

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA

S.O. GEOLOGIA TECNICA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO

LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO
COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO
NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA

SCALA:

-

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

NN2G 00 D 69 RG GE0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	V.M.Cucciniello F.Vitaloni	Ottobre 2022	S. Giugliano	Ottobre 2022	M. Leogrande	Ottobre 2022	G. BENEDETTI Aprile 2023
B	EMISSIONE ESECUTIVA	S. Giugliano <i>[Signature]</i>	Aprile 2023	S. Giugliano <i>[Signature]</i>	Aprile 2023	M. D'Avino <i>[Signature]</i>	Aprile 2023	ITALFERR S.p.A. Gruppo Ferrovie dello Stato Italiane Dott. Geol. Giampaolo Benedetti Ordine dei Geologi Emilia Romagna 1019 <i>[Signature]</i>

File: NN2G00D69RGGE0001001B.doc

n. Elab.:

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
 sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	2 di 69

INDICE

1	PREMESSA	5
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	6
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE	9
4.1	INQUADRAMENTO STRUTTURALE	9
4.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE	13
4.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	20
4.4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	24
4.4.1	<i>Analisi di verifica dell'aggressività delle acque sui calcestruzzi</i>	27
5	INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO	29
5.1	CAMPAGNA INDAGINI ITOLFERR 2020	29
5.2	CAMPAGNA INDAGINI ITOLFERR 2019	30
5.3	INDAGINI BIBLIOGRAFICHE ITOLFERR	30
6	ASSETTO GEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO	32
6.1	ASSETTO STRATIGRAFICO LUNGO IL TRACCIATO	32
6.2	ASSETTO IDROGEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO	33
6.2.1	<i>Permeabilità dei terreni</i>	33
6.2.2	<i>Ricostruzione dell'andamento della falda</i>	34
6.2.3	<i>Potenziale interazione tra le opere e pozzi esistenti</i>	36
7	CARTOGRAFIA DEL RISCHIO	37

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
 sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	3 di 69

7.1	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA.....	37
8	STUDIO INTERFEROMETRICO DELL'AREA DI PROGETTO.....	40
9	INQUADRAMENTO SISMICO.....	45
9.1	PREMESSA	45
9.2	AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE	46
9.3	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	52
9.3.1	<i>Generalità</i>	52
9.3.2	<i>Vita utile e classe d'uso</i>	52
9.3.3	<i>Stati limite e probabilità di superamento</i>	53
9.3.4	<i>Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g</i>	55
9.3.5	<i>Risposta sismica locale</i>	56
9.4	ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE	59
9.5	MAGNITUDO DI RIFERIMENTO.....	60
10	CONCLUSIONI.....	62
11	BIBLIOGRAFIA.....	65

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
 sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	4 di 69

TAVOLE DI RIFERIMENTO

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		N	N	2	G	0	0	D	6	9	N	6	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta geologica-geomorfologica e profilo geologico	1:2000/ 200	N	N	2	G	0	0	D	6	9	N	6	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:2000/ 200	N	N	2	G	0	0	D	6	9	N	6	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A

ELABORATI DI RIFERIMENTO

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		N	N	2	G	0	0	D	6	9	S	G	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A
Indagini geognostiche di riferimento	-	N	N	2	G	0	0	D	6	9	S	G	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	5 di 69

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e Sismica redatta per il completamento della Metropolitana di Salerno. L'intervento prevede la realizzazione della "Nuova Fermata a servizio dell'area ASI di Salerno".

Lo studio raccoglie e sintetizza le informazioni derivanti dai rilevamenti geologici e geomorfologici eseguiti in sito, dalla consultazione del materiale bibliografico disponibile e da indagini geognostiche appositamente eseguite nell'area di progetto e comprendenti:

- n. 2 sondaggi a carotaggio continuo (BH9 e BH10), realizzati sino a profondità massima di 50 m da p.c., con esecuzione di prove SPT e prove di permeabilità tipo Lefranc ed attrezzati con piezometro per il monitoraggio della falda;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni prelevati nel corso della perforazione dei due suddetti sondaggi;
- n.1 sondaggio a carotaggio continuo (S3), realizzato sino a una profondità massima di 25 m da p.c.;
- n.1 prove penetrometriche CPTu (S-CPTU 5);
- n. 2 prove geofisiche MASW (MASW 5, MASW 6) e n°2 prove HVSR (HVSR 5, HVSR 6)

In sintesi, nei paragrafi seguenti, verranno approfondite le seguenti tematiche:

1. Inquadramento geografico;
2. Inquadramento geologico dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici;
3. Descrizione delle indagini eseguite a supporto della progettazione ed analisi dell'assetto geologico ed idrogeologico;
4. Analisi della pericolosità e del rischio geologico-geomorfologico;
5. Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio di liquefazione.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 6 di 69

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.M. 17/01/2018, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n. 617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248”.
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», G.U. n.42 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.8.
- RFI DTC SI AG MA IFS 002 A del Dic. 2018: Manuale di progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 7 – Geologia.
- Tariffa IG di RFI in vigore nel 2022.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22-12-2018 “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Sez. 3 – Rilievi geologici e indagini geognostiche”.
- D.M. 11.03.1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle opere di fondazione”. (DPR. 5 ottobre 2010, n. 207 artt. 52-53).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	7 di 69

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio del presente progetto è ubicata nella regione Campania, in Comune di Pontecagnano (SA), in una zona pianeggiante. La nuova fermata della linea metropolitana di Salerno si svilupperà in un tratto della stessa con direzione W-E nel settore centro settentrionale della Piana del Sele (Figura 3-1).

La piana del Sele, ampia circa 500 km², è limitata da un lungomare sabbioso e pressoché rettilineo, allungato tra le città di Salerno e Agropoli (Figura 3-2). A nord è delimitata dai rilievi montuosi dei monti Picentini, che circondano tutta la piana, interrotta solo dalla valle del Sele che si inoltra all'interno dei rilievi con direzione E-W. A sud il confine è costituito dal corso del Fiume Sele.

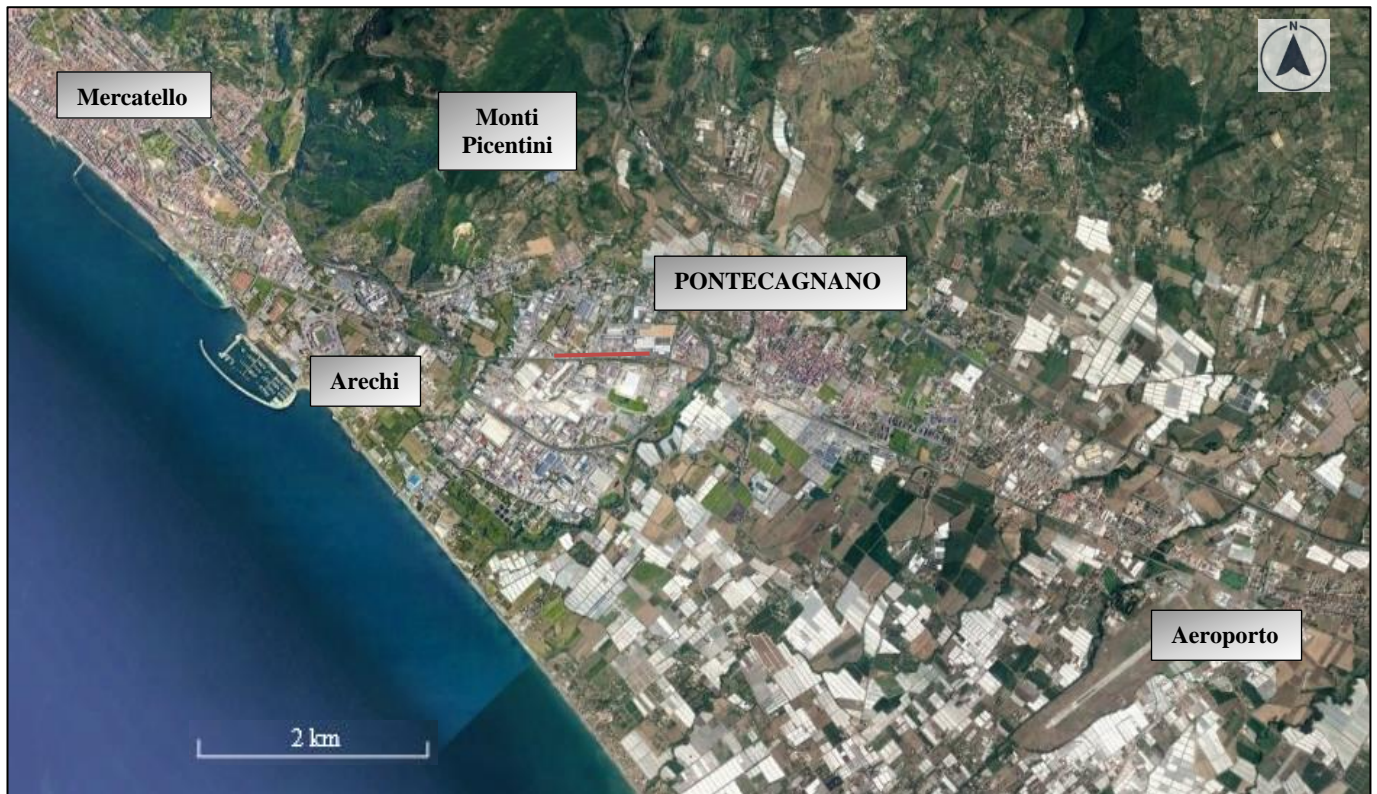


Figura 3-1– Immagine aerea dell'area di Salerno e Pontecagnano. In rosso è evidenziata la tratta oggetto di studio. (Google Earth).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	8 di 69



Figura 3-2 – Immagine aerea della Piana del Sele (immagine fuori scala)

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 9 di 69

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO, GEOMORFOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

Nei paragrafi seguenti si riporta l'inquadramento tettonico e strutturale, l'inquadramento geologico regionale, l'inquadramento geomorfologico e l'inquadramento idrogeologico dell'area di studio.

