1.3 Conglomerati di Campomarino (7)	18
	7.1.4 Depositi alluvionali terrazzati (6).....	19
	7.1.5 Depositi alluvionali recenti (5).....	20
	7.1.6 Depositi costieri recenti (4).....	21
	7.1.7 Depositi alluvionali attuali (3)	23
	7.1.8 Depositi costieri attuali (2).....	23
	7.1.9 Depositi eluvio-colluviali (1).....	23
	7.2 ASSETTO STRUTTURALE	23
8	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE	24
	8.1 CARATTERISTICHE DELLA ZONA COSTIERA.....	24
	8.2 CARATTERISTICHE DELLE ZONE FLUVIALI	25
9	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE	26
	9.1 ELEMENTI IDROGRAFICI.....	26
	9.2 ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI	27
	9.3 FORME POLIGENICHE	28

9.4	FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI	28
9.5	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI	28
9.6	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DI ORIGINE MARINA	30
9.7	FORME ANTROPICHE E MANUFATTI.....	31
10	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE	31
10.1	LA PIANA DEL F. BIFERNO.....	33
10.2	IL TAVOLIERE DELLE PUGLIE.....	33
11	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	35
11.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	36
11.1.1	<i>Complesso argilloso-limoso (6).....</i>	<i>36</i>
11.1.2	<i>Complesso sabbioso-arenaceo (5).....</i>	<i>36</i>
11.1.3	<i>Complesso conglomeratico-sabbioso (4).....</i>	<i>36</i>
11.1.4	<i>Complesso alluvionale terrazzato (3)</i>	<i>37</i>
11.1.5	<i>Complesso alluvionale e marino (2).....</i>	<i>37</i>
11.1.6	<i>Complesso detritico-colluviale (1).....</i>	<i>37</i>
11.2	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO	38
11.3	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO.....	41
12	SISMICITÀ DELL'AREA	42
12.1	SISMICITÀ STORICA.....	43
12.2	SISMICITÀ ATTUALE.....	50
12.3	PERICOLOSITÀ SISMICA.....	53
13	INDAGINI GEOGNOSTICHE.....	58
13.1	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE DEI TERRENI	63
13.1.1	<i>Unità dei depositi costieri.....</i>	<i>63</i>
13.1.2	<i>Unità dei depositi alluvionali</i>	<i>64</i>
13.1.3	<i>Unità dei Conglomerati di Campomarino</i>	<i>65</i>
13.1.4	<i>Unità delle Sabbie di Serracapriola.....</i>	<i>65</i>
13.1.5	<i>Unità delle Argille Subappenniniche.....</i>	<i>65</i>
14	DESCRIZIONE DEL TRACCIATO	66

14.1	LOTTO 2 – TERMOLI-CAMPOMARINO	67
14.1.1	Tratto compreso tra il km 0+000 e il km 0+497	67
14.1.2	Tratto compreso tra il km 0+497 e il km 2+531	68
14.1.3	Tratto compreso tra il km 2+531 e il km 4+593	69
14.1.4	Tratto compreso tra il km 4+593 e il km 5+940	69
14.2	LOTTO 3 – CAMPOMARINO-RIPALTA	69
14.2.1	Tratto compreso tra il km 5+940 e il km 8+970	69
14.2.2	Tratto compreso tra il km 8+970 e il km 11+820	70
14.2.3	Tratto compreso tra il km 11+820 e il km 14+473	71
14.2.4	Tratto compreso tra il km 14+473 e il km 15+579	71
14.2.5	Tratto compreso tra il km 15+579 e il km 18+260	71
14.2.6	Tratto compreso tra il km 18+260 e il km 19+650	72
14.2.7	Tratto compreso tra il km 19+650 e il km 22+014	72
14.2.8	Tratto compreso tra il km 22+014 e il km 24+200	72
14.3	LOTTO 1 – RIPALTA-LESINA	72
14.3.1	Tratto compreso tra il km 24+200 e il km 24+450	73
14.3.2	Tratto compreso tra il km 24+450 e il km 27+938	73
14.3.3	Tratto compreso tra il km 27+938 e il km 29+259	74
14.3.4	Tratto compreso tra il km 29+259 e il km 31+044	75
15	CRITICITA' GEOLOGICHE ED ELEMENTI DI RISCHIO	75
15.1	CRITICITÀ GEOLOGICHE	75
15.2	CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE	75
15.3	CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE	80
15.4	CRITICITÀ LITOTECNICHE	81
16	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	81

1 PREMESSA

Nell'ambito del "Esecuzione di uno studio geologico, geomorfologico ed idrogeologico per il Progetto Preliminare Termoli - Lesina – supporto geologico", sono stati effettuati i rilievi e gli studi propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso.

Il lavoro si è svolto attraverso le seguenti fasi operative:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti riguardanti l'area di interesse;
- approfondimenti conoscitivi mediante studi fotointerpretativi condotti su ortofoto e foto stereoscopiche disponibili;
- rilievi diretti sul terreno mirati alla definizione delle caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area;
- acquisizione ed analisi delle indagini geognostiche disponibili ed appositamente realizzate nell'area di interesse progettuale;
- analisi dei dati e redazione delle presenti note di sintesi e degli elaborati cartografici a corredo.

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

Le presenti note e gli elaborati cartografici ad esse allegati contengono la sintesi dello studio effettuato, chiariscono gli aspetti connessi con lo scenario naturale relativamente alla componente geologica in cui si colloca il settore di studio e affrontano gli elementi ritenuti critici dal punto di vista geologico, geomorfologico, idrogeologico e sismico.

Gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli standard metodologici più diffusi in ambito scientifico.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

Nella presente relazione si è fatto riferimento ai seguenti documenti:

- ITALFERR Raddoppio della linea Pescara-Bari Tratta Termoli - Chieti:
 1. IA2F 00 E 69 RG GE0000 001 A Relazione geologica ed idrogeologica;
 2. IA2F 00 E 69 N5 GE0001 001 A Carta geologica;
 3. IA2F 00 E 69 N5 GE0003 001 A Carta geomorfologica;
 4. IA2F 00 E 69 N5 GE0002 001 A Carta idrogeologica;
 5. IA2F 00 E 69 N5 GE0005 001 A Carta geolitologica;
 6. IA2F 00 E 69 F5 GE0005 001 A Profilo geotecnico;
 7. IA2F 00 E 69 PR GE0005 001 A Certificati prove geotecniche di laboratorio;

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	6 di 89

4 ALLEGATI

- L032 00 R 69 RG GE0001 001 A Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica;
- L032 00 R 69 N4 GE0001 001 A Carta geologica d'insieme scala 1:10.000;
- L032 01 R 69 N5 GE0001 001 A Carta geologica con ubicazione delle indagini e profilo geologico scala 1:5.000/500;
- L032 02 R 69 N5 GE0001 001 A Carta geologica con ubicazione delle indagini e profilo geologico scala 1:5.000/500;
- L032 03 R 69 N5 GE0001 001 A Carta geologica con ubicazione delle indagini e profilo geologico scala 1:5.000/500;
- L032 01 R 69 N5 GE0002 001 A Carta idrogeologica e profilo idrogeologico scala 1:5.000/500;
- L032 02 R 69 N5 GE0002 001 A Carta idrogeologica e profilo idrogeologico scala 1:5.000/500;
- L032 03 R 69 N5 GE0002 001 A Carta idrogeologica e profilo idrogeologico scala 1:5.000/500;
- L032 01 R 69 N5 GE0003 001 A Carta geomorfologica scala 1:5.000;
- L032 02 R 69 N5 GE0003 001 A Carta geomorfologica scala 1:5.000;
- L032 03 R 69 N5 GE0003 001 A Carta geomorfologica scala 1:5.000;

5 LOCALIZZAZIONE GEOGRAFICA

L'area di studio ricade a ridosso della costa adriatica, nel settore compreso tra le regioni Molise e Puglia, estendendosi per una lunghezza di una trentina di chilometri in direzione all'incirca NW-SE. Il tracciato ferroviario interessa il territorio dei comuni di Termoli e Campomarino, in provincia di Campobasso, e dei comuni di Chieuti, Serracapriola e Lesina in provincia di Foggia.

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studi è individuabile all'interno del Foglio 155 "San Severo" in scala 1:100.000, nelle Tavole 155 IV NO (Termoli), 155 IV NE (Torre Fantine), 155 IV SE (Chieuti), 155 I SO (Ripalta) in scala 1:25.000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Molise, negli elementi 381041, 382012, 382013, 382014, 382051, 382062, 382063, 382064 mentre, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Puglia, negli elementi 382072, 382073, 382083, 382121, 382122, 382124 in scala 1:5.000.

Dal punto di vista orografico il tracciato impegna settori di territorio di pianura posti a quote comprese tra il livello del mare e circa 70 m s.l.m.. Dal punto di vista morfologico, l'area di studio si caratterizza per la presenza di ampi settori pianeggianti o subpianeggianti riconducibili alla fascia costiera adriatica e alle piane alluvionali o foci fluviali dei principali corsi d'acqua che vengono intercettati lungo il tracciato ferroviario. Localmente il tracciato impegna settori rilevati rispetto al livello del mare rappresentati da terrazzi marini o blandi rilievi collinari.



Figura 1 – Corografia in scala 1:200.000 dell’area in cui si colloca l’intervento, con individuazione del tracciato ferroviario in rosso e indicazione dei confini regionali, provinciali e comunali in grigio.

I principali corsi d’acqua dell’area in studio sono rappresentati dal Fiume Biferno, dal Torrente Saccione che segna il confine tra le regioni Molise e Puglia e dal Fiume Fortore. Ad essi si aggiungono altri corsi d’acqua secondari, a carattere generalmente stagionale e/o torrentizio, e numerosi solchi da ruscellamento concentrato, attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

Nel suo complesso, l’Appennino rappresenta un tipico *thrust and fold belt* con vergenza orientale, compreso tra il Bacino Tirrenico ad Ovest e l’Avampaese Apulo a Est (Bonardi et al. 2009). L’Appennino è quindi una catena per pieghe e sovrascorrimenti che si struttura verso l’Avampaese Apulo a partire dal Miocene inferiore (Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

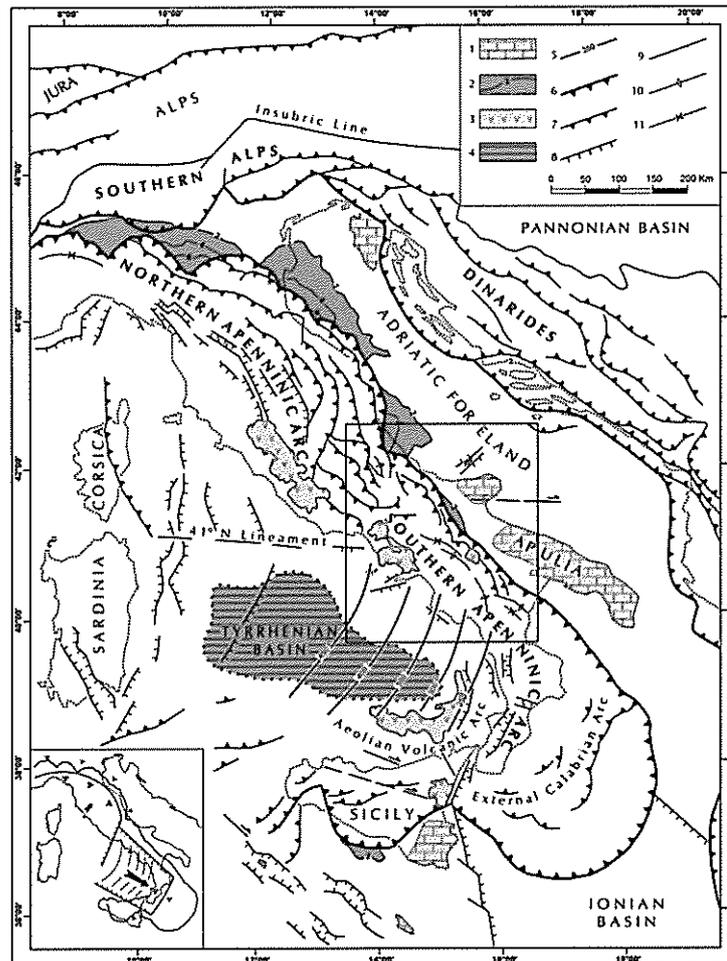


Figura 2 – Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti mostrante la suddivisione della catena appenninica in due archi principali: l'Arco Appenninico Settentrionale e l'Arco Appenninico Meridionale; nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la diversa struttura litosferica nei due archi appenninici: 1) carbonati meso-cenozoici delle aree di avampaese; 2) profondità (in km) della base dei depositi plio-pleistocenici nei bacini di avanfossa dell'Appennino e della Sicilia; 3) principali edifici vulcanici quaternari; 4) aree del Mar Tirreno con valori dell'anomalia di Bouguer superiori a 200 mgals, a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) zona di Wadati-Benioff nell'area tirrenica meridionale (profondità in km); 6) fronte delle Maghrebidi, dell'Appennino, delle Alpi meridionali e delle Dinaridi; 7) altri sovrascorrimenti principali; 8) faglie normali; 9) faglie ad alto angolo, soprattutto faglie trascorrenti; 10) asse di anticlinale; 11) asse di sinclinale (da Patacca & Scandone 2007).

L'assetto tettonico della catena appenninica è schematizzabile, quindi, attraverso la giustapposizione di due grandi archi: uno settentrionale, che va dal Monferrato fino al Lazio-Abruzzo, e uno meridionale, che arriva fino alla Sicilia (Patacca et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999). Questi due archi, la cui giunzione si realizza lungo la Linea Ortona-Roccamonfina, si differenziano per direzioni di movimento, entità dei raccorciamenti e stili deformativi (Di Bucci & Tozzi 1992). Ogni arco maggiore è formato da *thrust sheet* scollati nelle dolomie triassiche, alla base delle successioni sedimentarie meso-cenozoiche (Scrocca & Tozzi 1999).

In particolare, lo stile della deformazione compressiva nella porzione di catena dove si trovano successioni carbonatiche sia di bacino che di piattaforma, grossomodo corrispondente all'Appennino settentrionale e ai settori interni di quello meridionale, si esplica essenzialmente per embrici in progressione verso l'Avampaese Apulo (Patacca & Scandone 1989; Di Bucci et al. 1999).

Nella porzione di catena in cui sono prevalenti i depositi bacinali a dominante pelitica, che invece corrisponde ai settori esterni dell'Appennino meridionale, lo stile della deformazione compressiva è dato da estesi *thrust sheet* che ricoprono i depositi plio-pleistocenici più recenti (Di Bucci et al. 1999; Buonanno et al. 2007). Al di sotto di tali strutture, il dominio dell'Avampaese Apulo sepolto si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un complesso sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007).

Le unità tettoniche più interne, derivanti da un'area oceanica o a crosta continentale assottigliata, hanno iniziato ad impilarsi a partire dal Miocene inferiore (Di Staso & Giardino 2002), formando un prisma di accrezione suturato da una successione di *thrust top* (Bonardi et al. 2009). Questo assieme è sovrascorso prima su domini di piattaforma carbonatica e quindi, a partire dal Miocene superiore, si è ulteriormente spostato verso l'esterno coinvolgendo nella deformazione l'ampio Bacino di Lagonegro e tutti i domini paleogeografici più esterni (Mostardini & Merlini 1986; Bonardi et al. 2009). Ulteriori eventi compressivi hanno determinato sensibili raccorciamenti nella catena fino al Pleistocene inferiore (Cinque et al. 1993; Mostardini & Merlini 1986).

6.1 EVOLUZIONE GEOLOGICA

Durante il Mesozoico, il settore sud-adriatico era caratterizzato dalla presenza di un esteso dominio di piattaforma carbonatica, soggetto ad una persistente e continua subsidenza (Moretti et al. 2011). Tale dominio, comunemente identificato con la Piattaforma Apula, era parte di un'ampia porzione di litosfera continentale di derivazione africana (Promontorio Africano o Microplacca Adriatica), con caratteri tipici di un contesto geodinamico di margine passivo maturo (Bonardi et al. 2009; Moretti et al. 2011).

La Microplacca Adriatica, in corrispondenza del settore pugliese, presenta una struttura piuttosto uniforme, data da un basamento cristallino Variscano ed una copertura sedimentaria spessa circa 6 km (Ricchetti et al. 1988; Bosellini et al. 1993). La successione sedimentaria che copre il basamento presenta i tipici caratteri di un margine passivo ed è caratterizzata, dal punto di vista stratigrafico, da *facies* fluvio-deltizie permo-triassiche (Verrucano), rocce evaporitiche triassiche (Anidriti di Burano) e da una potente impalcatura carbonatica giurassico-cretacica di piattaforma (Moretti et al. 2011).

Il progressivo *block faulting* che ha interessato l'area durante il mesozoico ha portato, quindi, alla strutturazione di un articolato sistema di transizione da margine di piattaforma a bacino, verso Est, e di un esteso bacino intracratonico, verso Ovest (Mostardini & Merlini 1986; Moretti et al. 2011). La successione carbonatica del Calcere di Bari (Giurassico superiore – Cretacico inferiore), in particolare, è costituita da calcari micritici organizzati in associazioni di *facies* riferibili ad ambienti di piattaforma interna, sempre connessi al dominio apulo (D'Argenio 1974). Nel Gargano orientale, invece, i termini di margine (Giurassico superiore – Eocene medio) costituiti da calcareniti oolitico-bioclastiche e da calcari organogeni, insieme agli *apron* carbonatici di pendio e base pendio (Pavan & Pirini 1965; Bosellini et al. 1993; Graziano 2000), sono l'evidenza della progressiva transizione verso Est ad un ambiente marcatamente bacinale (Moretti et al. 2011).

Tra il Cenomaniano superiore ed il Turoniano, la variazione del regime geodinamico dovuta alle fasi incipienti dell'orogenesi alpina ha portato al progressivo inarcamento della Microplacca Adriatica (*lithospheric buldge*) e all'emersione di estese porzioni della Piattaforma Apula (Scrocca & Tozzi 1999; Moretti et al. 2011).

Inoltre, la presenza dei depositi bacinali dei Calcari di Monte Acuto (Santoniano) ad Ovest della successione di piattaforma interna indica che, almeno fino al Cretacico superiore, le fasi tettoniche distensive hanno interessato la piattaforma carbonatica producendo ulteriori aree bacinali, anche lungo il margine orientale del Gargano (Moretti et al. 2011). La presenza di sottili filoni di rocce ultrabasiche all'interno dei calcari mesozoici testimonia, quindi, la persistenza del regime distensivo almeno fino all'inizio del Terziario.

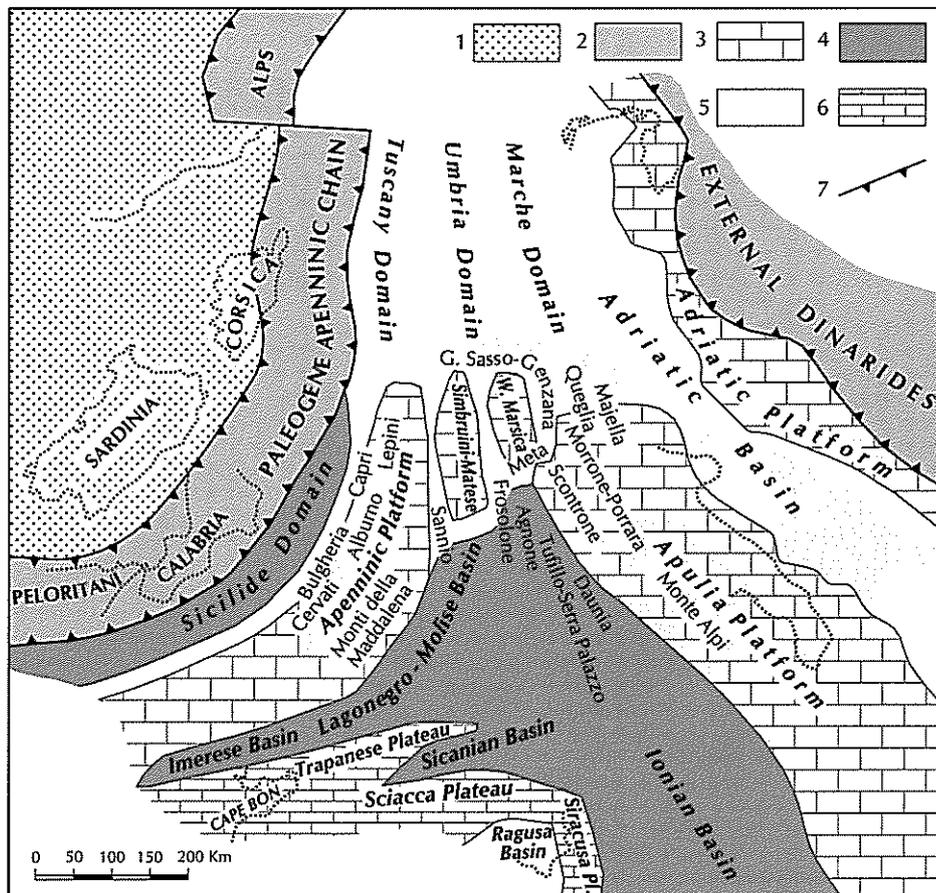


Figura 3 – Ricostruzione palinspastica dell'area centro-mediterranea nell'Oligocene superiore, mostrandone la distribuzione dei domini dell'Appennino centro-meridionale prima della loro incorporazione nella Catena: 1) Avampaese europeo; 2) Catena paleogenica; 3-6) Avampaese africano: 3) carbonati di piattaforma di mare basso; 4) bacini profondi a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) aree bacinali con alti strutturali isolati; 6) plateaux pelagici; 7) fronte di catena (da Patacca & Scandone, 2007).

A partire dall'Oligocene la Microplacca Adriatica entra in collisione con quella europea, andando in subduzione verso Ovest. Tale variazione del regime geodinamico dell'area determina l'inizio dell'orogenesi sud-appenninica e, quindi, il conseguente passaggio dell'area pugliese da un contesto di margine passivo ad uno di margine attivo (Moretti et al. 2011). In questo nuovo contesto tettonico, l'area di avampaese stabile è rappresentata dal dominio dell'Avampaese Apulo (Ricchetti et al. 1988, Moretti et al. 2011), di cui il Gargano rappresenta uno dei più estesi tratti affioranti, insieme alle Murge ed al Salento. L'Avampaese Apulo quindi, individuatosi nel Terziario durante l'orogenesi appenninica, risulta costituito prevalentemente da una regione carbonatica autoctona

e poco deformata, che si sviluppa sia in aree emerse che in aree sommerse (D'Argenio et al. 1973; Doucet et al. 1990; Moretti et al. 2011)

Dal Miocene al Quaternario, a seguito dell'arretramento della Microplacca Adriatica, il sistema sud-appenninico migra verso Est coinvolgendo anche l'avanfossa plio-pleistocenica, che nel tratto risulta delimitata sia dalla Catena Appenninica che dell'Avampaese Apulo emerso (Moretti et al. 2011). Il suddetto arretramento portava, già nel Miocene medio-superiore, alla subsidenza della rampa regionale ed alla conseguente deposizione di unità carbonatiche di mare sottile.

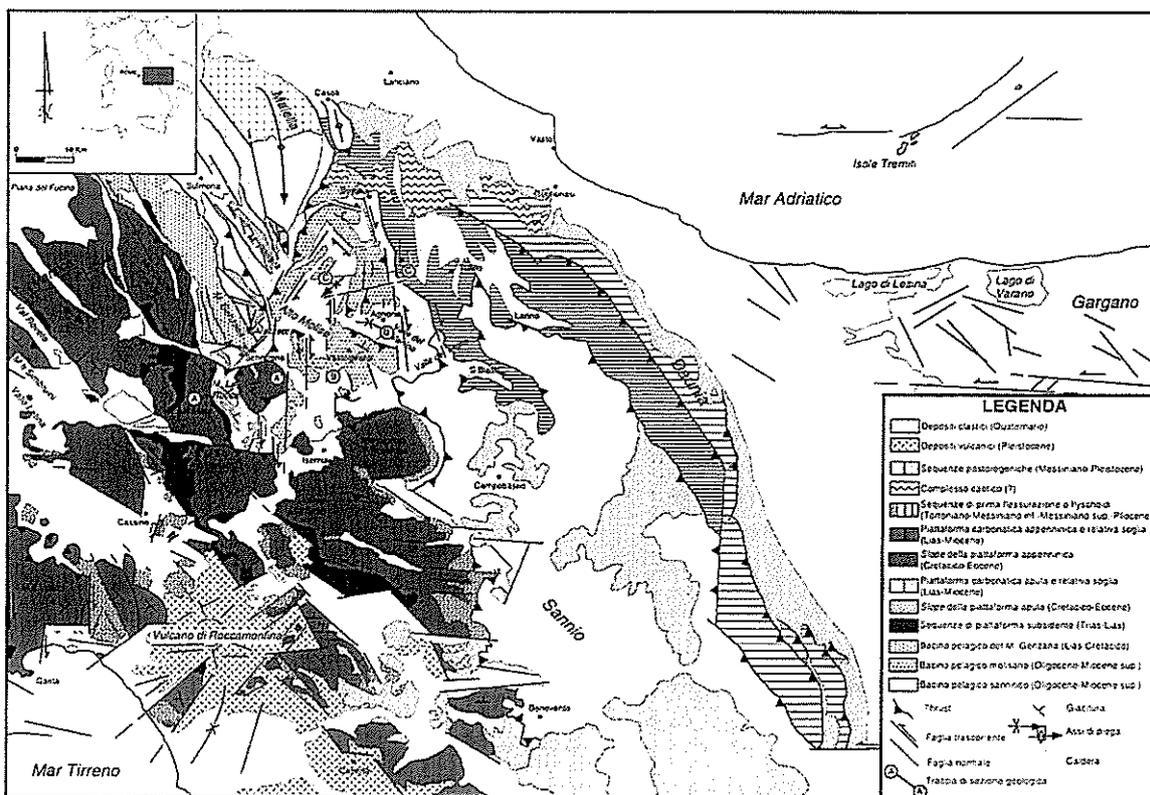


Figura 4 – Schema geologico della porzione molisana dell'Appennino centro-meridionale (da Di Bucci et al. 1999).

L'avanfossa plio-pleistocenica si struttura a partire dal Pliocene inferiore, quando la formazione della Catena Appenninica era quasi ultimata. Il tratto pugliese della suddetta avanfossa, noto in letteratura come Fossa Bradanica, si viene a formare solo dopo la risalita del livello marino alla fine della crisi di salinità del Messiniano, essenzialmente a causa dell'alto strutturale costituito dalle successioni carbonatiche mesozoiche (Moretti et al. 2011). Sotto il profilo strutturale, la Fossa Bradanica rappresenta un *foreland basin* sviluppato prevalentemente sulla rampa regionale dell'avampaese. Tale dominio tende a migrare progressivamente verso Est per effetto dell'arretramento e abbassamento della rampa stessa, mentre le falde appenniniche avanzano verso i settori orientali immettendo nel bacino ingenti volumi di depositi clastici (Bigi et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999; Moretti et al. 2011). In relazione alla suddetta evoluzione geologica, il bacino presenta una sezione trasversale marcatamente asimmetrica (Scrocca & Tozzi 1999), con un margine occidentale (appenninico) molto acclive e un margine orientale (avampaese) di bassa pendenza (Moretti et al. 2011).

Lungo il margine orientale della catena, i sedimenti terrigeni derivanti dallo smantellamento dei rilievi alimentavano estesi sistemi costieri in *facies* di spiaggia o delta, progressivamente passanti verso Est ad una sedimentazione marina essenzialmente pelitica (Moretti et al. 2011). Nei settori più interni e profondi della Fossa Bradanica, dove gli effetti della subsidenza erano più evidenti, si accumulavano invece spessi depositi torbiditici di natura sabbioso-limoso, che costituiscono la parte basale della successione plio-pleistocenica (Casnedi 1988; Moretti et al. 2011).

Nei settori più esterni dell'avampaese, al di sopra di un substrato carbonatico subsidente, avviene quindi la deposizione di sedimenti carbonatici costieri sia intrabacinali che terrigeni (Calcarenite di Gravina), rappresentati da materiale clastico proveniente dall'erosione dei rilievi carbonatici dell'area garganica (Ciaranfi et al. 1983; Moretti et al. 2011). Successivamente, con il progressivo approfondimento dell'area, la sedimentazione carbonatica viene sostituita da quella terrigena grazie all'arrivo di ingenti apporti silicoclastici di provenienza appenninica, che vanno a costituire una spessa successione pelitica (Argille Subappenniniche) diffusa in tutta l'area bradanica (Casnedi 1988; Moretti et al. 2011).

Durante l'ultimo milione di anni, cessano i fenomeni di subsidenza e inizia il sollevamento del bacino di avanfossa e di una parte del dominio di avampaese, che porta ad un graduale ritiro del mare e alla conseguente emersione delle aree di sedimentazione plio-pleistoceniche (Demangeot 1965; Ambrosetti et al. 1982; Pizzi 2003; D'Alessandro et al. 2003; Moretti et al. 2011). In particolare, la regressione marina è controllata sia dal continuo sollevamento regionale che dalle numerose oscillazioni eustatiche succedutesi in tale periodo. Durante il Pleistocene medio-superiore si assiste, quindi, sia all'accumulo di depositi costieri ed alluvionali che all'erosione di estesi settori di territorio, con la conseguente formazione di un *pediment* regionale di carattere sia erosivo che deposizionale (Moretti et al. 2011).

6.2 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE

Il settore di studio si colloca nei settori esterni dell'Appennino meridionale, nel settore di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006). In particolare, la porzione di avampaese affiorante risulta composta da una spessa successione di calcari meso-cenozoici di piattaforma carbonatica (D'Argenio 1974), spesso interessati da una deformazione tettonica di tipo disgiuntivo (Funicciello et al. 1988; Bertotti et al. 1999; Chilovi et al. 2000).

Una marcata fase di subsidenza ha interessato i settori più occidentali dell'Avampaese Apulo tra il Pliocene inferiore ed il Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Moretti et al. 2011). Tale fase è segnata, a livello regionale, dalla sedimentazione dei depositi carbonatici di mare basso ascritti alla Calcarenite di Gravina e delle emipelagiti limoso-argillose delle Argille Subappenniniche (Casnedi 1978; Ciaranfi et al. 1983; Spalluto & Moretti 2006). La Calcarenite di Gravina poggia, in discordanza, sui calcari meso-cenozoici dell'Avampaese Apulo (Tropeano & Sabato 2000; Pomar & Tropeano 2001). Le Argille Subappenniniche, invece, poggiano in continuità di sedimentazione sulle calcareniti plioceniche (Casnedi & Moruzzi 1978) e marcano la fase di massimo approfondimento della Fossa Bradanica (Pieri et al. 1996).

A partire dal Pleistocene medio, l'intero Avampaese Apulo è stato soggetto da un moderato sollevamento tettonico (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996), testimoniato a livello regionale dai depositi regressivi della Fossa Bradanica e dai depositi marini terrazzati che spesso si rinvengono nell'area, a quote decrescenti da più antichi ai più recenti (Ciaranfi et al. 1988; Tropeano et al. 2002). Tali depositi, che vengono comunemente indicati con denominazioni differenti (Spalluto & Moretti 2006), sono descritti talora in continuità sulle Argille Subappenniniche (Boni et al. 1969; Cremonini et al. 1971) talora come depositi marini terrazzati post-calabrian (Jacobacci et al. 1967; Merla et al. 1969).