4.1 INQUADRAMENTO STRUTTURALE

La Regione Campania presenta un assetto geologico-strutturale molto complesso. Al suo interno è possibile distinguere un settore a morfologia collinare e montuosa occupato dalla catena appenninica ed un settore costiero, ad occidente, caratterizzato dalla presenza di ampie depressioni strutturali occupate attualmente da piane alluvionali (Piana campana e Piana del Sele). La Campania è inoltre caratterizzata da quattro importanti centri vulcanici: il Roccamonfina, nel Casertano al confine tra Lazio e Campania, il Vesuvio e i Campi Flegrei nel napoletano, il complesso vulcanico dell'isola di Ischia. Gli eventi che hanno generato l'assetto geologico-strutturale della Campania sono strettamente connessi agli eventi che hanno generato il quadro strutturale della penisola italiana.

Il segmento di catena sud-appenninica ricadente nel Foglio Salerno è costituito da una pila di falde originata dalla deformazione sia di domini bacinali (Unità Lagonegrese *Auct.* e Sicilide *Auct.*) che di domini di piattaforma carbonatica (Piattaforma Campano-Lucana in D'Argenio et alii, 1973; Unità della Piattaforma Carbonatica Appenninica *sensu* Mostardini & Merlini, 1986), con età comprese tra il Mesozoico ed il Terziario. Il *multilayer* tettonico è composto, procedendo dall'alto verso il basso, dall'Unità Sicilide, composta dal Gruppo delle Argille Variegate (AV) in sovrapposizione sull'unità di piattaforma carbonatica qui denominata Unità M.ti Lattari – M.ti Picentini (UMLP) che a loro volta poggiano sulle unità del Bacino di Lagonegro affioranti nelle finestre tettoniche del settore centro orientale del Foglio 467 "Salerno" in Figura 4-1. Dati regionali derivanti da pozzi per la ricerca di idrocarburi (Dondi & Papetti, 1965) consentono di riconoscere al di sotto delle unità Lagonegresi un'ulteriore unità strutturale, più profonda, costituita da successioni riferibili alle unità della piattaforma Apula interna (*sensu* Mostardini & Merlini, 1986) al cui top si rinvencono depositi calcareo-evaporitici del Miocene superiore. Durante il Miocene superiore il trasporto tettonico delle falde verso i settori più esterni della catena è stato coevo alla deposizione di successioni silicoclastiche in bacini di tipo *piggy-back* (Unità del Bacino di Salerno – Montecorvino Rovella) poggianti sui livelli strutturalmente più elevati (AV) della catena. Il *multilayer* tettonico così formato è stato successivamente disarticolato dalla tettonica estensionale plio-pleistocenica coeva all'apertura del Tirreno ed agente sia su faglie a basso angolo che su faglie ad alto angolo. Le strutture estensionali ad alto angolo legate a quest'ultima fase deformativa permettono di distinguere nell'area del foglio (Figura 4-1) due settori principali differentemente dislocati. Il settore meridionale, compreso tra Battipaglia e Salerno (Figura 4-1), è caratterizzato dalla presenza delle unità strutturalmente più elevate (AV ed Unità del Bacino di Salerno - Montecorvino Rovella)

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	10 di 69

ribassate verso l'area tirrenica lungo una fascia ad andamento irregolare costituita da segmenti (master faults) ad orientazione SW-NE (es. tratto Capo d'Orso – Salerno) WNW-ESE (es. bordo meridionale del gruppo M. te Stella – M. te Tobenna).

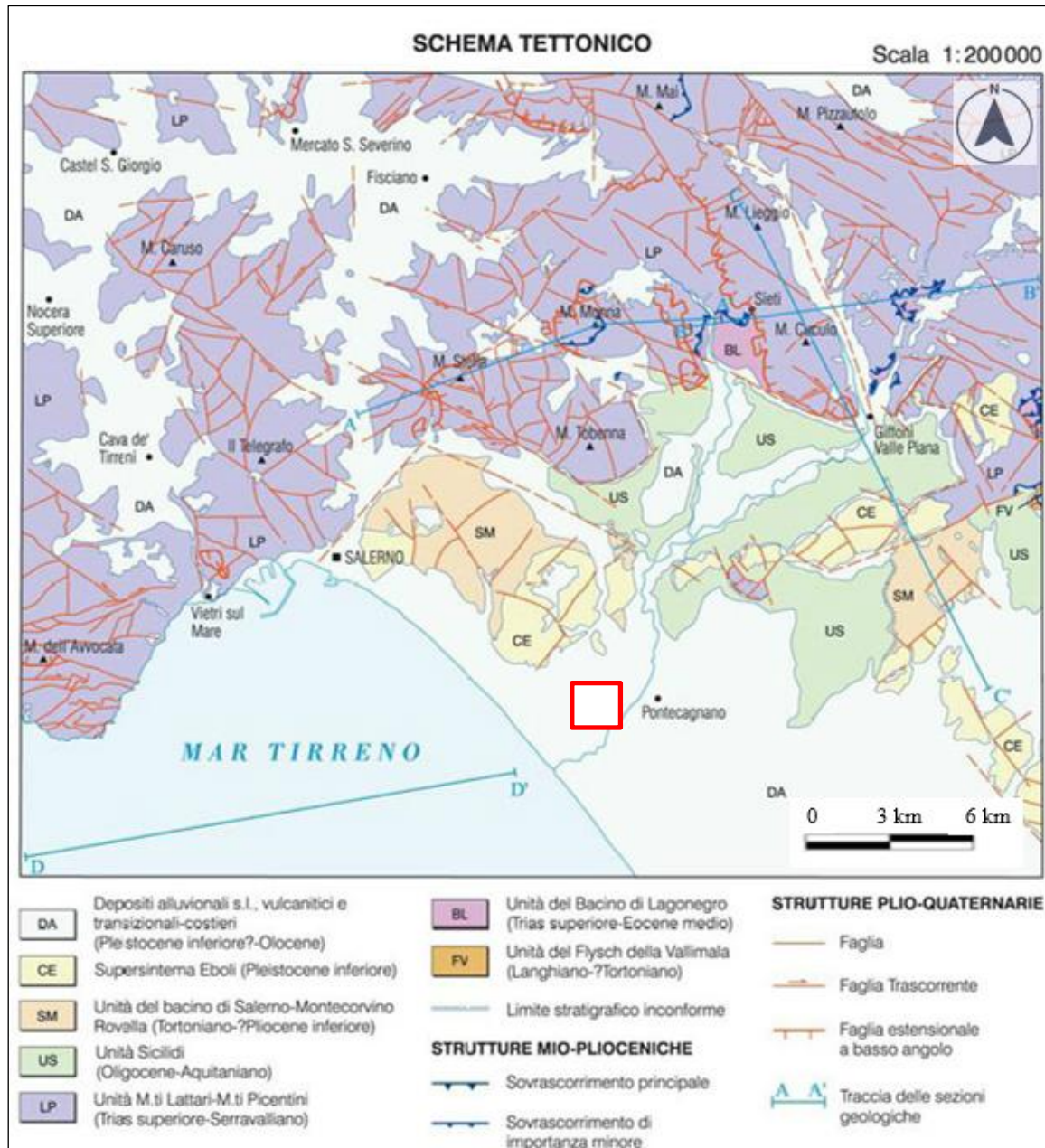


Figura 4-1 – Schema tettonico dell'area di Salerno (Carta geologica d'Italia, Foglio N. 467 “Salerno”, 2009): il quadrato rosso indica l'area di studio. Immagine non in scala

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	11 di 69

Il settore posto a nord di questi lineamenti espone principalmente le successioni mesozoiche dell'UMLP e, limitatamente alle finestre tettoniche, le unità del sottostante livello strutturale Lagonegrese. Dalla distribuzione in pianta delle unità stratigrafiche della UMLP si riconosce in questo settore del foglio una geometria a duomo di scala deca-chilometrica la cui porzione centrale, localizzabile tra la valle dell'Irno e Giffoni Valle Piana, espone i termini più antichi (Carnico – Norico) dell'UMLP, che ringiovaniscono radialmente verso nord e verso ovest fino a mostrare i termini cretacei nei rilievi a nord di Nocera ed il Giurassico superiore nei monti Lattari. Sui vari termini della pila tettonica descritta poggiano in discordanza potenti successioni conglomeratiche del Pleistocene inferiore (supersistema Eboli – CE; Figura 4-1) che segnano il passaggio da una sedimentazione marina a condizioni continentali ed un sollevamento generalizzato di questo segmento di catena (Brancaccio *et alii* 1991, Cinque *et alii*, 1993).

Dal punto di vista strutturale la Piana del Sele corrisponde alla parte continentale di una depressione (graben peritirrenico) che si prolunga all'interno del Golfo di Salerno, circondata a monte da unità terrigene terziarie e da unità carbonatiche mesozoiche (Capaldi *et al.*, 1988). In questa depressione, allungata in direzione WSW-ENE (Figura 4-2), le indagini sismiche segnalano, al di sopra dell'unità carbonatica mesozoica e delle sovrastanti coltri terrigene, fino a 3300 m di terreni di età compresa tra il tardo Neogene ed il Quaternario. La parte superiore di questo riempimento, fino ad un massimo di 2400 m di potenza, è rappresentata da depositi Plio-Quaternari che testimoniano le fasi di forte approfondimento della struttura in corrispondenza del sollevamento dei rilievi appenninici ai bordi (Penisola Sorrentina, Monti Picentini e Monti del Cilento).

La zona è stata soggetta ad una intensa attività neotettonica disgiuntiva che ha interessato ampiamente il massiccio dei Monti Picentini, alla base del quale le depressioni della Piana del Sele e della Valle del Sele sono state colmate da spesse coltri clastiche pedemontane. Tra queste coltri la formazione più antica è rappresentata dai Conglomerati di Eboli, del Pleistocene inferiore (Cinque *et al.*, 1988), che fungono da raccordo tra rilievi montuosi e piana costiera. Anche i Conglomerati di Eboli mostrano evidenze di fasi dislocative, con formazione di versanti di faglia che bordano la piana, loro sollevamento e conseguente smantellamento con deposizione di sedimenti fluviali nella Piana del Sele. La fascia esterna della piana è invece colmata da sedimenti fluviali e marini del Pleistocene medio-superiore ed Olocene, soggetti a sollevamento nel Pleistocene superiore, secondo Cinque *et al.* (1988), in considerazione delle quote relativamente elevate alle quali si rinvengono i coevi depositi litorali. Le quote della piana si innalzano gradualmente fino a circa 100 metri, formando dunque una grande unità fisiografica, alla quale si giustappone ad oriente l'unità rappresentata dalla valle del Fiume Sele. La terza unità fisiografica è costituita dalle colline perimetrali alla piana.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	12 di 69

Gli eventi tettonici responsabili del sollevamento a blocchi dei Conglomerati di Eboli e del loro sganciamento altimetrico dai retrostanti versanti alimentatori, rappresenta l'ultima intensa fase deformativa evidenziabile nell'area. A valle di questi lineamenti neotettonici la pianura alluvionale recente (ascrivibile probabilmente all'intervallo alto Pleistocene medio-attuale) non presenta evidenze di grosse dislocazioni, a parte qualche localizzato, e non del tutto certo, disturbo per faglia, con rigetti valutabili intorno ad una decina di metri o poco più.

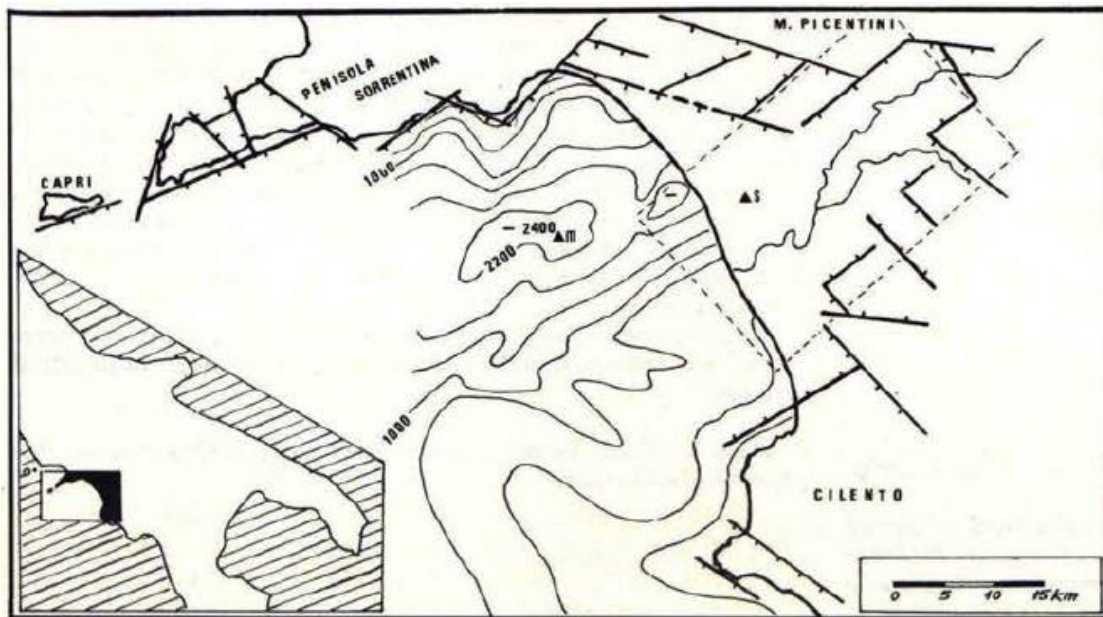


Figura 4-2 – Principali faglie marginali del graben occupato dalla Piana del Sele e isopache in m dei depositi plio quaternari (da Bartole & alii, 1984) nel Golfo di Salerno. Le linee a tratto spesso indicano le faglie ed i trattini laterali il loro labbro ribassato.

Analizzando una sezione trasversale dell'Italia meridionale tra il Mar Adriatico e il Mar Tirreno (Piana Sele) è possibile riconoscere la strutturazione complessiva dell'Appennino. Esso è costituito dall'orogene vero e proprio, a cui sono associati l'avampaese e l'avanfossa (Figura 4-3). L'avampaese è il primo elemento che si trova percorrendo la sezione da E. È costituito dal bassopiano calcareo che va ad occupare la maggior parte del territorio pugliese (Gargano, Murge e Salento). Le rocce calcaree che costituiscono tale bassopiano sono prevalentemente di origine marina di età cretacea (140÷70 milioni di anni fa). In epoche recenti, tale banco è stato sommerso nella sua parte orientale mentre il suo margine occidentale è andato a incunarsi sotto gli Appennini. Solo in corrispondenza del promontorio garganico il margine della piattaforma e il suo passaggio all'adiacente bacino marino profondo sono esposti sulla terraferma. Tra l'avampaese e la catena montuosa esiste una zona pianeggiante chiamata avanfossa. Essa ha avuto origine in seguito allo scontro dei due blocchi continentali, che hanno prodotto l'accavallamento dei vari elementi rocciosi. Questo si è tradotto in una fase di subsidenza con la creazione di una depressione, riempita nel tempo dall'accumularsi di sedimenti alluvionali. Questa zona nella sezione d'interesse

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	13 di 69

corrisponde alla fossa Bradanica, che occupa l'area W-SW della Piattaforma Apula per una larghezza variabile tra i 20 ed i 40 km. È costituita da una successione pliocenica-quadernaria di materiale argilloso, sabbioso e conglomeratico potente, in alcuni punti, anche 1000 m (Casnedi, 1988) che è andata a riempire il precedente substrato tortoniano-messiniiano (Miocene superiore) costituito da marne ed evaporati.

Al colmamento dell'avanfossa Bradanica nel Pleistocene medio ha fatto seguito un'emersione generalizzata, ed un'ulteriore migrazione verso SE dell'asse della fossa che ha raggiunto l'attuale posizione nel Golfo di Taranto (Pescatore *et al.*, 1970; Casnedi, 1988). Il segmento di catena riguardante la Piana del Sele è costituito da un *multilayer* tettonico originato dalla deformazione dei domini mesozoici-terziari e da quelli della piattaforma carbonatica appenninica (Mostardini & Merlini, 1986).

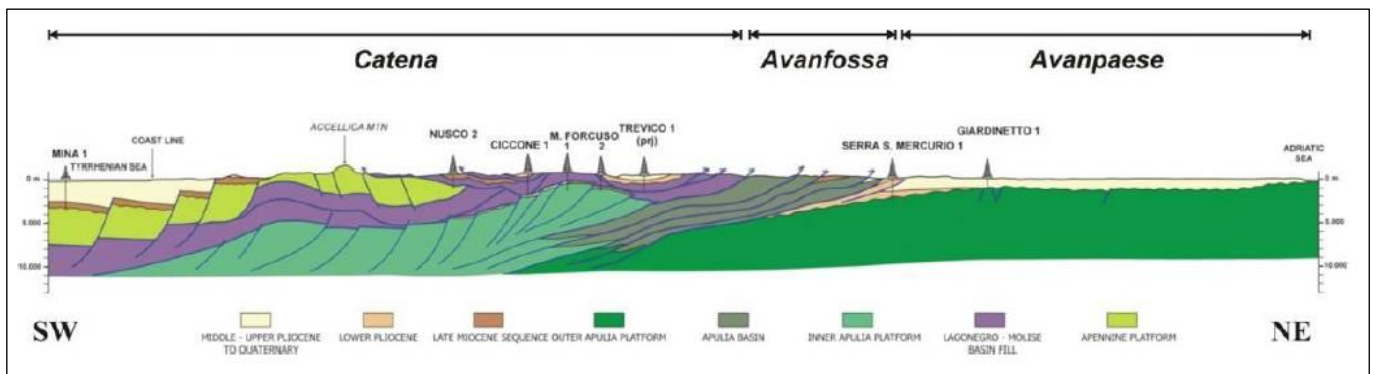


Figura 4-3– Rappresentazione schematica dei rapporti geometrici tra le varie unità tettoniche dell'Appennino lungo la sezione Golfo di Salerno – Golfo di Manfredonia (sezione geologica n°6 modificata da Mostardini & Merlini, 1986).

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LOCALE

Il territorio oggetto degli interventi in progetto si sviluppa lungo la Piana del Sele, nel settore centro settentrionale della pianura, per una lunghezza di 8,8 km circa ed affiancherà la linea ferroviaria Salerno – Battipaglia nei pressi del comune di Pontecagnano. Per quanto concerne la cartografia geologica di riferimento, la cartografia CARG in scala 1: 50.000 copre l'intero territorio oggetto del presente studio. Lo stralcio delle Carta Geologica, Foglio 467 "Salerno", scala 1: 50.000, ISPRA, in Figura 4-4 (legenda nelle Figura 4-5a e 4-5b), è localizzato lungo il tratto campano del margine tirrenico dell'Appennino meridionale. Questo settore si presenta alquanto articolato per la presenza dei golfi di Napoli e Salerno, individuati da NW a SE dal settore vulcanico Flegreo, dalla Penisola di Sorrento e dal promontorio del Cilento. La penisola Sorrentina insieme all'isola di Capri, sua naturale estensione nel Tirreno, si protende per oltre 30 km in direzione NE-SW e, a differenza del Promontorio Flegreo legato al vulcanismo omonimo di età quadernaria e del Promontorio del Cilento, costituito da successioni bacinali e silicoclastiche di età giurassico-miocenica, è formata da successioni di piattaforma e di rampa carbonatica di età

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	14 di 69

mesozoica. La Piana del Sele e l'antistante Golfo di Salerno costituiscono rispettivamente la porzione emersa e la porzione sottomarina di una importante depressione morfostrutturale (depressione del Sele) evidenziata da una forte anomalia gravimetrica negativa che si allunga in direzione WSW-ENE lungo il lato meridionale della penisola di Sorrento (Marani *et alii*, 2004). Tale depressione è riempita da alcune migliaia di metri di depositi quaternari, in larga parte di natura epiclastica (es. supersintema Eboli), derivanti dalla rapida erosione dei rilievi carbonatici durante fasi di sollevamento iniziate a partire dal Pleistocene inferiore (Brancaccio *et alii*, 1991), di fatto contemporaneamente all'inizio della subsidenza nella depressione del Sele. Nel Quaternario assieme alla depressione della Piana del Sele-Golfo di Salerno si delineano anche le depressioni del Golfo di Napoli e, più a nordovest, della piana del Volturno (Milia & Torrente, 2000). Queste depressioni costiere riflettono una forte tettonica estensionale quaternaria a cui si è accompagnata l'attività vulcanica dei Campi Flegrei e del complesso Somma-Vesuvio, responsabile della spessa coltre di vulcanoclastiti che ricoprono quasi ubiquitariamente i rilievi del territorio campano.