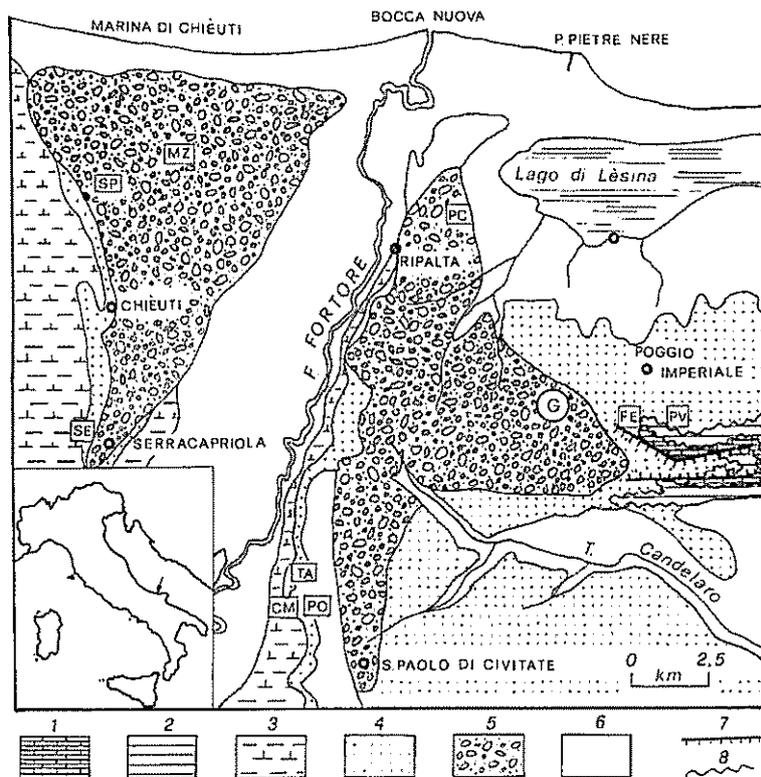


Figura 5 – Carta geologica schematica che mostra la distribuzione dei depositi silicoclastici plio-pleistocenici nei settori costieri a ovest del Gargano. 1) Calcari cretaci; 2) Calcareni di Apricena; 3) Depositi di piattaforma e di transizione; 4) Depositi costieri; 5) Depositi fluviali; 6) Depositi alluvionali, litorali e palustri attuali; 7) Faglia a componente transtensiva; 8) Contatto regressivo (da Capuano et al. 1996)

In particolare, tralasciando il basamento carbonatico meso-cenozoico, l'assetto stratigrafico dei settori di interesse può essere descritto attraverso le seguenti unità:

- **Argille Subappenniniche** (Pliocene medio – Pleistocene inferiore): questa formazione, che corrisponde alle ben note Argille di Montesecco (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976), è costituita da un complesso di depositi argillosi, limosi e sabbiosi depositati tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore nel bacino della Fossa Bradanica (Azzaroli 1968; Casnedi & Moruzzi 1978; Spalluto & Moretti 2006). È formata da argille limose di colore grigio-azzurro, in strati spessi da qualche decimetro ad oltre un metro, in alternanza con argille marnose, limi e sabbie di colore grigio scuro (Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006). La laminazione è generalmente piano-parallela, incrociata solo negli intervalli sabbiosi, mentre la bioturbazione è molto diffusa e piuttosto intensa (Spalluto & Moretti 2006). I banchi sabbiosi presenti nella parte mediana della formazione diventano via via più frequenti verso l'alto, dove si assiste al graduale passaggio stratigrafico alle più recenti Sabbie di Sarracapriola (Lanzafame & Tortorici 1976). Lo spessore della formazione è difficilmente valutabile a causa dell'assenza in affioramento dei livelli basali, anche se può essere stimato nell'ordine dei 1000 m sulla base di dati di pozzo (Lanzafame & Tortorici 1976; Casnedi et al. 1982; Sella et al. 1988).
- **Sabbie di Serracapriola** (Pleistocene inferiore): tale unità è costituita da sabbie quarzose di colore giallastro e rossastro, in strati o banchi di spessore da decimetrico a metrico, con locali intercalazioni

lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996; Pavia et al. 2010). Il grado di cementazione risulta piuttosto variabile mentre la stratificazione è in genere mal definita e poco evidente (Lanzafame & Tortorici 1976). Si rinvengono locali livelli di arenarie ben cementate e passaggi di argille biancastre o verde chiaro, più frequenti verso il basso della successione (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Il limite tra questa unità e le sottostanti Argille Subappenniniche è generalmente eteropico e viene posto, convenzionalmente, dove iniziano i banchi sabbiosi più spessi (Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996). Lo spessore è mediamente piuttosto limitato e solo raramente supera i 30 m (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).

- **Conglomerati di Campomarino** (Pleistocene inferiore – Pleistocene medio?): questa formazione si riferisce ai depositi psefitici che rappresentano la fase terminale della sequenza regressiva plio-pleistocenica (Lanzafame & Tortorici 1976; Capuano et al. 1996). Si tratta di depositi conglomeratico-sabbiosi più o meno cementati, con sporadici livelli di conglomerati compatti e locali intercalazioni di sabbie a stratificazione incrociata e argille verdastre (Boni et al. 1969; Capuano et al. 1996). I ciottoli mostrano un buon grado di arrotondamento e sono costituiti, essenzialmente, da elementi arenacei e calcareo-marnosi, anche se non mancano tipi litologici provenienti dalle numerose formazioni appenniniche (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I conglomerati poggiano, in contatto erosivo concordante, sulle sottostanti Sabbie di Serracapriola, e solo nelle zone più esterne è possibile osservare una lieve discordanza angolare (Boni et al. 1969; Capuano et al. 1996). Lo spessore è mediamente più elevato in prossimità della zona costiera, dove può raggiungere i 40 m circa (Boni et al. 1996; Lanzafame & Tortorici 1976).

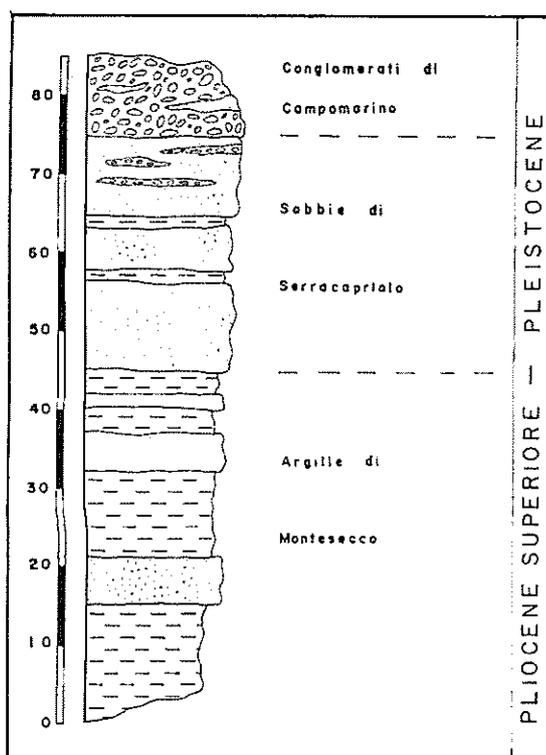


Figura 6 – Colonna litostratigrafica della successione regressiva plio-pleistocenica (da Lanzafame & Tortorici 1976).

- **Depositi alluvionali terrazzati** (Pleistocene superiore): lungo i corsi dei principali corsi d'acqua ed in prossimità della costa adriatica è presente una serie di depositi alluvionali distinguibili, sulla base di considerazioni essenzialmente morfologiche, in almeno 3 ordini di terrazzi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I terrazzi più antichi sono costituiti prevalentemente da ghiaie e sabbie con locali passaggi di argille, con una copertura superficiale di "terre nere" (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). I depositi terrazzati più recenti sono formati, invece, da sabbie e argille con locali livelli ghiaiosi (Boni et al. 1969). Tali depositi poggiano in discordanza su una superficie di erosione intagliata nei terreni della successione plio-pleistocenica o, in prossimità della costa, sui Conglomerati di Campomarino (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976; Spalluto & Moretti 2006). Gli spessori sono piuttosto variabili ma generalmente compresi tra qualche metro e i 15 m circa (Boni et al. 1969).
- **Depositi alluvionali recenti** (Pleistocene superiore - Olocene): si tratta di limi, argille e sabbie alle quali si intercalano locali lenti conglomeratiche grossolane (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Costituiscono ripiani elevati di alcuni metri rispetto agli alvei attuali, progressivamente in diminuzione verso la costa (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).
- **Depositi alluvionali attuali** (Olocene): si rinvengono diffusamente in corrispondenza dei fondovalle più estesi ed importanti. Sono costituiti da ciottoli arrotondati di varie dimensioni, generalmente immersi in una matrice sabbiosa progressivamente più abbondante man mano che si ci avvicina alla foce (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976).
- **Depositi costieri attuali e recenti** (Pleistocene superiore - Olocene): si tratta di sabbie a granulometria medio-grossolana, spesso rimaneggiate dal vento, con abbondanti resti di lamellibranchi (Boni et al. 1969; Lanzafame & Tortorici 1976). Nei settori più interni è possibile riconoscere allineamenti sub-paralleli di dune, localmente elevati di alcuni metri rispetto ai depositi alluvionali circostanti (Boni et al. 1969).

6.3 CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Per quanto concerne l'evoluzione tettonica, i settori esterni dell'Appennino meridionale sono caratterizzati da tre importanti fasi deformative (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999), chiaramente connesse con la strutturazione ed il sollevamento della catena a falde (Patacca et al. 1992; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009):

- la **fase compressiva** (Miocene inferiore - Pliocene medio) è contraddistinta dallo sviluppo di sottili ed estesi *thrust sheet* a vergenza orientale, al di sotto dei quali il dominio apulo si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007);
- la **fase trascorrente** (Pliocene superiore - Pleistocene inferiore) è caratterizzata da importanti sistemi di faglie ad asse N-S ed E-W, che coinvolgono sia le unità tettoniche superficiali che quelle più profonde, derivanti dalla deformazione del dominio apulo sepolto (Patacca et al. 1992; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999; Scrocca & Tozzi 1999);
- la **fase estensionale** (Pleistocene medio - Olocene) è contraddistinta da estesi sistemi di faglie normali a direzione circa SW-NE e NW-SE, che hanno portato alla definizione degli attuali assetti geologici ed alla creazione di importanti strutture tettoniche a carattere regionale (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999).

In particolare, il settore di interesse ricade nella zona di transizione tra i domini di avampaese e quelli di avanfossa (Spalluto & Moretti 2006), in un settore di territorio caratterizzato da elementi strutturali riferibili alla tettonica attiva tra il Pliocene ed il Pleistocene (Moretti et al. 2011). In questo periodo, quindi, l'intero Avampaese Apulo risulta interessato da due distinte fasi di evoluzione geodinamica, una di subsidenza e una di sollevamento (Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011).



PROGETTO PRELIMINARE

Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	16 di 89

La fase di subsidenza risulta attiva dal Pliocene inferiore al Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011) ed è segnata dalla sedimentazione, a livello regionale, della Calcarenite di Gravine e delle Argille subappenniniche (Ciaranfi et al. 1983; Moretti et al. 2011). A tale fase sono connesse alcune faglie dirette ad attività sinsedimentaria, prodottesi durante la deposizione della Calcarenite di Gravina (Moretti et al. 2011). Si tratta di stretti *semigraben* estesi per poche decine di metri, con rigetti misurabili piuttosto contenuti e tendenzialmente in diminuzione verso l'alto (Moretti et al. 2011).

Localmente, in corrispondenza di tali faglie, è possibile osservare blocchi di calcari miocenici franati all'interno della Calcarenite di Gravina, che testimoniano probabilmente la presenza di falesie instabili in corrispondenza delle suddette strutture tettoniche (Moretti et al. 2011). Non sono presenti, invece, evidenze di strutture tettoniche attive durante la deposizione delle Argille Subappenniniche, che testimoniano la prosecuzione della fase di subsidenza almeno fino al Pleistocene inferiore (Doglioni et al. 1994; Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011).

A partire dal Pleistocene medio, l'intero Avampaese Apulo è stato soggetto da un moderato sollevamento tettonico (Ciaranfi et al. 1983; Ricchetti et al. 1988; Doglioni et al. 1994; Gambini & Tozzi 1996; Spalluto & Moretti 2006), ben documentato a scala regionale dai depositi regressivi della Fossa Bradanica e dai depositi marini terrazzati ampiamente affioranti nell'area (Ciaranfi et al. 1988; Tropeano et al. 2002).

Il progressivo sollevamento dell'area è messo quindi in evidenza dai caratteri evolutivi delle unità marine terrazzate, che passano da corpi deltizi progradanti a sedimenti tipici di ambienti marini di bassa energia (Spalluto & Moretti 2006; Moretti et al. 2011). Meno documentabile è invece la presenza di strutture tettoniche attive in questo periodo, anche se non mancano evidenze indirette di tale attività nell'evoluzione recente di alcune conoidi alluvionali, chiaramente interessate da fenomeni di ringiovanimento dei corsi d'acqua (Moretti et al. 2011). Solo in rari casi, infatti, è stata documentata la presenza di faglie dirette subverticali che tagliano, per intero, i depositi marini terrazzati del Pleistocene medio (Moretti et al. 2011).

7 ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

L'assetto stratigrafico-strutturale dell'area di stretto interesse progettuale è stato ricostruito integrando i dati ottenuti dal rilevamento geologico effettuato con tutte le informazioni ricavate dalla fotointerpretazione appositamente condotta, dalle fonti bibliografiche disponibili e dalle indagini di sito esistenti o appositamente realizzate per il presente studio.

7.1 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

Le analisi condotte e i dati geologico-strutturali a disposizione hanno permesso di distinguere e cartografare differenti unità geologiche, relative sia a successioni marine plio-pleistoceniche che a depositi marini e continentali quaternari.

In particolare, le perimetrazioni e le descrizioni geologico-stratigrafiche delle unità individuate nell'area derivano da un'integrazione tra le informazioni riportate in letteratura ed i dati raccolti dal rilevamento geologico di superficie e dalle numerose indagini geognostiche a disposizione.

Nei settori di studio sono state quindi individuate e perimetrare nove unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico.

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	17 di 89

7.1.1 Argille Subappenniniche (9)

Questa successione non affiora direttamente nei settori di stretto interesse progettuale, anche si rinviene estesamente al di sotto delle più recenti unità marine del substrato, rappresentate delle Sabbie di Serracapriola (8) e dei Conglomerati di Campomarino (7).

È costituita da argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da sottili a molto spessi, generalmente bioturbati e talora a laminazione pianoparallela, con frequenti intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e sabbie fini di colore grigio e giallastro. I livelli psammitici diventano progressivamente più frequenti verso l'alto stratigrafico, dove si assiste al graduale passaggio alle soprastanti Sabbie di Serracapriola (8).

L'unità in questione, rappresentata da depositi in *facies* di scarpata e piana sottomarina, presenta uno spessore massimo di circa 1000 m ed è ascrivibile al periodo Pliocene medio – Pleistocene inferiore.

7.1.2 Sabbie di Serracapriola (8)

Tale unità si rinviene in affioramento nei settori nord-occidentali dell'area di intervento, in corrispondenza delle porzioni medio-basse dei rilievi collinari su cui sorgono i centri abitati di Termoli e Campomarino.

È formata da sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro, prevalentemente quarzose e a grado di cementazione variabile, in strati da medi a molto spessi, generalmente bioturbati e a laminazione pianoparallela o incrociata a basso angolo. Localmente si rinvencono intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati. Talora sono presenti sottili livelli di arenarie medio-fini di colore grigio e giallastro, da mediamente a ben cementate, e passaggi di argille e argille limose di colore grigio, biancastro e verde chiaro, più frequenti verso il basso della successione. Il limite inferiore con le sottostanti Argille Subappenniniche (9) è generalmente eteropico e viene posto, convenzionalmente, dove iniziano i banconi sabbiosi più spessi.



Foto 1 – Affioramento delle Sabbie di Serracapriola a SE del centro abitato di Termoli, in corrispondenza della falesia che borda verso l'interno la spiaggia di Rio Vivo.

Questa unità, costituita da depositi marini in *facies* di spiaggia e piattaforma superiore, è caratterizzata da uno spessore massimo di circa 30 m ed è riferibile al Pleistocene inferiore.

7.1.3 Conglomerati di Campomarino (7)

La presente unità si rinviene, in tutta l'area di studio, in corrispondenza dei rilievi collinari più estesi, anche se spesso risulta parzialmente ricoperta da terreni quaternari di genesi alluvionale, marina ed eluvio-colluviale.

Si tratta di conglomerati poligenici ed eterometrici, ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi da sub-angolosi ad arrotondati, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante. Localmente si rinvencono sottili livelli di argille limose di colore verdastro e intercalazioni medio-fini di sabbie grossolane di colore grigio e giallastro, spesso a stratificazione incrociata. Questi terreni poggiano in discordanza sui depositi plio-pleistocenici più antichi, mediante una base erosiva costituita da canali generalmente ampi e poco profondi.



Foto 2 – Affioramento dei Conglomerati di Campomarino nei settori nord-occidentali dell'area di intervento, in corrispondenza della falesia che borda verso Ovest la piana di Località Pantano. Nella foto è chiaramente visibile la base erosiva a canali che mette in contatto l'unità conglomeratica con le sottostanti Sabbie di Serracapriola.

Tale successione, composta da depositi di ambiente fluvio-deltizio e di spiaggia, presenta uno spessore massimo di circa 40 m ed è ascrivibile al periodo Pleistocene inferiore – Pleistocene medio?.

7.1.4 Depositi alluvionali terrazzati (6)

Questi terreni si rinvencono, localmente, in corrispondenza di ampie superfici terrazzate elevate di diversi metri rispetto ai fondovalle attuali, come in corrispondenza della zona industriale di Termoli, a SE del centro abitato di Campomarino e lungo il fianco orientale del fondovalle del F. Fortore.

Tale unità, riferibile al Pleistocene superiore, è costituita da due distinte *facies* litologiche. La prima, riferibile a depositi di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate

ad arrotondate. Talora in corrispondenza dei terrazzi morfologici più elevati, è inoltre presente una estesa copertura di “terre nere”.



Foto 3 – Vista panoramica del terrazzo alluvionale presente a SE del centro abitato di Termoli, in Località Punta di Pizzo.

La seconda *facies* litologica invece, riferibile a depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, è costituita da argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose.

7.1.5 Depositi alluvionali recenti (5)

I presenti terreni si rinvengono diffusamente in corrispondenza delle piane alluvionali dei principali corsi d’acqua dell’area, come il F. Biferno, il T. Saccione ed il F. Fortore, e secondariamente, in lembi di limitata estensione, lungo i fondovalle dei corsi d’acqua secondari.

Questa unità è riferibile all’intervallo Pleistocene superiore – Olocene e, come la precedente, risulta suddivisibile in due distinte *facies* litologiche. La prima, ascrivibile a depositi di canale fluviale, argine e conoide

alluvionale, è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate.



Foto 4 – Vista panoramica dei depositi alluvionali recenti presenti nei settori sud-orientali dell'area di studio, in corrispondenza del fondovalle del F. Fortore.

La seconda *facies* litologica al contrario, riferibile a depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, è formata da argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose. Localmente si rinvencono livelli poco potenti di torbe e terreni organici, spesso associati a sedimenti limoso-sabbiosi e limoso-argillosi.

7.1.6 Depositi costieri recenti (4)

Fatta eccezione per il tratto più orientale, tali depositi si rinvencono diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza dell'estesa piana costiera compresa tra i primi rilievi collinari e la spiaggia attuale.

Tale unità, riferibile al periodo Pleistocene superiore – Olocene, è ancora una volta costituita da due differenti *facies* litologiche. La prima delle due, rappresentata da depositi di spiaggia, cordone litoraneo e duna, è formata da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da arrotondate a molto arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione prevalentemente incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie eterometriche, da arrotondate a molto arrotondate.



Foto 5 – Vista panoramica dei depositi costieri recenti presenti nei settori sud-orientali dell'area di studio, in Località Civita Mare.

La seconda *facies*, invece, è riferibile a depositi di palude salmastra e retrobarra e risulta costituita da argille, argille limose e argille sabbiose, spesso ricche di sostanza organica, con locali intercalazioni di limi, limi argillosi e limi sabbiosi.

**PROGETTO PRELIMINARE**Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L.032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	23 di 89

7.1.7 Depositi alluvionali attuali (3)

I suddetti sedimenti si rinvencono, in tutta l'area di studio, lungo i fondovalle dei principali corsi d'acqua dell'area e, in lembi di minore estensione, in corrispondenza dei corsi d'acqua secondari o dei loro affluenti più importanti.

Tale unità è riferibile all'Olocene e risulta costituita, essenzialmente, da depositi di canale fluviale e argine. Si tratta, quindi, di sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, e sporadiche intercalazioni di argille e argille limose.

7.1.8 Depositi costieri attuali (2)

Questi depositi si rinvencono nei settori nord-occidentali dell'area di intervento, in corrispondenza della spiaggia attuale di Località Rio Vivio.

Si tratta, in particolare, di depositi in *facies* di spiaggia e cordone litoraneo, sempre riferibili all'ultima parte dell'Olocene. Sono costituiti da sabbie e sabbie limose, a stratificazione prevalentemente incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie eterometriche, da arrotondate a molto arrotondate.

7.1.9 Depositi eluvio-colluviali (1)

Tali terreni affiorano diffusamente in tutta l'area di studio, in copertura di quasi tutte le unità geologiche precedentemente descritte, a meno di quelle più recenti. Gli spessori più rilevanti, comunque, si registrano in corrispondenza della parte medio-bassa dei rilievi collinari più estesi e, soprattutto, nei settori centrali e sud-orientali dell'area di studio.

Le suddette coperture sono ascrivibili all'Olocene e risultano costituite da depositi di versante e di alterazione del substrato, localmente associati a sedimenti antropici o alluvionali. Si tratta di limi sabbiosi e sabbie limose, a struttura indistinta, con locali ghiaie eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate; argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta, con locali passaggi di sabbie e sabbie ghiaiose.

7.2 ASSETTO STRUTTURALE

Dal punto di vista strutturale, l'area di studio è caratterizzata da un assetto piuttosto regolare ed omogeneo, dovuto essenzialmente alle ultime fasi di tettonica distensiva e trascorrente che hanno interessato i settori più esterni della Catena Appenninica.

Tale tettonica si esplica fondamentalmente attraverso faglie dirette e transtensive ad alto angolo, caratterizzate da modesta estensione areale e da rigetti variabili da qualche metro a poche decine di metri. I principali elementi strutturali smembrano, localmente, i litotipi più antichi in blocchi geometrici di modeste dimensioni, che risultano variamente basculati e dislocati tra loro.

In relazione all'elevata erodibilità dei termini litologici affioranti ed alla diffusa presenza di depositi di copertura recenti, non è stato possibile rilevare sul terreno dati diretti circa gli elementi tettonici presenti nell'area, che non si presentano mai con morfologie proprie e chiaramente identificabili.

8 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE

La morfologia superficiale del territorio in esame risulta fortemente condizionata dalle caratteristiche litologiche dei litotipi affioranti e dalla recente evoluzione geologico-strutturale dell'area. Quest'ultima, in particolare, è strettamente connessa al sollevamento della Catena Appenninica (Parea 1986) che ha prodotto, nel corso del tempo, costanti incrementi dell'energia di rilievo e marcati approfondimenti del reticolo idrografico locale.

8.1 CARATTERISTICHE DELLA ZONA COSTIERA

Dal punto di vista morfologico e sedimentologico, il settore di territorio compreso tra Termoli e il F. Fortore è caratterizzato da una costa bassa a spiaggia prevalentemente sabbiosa (Parea 1978; Brondi et al. 1976). Alla spalle della costa sono presenti vari ordini di terrazzi quaternari, costituiti da peliti di ambiente costiero e da depositi sabbioso-ghiaiosi di ambiente litorale ed alluvionale, e un esteso altopiano intagliato nei sedimenti pliocenici che si estendono fino a rilievi più esterni della Catena Appenninica (Parea 1978; Aucelli et al. 2009).

In generale, lungo tutto il margine appenninico, è chiaramente individuabile una scarpata più o meno ripida e frastagliata dall'erosione, interrotta solo in corrispondenza dei corsi d'acqua più importanti ed estesi (Parea 1986; Aucelli et al. 2009). A monte di questa scarpata, per una larghezza generalmente non superiore ai 4÷6 km, i crinali che separano le principali incisioni fluviali sono caratterizzati dalla presenza di estese scarpate che rappresentano le antiche linee di costa (Parea 1986). Il relazione al continuo sollevamento del fronte della catena, le varie linee di costa intagliate dal mare nei periodi di livello alto (stadi interglaciali) sono state sollevate, sotto forma di terrazzi marini, fino a quote superiori ai 400 m circa s.l.m. (Parea 1986).

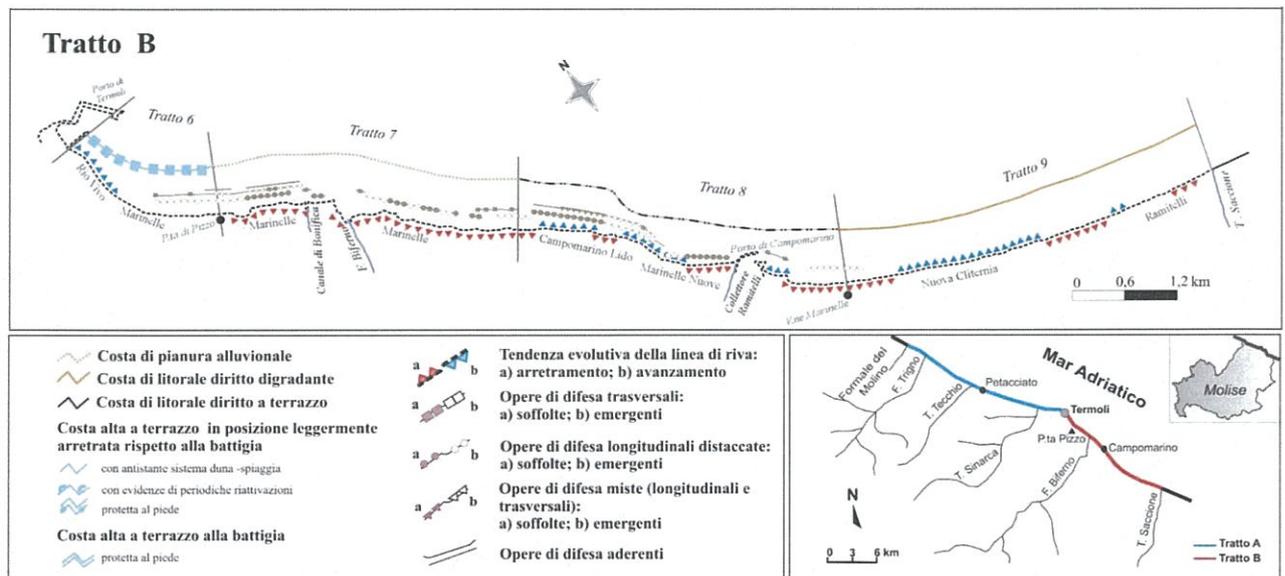


Figura 7 – Schema di sintesi di morfotipi costieri, tendenze evolutive e strutture di protezione costiera presenti lungo la costa molisana (da Aucelli et al. 2009).

L'evoluzione recente del tratto di costa in esame è controllato da una prevalente tendenza all'erosione, che ha interessato soprattutto i tratti costieri che includono le principali foci fluviali (Parea 1978; Aucelli et al. 2004; Iannantuono 2007; Aucelli et al. 2009). L'arretramento della costa, ovviamente, è minore in corrispondenza dei

segmenti di spiaggia addossati alla falesia e più accentuato lungo i tratti di spiaggia bassa, dove l'elevato tasso di erosione marina ha prodotto lo smantellamento quasi completo dei delta a cuspidi dei principali corsi d'acqua dell'area (Parea 1978; Aucelli et al. 2009). Solo in corrispondenza di ridottissimi segmenti di costa le spiagge risultano in accrescimento, come nei settori al riparo di barriere frangiflutto e a ridosso delle principali opere portuali, sul lato sopraflutto (Parea et al. 1978).

8.2 CARATTERISTICHE DELLE ZONE FLUVIALI

I settori costieri dell'Appennino centrale sono caratterizzati dalla presenza di numerosi corsi d'acqua di una certa importanza, che incidono la spianata posta tra i settori di catena ed il mare con percorsi grossomodo perpendicolari alla linea di costa (Parea 1978). Ai suddetti elementi idrografici si aggiungono, localmente, corsi d'acqua secondari di scarsa rilevanza e incisioni torrentizie che drenano solo ridotte porzioni dei settori collinari posti a monte della zona costiera attuale.

In particolare, i principali corsi d'acqua che sfociano nel tratto di litorale compreso tra Termoli e la Punta delle "Pietre Nere" sono, da Nord a Sud, il F. Biferno, il T. Saccione ed il F. Fortore (Brondi et al. 1976). Nei settori di valle, i suddetti fiumi scorrono principalmente nei depositi alluvionali quaternari e nelle successioni pelitiche plio-pleistoceniche mentre, verso monte, risultano incisi nelle formazioni calcareo-marnose e pelitico-arenacee del Miocene (Brondi et al. 1976).

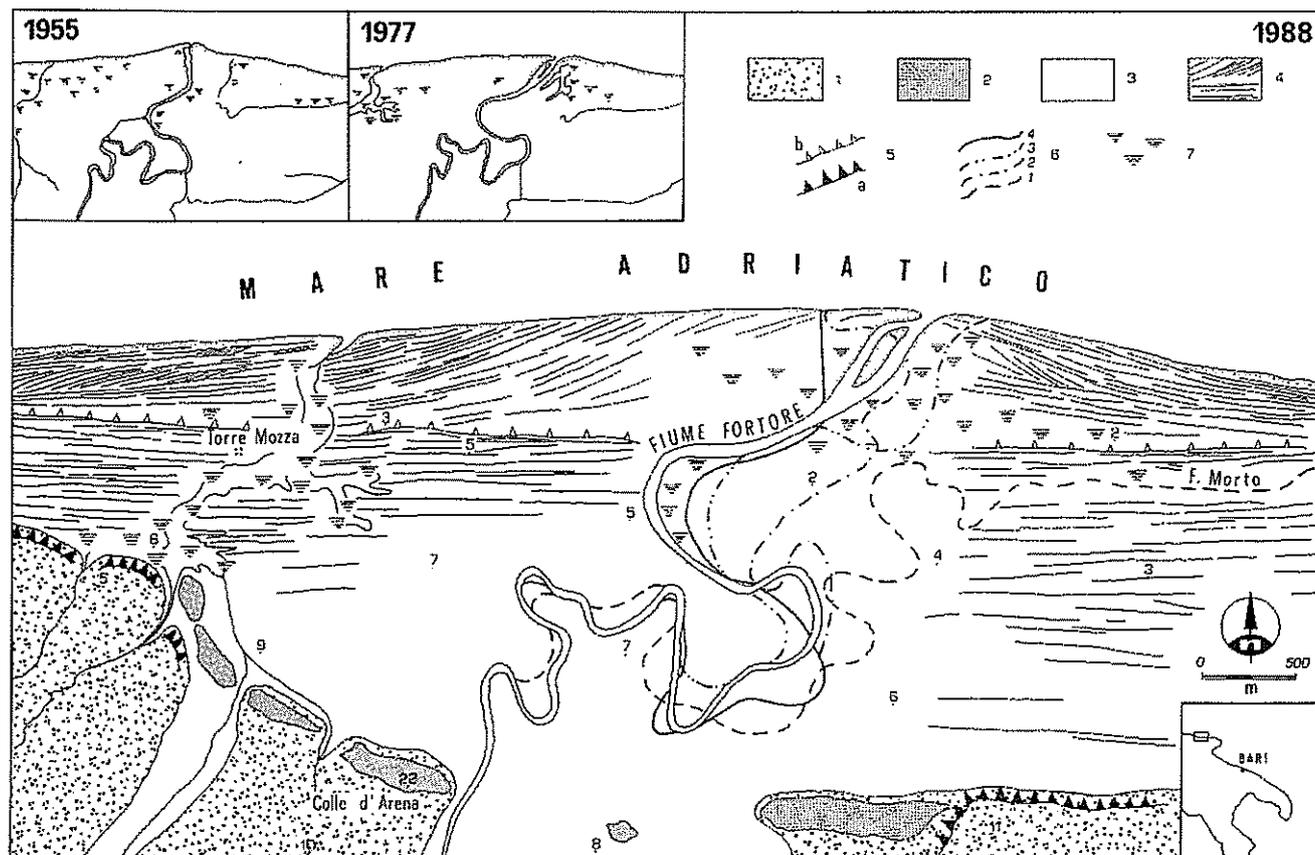


Figura 8 – Aspetti morfologici della zona di foce del F. Fortore: 1) depositi alluvionali terroso-sabbiosi pre-olocenici; 2) lembi residui di un cordone dunare costruito probabilmente durante l'optimum climatico; 3) depositi alluvionali olocenici; 4) allineamenti di creste di dune; 5) ripe di abrasione marina, a) dell'Olocene medio e b) recenti; 6) posizioni successive dell'alveo del F. Fortore; 7) aree paludose in parte bonificate (da Mastronuzzi et al. 1989).