La Piana del Sele, come detto, è una pianura alluvionale che occupa la parte emersa del *graben* peritirrenico del Golfo di Salerno. La parte più interna di questo *graben* a partire dal Pliocene fu riempita da un'enorme quantità di sedimenti (dello spessore di 2000 m), associata ad una lenta e progressiva subsidenza Quaternario. All'interno della piana la distribuzione spaziale ed altimetrica di questi depositi è molto caratteristica ed appare strettamente influenzata dall'evoluzione tettonica dell'area: i terreni più recenti sono incastrati in quelli più antichi procedendo dalla periferia verso il centro della depressione (Brancaccio *et al.*, 1995). Il basamento della piana (del Miocene superiore) è formato da argille marnose con frequenti intercalazioni arenacee, alla cui sommità sono presenti calcari evaporitici e sedimenti derivati dall'accumulo dei frustoli di diatomee (Ortolani *et al.*, 1979). La parte più interna di tale depressione è occupata da successioni conglomeratiche che si estendono da Salerno ad Eboli, frutto dell'erosione che ha interessato i Monti Picentini in seguito alle condizioni climatiche fredde e ai movimenti tettonici del Pleistocene inferiore (Sintema di Eboli) (Pappone *et al.*, 2009). Questi depositi alluvionali, in massima parte in facies di media e bassa conoide, testimoniano, come accennato in precedenza, le fasi di più forte e rapido sollevamento dei massicci carbonatici bordieri (Monti Picentini) e la contemporanea subsidenza anche sul settore orientale del *graben* (Brancaccio *et al.*, 1987).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	15 di 69



Figura 4-4 – Stralcio, non in scala, delle Carta Geologica, Foglio 467 “Salerno”, scala 1: 50.000, ISPRA. L'area oggetto di intervento è stata evidenziata in rosso.

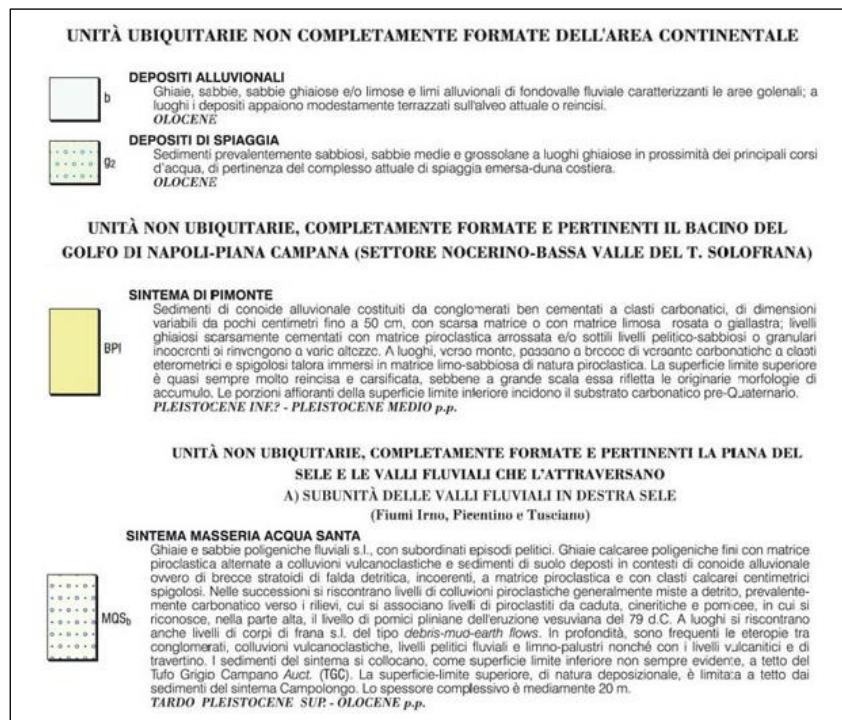


Figura 4-5a – Stralcio della legenda della Carta Geologica, Foglio 467 “Salerno”, scala 1: 50.000, ISPRA.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	16 di 69

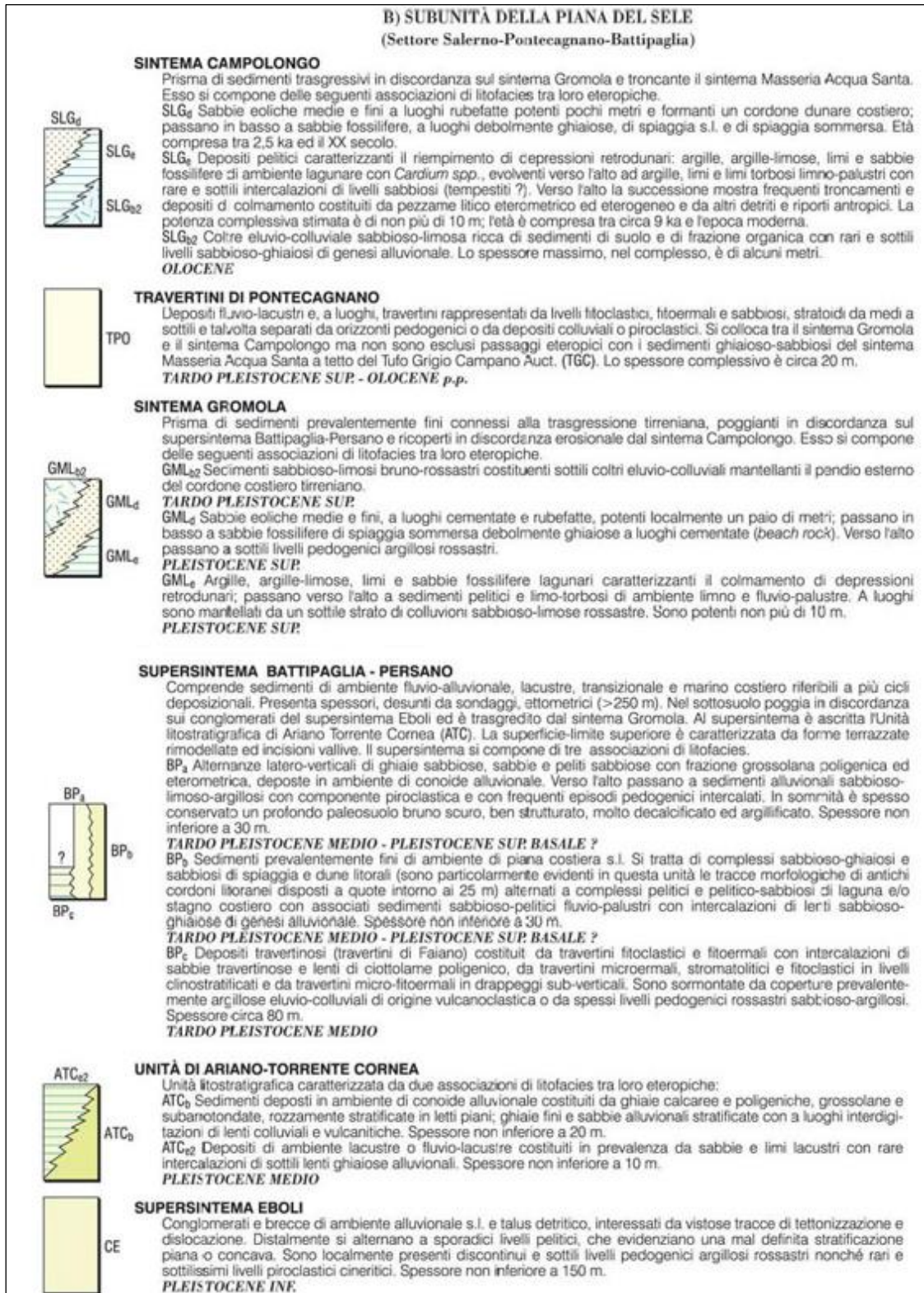


Figura 4-5b – Stralcio della legenda della Carta Geologica, Foglio 467 “Salerno”, scala 1: 50.000, ISPRA.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 17 di 69

Di seguito si descrivono le formazioni affioranti presso l'area di progetto (Figura 4-4, tratta evidenziata in rosso), le quali si succedono dal basso verso l'alto secondo il seguente ordine stratigrafico:

- **Subunità della Piana del Sele (Settore Salerno – Pontecagnano – Battipaglia):** depositi di questa Subunità rappresentano tutto il Pleistocene e l'Olocene e costituiscono le principali unità di paesaggio della Piana alluvionale e costiera del Sele. Questa subunità è costituita da due importanti supersintemi (supersintema Battipaglia-Persano; supersintema Eboli), da due unità sintemiche (sintema Campolongo; sintema Gromola) e da due unità litostratigrafiche (Travertini di Pontecagnano; unità di Ariano-Torrente Cornea), di cui seguono le descrizioni delle unità riscontrate nell'area di studio:
 - **Supersintema Battipaglia – Persano (BP):** I sedimenti del supersintema occupano una posizione morfo-crono-stratigrafica compresa tra i conglomerati del supersintema Eboli (CE), a monte, ed i primi depositi tirreniani del sintema Gromola (GML), a valle. In relazione agli ambienti di sedimentazione la porzione più recente, di questo supersintema viene distinta nelle seguenti associazioni di litofacies, probabilmente fra loro eteropiche: **BPa)** Porzione deposta in ambiente di conoide alluvionale - Alternanze latero verticali di ghiaie sabbiose, sabbie e, subordinatamente, peliti sabbiose con frazione grossolana poligenica ed eterometrica proveniente dalle locali serie mesozoiche. Verso l'alto passano a sedimenti alluvionali sabbioso-limoso-argillosi con componente piroclastica e con frequenti episodi pedogenici intercalati. In sommità è spesso conservato un paleosuolo bruno scuro, ben strutturato, molto decalcificato ed argillificato. Spessore non inferiore a 30 m. (Tardo Pleistocene Medio-Pleistocene Superiore basale?); **BPb)** Porzione deposta in ambiente di piana costiera - Sedimenti sabbiosi e pelitici, eteropici di quelli della porzione precedente. Si tratta di complessi sabbioso ghiaiosi e sabbiosi di spiaggia e dune litorali (evidenti sono le tracce morfologiche di antichi cordoni litoranei disposte a quote intorno ai 25 m) alternati a complessi pelitici e pelitico-sabbiosi di laguna e/o stagno costiero con associati sedimenti sabbioso-pelitici di ambienti fluvio-palustri. Localmente sono intercalate lenti ghiaiose e sabbioso-ghiaiose di ambiente alluvionale. Spessore non inferiore a 30 m. (Tardo Pleistocene Medio-Pleistocene Superiore basale?); **BPc)** Depositi travertinosi (travertino di Faiano). Questi depositi, affioranti nell'area di Pontecagnano-Faiano, sono costituiti in gran parte da incrostazioni carbonatiche su supporti vegetali di varia natura (piante superiori, muschi, alghe e cianobatteri) e subordinatamente da sabbie calcaree. Tali depositi formano corpi sedimentari terrazzati, la cui origine è da ricondursi ad acque scorrenti sovrassature in carbonato di calcio. Al Supersintema Battipaglia-Persano è ascritta la seguente unità litostratigrafica:

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
 sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	18 di 69

- *Travertini di Pontecagnano (TPO)*: Costituisce un'unità di tipo litostratigrafico rappresentata da un'associazione di litofacies travertinose formatesi in ambiente di piana fluvio-lacustre ed alluvionale s.l. Essa si colloca dal punto di vista crono-stratigrafico tra il sintema Gromola e il sintema Campolungo; gli affioramenti sono rari e non sono esclusi possibili passaggi eteropici con i sedimenti ghiaioso-sabbiosi del sintema Masseria Acqua Santa. Questa unità si sviluppa esclusivamente in pianura (Pontecagnano) ed a tetto del Tufo Grigio Campano (TGC). La potenza, stimata per mezzo di alcuni sondaggi, non supera la ventina di metri. Tardo Pleistocene superiore-Olocene *p.p.*).
- *Sintema Campolungo (SLG)*: I depositi di questo sintema costituiscono un prisma di sedimenti trasgressivi e progradazionali accrezionato sul fronte della Piana nel corso dell'Olocene, con spessore crescente da terra, dove sono ubicati i depositi più antichi, verso mare. Tale spessore è stimabile in circa 20 m all'altezza della costa attuale. Si tratta di una successione sedimentaria di depositi eolici, marino costieri, lagunari e palustri di età olocenica s.l., organizzati in più cicli sedimentari separati da discordanze di natura erosionale rappresentate da superfici di discontinuità connesse alle fasi trasgressivo-regressive responsabili della loro genesi. Il sintema è limitato a tetto dalla superficie topografica, con morfologie dunari ben conservate ed estese su tutta la piana costiera del Sele, da Paestum a Salerno. La base è rappresentata, nel sottosuolo, dalla superficie erosionale determinata dalla regressione tardo-wurmiana. In definitiva, le associazioni di litofacies presenti nel sintema Campolungo possono essere così di seguito sintetizzate. **SLGd**) Sabbie eoliche medie e fini a luoghi rubefatte formanti un cordone dunare costiero potente pochi metri; verso il basso passano a sabbie fossilifere, a luoghi debolmente ghiaiose, di spiaggia s.l. e di spiaggia sommersa. Verso terra sono eteropiche di "e". Età compresa tra 2,5 ka ed il XX secolo. **SLGe**) Depositi pelitici caratterizzanti il riempimento di depressioni retrodunari: argille, argille-siltose, limi e sabbie fossilifere di ambiente lagunare con *Cardium spp.*, evolventi verso l'alto ad argille, limi e limi torbosi limno-palustri con rare e sottili intercalazioni di livelli sabbiosi (tempestiti?). Lo spessore complessivo non supera i 10 m. Sono particolarmente evidenti i rapporti di eteropia con gli altri sedimenti del sintema. Età compresa tra circa 9 ka e l'epoca moderna. **SLGb2**) Depositi colluviali sabbioso-limosi ricchi di sedimenti di suolo e di frazione organica; disposti lungo il margine interno della depressione retrodunare, mantellano i fianchi di deboli pendii o rivestono il fondo di vallecicole, dove comprendono rari e modesti episodi alluvionali debolmente ghiaiosi. Nel complesso sono eteropici dei sedimenti in facies lagunare e limno-palustre del sintema e presentano uno spessore massimo di alcuni metri. (Olocene).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	19 di 69

- **Subunità delle Valli fluviali in destra del Sele (Fiumi Irno, picentino e Tusciano):** I depositi di questa subunità sono riferibili a tutto il Pleistocene e sono pertinenti le principali unità di paesaggio fluviali che caratterizzano indistintamente tanto la Piana del Sele che i settori vallivi solcanti il rilievo dei Monti Picentini. In particolare, nell'area di Piana dominano le più recenti facies fini alluvionali e marino-transizionali spesso eteropiche di facies esclusivamente di ambiente di piana costiera. Segue la descrizione dell'unità riscontrata nell'area di studio:

- **Sintema Masseria Acqua Santa (MQS):** Questo sintema caratterizza la complessa sedimentazione delle basse valli dei fiumi Irno, Picentino e Tusciano con passaggi eteropici a sedimenti detritico-alluvionali disposti al piede dei rilievi. Cronostratigraficamente i sedimenti si collocano a tetto del Tufo Grigio Campano (TGC), nel tardo Pleistocene sup.-Olocene inf. A valle la superficie-limite superiore di origine deposizionale scompare sotto i sedimenti del sintema Campolongo (SLG); nella zona del Tusciano, morfologicamente, essa dà luogo ad un corpo alluvionale che si incastra nel sintema Fasanara (NSR) e la cui base scende al di sotto del livello del mare attuale. Nelle valli del Picentino e dell'Irno, la superficie-limite superiore coincide o con la superficie dei coni detritico-alluvionali laterali o con le spianate dei terrazzi fluviali (almeno due ordini di cui uno ben evidente). La superficie limite-inferiore è una superficie erosiva impostata tanto sui depositi del substrato calcareo mesozoico locale e tanto sui depositi conglomeratici e travertinosi più antichi (BP, CE, GML e NSR) sospesi sul fondovalle. Nel complesso il sintema è composto da ghiaie e sabbie poligeniche fluviali s.l., con subordinati episodi pelitici. I conoidi alluvionali sono costituiti prevalentemente da ghiaie calcaree poligeniche fini supportate da matrice piroclastica, alternate a colluvioni vulcanoclastiche e sedimenti di suolo. Le falde detritiche sono composte prevalentemente da breccie stratoidi incoerenti a matrice piroclastica e con clasti calcarei centimetrici spigolosi. A luoghi nella successione si riscontrano livelli di corpi di frana s.l. del tipo *debris-mud-earth flows*. Sono eteropici di conglomerati e sabbie fluviali, colluvioni vulcanoclastiche, livelli limno-palustri, vulcanitici e di travertino nel sottosuolo. Nel complesso la potenza dei depositi di questo sintema, estrapolata mediante stratigrafie di sondaggi geognostici, si aggira mediamente intorno ai 20 m. (Tardo Pleistocene sup.-Olocene).

- **Unità ubiquitarie non completamente formate dell'area continentale:**

- **Depositi alluvionali (b):** Sedimenti fluviali e alluvioni ghiaiose; sabbie, sabbie ghiaiose e/o limose e limi di fondovalle fluviale caratterizzanti le aree golenali dei principali corsi d'acqua (F. Irno,

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 20 di 69

F. Picentino, F. Tusciano, T. Asa, T. Cornea, ecc.); a luoghi appaiono disposti in modesti, limitati e discontinui terrazzamenti in alveo o chiaramente reinceise. (Olocene).

Riassumendo, la tratta in esame, che si sviluppa lungo il tracciato evidenziato in rosso in Figura 4-4, interseca i depositi alluvionali caratterizzati da ghiaie, sabbie, sabbie ghiaiose e/o limose e limi alluvionali di fondovalle fluviale caratterizzanti le aree golenali (**b**); depositi pelitici caratterizzanti il riempimento di depressioni retrodunari: argille, argille limose, limi e sabbie fossilifere di ambiente lagunare con spessori inferiori a 10 m (**SLGe**); depositi fluvio-lacustri e travertini rappresentati da livelli fitoclastici, fitotermali e sabbiosi, stratoidi da medi a sottili e talvolta separati da orizzonti pedogenici o da depositi colluviali o piroclastici, lo spessore complessivo è di circa 20 m (**TPO**); due litofacies del supersintema Battipaglia – Persano: alternanze latero-verticali di ghiaie sabbiose, sabbie e peliti sabbiose con frazione grossolana poligenica ed eterometrica con spessore non inferiore a 30 m (**BPa**) e sedimenti prevalentemente fini di ambiente di piana costiera, si tratta di complessi sabbioso ghiaiosi e sabbiosi di spiaggia e dune litorali con spessori non inferiori a 30 m (**BPb**); ghiaie calcaree fini con matrice piroclastica e sedimenti di suolo depositi in contesti di conoide alluvionale, lo spessore è di circa 20 m (**MQSb**).