Il F. Fortore, prima di giungere nell'attuale piana costiera, incide con una valle ampia e relativamente poco profonda un analogo ripiano che lo stesso corso d'acqua aveva costruito durante la sua precedente fase evolutiva (Mastronuzzi et al. 1989). Tale ripiano, localmente elevato fino a 25 m di quota, si affaccia sulla piana attraverso un gradino di abrasione alto tra i 5 ed i 10 m, al piede del quale si riconoscono i lembi del cordone dunare di Colle dell'Arena (Mastronuzzi et al. 1989).

L'ampia piana costiera attuale è a sua volta articolata in un tratto interno ed uno esterno, che comprende tra l'altro l'attuale apparato deltizio (Mastronuzzi et al. 1989). Questi tratti si distinguono per il differente orientamento dei numerosi allineamenti di creste dunari e sono separati, dal punto di vista morfologico, da un gradino rettilineo allungato in direzione E-W ed elevato di circa 2 m. Nel tratto più interno, esteso tra i 5 ed i 7 m di quota, le creste dunari sono sempre parallele fra loro e allungate mediamente in direzione circa E-W. Nel tratto più esterno invece, elevato fino ai 3 m di quota, le creste dunari sono disposte a ventaglio aperto verso l'entroterra, simmetricamente rispetto al corso d'acqua e con cerniera in corrispondenza della sua foce (Mastronuzzi et al. 1989).

9 ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

L'area di studio, in relazione con la complessa evoluzione geologica subita, risulta fortemente influenzata dal locale assetto stratigrafico e strutturale, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale che l'hanno interessata durante il quaternario e dalle importanti variazioni eustatiche succedutesi nel tempo.

L'evoluzione morfologica del territorio ed i principali elementi geomorfologici rilevati, pertanto, sono connessi principalmente ai meccanismi di erosione ed accumulo operati dalle acque superficiali, continentali e marine. Ad essi si aggiungono, inoltre, locali elementi di origine strutturale e gravitativa, forme e depositi connessi con l'attività antropica ed elementi di genesi mista dovuti all'azione congiunta di più fattori morfogenetici.

9.1 ELEMENTI IDROGRAFICI

La struttura della rete idrografica locale è, in generale, fortemente influenzata sia dalle caratteristiche morfologiche del territorio che dalla natura litologica dei terreni affioranti. Nelle aree collinari più interne ed in corrispondenza dei principali terrazzi morfologici, il reticolo idrografico locale presenta uno sviluppo poco ramificato ed un *pattern* sub-dendritico che segue, almeno in parte, i principali allineamenti strutturali dell'area. Nei settori di piana alluvionale e costiera, al contrario, la rete idrografica superficiale risulta piuttosto sviluppata e articolata, anche se profondamente modificata dalle numerose opere di bonifica e regimazione idraulica realizzate nel corso degli ultimi secoli.

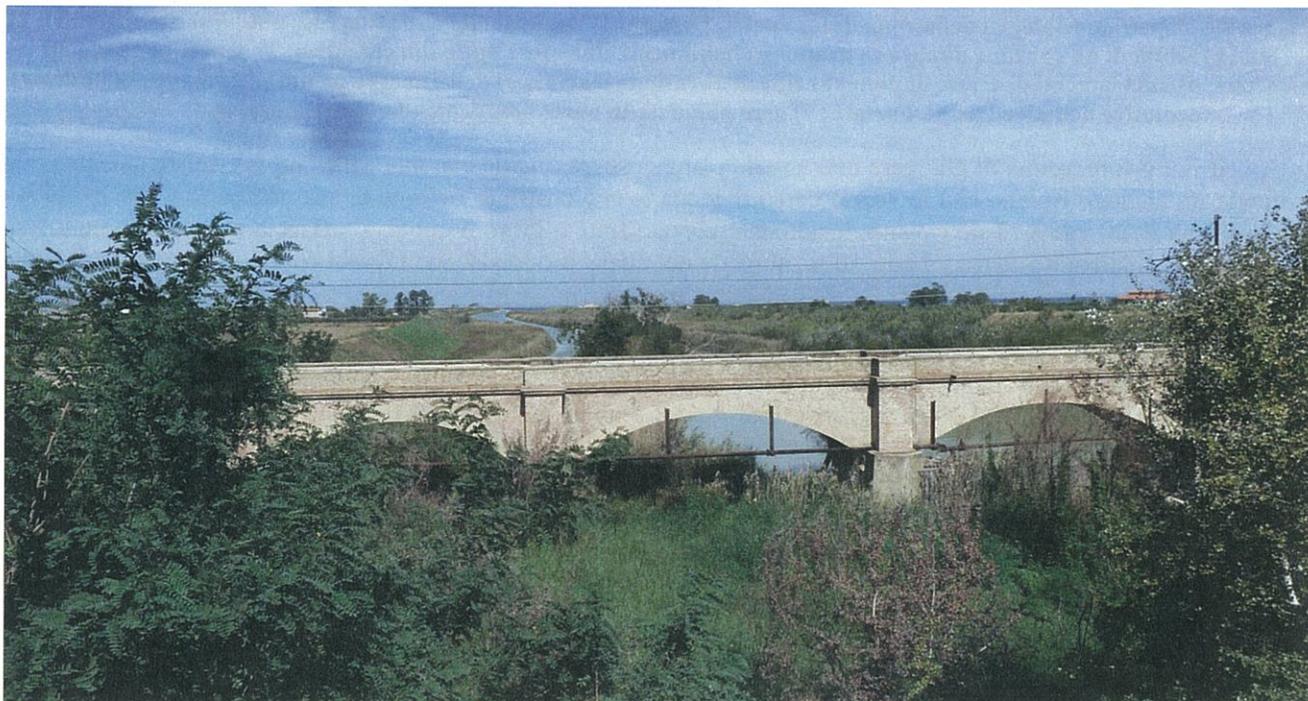


Foto 6 – Vista panoramica dell'alveo attuale del F. Biferno, in prossimità di Località Marinelle Vecchie.

I principali corsi d'acqua dell'area, a carattere perenne, sono rappresentati dal F. Biferno, dal T. Saccione e dal F. Fortore, che defluiscono in direzione circa anti-appenninica dai settori di catena verso il Mare Adriatico. Ad essi si aggiungono una serie di corsi d'acqua secondari, a carattere stagionale e/o torrentizio, e diversi solchi da ruscellamento concentrato attivi solo in concomitanza con eventi meteorici particolarmente intensi e severi.

9.2 ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI

Un importante ruolo nell'evoluzione morfologica del territorio è svolto, ovviamente, dall'assetto strutturale dei litotipi affioranti e dal loro differente grado di erodibilità. Quest'ultimo risulta legato, essenzialmente, alla natura litologica dei depositi ed alla loro età, nonché al relativo grado di alterazione e diagenesi degli stessi.

In generale, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme morbide e poco marcate, con rilievi generalmente poco acclivi ed estesi intervallati ad ampie spianate di genesi marina ed alluvionale. La continuità del paesaggio è localmente interrotta da alte scarpate di erosione fluviale e marina, intagliate nei terreni sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico, particolarmente evidenti nei settori nord-occidentali dell'area di intervento, tra Termoli e Campomarino.

Dal punto di vista giaciturale, tutte le successioni sedimentarie presenti nei settori di studio sono caratterizzate da un assetto prevalentemente tabulare o, al più, blandamente immergente verso la costa. Ciò si traduce in un assetto morfologico essenzialmente dolce e poco articolato, anche se spesso interrotto da ampie valli di erosione fluviale. Infine, gli elementi tettonici che interessano i termini litologici del substrato sono piuttosto rari e poco evidenti, in quanto obliterati dai depositi alluvionali e marini che ricoprono con continuità tutte le unità geologiche più antiche.

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	28 di 89

9.3 FORME POLIGENICHE

L'intero settore di studio è caratterizzato dalla presenza di diversi fattori morfogenetici, che interessano i terreni affioranti con intensità e caratteristiche differenti, spesso sovrapponendosi e combinandosi in vario modo tra loro. Ad essi va aggiunto, inoltre, l'importante ruolo svolto dalle caratteristiche stratigrafiche e sedimentologiche dei litotipi affioranti, nonché dagli elementi strutturali e tettonici localmente presenti.

Da questo quadro geomorfologico derivano, quindi, una serie di forme poligeniche originate dalla complessa sovrapposizione dei differenti fattori morfogenetici agenti sul territorio. Tali elementi sono rappresentati da estese scarpate morfologiche di origine fluviale o marina, spesso con influenza strutturale e attualmente in evoluzione per fenomeni di dilavamento, alterazione ed erosione. Non di rado, inoltre, i suddetti elementi risultano ulteriormente rielaborati dall'attività antropica, che tende a riprendere e riadattare le forme geomorfologiche più importanti già presenti sul territorio.

9.4 FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI

I fenomeni gravitativi di versante, nell'attuale contesto morfoclimatico, rappresentano un fattore morfoevolutivo di secondaria importanza, in quanto scarsamente influenti sul modellamento dei rilievi e sull'evoluzione morfologica generale dell'intero territorio in esame.

Nell'area di studio sono presenti, infatti, solo sporadici fenomeni di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso), localizzati essenzialmente in corrispondenza dei versanti che bordano il terrazzo morfologico su cui sorge il centro abitato di Campomarino. Si tratta, in buona sostanza, di fenomeni piuttosto superficiali e di scarsa intensità, che coinvolgono unicamente le coltri di copertura eluvio-colluviali o le porzioni più superficiali ed alterate del substrato geologico locale.

9.5 FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

Le maggiori forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano, essenzialmente, dai processi deposizionali dei principali sistemi fluviali presenti, che conferiscono all'area di studio una morfologia blandamente ondulata e piuttosto regolare. Tali depositi presentano al loro interno vistose variazioni granulometriche e tessiturali, dovute fondamentalmente all'elevata variabilità spazio-temporale dei processi di accumulo, e tendono a creare dei complessi sistemi deposizionali parzialmente interdigitati con i depositi marini recenti della piana costiera adriatica.



Foto 7 – Vista panoramica del F. Fortore, nell’area di Località Quaranta; sono ben visibili le scarpate fluviali che delimitano i diversi ordini di terrazzi sia in destra che in sinistra idrografica.

In corrispondenza dei corsi d’acqua principali, e secondariamente lungo gli alvei di quelli secondari, si rinvencono vistose scarpate di erosione fluviale e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all’approfondimento, mentre i corsi d’acqua più importanti sono caratterizzati da zone di erosione laterale e settori di prevalente deposizione. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono inoltre presenti in corrispondenza dei margini delle incisioni fluviali più estese, in particolare nei settori di affioramento di antichi terrazzi alluvionali.

Infine, in corrispondenza dei rilievi collinari e dei settori terrazzati, sono presenti chiari fenomeni erosivi connessi col deflusso non regimato delle acque correnti superficiali, come solchi di erosione concentrata e vallecole a fondo concavo. Tali condizioni di deflusso portano, quindi, all’accumulo di frequenti depositi eluvio-colluviali alla base dei rilievi più estesi che, localmente, possono raggiungere e superare i 3 m di spessore.

9.6 FORME, PROCESSI E DEPOSITI DI ORIGINE MARINA

Gli elementi connessi con l'azione delle acque marine risultano particolarmente diffusi in tutta l'area di studio, ad eccezione del tratto più meridionale ad Est del F. Fortore. La spiaggia attuale, essenzialmente sabbiosa, presenta una modesta estensione areale ed è caratterizzata da prevalenti fenomeni erosivi, anche se non mancano locali settori di accumulo in corrispondenza delle scogliere in pietra più importanti.



Foto 8 – Veduta d'insieme della piana costiera recente di Località Pantano, a SE del centro abitato di Termoli, bordata verso l'interno da un'importante scarpata marina intagliata nei depositi sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico dell'area.

In posizione più interna si rinviene, quindi, un'ampia pianura costiera che si estende per diverse centinaia di metri tra la spiaggia attuale ed i primi terrazzi morfologici. La piana è costituita da una serie di dune e cordoni litorali estesi in direzione circa parallela alla linea di costa, localmente intervallati da ampie depressioni morfologiche che corrispondono ad antichi sistemi lagunari o di stagno costiero.

Verso l'interno sono invece presenti ampie superfici terrazzate di origine sia marina che fluviale, distribuite su più ordini di differente età ed importanza. Le superfici marine sono prevalentemente di tipo erosivo e risultano

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	31 di 89

intagliate, praticamente ovunque, nei termini sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico. Tali superfici risultano delimitate verso il mare da estese scarpate di abrasione marina, ad andamento circa parallelo all'attuale linea di costa.

9.7 FORME ANTROPICHE E MANUFATTI

I principali elementi connessi con l'attività antropica sul territorio sono rappresentati dai numerosi manufatti realizzati in corrispondenza delle principali zone urbanizzate e da tutti gli elementi connessi con la costruzione delle principali infrastrutture a rete. Ad essi si aggiungono, localmente, importanti attività estrattive per il reperimento di inerti e materiali da costruzione.

Nei settori più antropizzati si rinvengono, inoltre, estesi terreni di riporto provenienti da cavature e sbancamenti, realizzati sia nei termini litologici del substrato che nei depositi di copertura continentali e marini. La maggior parte delle zone di riporto corrispondono, ovviamente, ai rilevati delle principali infrastrutture a rete ed ai terreni accumulati in corrispondenza delle aree urbane più importanti.

Ai suddetti elementi si aggiungono, ovviamente, numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali che in corrispondenza di fabbricati e abitazioni. Tali elementi presentano in genere altezze contenute, raramente superiori ai 3 m, e sono spesso posti in corrispondenza di elementi geomorfologici e scarpate naturali preesistenti.

Infine, lungo gli alvei dei maggiori corsi d'acqua dell'area, sono presenti numerose opere di regimazione idraulica, rappresentate da briglie e argini artificiali. In corrispondenza del litorale adriatico, invece, sono presenti importanti scogliere in pietra per la difesa della linea di costa dall'erosione.

10 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

I settori esterni dell'Appennino meridionale sono caratterizzati da una elevata complessità delle caratteristiche idrogeologiche, riconducibile sia al particolare assetto strutturale dell'area che alla grande varietà di termini litologici affioranti (Celico et al. 2007).

In particolare, i litotipi presenti nei settori di specifico interesse progettuali possono essere riferiti all'ambito idrogeologico degli acquiferi porosi plio-quadernari. Questi acquiferi sono costituiti da sedimenti plio-quadernari formati in ambiente subaereo o marino, riferibili quindi a depositi di detritico-colluviali, alluvionali, lacustri e costieri, in parte emersi a seguito delle fasi di sollevamento della Catena Appenninica (Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). Si tratta, ovviamente, di acquiferi di particolare importanza ai fini del reperimento di risorse idriche sotterranee, sia per l'intenso uso del territorio che caratterizza le aree di affioramento di tali depositi sia per la soggiacenza relativamente bassa della zona di saturazione (Celico et al. 2007).

Questi terreni costituiscono acquiferi continui, in genere eterogenei ed anisotropi, sempre permeabili per porosità e, solo in rari casi, anche per fessurazione (Celico 1986; Celico et al. 2007). Tale carattere idrogeologico è riconducibile alla natura prevalentemente clastica dei depositi, che solo in pochi casi presentano un certo grado di cementazione (Celico et al. 2007). Anche in questi casi, tuttavia, la cementazione non ha mai avuto un ruolo equivalente al processo di diagenesi, conferendo raramente a questi terreni un carattere eminentemente litoide (Celico et al. 2007). La permeabilità è in genere molto variabile e sempre strettamente connessa con le caratteristiche di assortimento granulometrico dei terreni (Celico 1986).

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	32 di 89

I depositi plio-quadernari che costituiscono questi acquiferi presentano delle particolari caratteristiche sedimentologiche ed idrogeologiche, dovute essenzialmente ai processi che ne hanno controllato il trasporto e la deposizione (Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). In particolare, possono essere individuati due distinti gruppi di ambienti sedimentari caratterizzati da differenti processi di trasporto e deposizione, rispettivamente controllati dalla gravità e dalle acque di ruscellamento (Celico et al. 2007).

Al primo gruppo sono riconducibili i depositi di *talus* e di falda detritica presenti alla base dei maggiori rilievi montuosi che, pur costituendo acquiferi eterogenei ed anisotropi, sono contraddistinti da un grado di permeabilità generalmente piuttosto elevato (Celico et al. 2007). Nei settori dove risultato limitati inferiormente da terreni di bassa permeabilità, tali depositi possono essere sede di falde idriche sotterranee di discreta importanza, in particolare quando soggetti a travasi idrici provenienti da strutture idrogeologiche limitrofe (Celico et al. 2007).

I depositi che ricadono nel secondo gruppo di ambienti sedimentari sono i più rappresentati nei settori di studio e possono essere suddivisi a loro volta in numerosi sub-ambienti, contraddistinti da differente energia del mezzo di trasporto idraulico (Celico et al. 2007). Tali ambienti sono distribuiti sul territorio secondo un percorso in cui l'energia di trasporto idraulico tende a diminuire progressivamente, a partire dall'ambiente di conoide pedemontana fino a quello di pianura costiera, passando attraverso tutti gli ambiti fluviali intermedi (Celico et al. 2007).

Tutti questi sub-ambienti sono contraddistinti, a loro volta, da un'energia del mezzo idraulico variabile nel tempo in relazione all'entità degli apporti pluviometrici (Celico et al. 2007). Ciò comporta la deposizione di termini litologici fortemente eterogenei che, per la continua divagazione dei corsi d'acqua, si ritrovano variamente giustapposti tra loro sia lateralmente che verticalmente (Celico 1986). Pertanto gli acquiferi alluvionali risultano in genere fortemente eterogenei ed anisotropi, soprattutto nelle aree di pianura alluvionale e costiera, dove le differenze di comportamento idrogeologico si accentuano per la presenza di terreni a granulometria argilloso-limosa, da scarsamente permeabili ad impermeabili (Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007).

In questi ambiti idrogeologici, quindi, la presenza di intercalazioni pelitiche all'interno dei depositi sabbioso-ghiaiosi determina una scomposizione del deflusso idrico sotterraneo in una serie di falde sovrapposte, da libere a confinate (Celico 1986; Celico et al. 2007). Queste ultime, a loro volta, possono essere caratterizzate da differenti carichi piezometrici, che generano fenomeni di drenanza sia verso l'alto che verso il basso (Celico et al. 2007).

In molti casi, comunque, il suddetto schema di circolazione idrica sotterranea può essere semplificato a causa della scarsa continuità dei livelli meno permeabili, che non consente un'efficace separazione tra le differenti falde sovrapposte (Celico et al. 2007). Invece, a scala globale, il comportamento di questi acquiferi è schematicamente assimilabile a quello di un unico corpo idrico sotterraneo, avente un recapito unitario (Maggiore et al. 2004; Celico et al. 2007).

Ovviamente, le falde degli ambienti alluvionali e costiere risultano alimentate direttamente sia dalle acque superficiali che si infiltrano nel terreno che dai travasi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche con cui sono a contatto (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). Il recapito di tali falde è rappresentato, generalmente, da un limite a potenziale imposto corrispondente ad un corpo idrico superficiale, come fiumi, laghi e mari. Localmente, la tipologia di rapporti tra falde sotterranee ed corpi idrici continentali può essere anche di segno opposto, o comunque mutare nel corso dell'anno idrologico in relazione alla variazione relativa dei livelli idrici (Celico et al. 2007).

10.1 LA PIANA DEL F. BIFERNO

L'unità idrogeologica del F. Biferno (Celico 1978, 1983) è composta da terreni ghiaiosi, sabbiosi ed argillosi nelle immediate vicinanze del corso d'acqua e da depositi argilloso-sabbiosi nella restante parte del fondovalle (Celico et al. 2007). Ai margini della piana, invece, affiorano terreni ghiaioso-conglomeratici pleistocenici, che danno origine a numerose sorgenti di interesse locale (Celico et al. 2007).

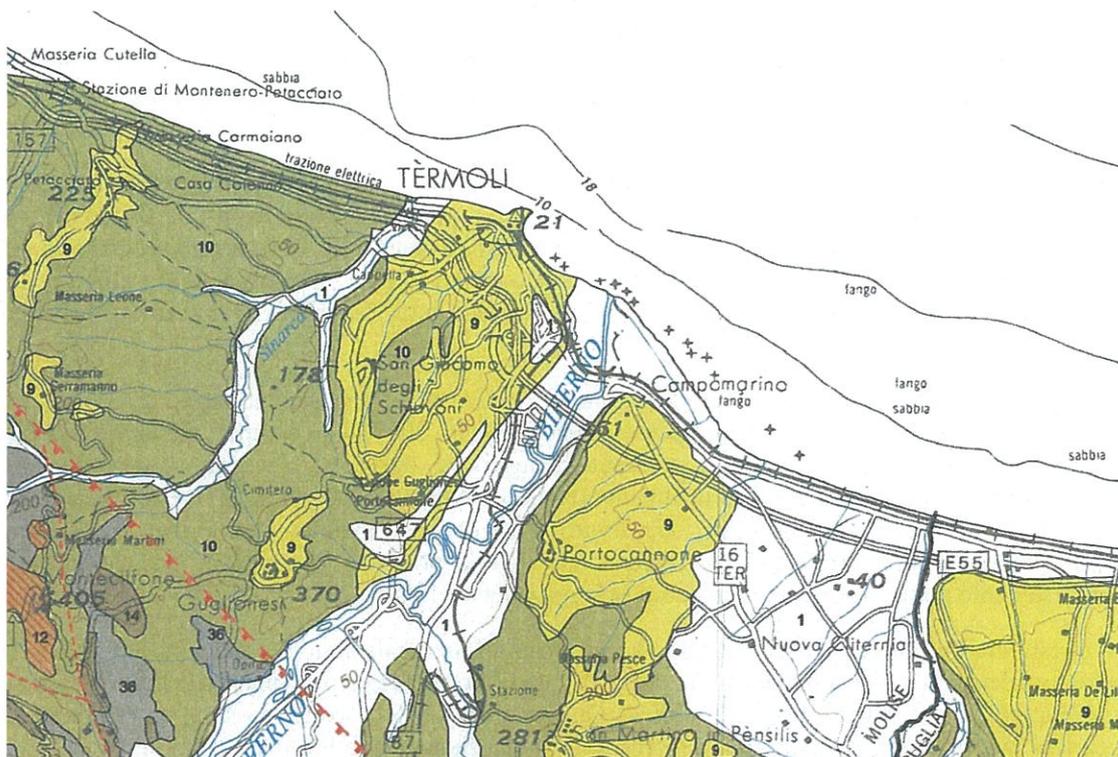


Figura 9 – Stralcio della Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale, in scala 1:250,000, per la zona della piana del F. Biferno (da Celico et al. 2007).

Per quest'area manca una caratterizzazione idrodinamica accurata dell'acquifero, così come non esiste uno schema di circolazione idrica sotterranea valido ed aggiornato. Gli scarsi dati idrogeologici a disposizione evidenziano, comunque, che la falda idrica risulta drenata sia dal F. Biferno che dai numerosi canali affluenti in sinistra idrografica, mentre l'acquifero di interesse presenta una permeabilità complessiva generalmente scarsa (Celico et al. 2007).

10.2 IL TAVOLIERE DELLE PUGLIE

La particolare condizione stratigrafico-strutturale dell'area del Tavoliere delle Puglie consente di riconoscere tre unità acquifere principali, situate a differenti profondità (Maggiore et al. 1996). Procedendo dal basso verso l'alto, la successione può essere schematizzata come segue (Maggiore et al. 1996, 2004; Moretti et al. 2011):

- **Acquifero fessurato-carsico profondo:** è situato in corrispondenza del substrato carbonatico pre-pleistocenico del Tavoliere e risulta collegato, lateralmente, alla vasta falda idrica del Gargano (Maggiore et

al. 1996, 2004). Le acque di falda circolano all'interno delle rocce carbonatiche fessurate e risultano confinate, generalmente, dalla successione pelitica plio-pleistocenica o dai livelli meno fratturati delle stesse rocce calcaree (Maggiore et al. 2004). Ovviamente, le modalità di deflusso della falda sono condizionate sia dalla presenza di numerosi allineamenti tettonici, che determinano direttrici di deflusso preferenziali, sia dal grado di fessurazione e carsismo della roccia, che influiscono sulle caratteristiche idrauliche dell'acquifero (Grassi & Tadolini 1992; Maggiore et al. 1996, 2004).

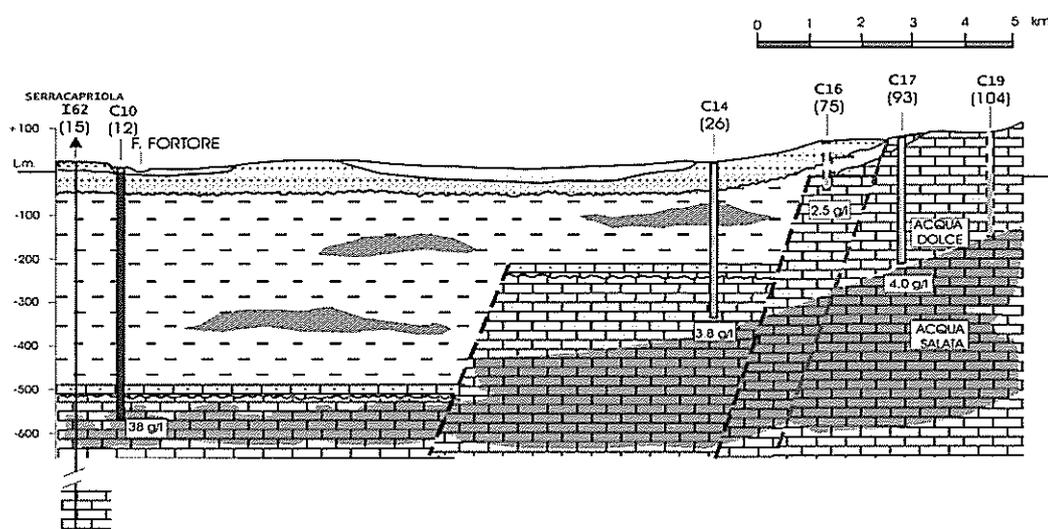


Figura 10 – Sezione idrogeologica relativa alla zona del Tavoliere delle Puglie posta a Ovest del Promontorio del Gargano, tra il F. Fortore e Apricena (da Maggiore et al. 2004).

La possibilità di utilizzo di questa risorsa idrica è tuttavia limitato alle zone dove il substrato si trova a profondità inferiori a qualche centinaio di metri (Moretti et al. 2011), come nella fascia pede-garganica del Tavoliere (Maggiore et al. 1996, 2004). Questa limitazione deriva, fondamentalmente, dal marcato incremento del contenuto salino delle acque con l'aumentare della profondità, fino ad assumere valori caratteristici dell'acqua marina (Maggiore et al. 2004). L'intrusione del mare verso l'entroterra è maggiore nella fascia pede-garganica che si sviluppa verso il Golfo di Manfredonia, mentre nella zona a Sud del Lago di Lesina risulta parzialmente ostacolata dal brusco incremento di spessore dei terreni impermeabili del Tavoliere (Maggiore et al. 1996, 2004).

Una caratteristica peculiare delle acque sotterranee lungo il margine garganico del Tavoliere è data dall'elevato valore delle temperature registrate sia nei pozzi idrici che in corrispondenza di alcune sorgenti (Mongelli & Ricchetti 1970; Maggiore & Mongelli 1991; Grassi & Tadolini 1992; Maggiore et al. 1996; Pagliarulo 1996; Maggiore & Pagliarulo 2004), come quella di S. Nazario e quella di Siponto (Maggiore et al. 2004). Le alte temperature registrate possono essere spiegate attraverso un fenomeno di *mixing* tra le acque sotterranee di origine meteorica e le acque connate più profonde, che risalgono verso il Gargano attraverso la struttura a gradinata del substrato carbonatico (Maggiore et al. 2004; Moretti et al. 2011).

- **Acquifero poroso profondo:** si colloca in corrispondenza dei diversi livelli di sabbie limose, localmente ghiaiose, presenti a diverse altezze stratigrafiche nella successione pelitica plio-pleistocenica del Tavoliere (Maggiore et al. 1996, 2004). Le caratteristiche del suddetto acquifero sono poco conosciute, in particolare

per ciò che concerne la distribuzione e la geometria dei corpi idrici, la connessione idraulica tra i diversi livelli e le altre falde del Tavoliere, le modalità di alimentazione e di deflusso (Maggiore et al. 2004).

I livelli acquiferi sono quindi rappresentati da corpi discontinui di forma lenticolare, dello spessore di pochi metri, localizzati a profondità variabili tra i 150 ed i 500 m circa (Cotecchia et al. 1995; Maggiore et al. 2004). Nelle lenti più profonde si rinvencono acque connate associate ad idrocarburi, caratterizzate da valori di temperatura piuttosto elevati (tra 22° e 26°C) e dalla ricorrente presenza di idrogeno solforato (Maggiore et al. 1996). La falda è sempre in pressione e presenta forti caratteri di artesianità (Maggiore et al. 1996, 2004).

La produttività dei livelli idrici è estremamente differente da luogo a luogo ma presenta, mediamente, portate variabili tra 1 e 20 l/s (Maggiore et al. 1996). Nel caso di pozzi idrici, la produttività tende a diminuire rapidamente a partire dall'inizio della fase di esercizio, facendo registrare localmente il completo esaurimento della falda (Maggiore et al. 2004). Ciò dimostra che tali livelli possono costituire solo delle limitate fonti di approvvigionamento idrico, essendo la ricarica molto lenta (Cotecchia et al. 1995).

- **Acquifero poroso superficiale:** si rinviene nelle lenti sabbioso-ghiaiose dei depositi marini e alluvionali quaternari, che nell'area ricoprono con notevole continuità la successione argilloso plio-pleistocenica (Maggiore et al. 1996, 2004). I diversi livelli sono idraulicamente interconnessi e danno luogo, quindi, ad un unico sistema acquifero caratterizzato da una successione di terreni sabbioso-ghiaiosi molto permeabili con intercalati livelli limoso-argillosi di bassa permeabilità (Maggiore et al. 2004).

In linea generale i depositi più grossolani e permeabili, che svolgono il ruolo di acquifero, prevalgono nelle zone di alta pianura, mentre i livelli più fini e meno permeabili diventano più spessi e frequenti verso la costa (Maggiore et al. 2004). Tali caratteristiche influenzano profondamente le modalità di deflusso delle acque sotterranee, che circolano prevalentemente a pelo libero nella zona pedemontana e in pressione nella zona medio-bassa, con locale carattere di artesianità (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996).

Lo spessore di questi terreni è piuttosto ridotto in corrispondenza del margine appenninico, mentre aumenta notevolmente verso Est, dove raggiunge i 50 m nella zona mediana della pianura e i 100 m presso il litorale adriatico (Maggiore et al. 1996). La superficie piezometrica è posta ad una quota di circa 250 m s.l.m. nelle zone più interne e degrada, fino alla costa, con gradienti compresi tra 0.10 % e 0.25% (Ricchetti et al. 1989).

La risalienza e la soggiacenza della falda idrica aumentano generalmente verso la costa, dove la qualità delle acque risente notevolmente degli effetti dell'intrusione marina (Maggiore et al. 1996). La produttività dell'acquifero è piuttosto variabile e, in genere, strettamente dipendente da fattori di ordine morfologico e stratigrafico. Infatti, le acque sotterranee tendono ad accumularsi preferenzialmente dove il tetto delle argille forma dei veri e propri impluvi o dove i terreni permeabili risultano più spessi e grossolani (Tadolini et al. 1989; Caldara & Pennetta 1993). Per quanto riguarda l'alimentazione dell'acquifero, un importante contributo proviene dai corsi d'acqua che attraversano la zona (Colacicco 1953; Cotecchia 1956; Zorzi & Reina 1956; Maggiore et al. 1996), mentre solo il 17% del totale della precipitazione media annua costituisce la ricarica (De Girolamo et al. 2001; Maggiore et al. 2004).

11 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente lavoro ha consentito di definire, in via preliminare, le principali caratteristiche dell'area e di individuare, a grandi linee, lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio e dalle diverse prove di permeabilità condotte in fase di perforazione. In particolare, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell'area di studio.

Inoltre, lo studio geologico condotto ha consentito di definire lo stato di alterazione e le caratteristiche granulometriche dei differenti litotipi presenti che, come noto, influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area.

11.1 COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Nell'area in esame sono stati individuati 6 complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area in esame.

11.1.1 *Complesso argilloso-limoso (6)*

Al presente complesso sono associati i depositi plio-pleistocenici delle Argille Subappenniniche (9). È costituito da argille limose e limi argillosi in strati da sottili a molto spessi, generalmente bioturbati e talora a laminazione pianoparallela, con frequenti intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e sabbie fini più frequenti verso l'alto stratigrafico.

I litotipi in esame costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente, mentre non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di importanza significativa. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da impermeabile a molto bassa. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-10}$ e $1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

11.1.2 *Complesso sabbioso-arenaceo (5)*

A tale complesso sono riferiti i depositi pleistocenici delle Sabbie di Serracapriola (8). Si tratta, essenzialmente, di sabbie medio-fini a grado di cementazione variabile, in strati da medi a molto spessi, generalmente bioturbati e a laminazione pianoparallela o incrociata a basso angolo; localmente si rinvencono intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati; talora sono presenti sottili livelli di arenarie medio-fini, da mediamente a ben cementate, e passaggi di argille e argille limose.

I presenti terreni costituiscono acquiferi misti di buona trasmissività, localmente piuttosto eterogenei ed anisotropi, e sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, frazionate o a deflusso unitario. La permeabilità, per porosità e per fessurazione, è variabile da bassa ad alta. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

11.1.3 *Complesso conglomeratico-sabbioso (4)*

A questo complesso sono associati i depositi pleistocenici dei Conglomerati di Campomarino (7). È formato da conglomerati poligenici ed eterometrici, ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi da sub-angolosi ad arrotondati, con matrice sabbiosa e sabbioso-limoso da scarsa ad abbondante; localmente si rinvencono livelli di argille limose e sabbie grossolane a stratificazione prevalentemente incrociata.

Questi litotipi costituiscono acquiferi misti di buona trasmissività e sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, frazionate o a deflusso unitario. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da media ad alta. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-5}$ e $1 \cdot 10^{-1}$ m/s.

11.1.4 Complesso alluvionale terrazzato (3)

Questo complesso è costituito dai depositi alluvionali tardo-pleistocenici (6) che si rinvengono, localmente, in corrispondenza delle superfici terrazzate che bordano i principali fondovalle attuali. Si tratta di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con abbondante matrice sabbiosa e sabbioso-limosa; sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate; argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose.

I terreni in esame costituiscono acquiferi porosi piuttosto eterogenei ed anisotropi e sono sede di falde idriche sotterranee di scarsa rilevanza, generalmente a carattere stagionale, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a media. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

11.1.5 Complesso alluvionale e marino (2)

A tale complesso sono riferiti i depositi attuali e recenti, (2, 3, 4, 5) che si rinvengono, in tutta l'area di studio, lungo le piane alluvionali attuali o in prossimità della costa adriatica. È costituito da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate a molto arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante; sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con abbondanti resti di lamellibranchi e locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate a molto arrotondate; argille limose e limi argillosi, spesso ricchi di sostanza organica, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie, torbe e terreni organici, spesso associati a sedimenti limoso-sabbiosi e limoso-argillosi.

Tali depositi costituiscono acquiferi porosi particolarmente eterogenei ed anisotropi e sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa ad alta. A questo complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-2}$ m/s.

11.1.6 Complesso detritico-colluviale (1)

Il presente complesso è rappresentato dai depositi olocenici, di natura essenzialmente detritico-colluviale (1), che spesso si rinvengono a copertura delle unità geologiche più antiche. È formato da limi sabbiosi e sabbie limose, a struttura indistinta, con locali ghiaie eterometriche, da sub-angolose a sub-arrotondate; argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta, con locali passaggi di sabbie e sabbie ghiaiose.

I suddetti depositi costituiscono acquiferi porosi eterogenei ed anisotropi e sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. A tale complesso si può quindi attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-3}$ m/s.

11.2 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

Allo scopo di indagare l'effettiva presenza di falde idriche sotterranee e il relativo andamento della superficie piezometrica, nel corso dello studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai pozzi ed alle sorgenti esistenti nei settori di interesse. Inoltre, nel corso delle successive campagne di indagini geognostiche sono stati acquisiti dati di monitoraggio relativi alle strumentazioni piezometriche installate.

In dettaglio nell'area d'interesse progettuale sono stati raccolti dati unicamente circa la presenza di pozzi, mentre non sono state individuate emergenze sorgentizie di cui non vi è traccia neanche in bibliografia e negli archivi degli enti operanti sul territorio.

Relativamente ai pozzi il rilevamento di campagna non ha consentito di monitorare direttamente i rari pozzi presenti nell'area in quanto posti in aree private non accessibili o comunque non ispezionabili, al contrario la sono stati reperiti presso l'archivio nazionale dell'ISPRA (Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo - Legge 464/1984) i dati relativi a 14 pozzi presenti in un'ampia area contermina alla linea di progetto. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva dei dati raccolti.

Code carta	Code orig.	X	Y	Z	Uso	Data rilevamento	Falda m s.l.m.	Prof. (m)	Comune
P01	163531	2519756.85	4649149.908	29.6	industriale	mar-98	-1.40	50	Termoli
P04	163400	2530373.9	4641601.169	5.0	agricolo	feb-98	2.00	150	Campomarino
P05	163402	2530489.11	4641570.357	5.0	agricolo	giu-98	1.90	150	Campomarino
P06	163404	2530535.07	4641663.247	5.0	agricolo	giu-98	2.00	144	Campomarino
P07	163399	2530535.25	4641539.558	5.0	agricolo	gen-98	1.70	145	Campomarino
P08	163405	2530581.13	4641632.336	5.0	agricolo	lug-98	2.00	144	Campomarino
P09	163397	2530627.46	4641478.292	5.0	agricolo	gen-98	1.90	148	Campomarino
P10	163396	2530719.62	4641447.451	5.0	agricolo	gen-98	1.80	140	Campomarino
P11	163407	2530811.83	4641385.744	5.0	agricolo	lug-98	1.75	144	Campomarino
P12	163408	2530880.99	4641324.447	5.0	agricolo	lug-98	1.65	144	Campomarino
P13	163394	2530926.59	4641601.985	5.0	agricolo	gen-98	2.00	130	Campomarino
P14	163409	2530926.64	4641571.007	5.0	agricolo	ott-97	3.00	450	Campomarino
P02	206437	2541666.85	4639190.326	7.0	agricolo	nov-89	-5.50	30	Serracapriola
P03	206430	2541781.5	4639344.786	7.0	agricolo	nov-89	-5.50	30	Serracapriola

Tabella 1 – Censimento pozzi disponibile presso la banca dati ISPRA - Archivio nazionale delle indagini del sottosuolo (Legge 464/1984), in rosso sono riportati i pozzi che ricadono ad una distanza inferiore a 500m dal tracciato di progetto e riportati nella carta idrogeologica allegata allo studio.

Il monitoraggio delle strumentazioni piezometriche installate nei fori di sondaggio è stato eseguito in periodi diversi in relazione al susseguirsi delle fasi di indagine, condizionate dall'evoluzione del tracciato. Nel dettaglio sono state realizzate n. 3 campagne di monitoraggio a partire dall'anno 2001, di seguito si riportano le tabelle riassuntive dei dati di monitoraggio registrati.

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
 IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	39 di 89

Piezo metro	Data											
	09/07/01	07/08/01	27/08/01	19/09/01	01/11/01	03/12/01	14/01/02	20/02/02	28/03/02	22/04/02	24/05/02	20/06/02
S1	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente
S2	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente
S3	assente	assente	assente	assente	distrutto							
S4	-8.07	-8.10	-8.15	-8.12	distrutto							
S5	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente
S6	-2.25	-2.23	-2.22	-2.06	-1.89	-1.68	-1.68	-1.66	-1.65	-1.70	-1.85	-2.06
S7	-0.90	-0.85	-0.85	-0.52	-0.45	-0.38	-0.35	-0.30	p.c.	-0.25	-0.45	-0.70
S8	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente	assente
S9	-2.40	-2.00	-1.85	n.d.	n.d.	-1.68	-1.67	-1.65	-1.57	-1.68	-1.79	-1.90
S10	-2.40	-2.60	-2.90	n.d.	n.d.	-2.88	-2.85	-2.70	-2.65	-2.65	-2.70	-2.75
S11	-2.40	-2.40	-2.40	n.d.	n.d.	-2.50	-2.40	-2.30	-2.12	-2.15	-2.25	-2.31
S12	-1.00	-0.65	-0.50	n.d.	n.d.	-0.36	-0.35	-0.36	-0.35	-0.40	-0.44	-0.53
S13	-1.80	-1.85	-1.88	-1.86	-1.83	-1.73	-1.60	-1.45	-1.30	-1.40	-1.49	-1.65
S14	-1.75	-1.82	-1.90	-1.88	-1.75	-1.75	-1.70	-1.50	-1.35	-1.44	-1.55	-1.72
S15	-1.72	-1.20	-1.20	-1.18	-1.22	-1.12	-1.07	-0.96	-0.89	-1.00	-1.05	-1.13
S18	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.	p.c.
S19	-0.45	-0.60	-0.70	-0.68	-0.66	-0.68	-0.60	-0.45	-0.31	-0.40	-0.47	-0.56
S20	-0.35	-0.52	-0.60	-0.58	-0.53	-0.70	-0.63	-0.50	-0.39	-0.43	-0.46	-0.50
S21	-0.90	-0.90	-0.88	-0.88	-0.82	-0.81	-0.80	-0.73	-0.57	-0.66	-0.75	-0.80
S22	-1.48	-1.60	-1.61	-1.60	-1.52	-1.70	-1.65	-1.50	-1.38	-1.47	-1.50	-1.54
S23	-1.73	-1.80	-1.80	-1.80	-1.76	-1.74	-1.69	-1.57	-1.44	-1.53	-1.64	-1.71
S24	-2.30	-3.30	-2.34	-2.32	-2.18	-2.17	-2.10	-1.98	-1.80	-1.93	-2.15	-2.20
S25	-9.90	-1.85	-1.82	-1.81	-1.74	-1.78	-1.70	-1.62	-1.51	-1.62	-1.73	-1.78
S26	-1.10	-1.50	-1.67	-1.59	-1.50	-1.55	-1.52	-1.33	-1.15	-1.24	-1.35	-1.46
S27	-1.85	-1.60	-1.60	-1.59	-1.51	-1.53	-1.46	-1.30	-1.16	-1.25	-1.38	-1.50
S28	-1.73	-1.75	-1.77	-1.77	-1.70	-1.68	-1.56	-1.39	-1.20	-1.30	-1.45	-1.63
S29	-1.55	-1.55	-1.55	-1.52	-1.47	-1.39	-1.32	-1.19	-1.05	-1.15	-1.25	-1.38
S30	-0.80	-1.20	-1.29	-1.21	-1.12	-1.00	-0.95	-0.76	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
S31	-0.60	-0.80	-0.90	-0.87	-0.83	-0.72	-0.65	-0.53	-0.40	-0.50	-0.61	-0.73
S32	-0.60	-1.00	-1.00	-0.85	-0.81	-0.69	-0.56	-0.32	-0.18	-0.27	-0.48	-0.65
S33	-0.70	-1.00	-1.05	-0.98	-0.88	-0.83	-0.70	-0.58	-0.40	-0.45	-0.56	-0.74
S34	-1.00	-1.30	-1.30	-1.11	-1.02	-0.88	-0.70	-0.57	-0.41	-0.50	-0.61	-0.72
S35	-0.10	-0.30	-0.32	-0.23	-0.20	-0.19	-0.15	-0.08	p.c.	p.c.	p.c.	-0.10
S37	-0.40	-0.30	-0.23	-0.18	-0.13	-0.15	-0.12	-0.10	p.c.	p.c.	-0.10	-0.21
S38	-1.10	-1.30	-1.35	n.d.	distrutto							
S39	-0.80	-1.10	-1.15	n.d.	-0.67	-0.70	-0.60	-0.48	-0.32	-0.42	-0.53	-0.60

Piezo metro	Data											
	09/07/01	07/08/01	27/08/01	19/09/01	01/11/01	03/12/01	14/01/02	20/02/02	28/03/02	22/04/02	24/05/02	20/06/02
S40	-1.10	-1.35	-1.44	-1.27	-1.24	-1.25	-1.14	-0.98	-0.89	-0.95	-1.03	-1.08
S42	-0.75	-1.10	-1.22	-1.04	-0.89	-0.90	-0.80	-0.68	-0.50	-0.55	-0.60	-0.66
S44	-1.70	-2.00	-2.05	-1.87	-1.86	-1.85	-1.76	-1.70	-1.64	-1.65	-1.66	-1.68
S45	-2.20	-2.54	-2.63	-2.53	-2.43	-2.43	-2.32	-2.22	-2.18	-2.27	-2.35	-2.43
S46	-3.50	-3.50	-3.53	-3.50	-3.36	-3.36	-3.25	-3.12	-3.00	-3.12	-3.25	-3.37
S47	-4.10	-3.50	-3.41	-3.34	-3.31	-3.31	-3.23	-3.10	-2.98	-3.05	-3.22	-3.33
S48	-1.56	-1.50	-1.49	-1.25	-1.37	-1.33	-1.24	-1.14	-0.95	-1.04	-1.19	-1.35
S49	-5.90	-4.95	-4.94	-5.86	-4.82	-4.80	-4.74	-4.65	-4.55	-4.65	-4.77	-4.88
S50	-4.30	-4.50	-4.53	-4.47	-4.36	-4.36	-4.25	-4.18	-4.08	-4.12	-4.18	-4.29

Tabella 2 – Monitoraggio piezometrico 2001/2002(i livelli sono espressi in m dal p.c.).

Piezometro	Data
	03/02/2010
PNIA33V05	-4.10
PNIA33V06	-4.10
PNIA33V08	-4.90
PCIA33V09	-4.90
PCIA33V10	-5.20
PCIA33V11	
PCIA33V12	
PCIA33V13	
PCIA33V16	
PNIA33V17	

Tabella 3 – Monitoraggio piezometrico 2010 (i livelli sono espressi in m dal p.c.).

Piezometro	Data
	03/02/2010
PNLIA3V06	-13.56
PNLIA3V07	-7.12
PNLIA3V09	-1.35
PCLIA3V02	-1.17
PCLIA3V03	-0.3 (falda in pressione)

Tabella 4 – Monitoraggio piezometrico 2012 (i livelli sono espressi in m dal p.c.).

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)**

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	41 di 89

L'intero set di dati disponibili, seppur disomogeneo sotto il profilo temporale, è stato analizzato criticamente per l'elaborazione della livelletta piezometrica proposta nel profilo idrogeologico allegato.

11.3 CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO

Tutti i dati raccolti durante il presente studio, di carattere sia geologico che idrogeologico, hanno permesso di definire le caratteristiche peculiari dell'area e di individuare, per grandi linee, il regime di deflusso idrico sotterraneo proprio dei settori di interesse.

Buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione areale e verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici secondari che nello specifico contesto di riferimento possono essere considerati degli *acquiclude*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

L'acquifero alluvionale e marino, rappresentato da depositi fortemente eterogenei dal punto di vista granulometrico e tessiturale, costituisce un complesso sistema idrogeologico sede di corpi idrici in parte separati e in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinate. Tale acquifero risulta poggiante sui depositi pelitici e sabbioso-conglomeratici del substrato plio-pleistocenico e presenta, in generale, spessori estremamente variabili in relazione alle locali condizioni morfologiche ed alla distanza dai principali rilievi collinari dell'area.

L'alimentazione deriva, in buona sostanza, dagli apporti idrici superficiali dei principali corsi d'acqua dell'area, anche se non mancano scambi idrici con gli acquiferi sotterranei dei complessi conglomeratico-sabbioso e sabbioso-arenaceo. Verso la costa, il suddetto acquifero risente in maniera evidente degli effetti dell'intrusione marina, anche se non sono disponibili dati diretti circa l'andamento dell'interfaccia tra acque dolci e acque salate.

L'acquifero alluvionale e marino presenta, nei settori di interesse, un deflusso in direzione circa SW-NE, che ricalca fortemente l'andamento morfologico delle principali zone di piana fluviale e costiera. Tale condizione è dettata, principalmente, dalle forti variazioni granulometriche dei depositi costituenti l'acquifero e, quindi, dalle presenza di importanti passaggi grossolani corrispondenti alle antiche aste fluviali dei principali corsi d'acqua dell'area, che rappresentano ovviamente degli assi di drenaggio preferenziale per le acque di falda.

In relazione a quanto esposto è evidente che l'elevata permeabilità media dei depositi e la ridotta distanza dalla costa impedisce, di fatto, la formazione di sorgenti o punti d'acqua di particolare interesse, nonostante la ridotta soggiacenza media della falda. Le acque sotterranee, pertanto, tendono a defluire generalmente verso il mare, anche se non sono da escludere locali scambi idrici con i principali corsi d'acqua dell'area, almeno nei periodi più piovosi dell'anno.

Relativamente agli altri acquiferi presenti nell'area, si sottolinea la presenza di deflussi idrici sotterranei di una certa importanza anche all'interno dei depositi alluvionali terrazzati e dei termini sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico. In particolare i depositi terrazzati, data la loro elevata permeabilità media e gli spessori generalmente piuttosto esigui, sono caratterizzati da falde stagionali di scarsa importanza anche se, talora, molto estese arealmente. Tali falde seguono, in generale, l'andamento della superficie topografica e presentano locali scambi idrici con gli acquiferi limitrofi.

I depositi grossolani pleistocenici, al contrario, mostrano sempre una permeabilità piuttosto buona e, in relazione alla maggiore estensione areale ed agli spessori generalmente più elevati, sono generalmente sede di falde a superficie libera di una certa importanza. Tali falde, come nel caso dei depositi alluvionali terrazzati, ricalcano in

	PROGETTO PRELIMINARE Linea Pescara - Bari Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L032	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

linea di massima l'andamento della superficie topografica e, come detto, presentano locali scambi idrici con l'acquifero alluvionale e marino delle zone di pianura.

12 SISMICITÀ DELL'AREA

Le caratteristiche di sismicità della Puglia settentrionale e dei settori esterni del Molise sono da porre in relazione, essenzialmente, con l'assetto geologico-strutturale della zona di avanfossa-avampaese a cui essi appartengono (Del Gaudio et al. 2007). Nell'area sono stati condotti numerosi studi che hanno fornito una accurata interpretazione dei diversi terremoti storici verificatisi in questo settore di territorio, individuando le strutture sismogenetiche responsabili e le loro caratteristiche principali (Venisti et al. 2004; Del Gaudio et al. 2007; Pierri et al. 2008).

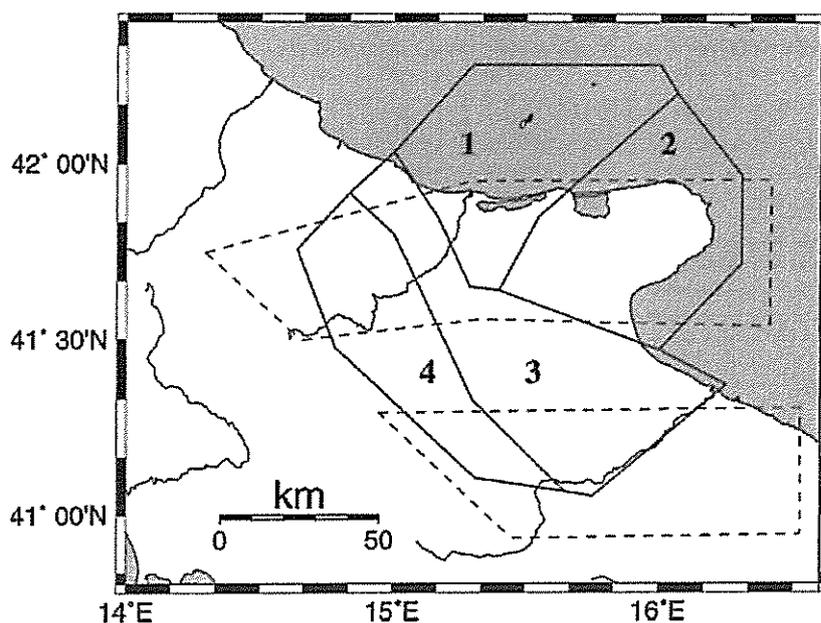


Figura 11 – Suddivisione della Puglia settentrionale in quattro zone (linee continue) con caratteristiche di sismicità differenti, suggerita dalla revisione delle caratteristiche di sismicità storica e strumentale condotta nello studio di Del Gaudio et al. 2007: 1) Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti; 2) Promontorio del Gargano; 3) Avanfossa del Tavoliere; 4) Sub-Appennino Dauno-Molise sud-orientale. Le linee tratteggiate indicano i confini delle zone sismogenetiche definite nella zonazione ZS9 (da Pierri et al. 2008).

A tal riguardo, un importante ruolo sembra essere svolto dalla eterogeneità strutturale che attraversa la placca adriatica in direzione SE-NW, individuata mediante un'analisi tomografica (Venisti et al. 2004). Essa può rappresentare un elemento di debolezza strutturale che spiegherebbe la focalizzazione del rilascio di energia sismica lungo una fascia piuttosto estesa (Pierri et al. 2008), che attraversa l'Adriatico centro-meridionale fino a giungere al basso corso del F. Fortore e la Lago di Lesina.

L'analisi della sismicità storica e strumentale suggerisce, per l'area di studio, una possibile differenziazione in quattro differenti zone sismogenetiche (Pierri et al. 2008):

- **Zona basso Fortore-Lesina-Isole Tremiti:** si trova al bordo della eterogeneità strutturale sopra descritta; è

caratterizzata da sismicità superficiale (ipocentri a profondità comprese nell'intervallo 5÷15 km) e da faglie *strike-slip* N-S sinistre o E-W destre, debolmente transpressive per compressione NW ed estensione NE;

- **Promontorio del Gargano:** il campo di *stress* ha proprietà simili alla zona sismogenetica precedente, ma è caratterizzata da ipocentri leggermente più profondi (10÷25 km), da un minor tasso di rilascio energetico e da una distribuzione spaziale che suggerisce un'orientazione preferenziale N-S, piuttosto che E-W;
- **Zona di Avanfossa del Tavoliere:** il tasso di rilascio energetico è decisamente inferiore alle due zone precedenti; il campo di *stress* vede più accentuata la componente estensiva NE rispetto a quella compressiva NW, probabilmente per effetto di una minore efficienza nella trasmissione della compressione assiale lungo il bordo meno rigido della placca adriatica;
- **Subappennino Dauno-Molise sud-orientale:** include l'area epicentrale della sequenza sismica del Molise del 2002 (Terremoto di S. Giuliano di Puglia) e presenta un'attività sismica apparentemente caratterizzata da isolati episodi di sismicità moderata, intervallati da lunghi periodi di sostanziale quiescenza.

12.1 SISMICITÀ STORICA

Nonostante la somiglianza strutturale con il resto della regione apula, in gran parte costituita dalla stessa piattaforma carbonatica affiorante nel promontorio del Gargano, la zona di studio presenta una sismicità molto più attiva e ben documentata da dati storici e di monitoraggio strumentale. Essa include almeno tre eventi (1361, 1627, 1731) che hanno causato effetti superiori al X grado della scala Mercalli-Cancani-Sieberg (MCS), e numerosi sismi di minore intensità (e.g. in 1223, 1414, 1646) che hanno causato comunque gravi danni e un incerto numero di vittime.

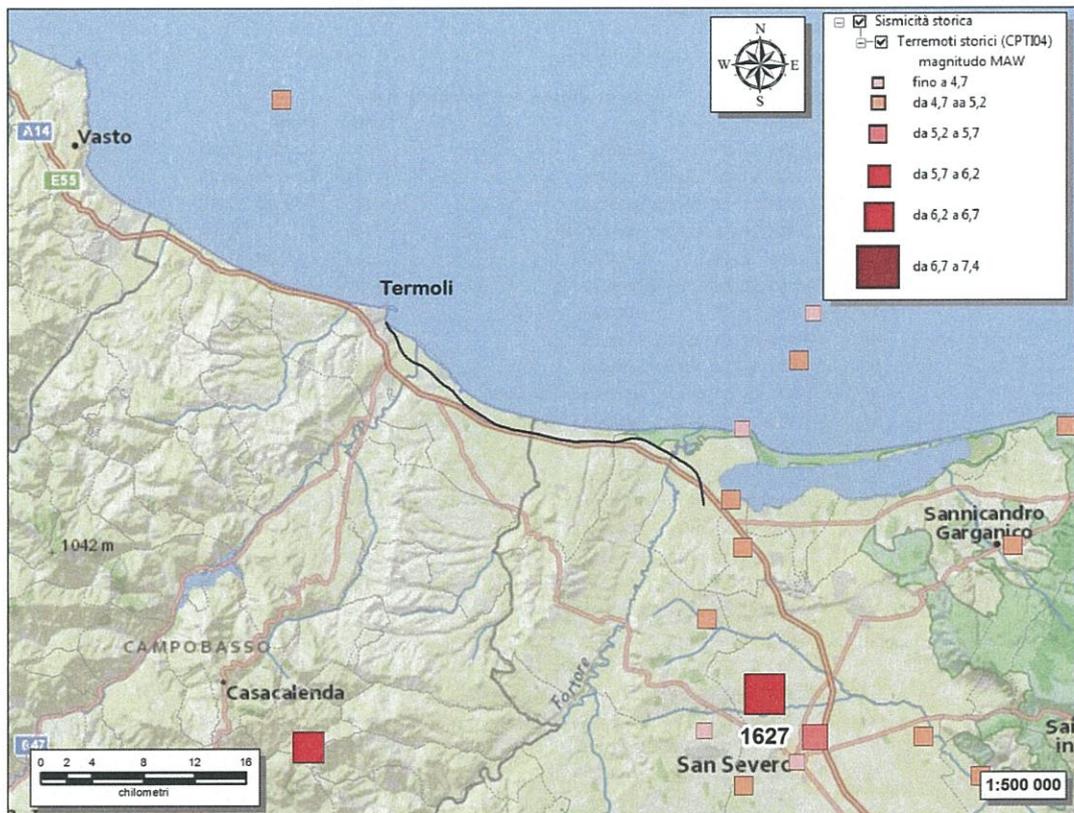


Figura 12 – Ubicazione dei principali terremoti storici che hanno interessato di studio (da INGV, URL: <http://apps.arcgis.com/hosted/OnePane/basicviewer/index.html?appid=951d08eed7748909d2aa67317fb67c9>)

In tempi recenti, diversi terremoti hanno causato lievi danni nella zona del Gargano e nelle aree ad essa limitrofe, come l'evento di magnitudo momento $M_w=5.2$ che ha colpito la parte nord-orientale del promontorio il 30 settembre 1995. Al contrario, a sud del F. Ofanto nessun evento ha causato effetti di danneggiamento comparabili con quelli dei maggiori terremoti verificatisi nella Puglia settentrionale e anche la sismicità strumentale mostra un tasso di ricorrenza degli eventi sismici minore (Del Gaudio et al. 2009).

Nelle figure seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI11). Tale ricerca è stata svolta al fine di documentare la storia sismica degli abitati di Termoli, Campomarino, Chieuti, Serracapriola e Lesina.

Storia sismica di Termoli
[42.000, 14.993]

Numero di eventi: 30

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
6	1456 12 05	MOLISE	199	11 7.22 ±0.13
8-9	1627 07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20
NC	1706 11 03 13:00	Maiella	99	10- 6.83 ±0.16
5	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08
5	1889 12 08	APRICENA	122	7 5.69 ±0.13
3-4	1892 06 06	TREMITI	72	6 5.06 ±0.19
3	1894 03 25	LESINA	29	6-7 4.75 ±0.39
NF	1904 04 08 08:22	Gargano	32	6 4.91 ±0.42
NF	1905 11 26 06:4	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13
NF	1907 01 23 00:20	Adriatico centrale	93	5.06 ±0.15
2	1908 12 28 04:2	Calabria meridionale-Messina	800	11 7.10 ±0.15
4-5	1913 10 04 18:26	Matese	205	7-8 5.37 ±0.11
3	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11 7.00 ±0.09
5	1930 07 23 00:0	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09
NF	1930 10 30 07:1	SENIGALLIA	263	8 5.81 ±0.09
4	1933 09 26 03:3	Maiella	326	9 5.95 ±0.09
3	1937 07 17 17:1	SAN SEVERO	40	6 5.05 ±0.19
NC	1937 12 15 21:2	CAPITANATA	23	4-5 4.62 ±0.26
4	1951 01 16 01:1	Gargano	73	7 5.35 ±0.20
5	1980 11 23 18:3	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
4-5	1984 05 07 17:4	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
4-5	1984 05 11 10:4	Appennino abruzzese	342	5.50 ±0.09
3	1990 05 05 07:2	Potentino	1374	5.80 ±0.09
5	2002 10 31 10:3	MOLISE	51	7-8 5.74 ±0.09
5	2002 11 12 09:2	Subapp. Dauno	177	5-6 4.64 ±0.09
NF	2003 01 27 04:0	Monti dei Frentani	64	5-6 4.27 ±0.14
3-4	2003 06 01 15:4	Molise	516	5 4.50 ±0.09
4-5	2003 12 30 05:3	Monti dei Frentani	339	5-6 4.57 ±0.09
3-4	2005 03 01 05:4	Monti dei Frentani	137	5 3.97 ±0.18
4	2006 05 29 02:2	Promontorio del Gargano	384	5-6 4.63 ±0.09

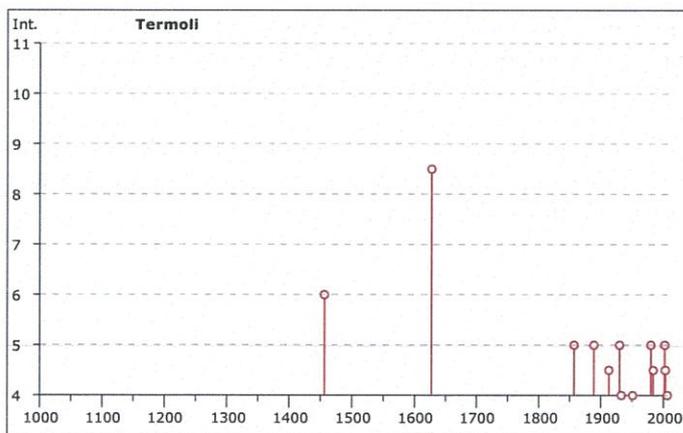


Figura 13 – Grafico illustrante la storia sismica di Termoli (CB). Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (Is) dei terremoti rilevati (da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/).

Storia sismica di Campomarino
[41.957, 15.035]

Numero di eventi: 14

Effetti	Data		Ax	Np	Io Mw
8	1627	07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20
5	1980	11 23 18:3	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
4	1984	05 07 17:4	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
NF	1988	04 26 00:5	Adriatico centrale	78	5.39 ±0.09
NF	1989	03 11 21:0	Gargano	50	5 4.52 ±0.16
3	1990	05 05 07:2	Potentino	1374	5.80 ±0.09
3-4	1995	09 30 10:1	Gargano	145	6 5.18 ±0.09
5-6	2002	11 01 15:0	Subapp. Dauno	645	5.72 ±0.09
4	2002	11 12 09:2	Subapp. Dauno	177	5-6 4.64 ±0.09
4	2003	01 27 04:0	Monti dei Frentani	64	5-6 4.27 ±0.14
3-4	2003	06 01 15:4	Molise	516	5 4.50 ±0.09
4-5	2003	12 30 05:3	Monti dei Frentani	339	5-6 4.57 ±0.09
2	2005	03 01 05:4	Monti dei Frentani	137	5 3.97 ±0.18
4-5	2006	05 29 02:2	Promontorio del Gargano	384	5-6 4.63 ±0.09

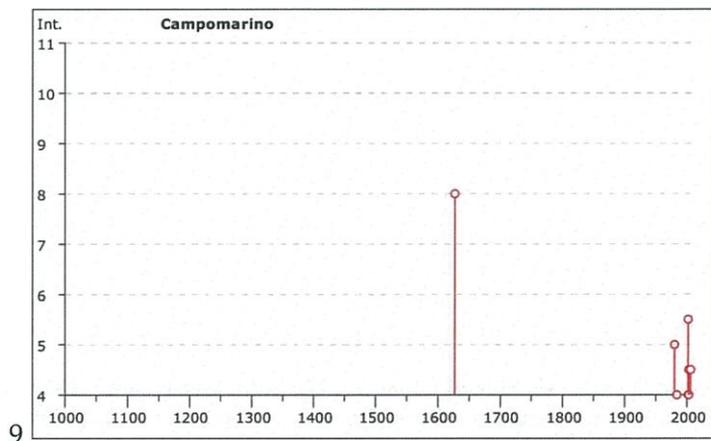


Figura 14 – Grafico illustrante la storia sismica di Campomarino (CB). Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (Is) dei terremoti rilevati (da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/).