4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area di progetto è situata in una zona pianeggiante, con quote comprese tra i 5 m s.l.m. (in corrispondenza della fermata Arechi) ed i 50 m s.l.m. (in prossimità dell'Aeroporto di Salerno Costa D'Amalfi). La Piana del Sele corrisponde alla parte continentale di una depressione che si prolunga all'interno del Golfo di Salerno, circondata a monte da unità terrigene terziarie e da unità carbonatiche mesozoiche (Capaldi et al., 1988). Come già descritto nel paragrafo 4.1, la zona è stata soggetta ad una intensa attività neotettonica disgiuntiva che ha interessato ampiamente il massiccio dei Monti Picentini, alla base del quale le depressioni della Piana del Sele e della Valle del Sele sono state colmate da spesse coltri clastiche pedemontane. Questa pianura si affaccia sul Mar Tirreno con una falcata che va dalla periferia sud di Salerno fin alle colline di Agropoli e che stabilisce un raccordo di costa bassa tra la scoscesa Costiera Amalfitana e le coste, solo un poco meno acclivi, del promontorio cilentano. Essa ha una estensione totale di circa 300 km² e si spinge sino alla base dei Monti Picentini, verso Nord e Nord-est, e fin sotto le colline terrigene che preannunciano il massiccio dei Monti Alburni, verso Est. Verso Sud-ovest, infine, la piana si addentra a lambire le dorsali calcaree del Monte Soprano e Monte Sottano, nonché, presso Agropoli, i primi contrafforti flyschoidi del Cilento. Il perimetro della piana è vagamente assimilabile ad un triangolo (Figura 4-6), ma l'unico lato pressoché dritto è la sua fronte marittima. I margini interni, decorrenti ai piedi dei primi rilievi appenninici, risultano invece zigzaganti a causa dell'alternarsi di scarpate di faglia ai bordi ad orientazione NW-SE e NE-SW.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	21 di 69

Nell'ambito della piana del Sele si possono distinguere differenti sottunità, che corrispondono a tre ordini di terrazzi fluviali, con due fasi litorali riconoscibili, e ad una fase di deiezione, rappresentata dalle ampie conoidi di Eboli e Battipaglia (Figura 4-6). I tre ordini di terrazzi sono inoltre ben evidenti lungo il corso del F. Sele e passano gradualmente in prossimità della costa a facies palustri/litorali che possono costituire una quarta unità fisiografica, di formazione molto recente.

Il terrazzo di primo ordine, denominato informalmente "Complesso di Persano" (Amato et al. 1991), occupa la parte posta a quote più elevate ed appare maggiormente smembrato dall'erosione. Il terrazzo si può inquadrare cronologicamente nel Pleistocene medio, successivamente alla fase di dislocazione dei Conglomerati di Eboli, sigillando le scarpate di faglia che delimitano la fascia collinare e rappresentando dunque il riempimento di una depressione di subsidenza.

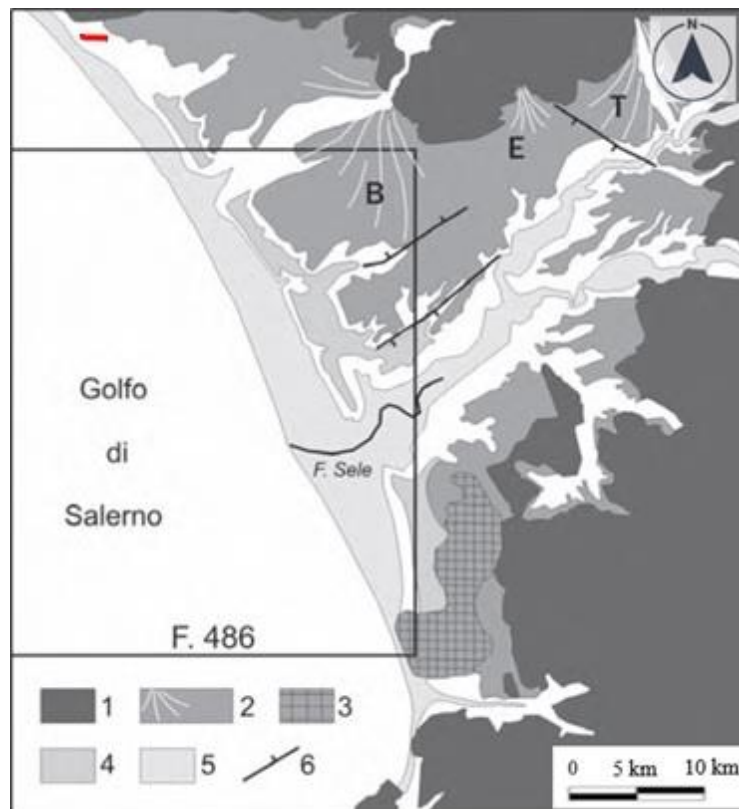


Figura 4-6 – Schema delle principali superfici geomorfologiche della Piana del Sele (Note illustrative Carta geologica d'Italia, Foglio 486). 1) rilievi collinari e montuosi; 2) lembi del terrazzo deposizionale policiclico associato ai sedimenti del Pleistocene medio e superiore con principali conoidi contribuenti; B) conoide di Battipaglia; E) conoide di Eboli; T) conoide del T. Tenza; 3) area con morfologia da deposizione travertinoso policiclica e divagante (Pleistocene medio Olocene); 4) lembi del terrazzo deposizionale associato al paleocordone tirreniano di Gromola ed ai coevi depositi transizionali; 5) piana costiera olocenica e correlate superfici di fondo-valle fluviale modestamente reincise; 6) principali faglie che disturbano il terrazzo mediopleistocenico. In rosso è stata evidenziata l'area di studio in esame. (Immagine fuori scala)

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	22 di 69

Il terrazzo di II ordine si incastra in quello precedente e rappresenta il riempimento dell'area tettonicamente ribassata a seguito della deposizione del Complesso di Persano. Questo terrazzo che si prolunga verso la costa e si individua anche lungo la valle del F. Sele, sospeso a circa 15 metri di quota, sulla base delle evidenze aerofotografiche sembra correlabile con la deposizione delle ampie conoidi di deiezione di Eboli e Battipaglia. Testimonianza di tale correlazione è la presenza di paleoalvei che dipartendosi dal corpo delle conoidi, incidono il terrazzo di I ordine prolungandosi e congiungendosi con le analoghe tracce individuate sulla superficie del terrazzo di II ordine. Il margine esterno del terrazzo di II ordine si prolunga sino al contatto con il cordone dunare definito di Gromola (Brancaccio, 1987). Questo cordone dunare si individua, sebbene talora appaia appiattito e poco rilevato sulla pianura limitrofa, fino nei pressi di Pontecagnano; il suo andamento è comunque evidenziato da deviazioni brusche dei tracciati dei corsi d'acqua che solcano la piana.

Il terrazzo di III ordine, olocenico, comprende invece la parte prossima alla fascia costiera e borda con continuità il Sele sino in prossimità della costa. A questo terrazzo sono associate anche le vallecole incise dai corsi d'acqua, che discendono dalle alture collinari retrostanti ed appare meno facilmente riconoscibile sia per la riduzione del dislivello che lo separa da quello più alto, sia perché i due ordini appaiono separati da scarpate molto addolcite dall'erosione.

Il più importante corso d'acqua che percorre la piana e che ne sta all'origine, coi suoi apporti detritici, è il Fiume Sele. Esso perviene sulla piana pochi chilometri dopo l'immissione del F. Tanagro e, attraversandola, riceve prima le acque del Torrente Tenza (uscite dalla finestra tettonica di Campagna) e poi, quando è a soli 7 km dalla foce, quelle del F. Calore. Altri importanti corsi d'acqua che hanno contribuito alla crescita della piana, rappresentati in Figura 4-7, sono, da nord verso sud, il Torrente Fuorni, il Fiume Picentino, i torrenti Asa e Rialto, il Fiume Tusciano, il Fosso Capodifiume (corso di risorgiva carico solo di soluzioni carbonatiche) ed il Fiume Solofrone.

Gran parte della piana è fittamente reincidenta, sia dai sopracitati corsi d'acqua maggiori che da numerose vallecole di basso ordine gerarchico che hanno origine sulla piana stessa. Sebbene si tratti di incisioni poco profonde ed ampiamente svasate, ne consegue che le antiche superfici di accumulo sono ridotte a lembi terrazzati o, laddove è stata più fitta la dissezione, a dossi allungati e altimetricamente accordanti che hanno sommità planari o dolcemente convesse. L'involuppo geometrico di questi relitti rivela che la piana nel suo insieme va innalzandosi verso l'interno (cioè verso NE) fino a raggiungere quote di oltre 100 metri laddove alle alluvioni del Sele si sono sommate le deiezioni del T. Tenza.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	23 di 69

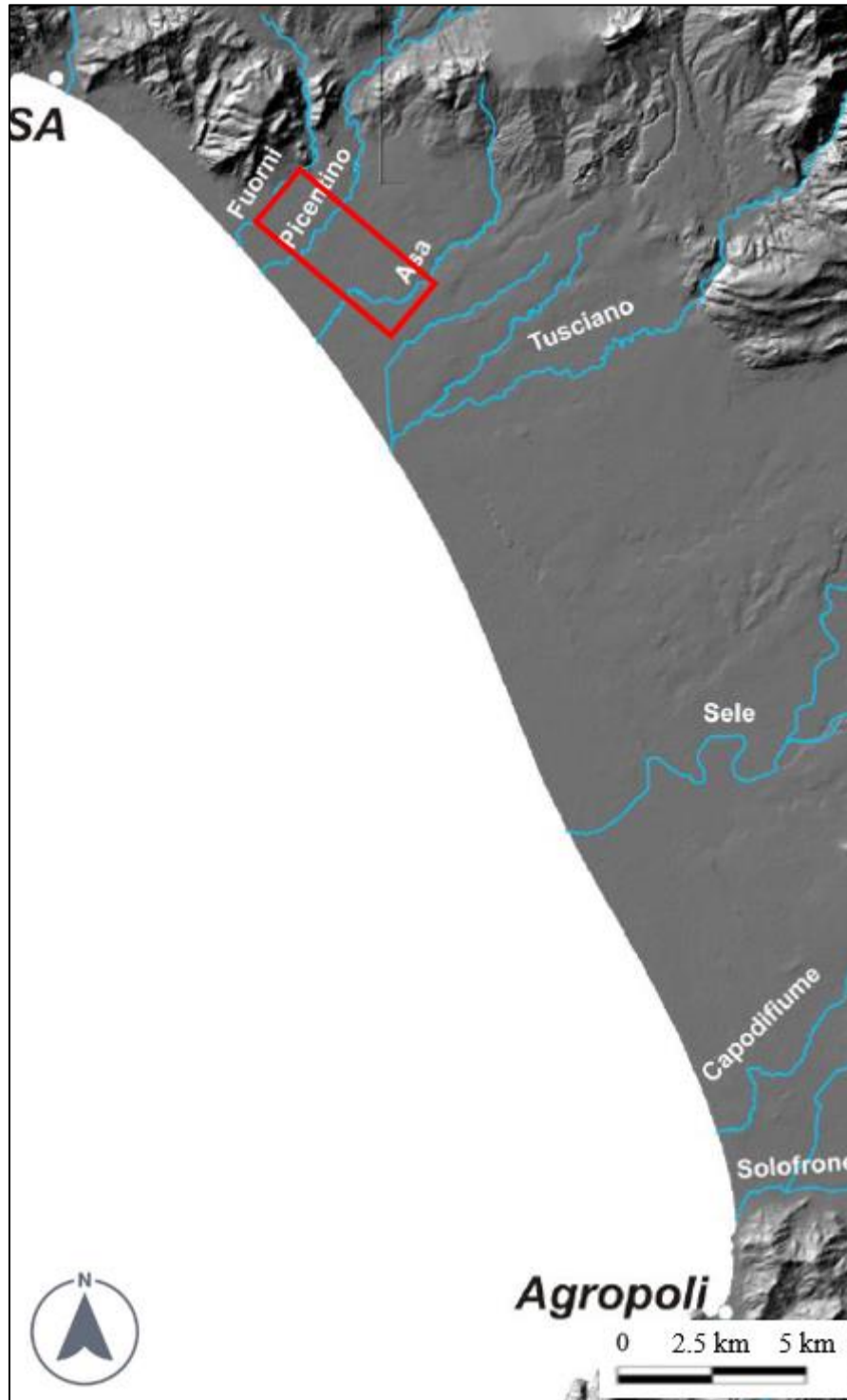


Figura 4-7– Rete idrografica della Piana del Sele, da Salerno ad Agropoli. Il rettangolo rosso identifica l'intera tratta della linea metropolitana di Salerno. Immagine fuori scala.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 24 di 69

4.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Dal punto di vista idrogeologico gli acquiferi più estesi e produttivi della Campania sono costituiti dai complessi delle successioni carbonatiche mesozoiche e paleogeniche con un'elevata infiltrazione efficace, la quale contribuisce alla formazione di cospicue falde di base. Le portate in uscita dai massicci carbonatici della Regione, come sorgenti, ammontano a circa 70 m³/s, mentre i travasi sotterranei verso le piane sono di circa 27 m³/s (Ducci et al. 2006, Celico et al. in SOGESID 2006). L'area in esame, fa parte dell'ampio e complesso sistema idrogeologico della piana del Sele, costituita da depositi quaternari (Figura 4-8).

Il deflusso verso la piana avviene secondo due direttrici preferenziali orientate NE-SW, le quali coincidono con due antichi coni di deiezione sepolti del Tusciano e del Sele che drenano le limitrofe strutture carbonatiche, dalle quali la piana riceve una cospicua alimentazione. Nell'area in esame, rientrando nella porzione NW della Piana del Sele, i sedimenti continentali di riempimento sono organizzati in modo da formare un'alternanza di terreni a diversa permeabilità che, nel loro insieme, costituiscono un acquifero multifalda. L'acquifero di tale unità è quindi costituito da sedimenti plio-quaternari molto eterogenei ghiaioso-sabbiosi e limo-argillosi tra loro eteropici. I litotipi che costituiscono il sottosuolo della piana del Sele presentano frequenti variazioni litologiche e granulometriche sia in orizzontale che in verticale e globalmente vengono distinti in un unico complesso idrogeologico denominato *complesso dei depositi plio-quaternari* (Figura 4-8). L'acquifero risulta pertanto caratterizzato da una notevole eterogeneità granulometrica (a cui sono da mettere in relazione notevoli variazioni di permeabilità) e da una sostanziale caoticità dei rapporti geometrici tra i vari litotipi.

La circolazione idrica sotterranea, di conseguenza, è condizionata dall'interdigitazione di strati e lenti a maggiore o minore permeabilità relativa; pertanto, localmente sono sempre presenti più falde sovrapposte le cui caratteristiche (quota piezometrica, spessori, ecc.) possono essere differenti, anche in punti molto vicini tra loro e lungo la stessa verticale.

Le unità idrogeologiche presenti nell'area di studio (cfr. elaborato "Carta idrogeologica e profilo idrogeologico", codifica NN2G00D69N6GE0002001A) sono state così distinte:

- *Depositi a permeabilità medio-alta (MA)*: Questa classe comprende i corpi sedimentari principalmente ghiaiosi a composizione eterometrica da angolosi ad arrotondati in base al meccanismo deposizionale coinvolto, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante. La permeabilità, esclusivamente per porosità, si attesta mediamente tra 10⁻⁵ e 10⁻³ m/s.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

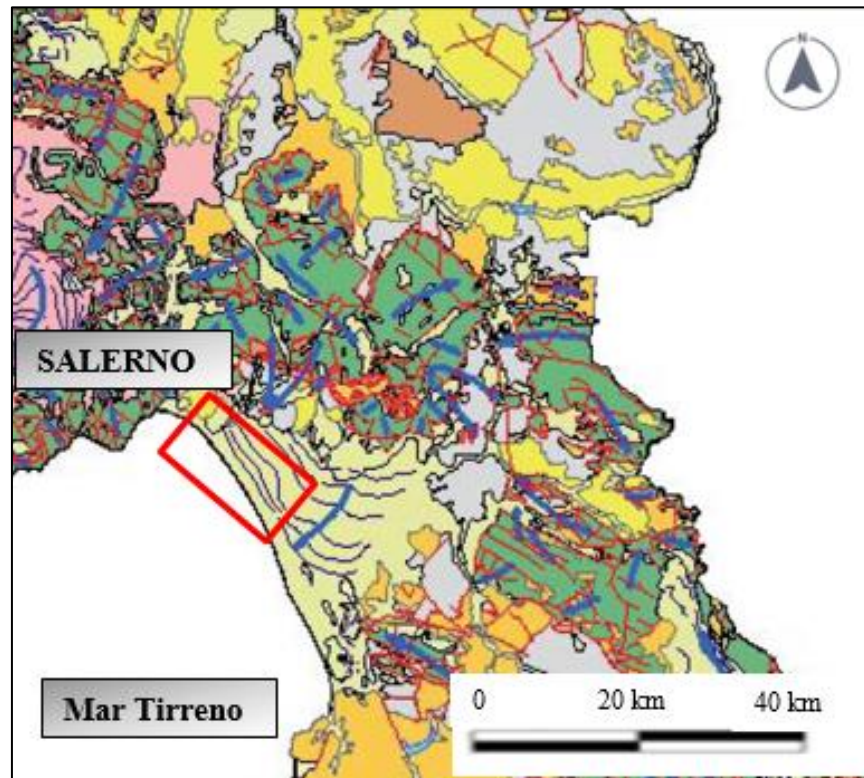
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	25 di 69

- *Depositi a permeabilità media (M)*: Questa classe comprende i corpi sedimentari prevalentemente sabbiosi (e a basso contenuto di frazione fine) principalmente legati a paleodune eoliche. La permeabilità, esclusivamente per porosità, si attesta mediamente tra 10^{-6} e 10^{-5} m/s.
- *Depositi a permeabilità medio bassa (MB)*: Questa classe comprende i corpi sedimentari prevalentemente limoso-sabbiosi e sabbioso-limosi legati a deposizione in ambiente fluvio-lacustre retrodunare e/o a deposizione fluviale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, si attesta mediamente tra 10^{-7} e 10^{-6} m/s.
- *Depositi a permeabilità bassa (B)*: Questa classe comprende i limi, le argille limose e limi argillosi presenti in livelli importanti nei depositi legati alle alluvioni fluviali. La permeabilità è da bassa a molto bassa ed è definibile come compresa tra 10^{-9} e 10^{-7} m/s.

Si sottolinea come non siano stati definiti dei veri e propri complessi idrogeologici per via del fatto che le prove di permeabilità Lefranc realizzate a supporto del presente progetto (paragrafo 5.1) abbiano restituito risultati spesso poco uniformi e difficilmente attribuibili a complessi veri e propri per via della variabilità granulometrica che caratterizza i materiali. Per tale motivo si preferisce eseguire una distinzione sulla base delle unità geologiche e relative eterogeneità granulometriche come analizzato nei grafici del paragrafo 6.2.1.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	26 di 69



Legenda

- Isopiezometriche
- Assi di drenaggio preferenziale
- Diretrici del deflusso idrico sotterraneo
- Faglie
- Sovrascorrimenti
- Complessi dei depositi marini plio-quadernari
- Complessi dei depositi vulcanici plio-quadernari
- Complessi delle coperture quadernarie
- Complessi delle coperture flyschoidi sinorogene
- Complessi delle successioni mesozoiche di piattaforma carbonatica
- Complessi delle unità bacinali esterne
- Complessi delle unità bacinali interne
- Complesso dei depositi molassici tardobrogeni
- Complesso delle successioni carbonatiche paleogeniche

Figura 4-8 – Stralcio dello schema idrogeologico della Campania e legenda (da Celico et al., 2003, modificato ARPAC 2007). Il rettangolo rosso identifica l'area oggetto di studio. Immagine non in scala.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	27 di 69

4.4.1 *Analisi di verifica dell'aggressività delle acque sui calcestruzzi*

In data 28 febbraio 2022 è stato effettuato un campionamento delle acque di falda in corrispondenza del sondaggio BH9 al fine di valutare, mediante analisi chimiche, l'aggressività nei confronti dei calcestruzzi come da norma UNI EN 206-1.

In particolare, sono state misurate le concentrazioni di solfati, azoto ammoniacale come NH₄, CO₂ aggressiva, magnesio e cloruri, oltre che effettuate le misure del pH.