Storia sismica di Chieuti
[41.844, 15.166]

Numero di eventi: 14

Effetti		In occasione del terremoto del:		
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
9	1627 07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20
NF	1882 06 06 05:40	Monti del Matese	52	7 5.27 ±0.25
5	1894 03 25	LESINA	29	6-7 4.75 ±0.39
6	1962 08 21 18:1	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10
3-4	1984 05 07 17:4	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
NF	1988 04 26 00:5	Adriatico centrale	78	5.39 ±0.09
4-5	1990 05 05 07:2	Potentino	1374	5.80 ±0.09
5	1995 09 30 10:1	Gargano	145	6 5.18 ±0.09
5-6	2002 10 31 10:3	MOLISE	51	7-8 5.74 ±0.09
5-6	2002 11 01 15:0	Subapp. Dauno	645	5.72 ±0.09
5	2002 11 12 09:2	Subapp. Dauno	177	5-6 4.64 ±0.09
3	2003 12 30 05:3	Monti dei Frentani	339	5-6 4.57 ±0.09
3-4	2005 03 01 05:4	Monti dei Frentani	137	5 3.97 ±0.18
4-5	2006 05 29 02:2	Promontorio del Gargano	384	5-6 4.63 ±0.09

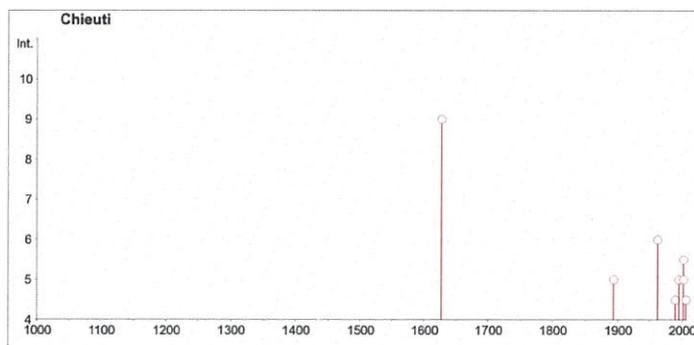


Figura 15 – Grafico illustrante la storia sismica di Chieuti (FG). Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (Is) dei terremoti rilevati (da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/).

Storia sismica di Serracapriola
[41.806, 15.160]

Numero di eventi: 37

Effetti		In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Az	Np	Io Mw	
9-10	1627 07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20	
9	1627 08 07 16:40	Gargano	5		
8-9	1646 05 31	Gargano	35	9-10 6.61 ±0.45	
6-7	1647 05 05	Gargano	5	7-8 5.89 ±0.71	
F	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9 6.53 ±0.25	
6	1805 07 26 21:00	Molise	223	10 6.62 ±0.11	
6	1851 08 14 13:20	Basilicata	103	10 6.38 ±0.17	
2	1882 06 06 05:40	Monti del Matese	52	7 5.27 ±0.25	
4-5	1889 12 08	APRICENA	122	7 5.69 ±0.13	
NF	1893 08 10 20:52	Gargano	69	8 5.36 ±0.22	
5	1894 03 25	LESINA	29	6-7 4.75 ±0.39	
2-3	1905 11 26 06:4	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13	
4-5	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.73 ±0.09	
5	1912 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	
5	1919 10 21 00:2	Gargano	28	5-6 5.09 ±0.26	
6	1930 07 23 00:0	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09	
6	1937 07 17 17:1	SAN SEVERO	40	6 5.05 ±0.19	
4	1951 01 16 01:1	Gargano	73	7 5.35 ±0.20	
6	1962 08 21 18:1	Irpinia	262	9 6.13 ±0.10	
4-5	1972 02 29 20:5	Adriatico meridionale	21	4.82 ±0.18	
6	1980 11 23 18:3	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09	
4	1984 05 07 17:4	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09	
4	1984 05 11 10:4	Appennino abruzzese	342	5.50 ±0.09	
4	1989 03 11 21:0	Gargano	50	5 4.52 ±0.16	
3-4	1990 05 05 07:2	Potentino	1374	5.80 ±0.09	
NF	1991 05 26 12:2	Potentino	597	7 5.11 ±0.09	
NF	1992 11 05 13:3	Gargano	32	5 4.64 ±0.18	
5	1995 09 30 10:1	Gargano	145	6 5.18 ±0.09	
5	2002 10 31 10:3	MOLISE	51	7-8 5.74 ±0.09	
5	2002 11 01 15:0	Subapp. Dauno	645	5.72 ±0.09	
5	2002 11 12 09:2	Subapp. Dauno	177	5-6 4.64 ±0.09	
NF	2003 01 27 04:0	Monti dei Frentani	64	5-6 4.27 ±0.14	
4	2003 06 01 15:4	Molise	516	5 4.50 ±0.09	
5	2003 12 30 05:3	Monti dei Frentani	339	5-6 4.57 ±0.09	
NF	2005 03 01 05:4	Monti dei Frentani	137	5 3.97 ±0.18	
5	2006 05 29 02:2	Promontorio del Gargano	384	5-6 4.62 ±0.09	

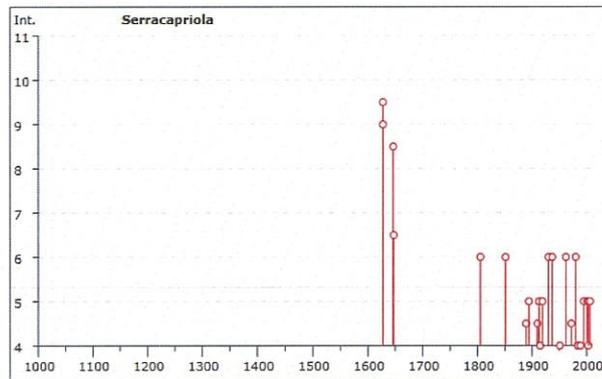


Figura 16 – Grafico illustrante la storia sismica di Serracapriola (FG). Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (Is) dei terremoti rilevati (da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/).

Storia sismica di Lesina
[41.864, 15.353]

Numero di eventi: 29

Effetti	In occasione del terremoto del:			
I [MCS]	Data	Ax	Np	Io Mw
10	1627 07 30 10:50	Gargano	65	10 6.66 ±0.20
9-10	1657 01 29	Lesina	9	8-9 6.37 ±0.45
F	1688 06 05 15:30	Sannio	216	11 6.98 ±0.12
6	1805 07 26 21:00	Molise	223	10 6.62 ±0.11
6	1829 07 03	Lesina, San Severo	2	5 4.30 ±0.34
5	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11 7.03 ±0.08
3	1864 12 28	Sannicandro, Lesina	3	6 4.72 ±0.34
7	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8 5.98 ±0.16
3	1881 09 10 07:00	Abruzzo meridionale	29	8 5.59 ±0.32
NF	1882 06 06 05:40	Monti del Matese	52	7 5.27 ±0.25
5	1889 12 08	APRICENA	122	7 5.69 ±0.13
3	1892 04 20	GARGANO	15	6-7 4.98 ±0.32
7	1894 03 25	LESINA	29	6-7 4.75 ±0.39
2-3	1905 11 26 06:4	Irpinia	136	7-8 5.21 ±0.13
F	1930 07 23 00:0	Irpinia	547	10 6.62 ±0.09
6	1937 07 17 17:1	SAN SEVERO	40	6 5.05 ±0.19
NF	1955 02 09 10:0	MONTE S.ANGELO	31	6-7 5.09 ±0.33
6	1972 02 29 20:5	Adriatico meridionale	21	4.82 ±0.18
5-6	1980 11 23 18:3	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.89 ±0.09
4	1984 05 07 17:4	Appennino abruzzese	912	8 5.89 ±0.09
4	1988 04 26 00:5	Adriatico centrale	78	5.39 ±0.09
4-5	1989 03 11 21:0	Gargano	50	5 4.52 ±0.16
5	1990 05 05 07:2	Potentino	1374	5.80 ±0.09
5-6	1995 09 30 10:1	Gargano	145	6 5.18 ±0.09
4-5	1998 09 22 23:2	GARGANO-FOGGIANO	30	5 4.57 ±0.19
5	2002 11 01 15:0	Subapp. Dauno	645	5.72 ±0.09
4	2003 06 01 15:4	Molise	516	5 4.50 ±0.09
2-3	2003 12 30 05:3	Monti dei Frentani	339	5-6 4.57 ±0.09
4-5	2006 05 29 02:2	Promontorio del Gargano	384	5-6 4.63 ±0.09

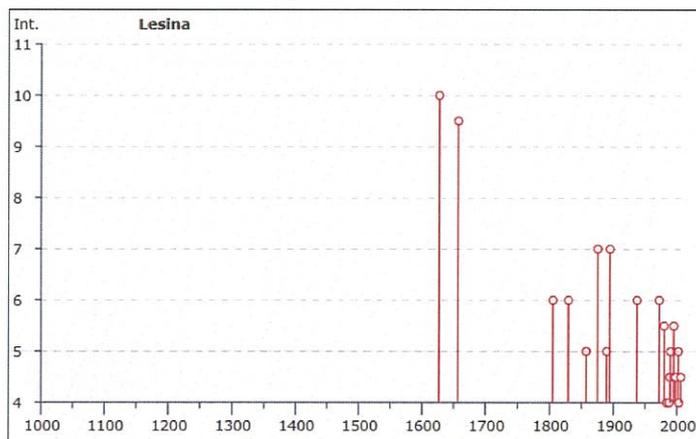


Figura 17 – Grafico illustrante la storia sismica di Lesina (FG). Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (Is) dei terremoti rilevati (da http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11/query_place/).

12.2 SISMICITÀ ATTUALE

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa, i comuni di Termoli e Campomarino ricadevano in Zona 3, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici poco forti, mentre i comuni di Chieti, Serracapriola e Lesina ricadevano in Zona 2, ovvero aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici abbastanza forti.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni della penisola italiana, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

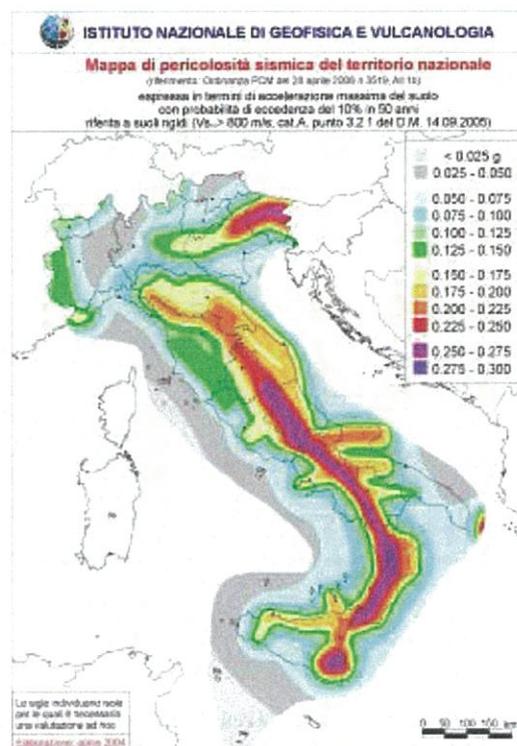


Figura 18 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello nazionale, stimata sulla base di quattro fondamentali zone sismiche. La vecchia classificazione sismica produceva, infatti, numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici che avveniva in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono continue e graduali. Successivamente verrà, infatti, mantenuta la classificazione secondo la quale il territorio nazionale è suddivisibile in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). Nello specifico, per la zona di interesse, i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.100-0.225 a_g (accelerazione massima al suolo).

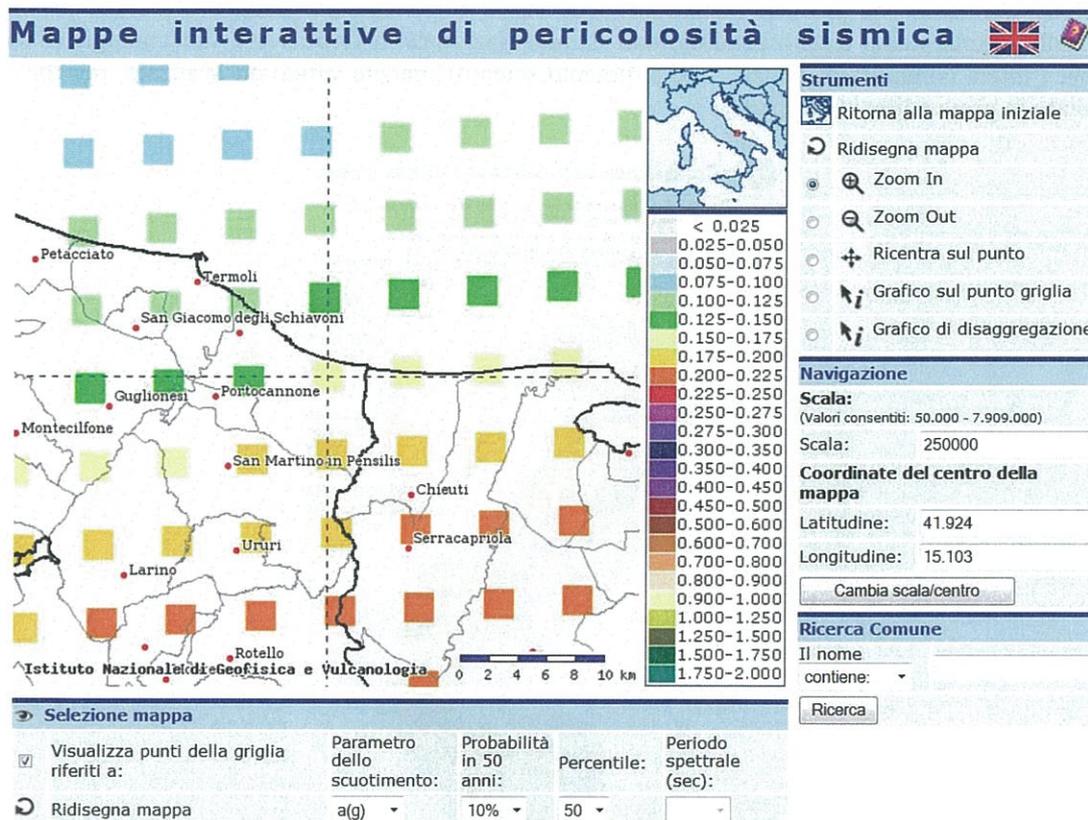


Figura 19 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per l'area di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Per quanto riguarda l'attuale zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Del Gaudio et al. 2009), l'area in esame ricade nella zona 924, nella quale viene collocata tutta la sismica dell'area garganica e molisana (Meletti & Valensise 2004). Tale zona presenta un andamento circa E-W ed è caratterizzata da strutture essenzialmente transtensive ad andamento appenninico, anti-appenninico ed E-W. Tra queste si ricorda la ben nota Faglia di Mattinata, posta nella porzione meridionale dell'area garganica e ritenuta generalmente attiva con una cinematica di tipo trascorrente destra, simile a quella del terremoto molisano del 2002 (Piccardi 1998; Piccardi et al. 2002).

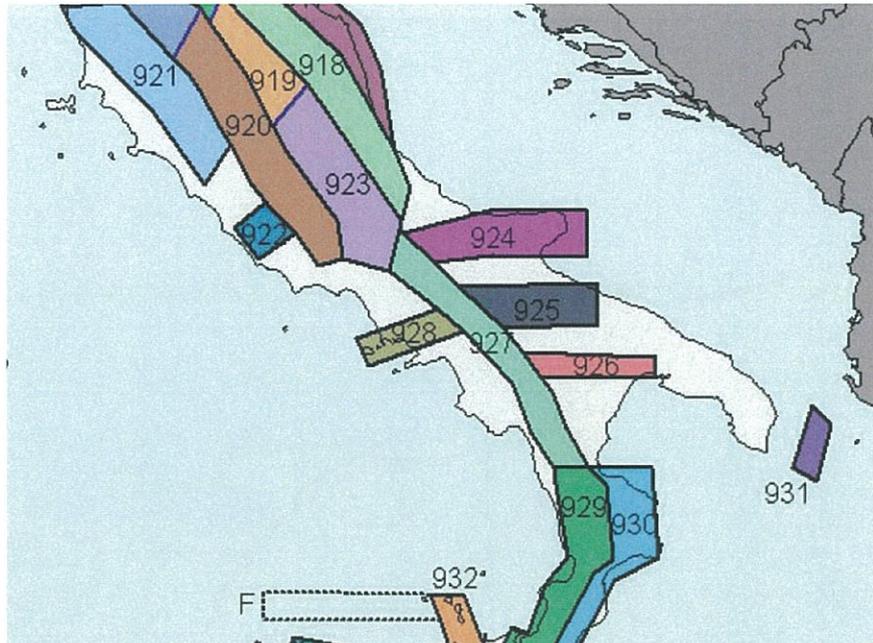


Figura 20 – Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (da Meletti & Valensise 2004, <http://zone.mi.ingv.it/>).

Infine, per quanto concerne le faglie capaci, il *database* del progetto ITHACA riporta la presenza di diversi elementi tettonici, inquadrabili nell'area di passaggio tra i settori di avanfossa e quelli di avampaese (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>). Tali elementi non interferiscono direttamente con il tracciato di progetto ma sono comunque in grado di produrre eventi sismici di una certa importanza, con sicuro risentimento nei settori di stretto interesse progettuale.

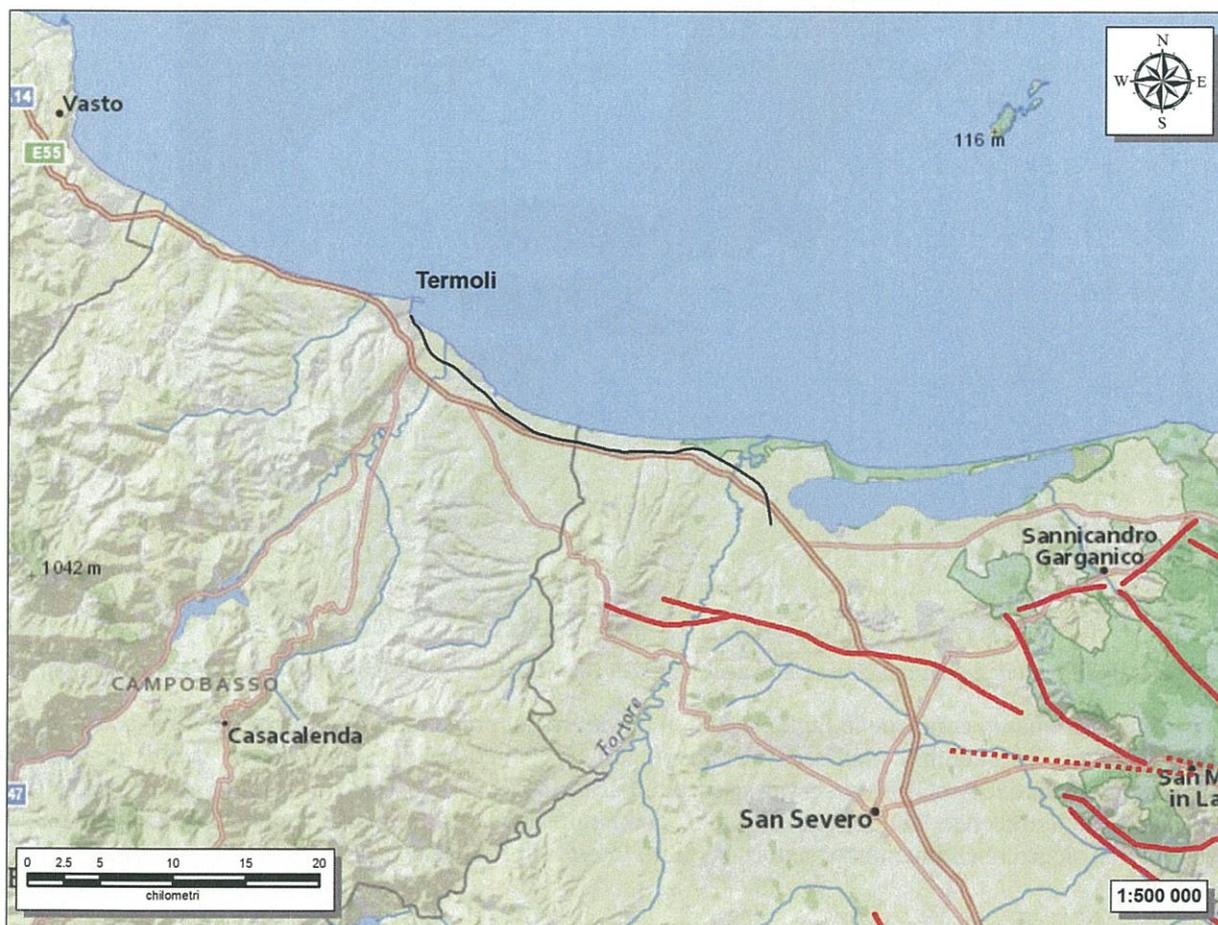


Figura 21 –Stralcio cartografico dell’area di interesse con indicazione schematica del tracciato di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso) (<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>).

12.3 PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell’evento naturale sul sistema antropico.

Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l’entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell’area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le

	PROGETTO PRELIMINARE Linea Pescara - Bari Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)					
	RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L032	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A

caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale, scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche).

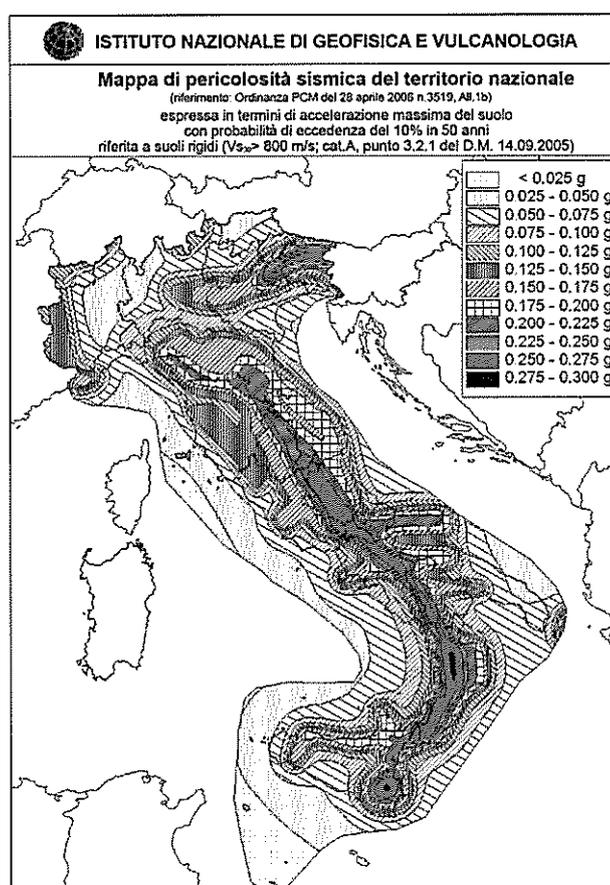


Figura 22 - Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (da INGV, 2006).

La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce ad oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le

Costruzioni 2008 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475 (tabella seguente).

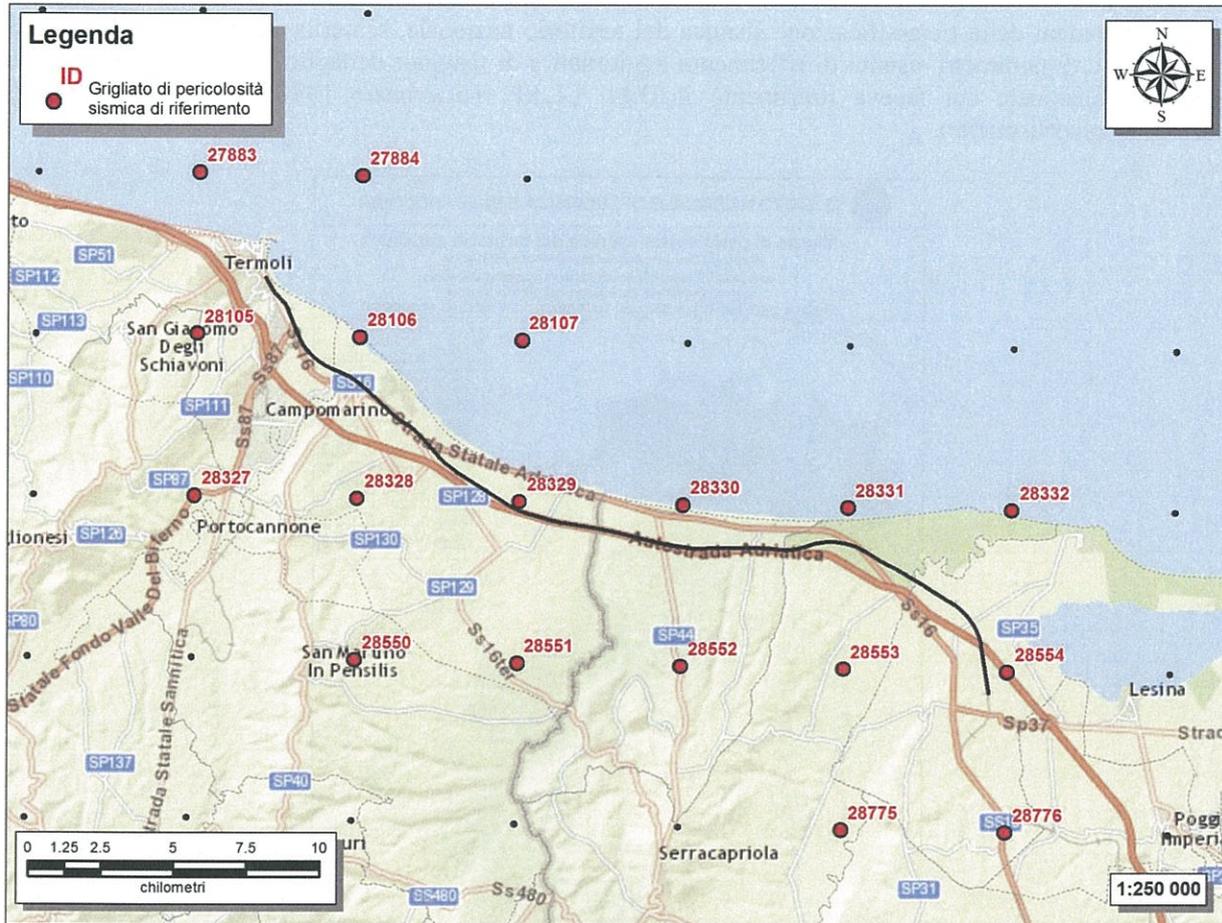


Figura 23 - Griglia di riferimento per il settore oggetto di studio, con individuazione del tracciato di progetto (in nero) e dei punti del grigliato scelti (in rosso).

ID	LONGITUDINE	LATITUDINE	T_r	a_g	F_0	T_c
28327	14.969	41.926	475	0.1424	2.56	0.36
28105	14.970	41.976	475	0.1201	2.59	0.40
27883	14.971	42.026	475	0.1059	2.62	0.42
28550	15.035	41.875	475	0.1755	2.50	0.34
28328	15.036	41.925	475	0.1486	2.55	0.36

ID	LONGITUDINE	LATITUDINE	Tr	a_g	F_0	T_c
28106	15.037	41.975	475	0.1248	2.61	0.37
27884	15.038	42.025	475	0.1082	2.61	0.41
28551	15.102	41.874	475	0.1815	2.49	0.34
28329	15.103	41.924	475	0.1552	2.54	0.35
28107	15.104	41.974	475	0.1302	2.58	0.37
28552	15.169	41.873	475	0.1869	2.47	0.34
28330	15.170	41.923	475	0.1624	2.52	0.34
28553	15.236	41.872	475	0.1910	2.46	0.33
28331	15.238	41.922	475	0.1689	2.50	0.34
28554	15.303	41.871	475	0.1939	2.46	0.33
28332	15.305	41.921	475	0.1735	2.49	0.34
28775	15.235	41.822	475	0.2022	2.46	0.33
28776	15.302	41.821	475	0.2035	2.45	0.33

Tabella 5 - Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

I parametri forniti, in funzione di quanto previsto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, possono essere direttamente utilizzati per la ricostruzione degli spettri di risposta del sito e, quindi, per la progettazione di tutte le opere previste in conformità con le vigenti normative a livello nazionale.

La Nuova Normativa Tecnica per le Costruzioni prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 14/01/2008 – Capitoli 3.2 e 7.11), la determinazione del valore $V_{S,30}$, inteso come velocità media di propagazione delle onde di taglio (S) entro i primi 30 m di profondità, al di sotto del piano di fondazione. Tale determinazione può essere effettuata mediante prove dirette sul terreno (prove sismiche), attraverso l'individuazione della categoria di sottosuolo di appartenenza, come descritto nella normativa stessa, o con l'impiego di una formula empirica che utilizza i valori sperimentali di SPT in sito.

Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, basata sulla stima dei valori della velocità equivalente delle onde sismiche di taglio $V_{S,30}$ o in alternativa sul numero equivalente di colpi N_{SPT} ottenuti in una prova penetrometrica dinamica oppure sulla coesione non drenata equivalente c_u :

- A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m;
- 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 $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);

- C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina);
- E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{s,30} > 800$ m/s).

La norma differenzia altre due categorie di terreni che necessitano di studi speciali per la definizione dell'azione sismica:

- S1 - Depositi di terreni caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;
- S2 - Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

L'analisi critica e multiparametrica effettuata sui dati disponibili: prospezioni sismiche in foro, prove SPT in foro di sondaggio, prove di laboratorio geotecnico e stratigrafie dei sondaggi, hanno consentito di elaborare una preliminare ricostruzione delle categorie di sottosuolo, lungo il tracciato di progetto.

Lotto	Tratto	Categoria	Dati di riferimento
2	km 0+000 - 2+531	B	SPT
	km 2+531 - 4+593	D	SPT
	km 4+593 - 5+940	C	SPT+Laboratorio
3	km 5+940 - 8+970	B/C	SPT
	km 8+970 - 11+820	B/C	Sismica+SPT
	km 11+820 - 14+473	C	Assetto stratigrafico
	km 14+473 - 15+579	B	Sismica
	km 15+579 - 18+260	B	Assetto stratigrafico
1	km 18+260 - 19+360	B	Assetto stratigrafico
	km 19+360 - 19+551	C	Assetto stratigrafico

Lotto	Tratto	Categoria	Dati di riferimento
	km 19+551 - 22+014	B	SPT
	km 22+014 - 24+460	B/C	Sismica+SPT
	km 24+460 - 27+220	D	Sismica
	km 27+220 - 27+938	C	Sismica
	km 27+938 - 29+259	B	Sismica
	km 29+259- 31+044	B	Assetto stratigrafico

Tabella 6 – Indicazione delle classi di sottosuolo lungo il tracciato di progetto.

La modellazione proposta rappresenta una prima stima, esaustiva in relazione alla fase progettuale in essere, che presenta alcune incertezze in virtù dell'assenza di dati geofisici puntuali e distribuiti lungo l'intero tracciato e, dunque, potrà essere opportunamente definita e dettagliata nelle future fasi di approfondimento progettuale attraverso specifiche e puntuali indagini integrative.

13 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel corso dello studio sono state consultate ed analizzate le numerose indagini geognostiche disponibili, realizzate nei settori di territorio interessati dagli interventi in progetto o a questi limitrofi. L'intero set di dati derivanti dalle indagini di sito e dalle prove di laboratorio, condotte su campioni indisturbati di terreno, hanno permesso di configurare un quadro di conoscenze esaustivo, in relazione alla specifica fase di approfondimento progettuale in corso, circa l'assetto litostratigrafico di riferimento per le opere in progetto.

Nel corso del complesso iter progettuale sino ad oggi espletato, si sono succedute tre differenti campagne di indagini geognostiche, dal 2001 ad oggi, nelle quali sono state realizzate sia indagini dirette ed indirette; complessivamente sono stati realizzati n. 3 sondaggi a distruzione per sismica in foro, n. 69 sondaggi a rotazione e carotaggio continuo, di cui 59 strumentati con piezometro, n. 5 prospezioni sismiche down-hole e n. 2 cross-hole, n. 36 prove penetrometriche statiche continue e n. 2 prospezioni geoelettriche con elaborazione tomografica.

Nelle tabelle seguenti sono riportate le indagini eseguite ed utilizzate nell'ambito della presente studio, con indicazione delle coordinate e dei principali dati tecnici relativi ad ogni singola indagine.

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Longitudine	Latitudine	Quota s.l.m.	Profondità
CPT21	Prova penetrometrica statica	2521167.956	4646726.156	2.4	26.8
CPT23	Prova penetrometrica statica	2521278.933	4646632.459	1.6	29.8
CPT19	Prova penetrometrica statica	2521410.572	4646481.821	2.2	30.0
CPT22	Prova penetrometrica statica	2521720.748	4646214.004	2.5	30.0
CPT18	Prova penetrometrica statica	2521702.058	4646228.146	2.5	29.8
CPT17	Prova penetrometrica statica	2521774.377	4646177.504	2.5	30.0

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Longitudine	Latitudine	Quota s.l.m.	Profondità
CPT16	Prova penetrometrica statica	2521816.532	4646149.6	2.4	29.8
CPT12	Prova penetrometrica statica	2521989.718	4646049.717	2.3	29.6
CPT13	Prova penetrometrica statica	2521945.377	4646073.492	2.3	29.8
CPT11	Prova penetrometrica statica	2522034.929	4646027.967	2.3	29.8
CPT10	Prova penetrometrica statica	2522057.236	4646016.874	2.7	29.8
CPT9	Prova penetrometrica statica	2522102.532	4645995.626	2.7	29.8
CPT8	Prova penetrometrica statica	2522148.894	4645975.7	3.0	30.0
CPT7	Prova penetrometrica statica	2522379.766	4645880.315	1.6	16.6
CPT6	Prova penetrometrica statica	2522471.687	4645841.803	1.7	28.0
CPT5	Prova penetrometrica statica	2522585.73	4645790.059	2.0	18.0
CPT4	Prova penetrometrica statica	2522751.069	4645701.455	1.8	26.0
CPT3	Prova penetrometrica statica	2522873.94	4645623.798	1.3	7.6
CPT2	Prova penetrometrica statica	2522977.399	4645548.727	0.9	25.0
CPT1	Prova penetrometrica statica	2523033.656	4645504.024	1.2	10.0
CPT24	Prova penetrometrica statica	2523017.079	4645517.125	1.2	26.8
CPT20	Prova penetrometrica statica	2521326.588	4646574.464	1.6	29.8
CPT15	Prova penetrometrica statica	2521858.566	4646123.209	2.4	30.0
CPT14	Prova penetrometrica statica	2521892.049	4646103.75	2.4	30.0
S1	Sondaggio attrezzato con piezometro	2519982.587	4648964.108	25.5	20.0
S2	Sondaggio attrezzato con piezometro	2520031.839	4648870.462	23.2	20.0
S4	Sondaggio attrezzato con piezometro	2520083.269	4648804.161	12.5	10.0
S3	Sondaggio attrezzato con piezometro	2520103.502	4648746.89	22.8	20.0
S5	Sondaggio attrezzato con piezometro	2520723.83	4647865.03	25.0	10.0
S6	Sondaggio attrezzato con piezometro	2520960.311	4647474.787	9.0	10.0
S7	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521109.647	4646941.168	4.2	50.0
S8	Sondaggio non attrezzato	2521117.3	4646907.448	4.5	20.0
S9	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521129.82	4646862.115	2.0	25.0
S10	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521134.441	4646836.46	2.0	25.0
S11	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521175.35	4646773.703	2.0	25.0
S12	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521218.971	4646689.261	2.0	25.0
S13	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521288.953	4646607.386	2.0	25.0

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Longitudine	Latitudine	Quota s.l.m.	Profondità
S14	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521372.531	4646508.666	2.0	25.0
S15	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521450.978	4646425.125	2.2	25.0
S18	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521666.542	4646239.903	2.4	25.0
S20	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521834.072	4646125.519	2.4	25.0
S19	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521748.019	4646182.253	2.4	25.0
S21	Sondaggio attrezzato con piezometro	2521917.885	4646075.497	2.3	25.0
S22	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522011.868	4646039.174	2.3	60.0
S23	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522074.221	4645996.512	2.7	35.0
S24	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522162.33	4645949.688	3.0	50.0
S25	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522333.091	4645899.418	1.6	40.0
S26	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522425.707	4645861.302	1.7	40.0
S27	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522517.173	4645821.689	1.7	35.0
S28	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522630.709	4645767.962	2.1	25.0
S29	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522718.426	4645720.802	2.0	25.0
S30	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522804.06	4645669.623	1.5	25.0
S31	Sondaggio attrezzato con piezometro	2522898.013	4645606.86	1.5	25.0
S32	Sondaggio attrezzato con piezometro	2523001.468	4645611.934	0.9	25.0
S33	Sondaggio attrezzato con piezometro	2523014.509	4645532.793	1.2	25.0
S34	Sondaggio attrezzato con piezometro	2523162.995	4645377.187	1.8	10.0
S35	Sondaggio attrezzato con piezometro	2523759.111	4644879.464	4.2	20.0
S36	Sondaggio non attrezzato	2523733.505	4644852.366	4.5	20.0
S37	Sondaggio attrezzato con piezometro	2524089.188	4644542.412	3.1	10.0
S38	Sondaggio attrezzato con piezometro	2524618.075	4644310.578	3.5	10.0
S39	Sondaggio attrezzato con piezometro	2524788.461	4643898.6	3.0	10.0
S40	Sondaggio attrezzato con piezometro	2525286.297	4643474.56	4.0	20.0
S41	Sondaggio non attrezzato	2525313.92	4643457.514	3.5	20.0
S42	Sondaggio attrezzato con piezometro	2525787.963	4643261.501	2.5	10.0
S43	Sondaggio non attrezzato	2526681.472	4642880.9	3.0	10.0
S44	Sondaggio attrezzato con piezometro	2526722.495	4642981.963	2.8	20.0
S45	Sondaggio attrezzato con piezometro	2526764.441	4642910.54	2.2	20.0
S46	Sondaggio attrezzato con piezometro	2527350.15	4642756.874	3.7	10.0

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
 IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	61 di 89

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Longitudine	Latitudine	Quota s.l.m.	Profondità
S47	Sondaggio attrezzato con piezometro	2527977.417	4642565.341	5.3	10.0
S48	Sondaggio attrezzato con piezometro	2529227.588	4642167.276	3.0	10.0
S49	Sondaggio attrezzato con piezometro	2530191.902	4641817.37	5.3	10.0
S50	Sondaggio attrezzato con piezometro	2530968.901	4641607.483	4.0	10.0

Tabella 7 – Campagna indagini 2001, in grigio sono riportate le indagini ubicate al di fuori dell'area di rilievo geologico, nell'ambito del presente studio.

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Longitudine	Latitudine	Quota s.l.m.	Profondità
PEIA33V01	Prova penetrometrica statica	2542988.281	4638120.877	6.9	18.3
PUIA33V02	Prova penetrometrica statica	2542927.792	4638142.037	6.7	18.0
PUIA33V03	Prova penetrometrica statica	2543071.958	4638068.481	6.0	21.0
PEIA33V04	Prova penetrometrica statica	2542901.077	4638175.792	6.6	18.6
PEIA33V05	Prova penetrometrica statica	2543148.093	4638022.816	5.7	20.9
PEIA33V06	Prova penetrometrica statica	2542819.833	4638228.798	6.7	28.1
PEIA33V07	Prova penetrometrica statica	2542734.648	4638264.785	6.7	30.0
PEIA33V08	Prova penetrometrica statica	2542570.672	4638366.08	6.2	30.0
PEIA33V09	Prova penetrometrica statica	2543495.297	4637800.377	5.7	9.6
PUIA33V10	Prova penetrometrica statica	2543569.687	4637738.207	5.8	13.8
PEIA33V11	Prova penetrometrica statica	2543400.097	4637861.825	5.4	2.4
PUIA33V12	Prova penetrometrica statica	2542648.069	4638320.045	6.8	30.0
CHIA33V02	Sondaggio a distruzione di nucleo attrezzato per sismica in foro	2543560.325	4637747.635	5.8	50.0
DHIA33V07	Sondaggio a distruzione di nucleo attrezzato per sismica in foro	2543116.905	4638045.356	5.7	50.0

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Longitudine	Latitudine	Quota s.l.m.	Profondità
CHIA33V14	Sondaggio a distruzione di nucleo attrezzato per sismica in foro	2542597.411	4638364.414	6.8	60.0
PNIA33V05	Sondaggio attrezzato con piezometro	2543294.689	4637941.072	5.5	40.0
PNIA33V06	Sondaggio attrezzato con piezometro	2543197.708	4638000.188	5.5	40.0
PNIA33V08	Sondaggio attrezzato con piezometro	2543043.003	4638094.463	6.0	40.0
PCIA33V09	Sondaggio attrezzato con piezometro	2542922.974	4638155.729	6.7	40.0
PCIA33V10	Sondaggio attrezzato con piezometro	2542865.219	4638207.975	6.4	40.0
PCIA33V11	Sondaggio attrezzato con piezometro	2542789.016	4638257.078	6.6	40.0
PCIA33V12	Sondaggio attrezzato con piezometro	2542698.979	4638309.221	6.8	40.0
PCIA33V13	Sondaggio attrezzato con piezometro	2542613.561	4638358.297	6.9	40.0
PCIA33V16	Sondaggio attrezzato con piezometro	2542456.555	4638459.586	6.8	40.0
PNIA33V17	Sondaggio attrezzato con piezometro	2543657.408	4637658.517	10.0	40.0
CHIA33V01	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	2543555.704	4637750.71	5.4	60.0
CHIA33V15	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	2542588.174	4638370.553	6.6	60.0

Tabella 8 - Campagna indagini 2009.

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Longitudine	Latitudine	Quota s.l.m.	Profondità
PCLIA3V02	Sondaggio attrezzato con piezometro	2527920.556	4641402.364	3.0	30.0
PCLIA3V03	Sondaggio attrezzato con piezometro	2529421.625	4640991.495	3.5	30.0
PNLIA3V06	Sondaggio attrezzato con piezometro	2536745.936	4639837.748	19.2	30.0
PNLIA3V07	Sondaggio attrezzato con piezometro	2537571.25	4639788.215	11.6	30.0
PNLIA3V09	Sondaggio attrezzato con piezometro	2538883.431	4639974.444	4.2	30.0
DHLIA3V01	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	2526624.591	4642368.584	3.3	30.0

Sigla	Tipologia indagine e strumentazione	Longitudine	Latitudine	Quota s.l.m.	Profondità
DHLIA3V04	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	2531306.014	4640530.027	2.8	30.0
DHLIA3V05	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	2534121.217	4640003.59	10.7	30.0
DHLIA3V08	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	2538487.171	4639984.823	4.1	30.0

Tabella 9 - Campagna indagini 2012.

Le indagini geognostiche unitamente ai rilievi di campo e agli studi bibliografici reperiti hanno consentito di suddividere il sottosuolo dei diversi settori di intervento in differenti unità geologiche, omogenee dal punto di vista litologico e delle specifiche caratteristiche tecniche.

Relativamente alle prove penetrometriche (SPT), le analisi sono state condotte mediante uno studio comparativo dei valori geotecnici derivanti dall'applicazione di differenti correlazioni empiriche presenti in letteratura, in modo da minimizzare gli errori dovuti all'applicazione di relazioni empiriche non perfettamente calzanti al locale assetto litostratigrafico del sito.

13.1 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA PRELIMINARE DEI TERRENI

In relazione alla esiguità dei dati disponibili, alla loro non omogenea distribuzione e alla fase preliminare dello studio in oggetto, si propone una prima caratterizzazione geotecnica delle unità geologiche individuate accorpandole in unità litologiche uniformi dal punto di vista delle caratteristiche geologico-stratigrafiche e deposizionali. Inoltre la marcata eterogeneità litologica delle unità geologiche alluvionali e costiere determina direttamente una marcata variabilità dei parametri distintivi delle caratteristiche fisico-meccaniche intrinseche dei terreni, per tale ragione dovranno essere eseguite, nelle future fasi di approfondimento progettuale, campagne di indagini geologiche geotecniche tali da discretizzare le unità attualmente proposte in puntuali unità litotecniche omogenee al loro interno per caratteristiche fisiche e meccaniche.

Le caratteristiche fisico-meccaniche delle unità di seguito proposte sono state determinate mediante un'analisi critica e combinata dei dati disponibili in letteratura, delle risultanze delle indagini geognostiche dirette ed indirette e di tutte le prove di laboratorio disponibili.

13.1.1 Unità dei depositi costieri

Sono rappresentati da sabbie e sabbie limose sciolte a mediamente addensate e ghiaie poligeniche ed eterometriche, da subarrotondate a molto arrotondate sciolte o mediamente addensate, con locali lenti e livelli di limi argillosi.

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 18.5 \div 19.5 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi' = 25 \div 28^\circ$
- Coesione drenata $c' = 0 \div 5 \text{ kPa}$
- Densità relativa $D_r = 30 \div 50 \%$
- Numero di colpi SPT $N_{SPT} = 20 \div 30$

I parametri forniti sono rappresentativi del comportamento medio ascrivibile alla unità, ad ogni modo, è opportuno segnalare che qualora la distribuzione granulometrica localmente risulti caratterizzata dal marcato incremento di una specifica classe granulometrica si potrebbero determinare delle sostanziali variazioni dei parametri geotecnici di riferimento: la presenza percentualmente rilevante della frazione grossolana (ghiaia) comporterebbe un incremento dei parametri tipici di terreni a comportamento granulare (D_R e ϕ'), al contrario la presenza seppur sporadica di orizzonti e lenti caratterizzati da litotipi a prevalente granulometria fine (limi e argille) potrebbe determinare un marcato decremento degli stessi parametri.

Relativamente alla frazione ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa le caratteristiche litotecniche di riferimento possono essere sintetizzate come segue:

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 19.0 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi' = 30 \div 34^\circ$
- Coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$
- Densità relativa $D_r = 35 \div 55 \%$
- Numero di colpi SPT $N_{SPT} = 35 \div 50$

13.1.2 Unità dei depositi alluvionali

Si tratta di argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta o laminata, a consistenza variabile da morbida a soda, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose e sporadiche lenti e/o livelli di torbe e terreni organici molto compressibili. Ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, da sciolte a mediamente addensate.

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 17.00 \div 18.5 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi' = 19 \div 22^\circ$
- Coesione drenata $c' = 10 \div 20 \text{ kPa}$
- Coesione non drenata $c_u = 40 \div 80 \text{ kPa}$

I parametri forniti sono rappresentativi del comportamento medio ascrivibile alla unità, ad ogni modo, è opportuno segnalare che qualora la distribuzione granulometrica localmente risulti caratterizzata dal marcato incremento di una specifica classe granulometrica si potrebbero determinare delle sostanziali variazioni dei parametri geotecnici di riferimento; in particolare la presenza percentualmente rilevante della frazione grossolana (sabbia e ghiaia) comporterebbe un incremento dei parametri tipici di terreni a comportamento granulare (D_R e ϕ') e un marcato decremento delle caratteristiche di coesione, di contro la presenza seppur sporadica di orizzonti e lenti torbose o ad elevato contenuto in sostanza organica potrebbe determinare un generale scadimento delle caratteristiche fisico-meccaniche.

Relativamente alla frazione ghiaiosa e ghiaioso-sabbiosa le caratteristiche litotecniche di riferimento possono essere sintetizzate come segue:

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 18.5 \div 20.0 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi' = 28 \div 32^\circ$
- Coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$

- Densità relativa $D_r = 30 \div 55 \%$
- Numero di colpi SPT $N_{SPT} = 18 \div 35$

13.1.3 Unità dei Conglomerati di Campomarino

Conglomerati poligenici ed eterometrici, ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi da sub-angolosi ad arrotondati, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, da scarsa ad abbondante, ben addensati o da poco a mediamente cementati. Presenza di sporadici e sottili livelli di argille limose di colore verdastro e intercalazioni medio-fini di sabbie grossolane di colore grigio e giallastro da poco a mediamente addensate.

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 19.0 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi' = 32 \div 36^\circ$
- Coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$
- Densità relativa $D_r = 50 \div 70 \%$
- Numero di colpi SPT $N_{SPT} = 25 \div 45$

La presenza di sporadici orizzonti caratterizzati da litotipi a granulometria fine, limoso-argillosi, determina delle sostanziali variazioni locali dei parametri geotecnici di riferimento con scadimento delle caratteristiche di resistenza.

13.1.4 Unità delle Sabbie di Serracapriola

Sabbie medio-fini di colore giallastro e rossastro, prevalentemente quarzose, generalmente da mediamente a ben addensate e a tratti cementate, in strati da medi a molto spessi. Localmente si rinvencono intercalazioni lentiformi di conglomerati grossolani ad elementi prevalentemente arenacei e calcareo-marnosi, da poco a discretamente cementati, rari e sottili livelli di arenarie medio-fini di colore grigio e giallastro, da mediamente a ben cementate, e passaggi di argille e argille limose di colore grigio.

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 19.0 \div 20.5 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi' = 30 \div 35^\circ$
- Coesione drenata $c' = 0 \text{ kPa}$
- Densità relativa $D_r = 45 \div 65 \%$
- Numero di colpi SPT $N_{SPT} = 20 \div 40$

13.1.5 Unità delle Argille Subappenniniche

Argille limose e limi argillosi di colore grigio e grigio-azzurro, in strati da sottili a molto spessi, con frequenti intercalazioni di argille marnose, limi sabbiosi e sabbie fini di colore grigio e giallastro. La consistenza è generalmente variabile da soda a molto rigida.

- Peso per unità di volume $\gamma_{nat} = 19.00 \div 20.05 \text{ kN/m}^3$
- Angolo di attrito interno $\phi' = 21 \div 24^\circ$

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	66 di 89

- Coesione drenata $c' = 15\div 35$ kPa
- Coesione non drenata $c_u = 80\div 150$ kPa

14 DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

Nelle pagine che seguono viene analizzato nel dettaglio l'intero tracciato di progetto, opportunamente suddiviso in tratti omogenei dal punto di vista litologico, sedimentologico, geomorfologico ed idrogeologico. Per ogni singolo tratto, in particolare, vengono descritte tutte le principali caratteristiche geologiche *s.l.* e gli aspetti più salienti ai fini progettuali.

Le analisi condotte e le ricostruzioni degli assetti geologico-strutturali riportati in carta hanno consentito di definire, in maniera commisurata al grado di approfondimento del progetto in corso, il contesto geologico di riferimento e tutti gli elementi potenzialmente interferenti con le opere in progetto.

Nel seguito si fa quindi esplicito riferimento a quanto riportato nell'apposita cartografia tematica, in allegato alla presente relazione, ed al profilo longitudinale ricostruito lungo l'asse del tracciato ferroviario. In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle diverse cartografie geologiche realizzate a corredo della presente relazione.

Il tracciato viene di seguito descritto riferendosi a tre lotti di progetto che, da Nord a Sud, vengono indicati come segue:

- **Lotto 2** (km 0+000÷5+940) – Termoli-Campomarino
- **Lotto 3** (km 5+940÷24+200) – Campomarino-Ripalta
- **Lotto 1** (km 24+200÷31+044) – Ripalta-Lesina



Figura 24 – Individuazione del tracciato di progetto, in scala 1:200,000, e dei tre lotti funzionali in cui esso è suddiviso.

14.1 LOTTO 2 – TERMOLI-CAMPOMARINO

Questo lotto si colloca nei settori nord-occidentali dell'area di studio e si estende tra le chilometriche di progetto 0+000 e 5+940, per una lunghezza complessiva di 5.940 km.

14.1.1 Tratto compreso tra il km 0+000 e il km 0+497

Il tratto in questione si colloca nella porzione nord-occidentale dell'area di intervento, a quote variabili tra i 24.2 ed i 25.5 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per buona parte del suo sviluppo, i termini litologici dei Conglomerati di Campomarino (7) e, solo localmente, i riporti antropici connessi ai rilevati ferroviari esistenti. Tali terreni presentano spessori dell'ordine di alcuni e poggiano sui litotipi psammitici delle Sabbie di Serracapriola (8), a loro volta passanti verso il basso ai depositi pelitici delle Argille Subappenniniche (9).



Foto 9 – Vista panoramica del tracciato ferroviario esistente, in Località Villaggio Mucchiotti.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, mentre sotto il profilo idrogeologico è ipotizzabile la presenza di una falda freatica all'interno dei depositi sabbioso-conglomeratici del substrato.

14.1.2 Tratto compreso tra il km 0+497 e il km 2+531

Tale tratto ricade nei settori nord-occidentali dell'area di studio, a quote comprese tra i 13.0 ed i 25.8 m circa s.l.m.. Il tracciato ferroviario attraversa, praticamente ovunque, i litotipi sabbioso-limosi dei depositi alluvionali terrazzati (6) ed i terreni prevalentemente pefitici dei Conglomerati di Campomarino (7). I suddetti depositi presentano spessori piuttosto contenuti, nell'ordine di qualche metro, e poggiano ancora una volta sui termini litologici delle Sabbie di Serracapriola (8) e delle Argille Subappenniniche (9).

Sotto il profilo geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno di un modesto solco di erosione concentrata che interessa il tracciato in esame all'altezza del km 1+920 e di alcune scarpate morfologiche poste comunque ad una certa distanza dal tracciato in progetto. Dal punto di vista idrogeologico, invece, è possibile la presenza di una falda idrica sotterranea all'interno dei terreni sabbioso-conglomeratici del substrato, nonché di locali corpi idrici stagionali all'interno dei depositi alluvionali terrazzati presenti in copertura sulle suddette unità.

**PROGETTO PRELIMINARE**Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	69 di 89

14.1.3 Tratto compreso tra il km 2+531 e il km 4+593

Il tratto in oggetto si colloca sempre nella porzione nord-occidentale dell'area di intervento, e presenta quote del piano ferro variabili tra i 9.5 ed i 13.0 m circa s.l.m.. Il tracciato intercetta, per buona parte del suo sviluppo, i termini litologici dei depositi alluvionali recenti (5), qui costituiti da terreni limoso-argillosi con diffuse intercalazioni sabbioso-limose e sottili lenti ghiaioso-sabbiose. Tali depositi presentano spessori variabili tra i 18.0 ed i 35.5 m e poggiano, praticamente ovunque, sui termini litologici delle sottostanti Argille Subappenniniche (9). Tra il km 4+025 ed il km 4+175, in tracciato di progetto attraversa invece i depositi alluvionali attuali del F. Biferno (3), composti da sedimenti prevalentemente sabbioso-limosi con spessori variabili tra i 5.0 ed i 6.0 m circa.

Dal punto di vista geomorfologico, l'unico elemento di particolare rilevanza ai fini progettuali è rappresentato dall'alveo attuale del F. Biferno, intercettato come detto tra le chilometriche 4+025 e 4+175. Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda idrica sotterranea contenuta all'interno dei depositi alluvionali della piana del F. Biferno, con livello piezometrico posto tra 0.5 e 4.5 m sotto il p.c..

14.1.4 Tratto compreso tra il km 4+593 e il km 5+940

Questo tratto ricade ancora una volta nel settore nord-occidentale dell'area di studio, con quote di progetto comprese tra i 3.5 ed i 9.5 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, inizialmente, i litotipi quaternari dei depositi costieri recenti (4) e quindi, a partire dal km 5+263, i riporti antropici del rilevato ferroviario esistente. In particolare, i depositi costieri affioranti nell'area sono composti da terreni prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-limosi, con locali intercalazioni limoso-argillose più frequenti nei settori nord-occidentali del tratto. Tali depositi presentano spessori variabili tra i 6.0 ed i 17.5 m, tendenzialmente in diminuzione verso SE, e poggiano ancora una volta sui sedimenti pelitici delle Argille Subappenniniche (9).

Sotto l'aspetto geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità per opere in progetto mentre, dal punto di vista idrogeologico, si sottolinea la presenza di una falda a superficie posta all'interno dei depositi costieri recenti, con livello piezometrico posizionato tra 0.5 e 2.5 m sotto il p.c..

14.2 LOTTO 3 – CAMPOMARINO-RIPALTA

Il presente lotto ricade nella porzione centrale dell'area di intervento, tra le chilometriche 5+940 e 24+200, e si estende per una lunghezza complessiva di circa 18.260 km.

14.2.1 Tratto compreso tra il km 5+940 e il km 8+970

Tale tratto si colloca nella parte nord-occidentale dei settori di stretto interesse progettuale e presenta quote del piano ferro variabili tra i 3.1 ed i 7.3 m circa s.l.m.. Il tracciato in progetto intercetta, per gran parte del suo sviluppo, i termini litologici dei depositi costieri recenti (4), costituiti da terreni essenzialmente ghiaioso-sabbiosi e sabbioso-limosi con spessori compresi tra 6.0 e 23.2 m, sempre poggiati sui depositi plio-pleistocenici delle Argille Subappenniniche (9). Localmente, i suddetti terreni sono ricoperti dai riporti antropici del rilevato ferroviario esistente oppure dai depositi alluvionali attuali (3) dei corsi d'acqua secondari che solcano l'area.

Anche in questo caso, non sono stati rilevati elementi geomorfologici di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno di alcuni corsi d'acqua secondari di limitata importanza. Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda idrica sotterranea contenuta all'interno dei depositi costieri ivi affioranti, con livello piezometrico posto tra 0.5 e 3.0 m sotto il p.c..

14.2.2 Tratto compreso tra il km 8+970 e il km 11+820

Il tratto in questione ricade nei settori centrali dell'area di studio, a quote comprese tra i 5.5 ed i 6.6 m circa s.l.m.. Il tracciato in esame attraversa, quasi sempre, i litotipi dei depositi costieri recenti (4), qui costituiti da terreni prevalentemente limoso-argillosi con spesse intercalazioni sabbioso-limose e sporadiche lenti ghiaioso-sabbiose, più frequenti verso NW. Tra il km 9+140 ed il km 9+392, il tracciato intercetta invece i termini litologici dei depositi alluvionali recenti (5), rappresentati da sedimenti sabbioso-limosi e ghiaioso-sabbiosi parzialmente eteropici con i coevi depositi costieri recenti. I suddetti terreni, continentali e marini, presentano spessori variabili tra i 13.2 ed i 31.8 m e risultano poggianti, praticamente ovunque, sui litotipi essenzialmente pelitici delle Argille Subappenniniche (9).



Foto 10 – Vista panoramica della piana alluvionale e costiera in Località Bonifica di Ramitelli.

Dal punto di vista geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Sotto il profilo idrogeologico si sottolinea invece, per il settore sud-orientale del tratto, la presenza di una falda idrica sotterranea contenuta all'interno dei depositi costieri recenti, con livello piezometrico posto tra 1.0 e 2.5 m sotto il p.c..

	PROGETTO PRELIMINARE Linea Pescara - Bari Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L032	LOTTO 00	CODIFICA R 69 RG	DOCUMENTO GE 00 01 001	REV. A	FOGLIO 71 di 89

14.2.3 Tratto compreso tra il km 11+820 e il km 14+473

Questo tratto si colloca nella porzione centrale dei settori di intervento ed è caratterizzata da quote del piano ferro variabili tra i 5.9 ed gli 11.2 m circa s.l.m.. Il tracciato di progetto intercetta inizialmente un sottile lembo di depositi eluvio-colluviali (1) e quindi, a partire dal km 12+439, i termini litologici dei depositi costieri recenti (4), sempre costituiti da terreni limoso-argillosi con potenza variabile tra 12.5 e 20.4 m. Tali terreni sono eteropici con i coevi depositi alluvionali del T. Saccione e risultano poggianti, praticamente ovunque, sui litotipi plio-pleistocenici delle Argille Subappenniniche (9).

Sotto il profilo geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali. Dal punto di vista idrogeologico invece, in relazione con le caratteristiche granulometriche dei terreni e col locale assetto litostratigrafico dell'area, non sembra possibile la presenza di corpi idrici sotterranei di importanza significativa.

14.2.4 Tratto compreso tra il km 14+473 e il km 15+579

Tale tratto ricade nella porzione centrale dell'area di interesse progettuale, con quote del piano ferro comprese tra i 9.9 ed i 14.0 m circa s.l.m.. Il tracciato interessa, per buona parte del suo sviluppo, i depositi alluvionali recenti (5) del fondovalle del T. Saccione, composti da sedimenti essenzialmente limoso-argillosi a cui si intercalano, verso il basso, sottili livelli torbosi e spessi passaggi sabbioso-limosi ghiaioso-sabbiosi. I suddetti depositi presentano spessori variabili tra 2.0 e 32.5 m, più elevati verso il centro della piana alluvionale, e poggiano su tutte le unità del substrato geologico plio-pleistocenico dell'area. Tra il km 14+814 ed il km 14+953, il tracciato intercetta i depositi alluvionali attuali (3) del T. Saccione, qui costituiti da terreni sabbioso-limosi e limoso-argillosi con potenza massima di circa 6.0 m.

Dal punto di vista geomorfologico, l'unico elemento di particolare rilevanza ai fini progettuali è rappresentato dall'alveo attuale del T. Saccione, intercettato come detto tra le chilometriche 14+814 e 14+953. Sotto il profilo idrogeologico, invece, è possibile la presenza di una falda a superficie libera all'interno dei depositi alluvionali attuali a dominante psammitica o, al massimo, di una falda semiconfinata all'interno dei livelli sabbioso-conglomeratici presenti nella parte bassa dei depositi alluvionali recenti.

14.2.5 Tratto compreso tra il km 15+579 e il km 18+260

Il tratto in questione si colloca nei settori centrali dell'area di studio e presenta quote del piano ferro variabili tra i 10.4 ed i 15.2 m circa s.l.m.. Il tracciato in esame attraversa, praticamente ovunque, i terreni psefitici dei Conglomerati di Campomarino (7) e le relative coltri di copertura di genesi eluvio-colluviale (1). I depositi conglomeratici presentano uno spessore di poco inferiore ai 20.0 m e poggiano, con una superficie di erosione piuttosto ondulata, sui terreni pleistocenici delle Sabbie di Serracapriola (8). Queste ultime sono caratterizzate da una potenza media di circa 10.0÷12.0 m e sono sovrapposte, in contatto stratigrafico, ai depositi plio-pleistocenici delle Argille Subappenniniche (9).

Sotto il profilo geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali, a meno di alcuni corsi d'acqua secondari di scarsa rilevanza. Dal punto di vista idrogeologico, invece, è possibile la presenza di una falda freatica di discreta importanza all'interno dei depositi sabbioso-conglomeratici del substrato geologico dell'area.

14.2.6 Tratto compreso tra il km 18+260 e il km 19+650

Questo tratto ricade nella parte centrale sud-orientale del settore di intervento e presenta quote del piano ferro comprese tra i 15.2 ed i 21.3 m circa s.l.m.. In tracciato intercetta, per gran parte del suo sviluppo, i termini litologici dei Conglomerati di Campomarino (7), sempre ricoperti da coltri eluvio-colluviali (1) di discreto spessore. I litotipi psefitici del substrato presentano una potenza variabile tra 12.2 e 27.3 m e poggiano, in discordanza, sui termini litologici psammitici delle Sabbie di Serracapriola (8). Tra il km 19+360 ed il km 19+551, il tracciato attraversa i depositi alluvionali attuali (3) e recenti (5) del fondovalle di Vallone della Castagna, costituiti da terreni essenzialmente sabbioso-limosi con uno spessore massimo di circa 15.8 m.

Dal punto di vista geomorfologico, l'unico elemento di una certa rilevanza ai fini progettuali è rappresentato dal fondovalle di Vallone della Castagna, intercettato come detto tra le chilometriche 19+360 e 19+551. Sotto il profilo idrogeologico, invece, è possibile la presenza di una falda a superficie libera all'interno dei depositi alluvionali di Vallone della Castagna o nei terreni sabbioso-conglomeratici del substrato pleistocenico dell'area.

14.2.7 Tratto compreso tra il km 19+650 e il km 22+014

Il presente tratto si posiziona nei settori sud-orientali dell'area di interesse, a quote del piano ferro variabili tra i 19.6 ed i 22.4 m circa s.l.m.. Il tracciato di progetto attraversa estesamente i litotipi psefitici dei Conglomerati di Campomarino (7), localmente ricoperti da coltri eluvio-colluviali (1) e depositi alluvionali attuali (3) di esiguo spessore ed estensione. I depositi conglomeratici poggiano, in discordanza stratigrafica, sui termini litologici delle Sabbie di Serracapriola (8), che a loro volta passano verso il basso ai litotipi essenzialmente pelitici delle Argille Subappenniniche (9).

Per quanto concerne l'aspetto geomorfologico, gli elementi più rilevanti ai fini progettuali sono rappresentati dai diversi corsi d'acqua secondari che incidono i rilievi basso-collinari presenti a Sud della piana costiera. Dal punto di vista idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda a superficie libera all'interno dei depositi sabbioso-conglomeratici più antichi, posta ad una quota variabile tra i 3.9 ed i 6.4 m circa s.l.m..

14.2.8 Tratto compreso tra il km 22+014 e il km 24+200

Tale tratto si colloca nei settori sud-orientali dell'area di studio, con quote di progetto comprese tra i 5.9 ed i 19.6 m circa s.l.m.. La porzione di tracciato in esame intercetta i litotipi sabbioso-limosi dei depositi costieri recenti (4) e quindi, dal km 24+239, i terreni psefitici dei Conglomerati di Campomarino (7), sempre ricoperti da coltri antropiche connesse al rilevato ferroviario esistente. I sedimenti costieri suddetti presentano uno spessore massimo di circa 16.5 m, e poggiano praticamente ovunque sui depositi conglomeratici del substrato marino pleistocenico. Al di sotto delle suddette unità si rinvengono, quindi, i litotipi psammitici delle Sabbie di Serracapriola (8) e i depositi prevalentemente pelitici delle Argille Subappenniniche (9).

Sotto il profilo geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali mentre, dal punto di vista idrogeologico, si sottolinea la presenza di una estesa falda freatica all'interno dei depositi costieri recenti, con un livello piezometrico posto tra 1.5 e 2.5 m sotto il p.c..

14.3 LOTTO 1 – RIPALTA-LESINA

Questo lotto si colloca nei settori sud-orientali dell'area di studio e si estende tra le chilometriche di progetto 24+200 e 31+044, per una lunghezza complessiva di 6.844 km.

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	73 di 89

14.3.1 Tratto compreso tra il km 24+200 e il km 24+450

Tale tratto si colloca nei settori sud-orientali dell'area di studio, con quote di progetto comprese tra i 6.1 ed i 6.3 m circa s.l.m.. La porzione di tracciato in esame intercetta i depositi conglomeratici del substrato marino pleistocenico, prevalentemente rappresentati dai termini psefitici dei Conglomerati di Campomarino (7), solo inizialmente ricoperti dai depositi costieri recenti (4), rappresentati da dai litotipi sabbioso-limosi. Generalmente sono presenti con continuità, in copertura, le coltri antropiche connesse al rilevato ferroviario esistente. I depositi marini conglomeratici presentano uno spessore massimo di circa 25÷30 m, e poggiano i litotipi psammitici delle Sabbie di Serracapriola (8) e i depositi prevalentemente pelitici delle Argille Subappenniniche (9).

Sotto il profilo geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali mentre.

14.3.2 Tratto compreso tra il km 24+450 e il km 27+938

Il tratto in questione ricade nella porzione sud-orientale dell'area di interesse progettuale e presenta quote del piano ferro variabili tra i 6.3 ed i 14.3 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per gran parte del suo sviluppo, i depositi alluvionali recenti (5) del fondovalle del F. Fortore, costituiti da terreni prevalentemente limoso-argillosi con sottili livelli torbosi o sabbioso-limosi, progressivamente passanti verso SE a litotipi ghiaiosi e ghiaioso-sabbiosi. I depositi alluvionali del F. Fortore presentano uno spessore variabile tra 2.0 e 45.6 m, decisamente più elevato verso il centro della piana, e poggiano su tutte le unità plio-pleistoceniche del substrato. Tra il km 26+092 ed il km 26+186, infine, il tracciato interessa i depositi alluvionali attuali (3) del suddetto corso d'acqua, rappresentati da terreni essenzialmente sabbioso-limosi con uno spessore massimo di circa 5.5 m.



Foto 11 – Veduta d’insieme della piana alluvionale del F. Fortore e della Stazione di Ripalta.

Dal punto di vista geomorfologico, l’unico elemento di particolare rilevanza ai fini progettuali è rappresentato dall’alveo attuale del F. Fortore, intercettato come detto tra le chilometriche 26+092 e 26+186. Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda idrica sotterranea contenuta all’interno dei livelli più permeabili dei depositi alluvionali suddetti. Tale falda presenta un livello piezometrico posto tra 1.5 e 6.0 m sotto il p.c. ed è probabilmente alimentata dall’alveo del F. Fortore, che risulta posizionato ad una quota mediamente superiore di quella della superficie freatica.

14.3.3 Tratto compreso tra il km 27+938 e il km 29+259

Il presente tratto è situato nei settori sud-orientali dell’area di studio, con quote di progetto comprese tra i 14.3 ed i 20.5 m circa s.l.m.. La porzione di tracciato in esame interessa, praticamente ovunque, i litotipi sabbioso-limosi e limoso-argillosi dei depositi alluvionali terrazzati (6), solo localmente ricoperti da coltri eluvio-colluviali (1) di esiguo spessore. Tali depositi presentano spessori variabili tra i 1.0 e 8.5 m e poggiano, in discordanza, sui litotipi pefitici dei Conglomerati di Campomarino (7), a loro volta discordanti sulle sottostanti Sabbie di Serracapriola (8).

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	75 di 89

Per quanto concerne l'aspetto geomorfologico, il tratto in questione risulta privo di elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Dal punto di vista idrogeologico, invece, è possibile la presenza di una falda freatica di una certa importanza all'interno dei terreni sabbioso-conglomeratici del substrato o, al più, nei depositi di copertura di genesi alluvionale.

14.3.4 Tratto compreso tra il km 29+259 e il km 31+044

Tale tratto ricade nella porzione più meridionale dell'area di studio, a quote variabili tra i 20.5 ed i 29.2 m circa s.l.m.. Il tracciato attraversa, per tutto il suo sviluppo, i terreni psefitici dei Conglomerati di Campomarino (7), sempre ricoperti da coltri antropiche ed eluvio-colluviali (1) con spessori variabili tra 1.5 e 3.5 m.

Sotto il profilo geomorfologico, non sono da evidenziare elementi di particolare rilevanza ai fini progettuali mentre, dal punto di vista idrogeologico, è possibile la presenza di una falda idrica sotterranea di discreta importanza all'interno dei depositi conglomeratici del substrato.

15 CRITICITA' GEOLOGICHE ED ELEMENTI DI RISCHIO

Nelle pagine seguenti vengono evidenziati e descritti i principali elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, con particolare attenzione alle problematiche di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico. Inoltre, in funzione delle locali caratteristiche litostratigrafiche dell'area, si riporta una valutazione qualitativa dei possibili elementi di criticità litotecnica, connessi essenzialmente alla potenziale liquefacibilità dei terreni ed alla loro elevata compressibilità sotto i carichi di esercizio.

15.1 CRITICITÀ GEOLOGICHE

Dal punto di vista geologico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono connessi con il locale assetto litostratigrafico dell'area e con la sismicità attuale della zona garganica. Per questo secondo aspetto, in particolare, si rimanda a quanto riportato nei precedenti paragrafi, che descrivono nel dettaglio caratteristiche sismogenetiche dell'area ed i principali elementi di pericolosità dal punto di vista sismico.

Per quanto concerne l'assetto litostratigrafico locale, i principali elementi di criticità geologica sono connessi con la presenza di coltri di copertura di genesi pedologica ed eluvio-colluviale. Tali terreni, infatti, presentano un comportamento meccanico generalmente scadente, fortemente eterogeneo e di certa inaffidabilità geotecnica, tale da consigliarne la bonifica preventiva ai fini dell'individuazione del piano di posa di eventuali fondazione ed alla realizzazione dei principali rilevati ferroviari.

Questi depositi, per quanto detto, non garantiscono alcun tipo di tenuta lungo i fronti di scavo, neanche nel breve periodo e soprattutto se esposti agli agenti atmosferici. Pertanto dovranno essere previste, nelle successive fasi di approfondimento progettuale, delle specifiche analisi di carattere geotecnico volte alla definizione delle effettive condizioni di stabilità di eventuali scarpate o tagli, anche se provvisori o temporanei.

15.2 CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE

Sotto il profilo geomorfologico, l'area di studio non presenta elementi di particolare criticità delle opere in progetto, in quanto caratterizzata da un assetto morfologico prevalentemente pianeggiante o basso-collinare, che limita fortemente lo sviluppo di fenomeni erosivi o di dissesto di particolare rilevanza e intensità.

Dal punto di vista dei fenomeni gravitativi, gli studi specialistici del Piano di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore evidenziano l'assenza di movimenti franosi o fenomeni di dissesto di particolare rilevanza lungo il tracciato di progetto. Nel PAI Biferno viene segnalato un fenomeno di frana poco a Sud del centro abitato di Termoli, che lambisce il tracciato ferroviario in esame tra il km 0+170 e il km 0+340, determinando un'area di pericolosità geomorfologica elevata (P2).

Gli appositi rilievi di campo condotti hanno evidenziato, per questo settore, l'assenza del movimento franoso su indicato nonché la mancanza di indizi geomorfologici che possano far ipotizzare, nel breve o nel medio periodo, il possibile innesco di ulteriori fenomeni di dissesto in corrispondenza della porzione di versante in esame.

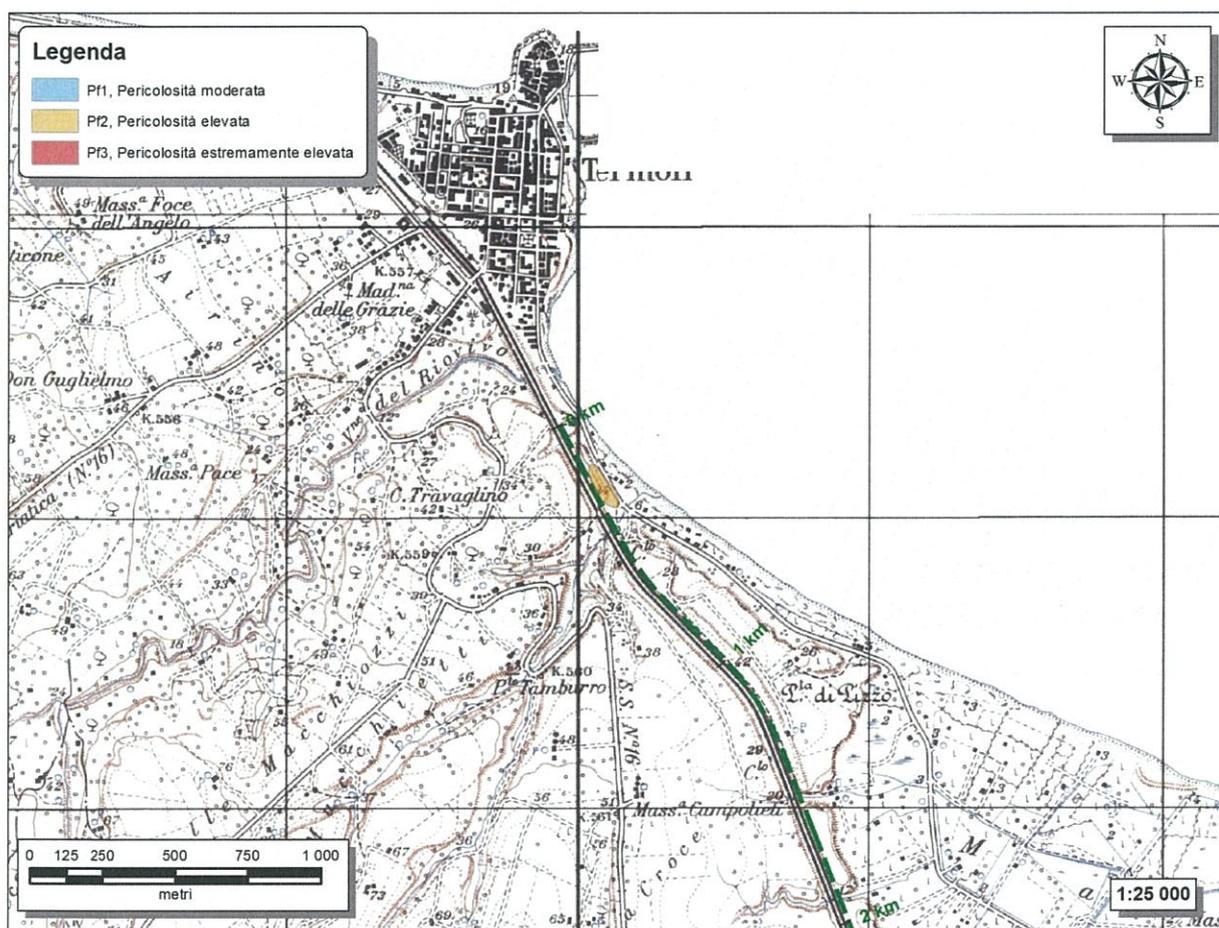


Figura 25 – Stralcio della carta della Pericolosità di versante del Piano di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore, con individuazione del tracciato di progetto.

Per quanto concerne il rischio idraulico, invece, gli studi del PAI evidenziano la presenza di elementi di potenziale criticità in corrispondenza di buona parte dei principali corsi d'acqua dell'area, come il F. Biferno, il V. Due Miglia, il T. Saccione ed il F. Fortore. I suddetti elementi idrografici, infatti, risultano caratterizzati da frequenti fenomeni di alluvionamento nei settori topograficamente più bassi dell'attuale piana alluvionale, che determinano ampie zone di pericolosità idraulica variabile da moderata (P1) a molto elevata (P3).

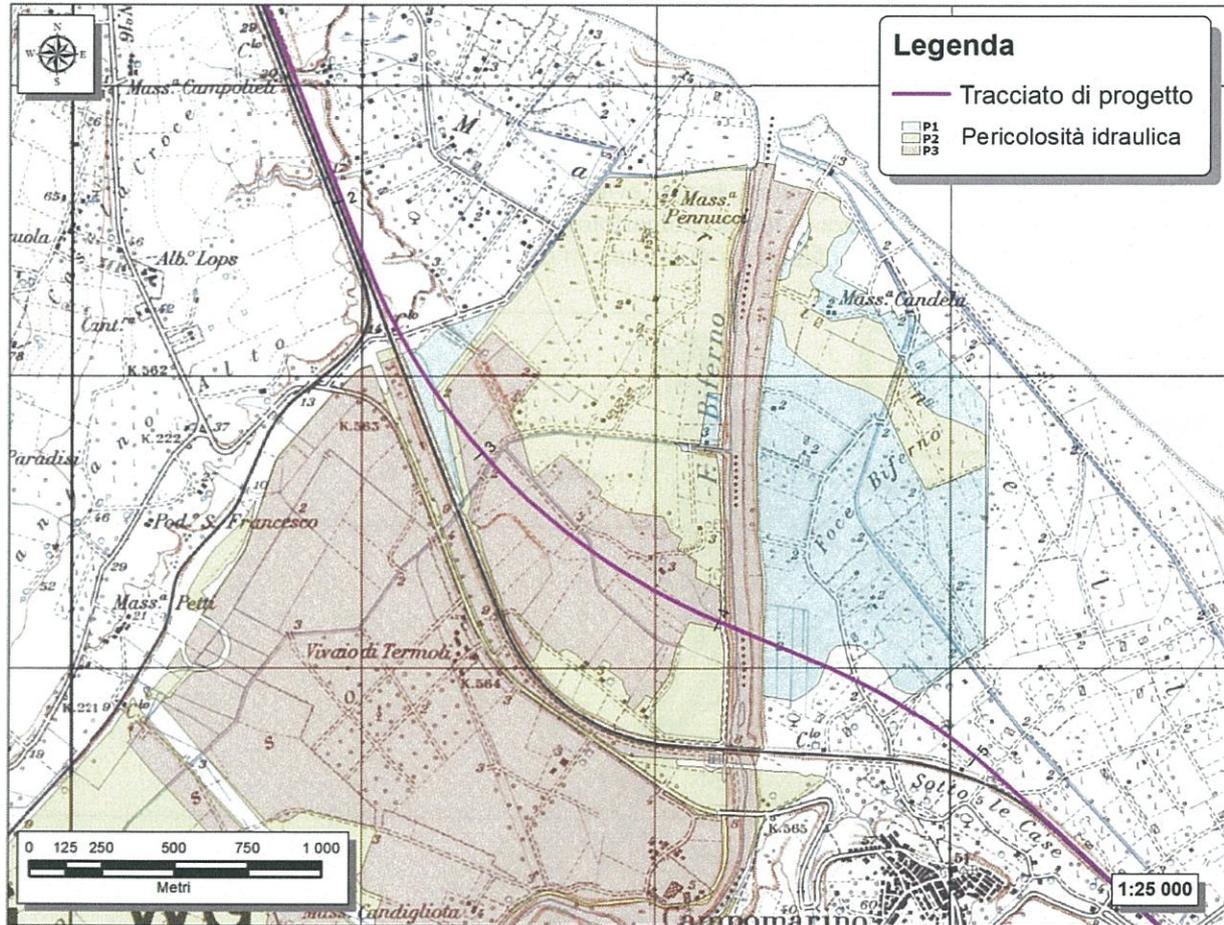


Figura 26 – Stralcio delle aree di Pericolosità idraulica del F. Biferno, con individuazione del tracciato di progetto.

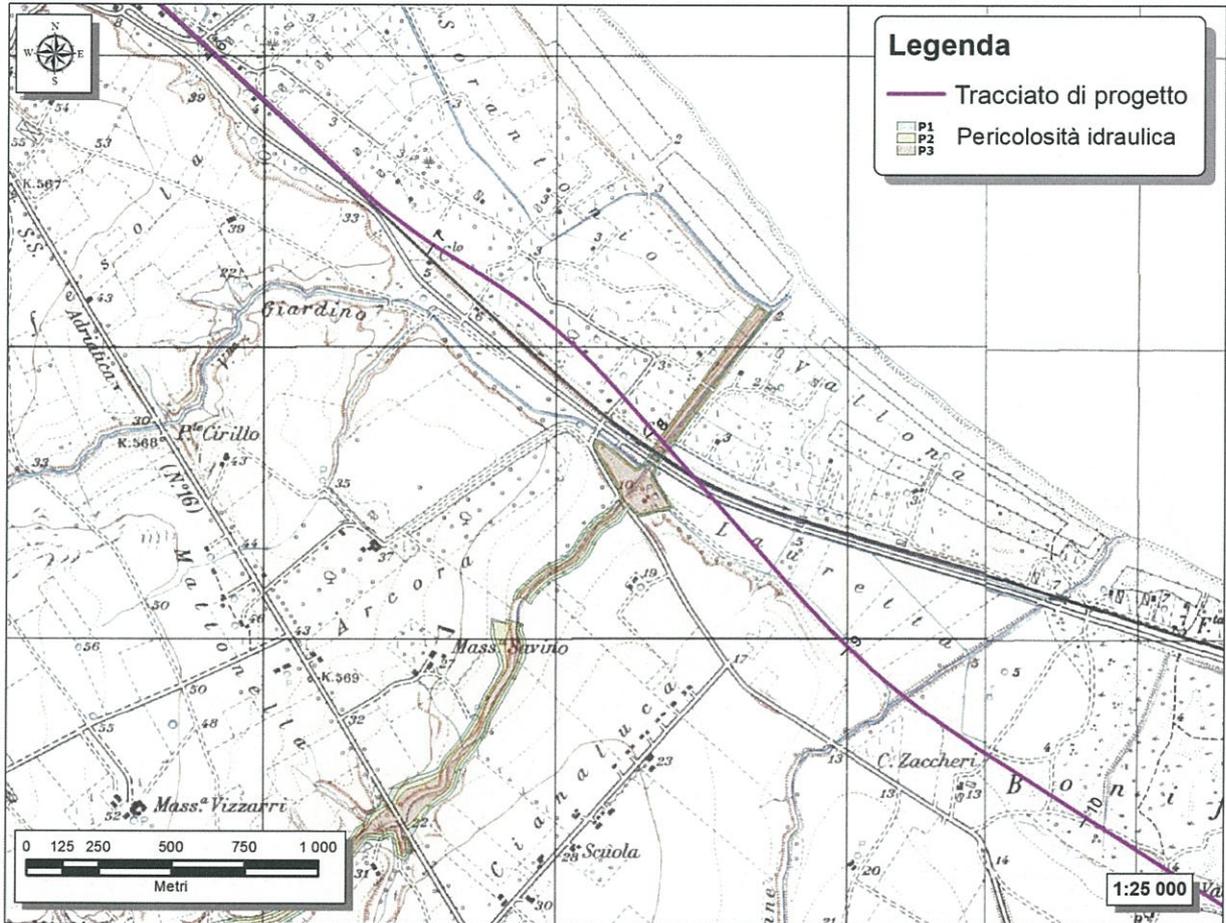


Figura 27 – Stralcio delle aree di Pericolosità idraulica di V.ne Due Miglia, con individuazione del tracciato di progetto.

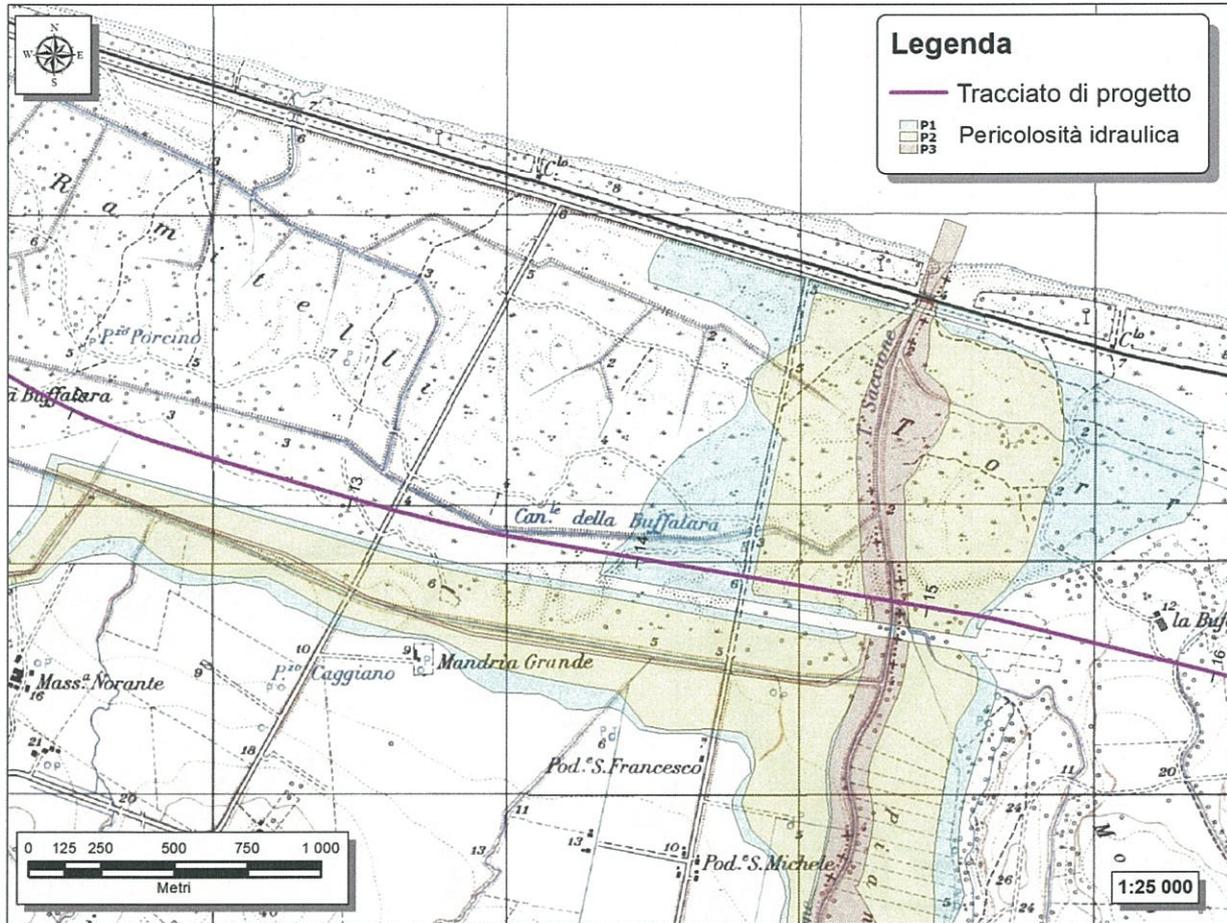


Figura 28 – Stralcio delle aree di Pericolosità idraulica del T. Saccione, con individuazione del tracciato di progetto.

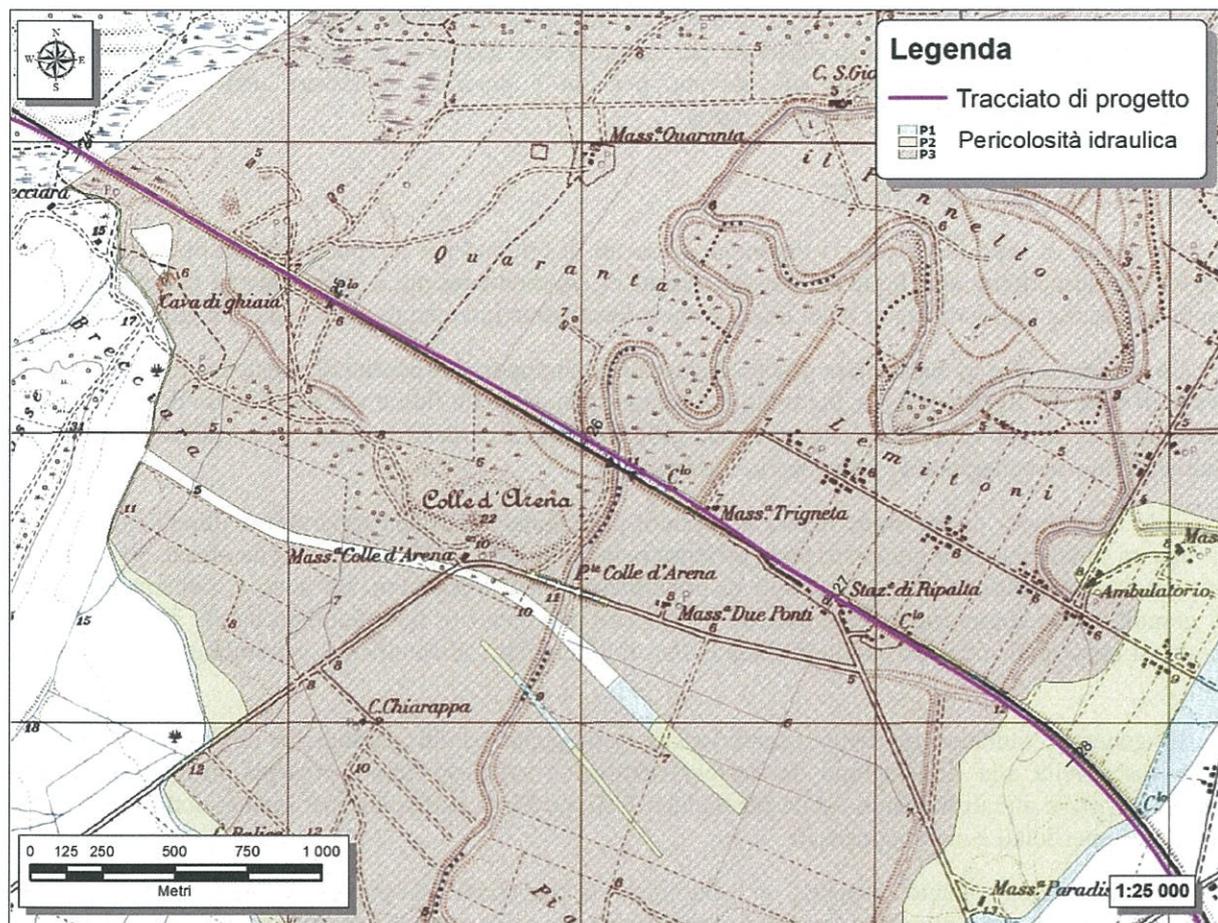


Figura 29 – Stralcio delle aree di Pericolosità idraulica del F. Fortore, con individuazione del tracciato di progetto.

15.3 CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE

Per quanto concerne gli aspetti connessi con la circolazione delle acque nel sottosuolo, si evidenzia la presenza di diverse falde idriche di una certa importanza all'interno dei differenti acquiferi individuati lungo il tracciato ferroviario in esame. Tali falde rappresentano, quindi, dei potenziali elementi di criticità per le opere in progetto sia per le possibili venute d'acque lungo i fronti di scavo che per la notevole influenza esercitata sul comportamento meccanico dei termini litologici attraversati.

I numerosi dati piezometrici a disposizione evidenziano, infatti, la presenza di diverse falde freatiche poste sia all'interno dei litotipi sabbioso-conglomeratici del substrato che negli orizzonti più grossolani e permeabili dei depositi alluvionali e marini più recenti. In particolare, i settori di piana alluvionale e costiera sono caratterizzati da una estesa falda a superficie libera, drenante verso il Mare Adriatico, con superficie piezometrica posta a profondità variabile tra 0.5 e 6.0 m circa dal p.c..

In generale, per l'acquifero del complesso alluvionale e marino, la ridotta soggiacenza della falda e l'elevata permeabilità dei depositi suggeriscono una elevata suscettività all'inquinamento, solo localmente mitigata

	PROGETTO PRELIMINARE Linea Pescara - Bari Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)					
RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA	COMMESSA L032	LOTTO 00	CODIFICA R.69.RG	DOCUMENTO GE.00.01.001	REV. A	FOGLIO 81 di 89

dalla presenza di orizzonti litologici a dominante pelitica. Per gli acquiferi dei complessi conglomeratico-sabbioso e sabbioso-arenaceo, invece, gli alti valori di permeabilità dei terreni sono parzialmente compensati da una soggiacenza della falda generalmente più elevata, per cui è possibile ipotizzare una moderata suscettività all'inquinamento dei suddetti corpi idrici sotterranei.

15.4 CRITICITÀ LITOTECNICHE

Dal punto di vista litotecnico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono rappresentati dalla possibile suscettività alla liquefazione dei terreni di copertura recenti e dalla elevata compressibilità degli orizzonti litologici meno competenti o dei livelli torbosi localmente intercettati nelle zone di piana alluvionale.

La liquefazione è un particolare processo che causa la temporanea perdita di resistenza di un sedimento che si trova al di sotto del livello di falda, portandolo a comportarsi come un fluido viscoso a causa di un aumento della pressione neutra e di una riduzione delle pressione efficace. Tale fenomeno avviene, cioè, quando la pressione dei pori aumenta fino ad eguagliare la pressione intergranulare.

Tale incremento di pressione neutra è causato, principalmente, dalla progressiva diminuzione di volume che si registra in un materiale granulare poco addensato soggetto alle azioni cicliche di un sisma. Ovviamente, per quanto detto in precedenza, sono suscettibili di liquefazione terreni granulari, da poco a mediamente addensati, aventi granulometria compresa tra le sabbie ed i limi, con contenuto in fine piuttosto basso. Tali terreni devono essere altresì posti al di sotto del livello di falda e a profondità relativamente basse, generalmente inferiori ai 15 m dal p.c..

In generale, sulla scorta delle caratteristiche geologiche ed idrogeologiche dell'area, si sottolinea la possibile suscettività alla liquefazione dei terreni sabbiosi e sabbioso-limosi presenti all'interno dei depositi alluvionali e costieri attuali o recenti (unità geologiche 2, 3, 4 e 5), in particolare per quanto concerne gli orizzonti litologici più superficiali e meno addensati.

In relazione a quanto esposto, si sottolinea la necessità di prevedere nelle successive fasi di approfondimento una serie di analisi specifiche, mediante uno o più metodi quantitativi presenti in letteratura, al fine di delineare in modo puntuale e dettagliato tutti i possibili effetti indotti sui terreni da un sisma di una determinata intensità.

Per quanto riguarda la compressibilità dei terreni, i dati geologici e geotecnici a disposizione evidenziano la presenza di locali orizzonti litologici piuttosto scadenti all'interno dei depositi alluvionali o costieri più recenti. Tali orizzonti, rappresentati prevalentemente da litotipi pelitici o torbosi di bassa consistenza, sono infatti caratterizzati da una elevata deformabilità intrinseca che determina significativi cedimenti degli stessi sotto l'applicazione di carichi esterni.

A tal fine, nelle successive fasi di studio sarà quindi necessario prevedere specifiche indagini geotecniche, volte ad una accurata caratterizzazione geotecnica dei suddetti materiali, nonché opportune analisi quantitative per la determinazione, dettagliata e puntuale, degli effettivi cedimenti indotti nei terreni dall'applicazione dei carichi di esercizio delle opere in progetto.

16 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Ambrosetti P., Carraro F., Deiana G. & Dramis F. (1982) – *Il sollevamento dell'Italia centrale tra il Pleistocene inferiore e il Pleistocene medio*. In: CNR - Progetto finalizzato alla "Geodinamica" - Contr. Concl. Carta Neotettonica d'Italia, 2, 219-223, P.F. Geodinamica, CNR.

APAT (2007) – *Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali*. Rapporti APAT, 78.

Ascione A. & Cinque A. (1999) – *Tectonics and Erosion in the Long Term Relief History of the Southern Apennines (Italy)*. Z. Geomorph. N.E., Suppl.-Bd. 118, 1-16.

Ascione A., Cinque A., Miccadei E., Villani F. & Berti C. (2008) – *The Plio-Quaternary uplift of the Apennine chain: new data from the analysis of topography and river valleys in Central Italy*. Geomorphology, 102, 105-118.

Aucelli P.P.C., Brancaccio L., Faillace P.I., Pellegrino P., Roskopf C.M. & Scapillati N. (2004) – *L'evoluzione recente della costa molisana*. Il Quaternario, 17, 21-31.

Aucelli P.P.C., Iannantuono E. & Roskopf C.M. (2009) – *Evoluzione recente e rischio di erosione della costa molisana (Italia meridionale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 128, 759-771.

Autorità di Bacino dei Fiumi Trigno, Biferno e minori, Saccione e Fortore (2006) – *Piano di Assetto Idrogeologico dei Fiumi Biferno e minori, Saccione e Fortore*.

Azzaroli A. (1968) – *Calcarenite di Gravina. Studi illustrativi della Carta Geologica d'Italia – Formazioni Geologiche*. Servizio Geologico d'Italia, I, 183-185.

Balduzzi A., Casnedi R., Crescenti U. & Tonna M. (1982) – *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del Bacino pugliese (Avanfossa Appenninica)*. Geologica Romana, 21, 1-28.

Balduzzi A., Casnedi R., Crescenti U., Mostardini F. & Tonna M. (1982) – *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo del Bacino lucano (Avanfossa appenninica)*. Geologica Romana, 21, 89-111.

Bally A.W., Burbi L., Cooper C. & Ghelardoni R. (1986) – *Balanced sections and seismic reflection profiles across the Central Apennines*. Memorie della Società Geologica Italiana, 35, 257-310.

Barchi M., Galadini F., Lavecchia F., Lavecchia G., Messina P., Michetti A.M., Peruzza L., Pizzi A., Tondi E. & Vittori E. (2000) – *Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica*. CNR – Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, 62 pp., Roma.

Bertotti G., Casolari E. & Picotti V. (1999) – *The Gargano Promontory: a Neogene contractional belt within the Adriatic plate*. Terra Nova, 11, 168-173.

Bigi G., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P. (1990) – *Structural model of Italy and gravity map, 1:500.000*. C.N.R.-P.F.G., Quad. Ric. Scient., 114.

Bigi S., Centamore E., Fumanti F., Nilli S. & Nisio S. (1996) – *Aspetti geologico-strutturali delle aree di avampaese nell'Appennino centro-orientale*. Studi Geologici Camerti, XIV, 201-209, Camerino.

Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P. (1992) – *Structural model of Italy. Scale 1:500,000*. P.F. Geodinamica, 114, C.N.R.

Bonardi G., Ciarcia S., Di Nocera S., Matano F., Sgrosso I. & Torre M. (2009) – *Carta delle principali unità cinematiche dell'Appennino meridionale. Nota illustrativa*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 128, 47-60.

Boni A., Casnedi R., Centamore E., Colantoni P., Cremonini G., Elmi C., Monesi A., Selli R. & Valletta M. (1969) – *Note illustrative alla Carta Geologica d'Italia. F° 155 "San Severo"*.

Boni C., Bono P. & Capelli G. (1986) – *Schema idrogeologico dell'Italia centrale*. Memorie della Società Geologica Italiana, 35, 991-1012.

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. & Valensise G. (1995) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c al 1980*. ING-SGA, Bologna.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. & Gasperini P. (1997) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 aC al 1980*. ING-SGA, Bologna.

Bosellini A. (1991) – *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*. Italo Bovolenta Editore, Ferrara.

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)****RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	83 di 89

Bosellini A., Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1989) – *Rocce e successioni sedimentarie*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Bosellini A., Neri C. & Luciani V. (1993) – *Platform margin collapses and sequence stratigraphic organization of carbonate slopes: Cretaceous-Eocene, Gargano Promontory, Southern Italy*. Terra Nova, 5, 282-297.

Brondi A., Ferretti O. & Anselmi B. (1976) – *Studio della dispersione dei sedimenti della piattaforma costiera compresa tra Termoli e Barletta mediante l'uso dei detriti della formazione delle "Pietre Nere" come traccianti naturali*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 95, 1347-1363.

Bruschi A. (2010) – *Prove geotecniche in situ. Guida alla stima delle proprietà geotecniche e alla loro applicazione alle fondazioni*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Buonanno A., Pertusati S. & Zuppetta A. (2007) – *Structural evolution of the Fortore Unit (Southern Apennines, Italy)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 126, 497-510.

Caldara M. & Pennetta L. (1989) – *Dati preliminari sul tetto delle Argille subappennine nel Tavoliere Meridionale*. Studi Geologici e Geofisici sulle Regioni Pugliese e Lucana, 33.

Caldara M. & Pennetta L. (1993) – *Nuovi dati per la conoscenza geologica e morfologica del Tavoliere di Puglia*. Bonifica, 8, 25-42.

Camassi R. & Stucchi M. (1996) – *Un catalogo parametrico di terremoti in area italiana al di sopra della soglia del danno*. Rapporto tecnico del CNR-GNDT, 1-86, Milano.

Capuano N., Pappafico G. & Augelli G. (1996) – *Ricostruzione dei sistemi deposizionali plio-pleistocenici del margine settentrionale dell'avanfossa pugliese*. Memorie della Società Geologica Italiana, 51, 273-293.

Capuano N., Pappafico G. & Augelli G. (1996) – *Ricostruzione dei sistemi deposizionali plio-pleistocenici del margine settentrionale dell'Avanfossa pugliese*. Memorie della Società Geologica Italiana, 51, 273-292.

Casadio M. & Elmi C. (1999) – *Il manuale del geologo*. Pitagora Editrice, Bologna.

Casati P. (1991) – *Scienze della terra*. Città Studi Edizioni.

Casnedi R. & Moruzzi G. (1978) – *Geologia del campo gassifero di Chieuti (Foggia)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 97, 189-196.

Casnedi R. (1978) – *Sedimentazione e tettonica pliocenica nel sottosuolo della bassa Valle del Fortore (Foggia)*. Memorie della Società Geologica Italiana, 19, 605-612.

Casnedi R. (1988) – *La Fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*. Memorie della Società Geologica Italiana, 35, 439-448.

Casnedi R., Crescenti U. & Tonna A. (1982) – *Evoluzione dell'avanfossa adriatica meridionale nel Plio-Pleistocene, sulla base dei dati di sottosuolo*. Memorie della Società Geologica Italiana, 24, 243-260.

Casnedi R., Crescenti U., D'Amato C., Mostardini F. & Rossi U. (1981) – *Il Plio-Pleistocene del sottosuolo molisano*. Geologica Romana, 20, 1-42.

Castello B., Selvaggi G., Chiarabba C. & Amato A. (2006) – *CSI Catalogo della Sismicità Italiana 1981-2002, versione 1.1.*. INGV-CNT – <http://www.ingv.it/CSI/>.

Castiglioni G.B. (1991) – *Geomorfologia (seconda edizione)*. Unione Tipografico-Editrice Torinese, Torino.

Celico P. (1978) – *Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale*. Memorie e note dell'Istituto di Geologia Applicata, 14, 3-97.

Celico P. (1983) – *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionali, Abruzzo, Molise e Campania)*. Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno, 4, 225.

Celico P. (1986) – *Prospezioni idrogeologiche*. Liguori Editore, Napoli.

Celico P. (2003) – *Elementi di idrogeologia per lauree triennali in Scienze Geologiche, Scienze della Natura, Scienze Ambientali e Ingegneria Ambientale*. Liguori Editore, Napoli.

Celico P., De Vita P., Manacelli G., Scalise A.R. & Tranfaglia G. (2007) – *Carta Idrogeologica dell'Italia meridionale*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato, Roma.

Centamore E. & Valletta M. (1968) – *Contributo alla conoscenza geologica dell'Appennino Molisano*. Bollettini del Servizio Geologico d'Italia, **89**.

Chilovi C., De Feyter A.J. & Pompucci A. (2000) – *Wrench zone reactivation in the Adriatic Block: the example of the Mattinata Fault System (SE Italy)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **119**, 3-8.

Ciaranfi N., Ghisetti F., Guida M., Iaccarino G., Lambiase S., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Torre M., Tortorici L. & Vezzani L. (1983) – *Carta Neotettonica dell'Italia meridionale*. Pubbl. n°515 Prog. Fin. Geod. C.N.R..

Ciaranfi N., Maggiore M., Pieri P., Rapisardi L. Ricchetti G. & Walsh N. (1979) – *Considerazioni sulla neotettonica della Fossa bradanica. Contr. Prel. Realiz. Carta Neotettonica d'Italia*. Pubbl. n° 251 del P. F. Geodinam., 73-95.

Ciaranfi N., Pieri P. & Ricchetti G. (1988) – *Note alla carta geologica delle Murge e del Salento (Puglia centromeridionale)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 449- 460.

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

Cipollari P., Cosentino D. & Gliozzi E. (1999) – *Extension and compression related basin in central Italy during the Messinian Lago-Mare event*. Tectonophysics, **315**, 163-185.

Cipollari P., Cosentino D., & Parotto M. (1995) – *Modello cinematico-strutturale dell'Italia centrale*. Studi Geol. Camerti, **1995/2**, 135-143.

CNR – PFG (1985) – *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. In: postpischl D. (ed), CNR – PFG V. 2B, Bologna.

Cornell C.A. (1968) – *Engineering seismic risk analysis*. B. Seismol. Soc. Am., **58**, 1583-1606.

Colicchio G. (1953) – *La carta delle acque sotterranee del Tavoliere – osservazioni e perforazioni eseguite nei bienni 1951-1952*. Arti Grafiche Pescatore, Foggia.

Corrado S., Di Bucci D., Naso G. & Butler R.W.H. (1997) – *Thrusting and strike-slip tectonics in the Alto Molise region (Italy): implications for the Neogene-Quaternary evolution of the Central Apennine orogenic system*. Journ. Geol. Soc. London, **154**, 679-688.

Cosentino D., Cipollari P., Marsili P. & Scrocca D. (2010) – *Geology of the central Apennines: a regional review*. Journal of the Virtual Explorer, electronic edition, ISSN 1441-8124, vol. 36, paper 11. In: Beltrando M., Peccerillo A., Mattei M., Conticelli S. & Doglioni C. (eds) "The Geology of Italy".

Cotecchia V. (1956) – *Gli aspetti idrogeologici del Tavoliere delle Puglie*. L'Acqua, **34**, 168-180.

Cotecchia V., Ferrari G., Fidelibus M.D., Polemio M., Tadolini T. & Tulipano L. (1995) – *Considerazioni sull'origine e rinnovabilità delle acque presenti in livelli sabbiosi profondi del Tavoliere di Puglia*. Quaderni di Geologia Applicata, **1/suppl.**, 1163-1173, Bologna.

Cremonini G. (1994) – *Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche*. Pitagora Editrice, Bologna.

Cremonini G., Elmi C. & Selli R. (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 Foglio 156 "S. Marco in Lamis"*.

Crescenti U. & Follador U. (1965) – *Il Pleistocene a Hyaline balthica (Schroeter) nella parte orientale dell'Italia centro-meridionale*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **84**, 57-62.

Crostella A. & Vezzani L. (1964) – *La geologia dell'Appennino foggiano*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **83**, 121-141.

Cruden D.M. & Varne D.J. (1996) – *Landslide types and processes*. In: Turner A.K. & Schuste R.L. (eds) "Landslide investigation and mitigation", special report 247, National Academy of Sciences, 36-75.

D'Alessandro L., Miccadei E. & Piacentini T. (2003) – *Morphostructural elements of central-eastern Abruzzi– contributions to the study of the role of tectonics on the morphogenesis of the Apennine chain*. In– "Uplift and erosion– driving processes and resulting landforms". Quaternary International, **101-102**, 115-124.

D'Argenio B. (1974) – *Le piattaforme carbonatiche periadriatiche. Una rassegna di problemi nel quadro geodinamico mesozoico dell'area mediterranea*. Memorie della Società Geologica Italiana, **13**, 137-160.

D'Argenio B., Pescatore T. & Scandone P. (1973) – *Schema geologico dell'appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Atti del Convegno Moderne vedute sulla geologia dell'Appennino. Acc. Nazion. Lin., **183**, 49-72.

Del Gaudio V., Pierri P. & Calcagnile G. (2009) – *Seismogenic zonation and seismic hazard estimates in Southern Italy area (Northern Apulia) characterised by moderate seismicity rates*. Natural Hazards and Earth System Sciences, **9**, 161-174.

De Girolamo A.M., Limoni P.P., Portoghese I. & Vurro M. (2001) – *Utilizzo di tecniche GIS per la valutazione e rappresentazione del bilancio idrogeologico a scala regionale*. Acqua, **2**, 57-70.

Del Gaudio V., Pierri P., Frepoli A., Calcagnile G., Venisti N. & Cimini G.B. (2007) – *A critical revision of the seismicity of Northern Apulia (Adriatic Plate – Southern Italy) and implication of seismogenic structures*. Tectonophysics, **436**, 9-35.

Demangeot J. (1965) – *Geomorphologie des Abruzzes adriatiques*. Mem. et Docum., C.N.R.S., 403 pp.

Di Bucci D. & Tozzi M. (1992) – *La linea "Ortona-Roccamonfina": Revisione dei dati esistenti e nuovi contributi per il settore settentrionale (Media valle del Sangro)*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. **1991/92**, 397-406.

Di Bucci D., Corrado S., Naso G. Parotto M. & Praturlon A. (1999) – *Evoluzione tettonica neogenico-quadernaria dell'area molisana*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **118**, 13-30.

Di Staso A. & Giardino S. (2002) – *New integrate biostratigraphic data about the Saraceno Formation (North-Calabrian Unit; Southern Apennines)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. spec. **1**, 517-526.

Dogliani C., Mongelli F. & Pieri P. (1994) – *The Puglia uplift (SE Italy): an anomaly in the foreland of the Apenninic subduction due to buckling of a thick continental lithosphere*. Tectonics, **13**, 5,1309- 1321.

Dogliani C., Tropeano M., Mongelli F., Pieri P. (1996) – *Middle-late Pleistocene uplift of Puglia: an anomaly in the Apenninic foreland*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 101-117.

Doucet A., Cazzola C. & Marinelli S. (1990) – *Il campo di Rospo Mare: un esempio di paleokarst petrolifero*. Memorie della Società Geologica Italiana, **45**, 783-789.

Dramis F. & Bisci C. (1997) – *Cartografia geomorfologica, Manuale di introduzione al rilevamento ed alla rappresentazione degli aspetti fisici del territorio*. Pitagora Editrice, Bologna.

Faccioli E. & Paolucci R. (2005) – *Elementi di sismologia applicata all'ingegneria*. Pitagora Editrice, Bologna.

Festa A., Ghisetti F. & Vezzani L. (2006) – *Carta geologica del Molise (scala 1:100.000)*. Regione Molise.

Follador U. (1967) – *Il Pliocene ed il Pleistocene dell'Italia centro-meridionale, versante adriatico*. Biostratigrafia. Boll. Soc. Geol. It., vol. **86**, pp. 565-584.

Funciello R., Montone P., Salvini F. & Tozzi M. (1988) – *Caratteri strutturali del Promontorio del Gargano*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 1235-1243.

Funciello R., Parotto M. & Praturlon A. (1981) – *Carta tettonica d'Italia a scala 1:100.000*. CNR P.F. Geodinamica, pubbl. n. 269.

Galadini F., Meletti C. & Vittori E. (2000) – *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2 "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili"*. CNR- Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, Roma.

Gallichio S., Moretti M. & Pieri P. (2002) – *I depositi continentali terrazzati (Pleistocene medio-superiore) nel settore pedemontano del Tavoliere delle Puglie*. Fascicolo degli abstract della IX Riunione del Gruppo di Sedimentologia del CNR, Pescara, 21-22/10/2002, 46-47.

Gambini R. & Tozzi M. (1996) – *Tertiary geodynamic evolution of the Southern Adria Microplate*. Terra Nova, **8**, 593-602.

Gasparini P. & Mantovani M.S.M (1984) – *Fisica della terra solida*. Liguori Editore, Napoli.

Girardi A., Parea G.C. & Zunica M. (1985) – *Atlante delle spiagge italiana: Dinamismo – Tendenza evolutiva – Opere umane. Foglio 147 – Lanciano, Foglio 148 – Vasto (scala 1:100.000)*. C.N.R. – P.F. “Conservazione del Suolo”, Sottoprogetto “Dinamica dei Litorali”, S.E.L.C.A., Firenze.

Gonzalez de Vallejo L.I. (2005) – *Geingegneria*. Pearson Education Italia, Milano.

Grassi D. & Tadolini T. (1992) – *Caratteristiche chimico-fisiche delle acque della falda carsica del Gargano*. CNR-GNDICI, pubbl. **538**, 375-416.

Graziano R. (2000) – *The Aptian-Albian of the Apulia carbonate platform (Gargano Promontory, southern Italy): evidence of paleoceanographic and tectonic controls on the stratigraphic architecture of the platform margin*. Cretaceous Research, **21**, 107-126.

Gruppo di Lavoro (2004) – *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003*. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile. INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp + 5 appendici.

Gruppo di Lavoro CPTI (1999). – *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. ING, GNDT, SGA, SSN, Bologna.

Hallam A. (1985) – *Interpretazione delle facies e stratigrafia*. Pitagora Editrice, Bologna.

Iannantuono E. (2007) – *Morfodinamica e tendenze evolutive del tratto di costa compreso tra P.ta Penna e P.ta Pietre Nere*. Dottorato di Ricerca XIX ciclo in Scienze Ambientali, Università dell'Aquila.

ISPRA (2011) – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 396 (San Severo)*. Litografica Artistica Cartografica S.r.l.

Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (2006) – *Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale per la G.U. n.108 del 11/05/2006*. <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>.

Jacobacci A., Malatesta A., Martelli G. & Stampanoni G. (1967) – *Note Illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100.000* Foglio 163 Lucera.

Lambe T.W. & Whitman R.V. (1997) – *Meccanica dei terreni*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Lancellotta R. (2004) – *Geotecnica (terza edizione)*. Zanichelli Editore, Bologna.

Lanzafame G. & Tortorici L. (1976) – *Osservazioni geologiche sul medio e basso bacino del F. Biferno (Molise, Italia centro-meridionale)*. Geologica Romana, **15**, 199-222.

Lanzo G. & Silvestri F. (1999) – *Risposta sismica locale. Teoria ed esperienze*. Hevelius Edizioni, Benevento.

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

Maggiore M. & Mongelli (1991) – *Hydrogeothermal model of ground water supply to San Nazario Spring (Gargano, Southern Italy)*. Proceedings of the International Conference on Environmental Changes in Karst Areas, Padova 27 Sept. 1991; Quaderni del Dipartimento di Geografia, **13**, 307-324.

Maggiore M. & Pagliarulo P. (2004) – *Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici negli acquiferi della Puglia*. Atti del Convegno “Uso e tutela dei corpi idrici pugliesi”, 13-35, Bari, 21 giugno 2002, Supplemento a “Geologi e Territorio”, **1/2004**.

Maggiore M., Masciale R., Massari R., Pappagallo G., Passarella G. & Vurro M. (2004) – *Caratteri idrostrutturali del Tavoliere di Puglia ed elaborazione di una carta geolitologica a finalità idrogeologiche*. Geologi e Territorio, **2/2004**, 6-16.

Maggiore M., Nuovo G. & Pagliarulo P. (1996) – *Caratteristiche idrogeologiche e principali differenze idrochimiche delle falde sotterranee del Tavoliere di Puglia*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 669-684.

Manfredini M. (1963) – *Schema dell'evoluzione tettonica della penisola italiana*. Bollettino della Società Geologia Italiana, **84**, 101-130.

Mastronuzzi G., Palmentola G. & Ricchetti G. (1989) – *Aspetti della evoluzione olocenica della costa pugliese*. Memorie della Società Geologica Italiana, **42**, 287-300.

Merla G., Ercoli A. & Torre D. (1969) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000*. Foglio 164 "Foggia".

Meletti C. & Montaldo V. (2007) – *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag*. Progetto DPC-INGV SI.

Meletti C. & Valensise G. (2004) – *Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo*. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Mongelli F. & Ricchetti G. (1970) – *Heat flow along the Candelerò fault, Gargano headland (Italy)*. Geothermics, **Spec. Issue 2**, 450-458.

Montone P., Amato A. & Pondrelli S. (1999) – *Active stress map of Italy*. Journal of Geophysical Research, **104**, 25595-25610.

Morbiddelli (2003) – *Le rocce e i loro costituenti*. Bardi Editore, Roma.

Moretti M., Pieri P., Ricchetti G. & Spalluto L. (2011) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 396 San Severo*. Litografia Artistica Cartografica S.r.l.

Morsilli M., De Cosmo P.D., Bosellini A., Luciani V. (2002) – *L'annegamento santoniano della Piattaforma Apula nell'area di Apricena (Gargano, Puglia): nuovi dati per la paleogeografia del Cretaceo superiore*. Fascicolo degli abstract della IX Riunione del Gruppo di Sedimentologia del CNR, Pescara, 21-22/10/2002, 63-64.

Mostardini F. & Merlini S. (1986) – *Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 177-202.

Ogniben (1969) – *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Memorie della Società Geologica Italiana, **8**, 453-763.

Pagliarulo P. (1996) – *Migrazione di fluidi profondi nel substrato prepliocenico nell'avanfossa appenninica (bacino pugliese e lucano)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 659-668.

Panizza M. (1993) – *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica, Roma.

Parea G.C. (1978) – *Trasporto dei sedimenti ed erosione costiera lungo il litorale fra il Tronto ed il Fortore (Adriatico centrale)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **19**, 361-367.

Parea G.C. (1986) – *I terrazzi marini tardo-pleistocenici del fronte della Catena Appenninica in relazione alla geologia dell'Avanfossa Adriatica*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 913-936.

Parotto M. & Praturlon A. (1975) – *Geological summary of the Central Apennines*. In: L. Ogniben, M. Parotto, A. Praturlon (eds), Structural Model of Italy, Quad. Ric. Sci., **90**, 257-311.

Parotto M. (1980) – *Apennin Central*. In: AA.VV., Geologie d'Europe. Guida per il 26° Congresso Internazionale di Geologia, Parigi, 1980, 33-37.

Patacca E. & Scandone P. (1989) – *Post Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: The lithosphere in Italy, Boriani et al. (eds), 157-176.

Patacca E. & Scandone P. (2004) – *The 1627 Gargano earthquake (Southern Italy): Identification and characterization of the causative fault*. Journal of Seismology, **8**, 259-273.

Patacca E. & Scandone P. (2007) – *Geology of the Southern Apennines*. Bollettino della Società Geologica Italian, **Spec. Issue 7**, 75-199.

Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) – *Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: kinematic relation since Late Tortonian times*. Memorie della Società Geologica Italiana, **45**, 425-451.

Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N. & Santini U. (1992) – *La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. **1991/92**, 417-441.

Patacca E., Scandrone P., Bellatalla M., Perilli N. & Santini U. (1991) – *La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. 1991/92, CROP 11, pp. 417-441.

Patacca E., Scandrone P., Di Luzio E., Cavinato G.P. & Parotto M. (2008) – *Structural architecture of the central Apennines: interpretation of the CROP 11 seismic profile from the Adriatic coast to the orographic divide*. Tectonics, 27.

Pavan G. & Pirini C. (1965) – *Stratigrafia del Foglio 157, "Monte S. Angelo"*. Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, 86, 123-189.

Pavia G., Bertok C., Ciampo G., Di Donato V., Martire L., Masini F., Pavia M., Santangelo N., Taddei Ruggiero E. & Zunino M. (2010) – *Tectono-sedimentary evolution of the Pliocene to Lower Pleistocene succession of the Apricena-Lesina-Poggio Imperiale quarrying district (western Gargano, southern Italy)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, 129, 132-155.

Piccardi L. (1998) – *Cinematica attuale, comportamento sismico e sismologia storica della faglia di Monte Sant'Angelo (Gargano, Italia): la possibile rottura superficiale del "leggendario" terremoto del 493 d.C.*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, 21, 141-149.

Piccardi L., Ferrelli L., Michetti A.M., Tondi E. & Vittori E. (2002) – *First trench investigation along the Gargano Fault, Apulia foreland, southern Italy*. In: Environmental Catastrophes and Recoveries in the Holocene, Department of Geography & Earth Sciences, Brunel University Uxbridge, UK, August 29 – September 2, 2002.

Piccardi L., Ferrelli L., Michetti A.M., Tondi E. & Vittori E. (2004) – *Paleoseismology analysis along the Mattinata fault, Apulia foreland, southern Italy. Special issue "Active faults: analysis, processes and monitoring"*. In: Piccardi L., Tondi E. (eds.), Studi Geologici Camerti, 119-122.

Pieri M. (1966) – *Tentativo di ricostruzione paleogeografico-strutturale dell'Italia centro-meridionale*. Geologica Romana, 5, 407-424.

Pieri P. (1980) – *Principali caratteri geologici e morfologici delle Murge*. Murgia sotterranea, Bollettino Gruppo Speleo Martinese, Martina Franca, 2, 13- 19.

Pieri P., Sabato L. & Tropeano M. (1996) – *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa Bradanica nel Pleistocene*. Memorie della Società Geologica Italiana, 51, 501-515.

Pieri P., Del Gaudio V. & Calcagnile G. (2008) – *Ridefinizione della zonazione sismogenetica della Puglia settentrionale e implicazioni per le stime di pericolosità*. Atti GNGTS – Sessione 2.2.

Pizzi A. (2003) – *Plio-Quaternary uplift rates in the outer zone of Central Apennines fold-and-thrust belt, Italy*. Quaternary International, 101-102, 229-237.

Polemio M. & Limoni P.P. (1999) – *Mappatura speditiva della qualità delle acque sotterranee pugliesi*. Atti del 3° Convegno Nazionale sulla Protezione e Gestione delle Acque Sotterranee per il III Millennio, Parma, 13-15 Ottobre 1999.

Pomar L. & Tropeano M. (2001) – *The Calcarenite di Gravina Formation in Matera (Southern Italy): new insights for coarse-grained large scale, cross-bedded bodies encased in offshore deposits*. AAPG Bull., 85, 661-689.

Postpischl D. (1985) – *Catalogo dei forti terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. CNR, Progetto Finalizzato Geodinamica.

Ricchetti E., Salvemini A. & Tadolini T. (1989) – *A hydrogeological study in a sample area of the Apulian Tavoliere between Ortanova and Cerignola*. "Sottosuolo", Congresso Internazionale Geingegneria, I, 533-540, Torino.

Ricchetti G. (1980) – *Contributo alla conoscenza strutturale della Fossa Bradanica e delle Murge*. Bol. Soc. Geol. It., 99, 421-430.

Ricchetti G., Ciaranfi N., Luperto Sinni E., Mongelli F. & Pieri P. (1988) – *Geodinamica ed evoluzione sedimentaria e tettonica dell'avampaese apulo*. Memorie della Società Geologica Italiana, 41, 57-82.

Ricci C., Rusciadelli G. & Scisciani V. (2006) – *Evidenze geologiche di aree bacinali nell'Apulia settentrionale: implicazioni per la ricostruzione paleogeografica delle piattaforme dell'Appennino centrale*. 83° Riunione estiva Soc. Geol. It., Chieti 12-16 settembre 2006, 159-161.

Ricci Lucchi F. (1980) – *Sedimentologia*. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice, Bologna.

Riga G. (2007) – *La liquefazione dei terreni. Analisi, valutazione, calcolo*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

**PROGETTO PRELIMINARE****Linea Pescara - Bari
Raddoppio Termoli (e) - Lesina (e)**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA E
IDROGEOLOGICA

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
L032	00	R 69 RG	GE 00 01 001	A	89 di 89

Rusciadelli G. & Ricci C. (2008) – *New geological constraints for the extension of northern Apulia platform margin west of the Maiella Mt. (Central Apennines, Italy)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **127**, 375-387.

Scrocca D & Tozzi M. (1999) – *Tetogenesi mio-pliocenica dell'Appennino molisano*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **118**, 255-286.

Sella M., Turci C. & Riva A. (1988) – *Sintesi geopetrolifera della Fossa bradanica (avanfossa della catena appenninica meridionale)*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 87-107.

Spalluto L. & Moretti M. (2006) – *Evidenze di neotettonica (Pliocene medio – Pleistocene superiore) nel settore occidentale del Promontorio del Gargano (Italia Meridionale)*. Il Quaternario, **19**, 143-154.

Spalluto L. (2004) – *La Piattaforma Apula nel Gargano centro-occidentale: organizzazione stratigrafica ed assetto della successione mesozoica di piattaforma interna*. Tesi di dottorato in Scienze della Terra. Università degli Studi di Bari.

Sprovieri R., (1993) – *Mediterranean Pliocene biochronology: an high resolution record based on quantitative planktonic foraminifera distribution*. Rivista Italiana di Paleontologia e Stratigrafia, **98**, 61-100.

Tanzini M. (2002) – *Fenomeni franosi e opere di stabilizzazione*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Tanzini M. (2002) – *L'indagine geotecnica*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Tadolini T., Sdao F. & Ferrari G. (1989) – *Valutazioni sul grado di protezione della falda superficiale del Tavoliere di Foggia nei confronti dei rilasci in superficie di corpi inquinanti e sulle modalità di propagazione degli stessi in seno all'acquifero*. Atti delle giornate di studio su Analisi Statistica di Dati Territoriali, 461-472, Bari.

Tinti S., Maramai A. & Favali P. (1995) – *The Gargano Promontory: an important Italian seismogenic-tsunamigenic area*. Marine Geology, **122**, 227-241.

Tondi E., Piccardi L., Cacon S., Kontny B. & Cello G. (2005) – *Structural and time constraints for dextral shear along the seismogenic Mattinata fault (Gargano, southern Italy)*. Journal of Geodynamics, **40**, 134-152.

Tropeano M. & Sabato L. (2000) – *Response of Plio- Pleistocene mixed bioclastic-lithoclastic temperate-water carbonate systems to forced regression: the Calcarene di Gravina Formation, Puglia, SE Italy*. In: "Sedimentary responses to forced regression" (D.Hunt & R.L. Gawthorpe, Eds.), Geol. Soc. London, Spec. Publ., **171**, 217-243.

Tropeano M., Marino M. & Pieri P. (1994) – *Evidenze di tettonica distensiva plio-pleistocenica al margine orientale della Fossa bradanica. L'Horst di Zagarella*. Il Quaternario, **7**, 597-606.

Tropeano M., Sabato L. & Pieri P. (2002) – *Filling and cannibalization of a foredeep: the Bradanic Trough (Southern Italy)*. In "Sediment Flux to Basins: Causes, Controls and Consequences" (S.J. Jones and L.E. Frostick, Eds.), pp. 55-79. Geol. Soc. London, Spec. Publ., **191**, 55-79.

Tucker M.E. (1996) – *Rocce sedimentarie. Guida alla descrizione sugli affioramenti rocciosi*. Dario Flaccovio Editore, Palermo.

Vallario A. (1992) – *Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio*. Liguori Editore, Napoli.

Varnes D.J. (1976) – *Slope movement types and processes*. Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington.

Venisti N., Calcagnile G., Del Gaudio V. & Pierri P. (2004) – *Combined analysis of seismic and gravimetric data in Adriatic plate*. Physics of the Earth and Planetary Interiors, **142**, 89-100.