La norma UNI EN 206-1 distingue gli ambienti chimicamente aggressivi in classi "XA: Attacco chimico del calcestruzzo".

In Tabella 4-1 si riportano le concentrazioni dei parametri sopra citati ed i valori di pH delle acque, mentre in Tabella 4-2 il prospetto 2 della UNI-EN 206-1.

Confrontando i risultati delle analisi con il suddetto prospetto 2 dunque è possibile osservare come i valori dei parametri siano al di sotto del limite inferiore della classe XA1; dunque, le acque di falda nell'area di progetto non risultano chimicamente aggressive.

Tabella 4-1 - Tabella riassuntiva con i valori ottenuti dalle analisi di verifica all'aggressività sui calcestruzzi nel sondaggio: BH9.

Sondaggio	pH	Solfati (mg/l)	CO ₂ aggressiva (mg/l)	Azoto ammoniacale come NH ₄ (mg/l)	Magnesio (mg/l)	Cloruri (mg/l)
BH9	7,6	25,0	15,4	< 0,02	21,0	17,7

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	28 di 69

Tabella 4-2 – Classi di esposizione per calcestruzzo strutturale, in funzione delle condizioni ambientali secondo norma UNI 11104:2004 e UNI EN 206-1:2006 (Prospetto 2)

Caratteristica chimica	Metodo di prova di riferimento	XA1	XA2	XA3
Acqua nel terreno				
SO ⁻² ₄ mg/l	EN 196-2	≥ 200 e ≤ 600	> 600 e ≤ 3 000	> 3 000 e ≤ 6 000
pH	ISO 4316	≤ 6,5 e ≥ 5,5	< 5,5 e ≥ 4,5	< 4,5 e ≥ 4,0
CO ₂ mg/l aggressiva	EN 13577	≥ 15 e ≤ 40	> 40 e ≤ 100	> 100 fino a saturazione
NH ₄ mg/l	ISO 7150-1	≥ 15 e ≤ 30	> 30 e ≤ 60	> 60 e ≤ 100
Mg ²⁺ mg/l	EN ISO 7980	≥ 300 e ≤ 1 000	> 1 000 e ≤ 3 000	> 3 000 fino a saturazione
Terreno				
SO ⁻² ₄ mg/kga totale	EN 196-2b	≥ 2 000 e ≤ 3 000 ^c	> 3 000 ^c e ≤ 12 000	> 12 000 e ≤ 24 000
Acidità secondo Baumann Gully ml/kg	prEN 16502	> 200	Non incontrato nella pratica	
a) I terreni argillosi con una permeabilità minore di 10 ⁻⁵ m/s possono essere classificati in una classe inferiore. b) Il metodo di prova prescrive l'estrazione di SO ⁻² ₄ mediante acido cloridrico; in alternativa si può utilizzare l'estrazione con acqua, se nel luogo d'impiego del calcestruzzo vi è questa pratica. c) Il limite di 3 000 mg/kg deve essere ridotto a 2 000 mg/kg, nel caso in cui esiste il rischio di accumulo di ioni solfato nel calcestruzzo causato da cicli di essiccamento/bagnatura o suzione capillare.				

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B

5 INDAGINI GEOGNOSTICHE DI RIFERIMENTO

I dati stratigrafici a supporto del presente studio e riportati nell'elaborato "Indagini geognostiche di riferimento – codifica NN2G00D69SGGE0005001A" derivano:

- dalla campagna di indagini realizzata nel periodo Aprile 2019 - Maggio 2020 a supporto del Progetto Definitivo del Completamento Metropolitana di Salerno - Linea Salerno - Pontecagnano Aeroporto - Tratta Arechi - Pontecagnano Aeroporto e comprendente:
 - o n. 2 sondaggi a carotaggio continuo (BH9 e BH10), realizzati sino a profondità massima di 50 m da p.c., con esecuzione di prove SPT e prove di permeabilità tipo Lefranc, ed attrezzati con piezometri per il monitoraggio della falda. Sui campioni prelevati nel corso dei due suddetti sondaggi sono state eseguite prove di laboratorio;
- dalla campagna di indagini realizzata nel periodo Febbraio - Maggio 2019 a supporto del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica del Completamento Metropolitana di Salerno - Linea Salerno - Pontecagnano Aeroporto - Tratta Arechi - Pontecagnano Aeroporto e comprendente: e comprendente:
 - o n.1 prova penetrometrica CPTu (S-CPTU 5);
 - o n. 2 prove geofisiche MASW (MASW 5, MASW 6) e n°2 HVSr (HVSr 5, HVSr 6)
- da indagini geognostiche bibliografiche del progetto Completamento Metropolitana di Salerno - Linea Salerno - Pontecagnano Aeroporto - Tratta Arechi - Pontecagnano Aeroporto (indagine geognostica S3 eseguita nel 2000);

5.1 CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2020

Indagini eseguite per il Progetto Definitivo del completamento metropolitana di Salerno (Anno 2020)

In Tabella 5-1 è riportato l'identificativo del sondaggio, la profondità, la data di esecuzione, la quota, le coordinate UTM Zone 33 N e le prove eseguite in foro di sondaggio. I risultati delle prove Lefranc eseguite durante la perforazione sono riportati, rispettivamente, in Tabella 5-2.

Tabella 5-1 Ubicazione, profondità e data di esecuzione dei sondaggi realizzati in fase di Progetto Definitivo

ID	Profondità (m dal p.c.)	Data esecuzione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 N		Prove Lefranc
				E	N	
BH9	30	04-07/03/2020	24.2	487487.03	4499186.59	2
BH10	30	25-27/02/2020	27.3	488247.83	4499201.08	2

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B

Tabella 5-2 - Valori di K (m/s) calcolati tramite prove Lefranc eseguite nei fori di sondaggio eseguiti per il PD

ID	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
BH9	2.5-3	1.79E-06
	4.5-5	8.16E-07
BH10	3-3.5	7.92E-06
	8.5-9	1.07E-05

5.2 CAMPAGNA INDAGINI ITALFERR 2019

Indagini eseguite per il Progetto Definitivo del completamento metropolitana di Salerno (Anno 2019).

Le indagini geofisiche eseguite a supporto del PFTE comprendono n. 1 prova penetrometrica S-CPTu, e n. 2 prove di tipo MASW ed HVSR. In Tabella 5-3 vengono riportate la data di esecuzione e la posizione delle prove effettuate.

Tabella 5-3 – Ubicazione delle prove penetrometriche e delle prove geofisiche effettuate in fase di PFTE (Anno 2019)

PROVA	DATA ESECUZIONE	Coordinate UTM Zone 33 N		V _{Seq} (m/s)	Categoria di Suolo
		E	N		
MASW 5	Maggio 2019	487512.91	4499231.33	375	B
HVSR 5	Maggio 2019	487514.21	4499221.31		
MASW 6	Maggio 2019	488345.08	4499138.21	336	E
HVSR 6	Maggio 2019	488371.20	4499140.49		
S-CPTu 5	Aprile 2019	487502.51	4499224.34		

5.3 INDAGINI BIBLIOGRAFICHE ITALFERR

Allo scopo di affinare la ricostruzione del modello geologico delle aree di progetto, sono stati utilizzati dati geologici provenienti da indagini geognostiche eseguite in passato nelle medesime aree e nell'ambito del seguente progetto:

- “Completamento della Metro di Salerno”, progetto Italferr, anno 2000.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
 sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	31 di 69

Si riportano di seguito i certificati stratigrafici ed i risultati delle prove di laboratorio ed in foro delle seguenti indagini geognostiche, con la profondità raggiunta indicata tra parentesi:

Tabella 5-4 – Ubicazione dei sondaggi disponibili da bibliografia (anni 2000)

ID	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 N	
				E	N
S3 (2000)	25	Dicembre 2000	26	488382.018	4499148.887

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 32 di 69

6 ASSETTO GEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO

6.1 ASSETTO STRATIGRAFICO LUNGO IL TRACCIATO

Le stratigrafie bibliografiche disponibili e quelle dei sondaggi realizzati durante la presente fase progettuale hanno consentito l'elaborazione di una carta geologica e di un profilo geologico di riferimento lungo l'area di progetto (cfr. elaborato NN2G00D69N6GE0001001A "Carta geologica-geomorfologica e profilo geologico"). L'assetto geologico dell'area viene descritto in dettaglio di seguito.

Lungo il profilo sono presenti in superficie i depositi del Supersistema Battipaglia-Persano (BPb), indagati dalla prova penetrometrica S-CPTU5 e dai sondaggi BH9-BH10 e S3. La prova penetrometrica, eseguita a circa 50 m a nord-est del sondaggio BH9, si sviluppa lungo la verticale per una profondità di 16 m. Essa identifica circa 12 metri di limo, con intercalazioni di sabbia e ghiaia (tra 0.2 e 0.6 m di profondità), sabbia limosa (tra 5 e 6 m di profondità) e sabbia (tra 10 e 11 m da p.c.). Gli ultimi 5 m di prova sono risultati caratterizzati da limo ghiaioso. Nel sondaggio BH9 oltre un primo spessore di materiale di riporto, è presente un livello ghiaioso-sabbioso di spessore centimetrico, individuato anche nella prova penetrometrica S-CPTU5, il quale poggia su 4 m di depositi limosi deposti sopra a sabbie e ghiaie presenti sino a 20 m di profondità da p.c. Proseguendo in profondità il sondaggio intercetta terreno caratterizzato da materiale sabbioso sino alla massima profondità investigata (30 m), gli stessi identificati alla base della prova penetrometrica CPTU-dpsh14. I depositi ghiaiosi individuati dal sondaggio BH9 sono definiti anche dai successivi sondaggi BH10 e S3 (anno 2000). Le stratigrafie dei sondaggi BH10 e S3 identificano materiali limosi e sabbiosi fino a 8 m di profondità, con un livello ghiaioso tra i 6 e gli 8 m di profondità da p.c. nel sondaggio BH10 che tende a chiudersi in prossimità del sondaggio S3. Sotto ai livelli limosi in entrambi i sondaggi sono presenti i depositi con granulometria grossolana sabbiosa, ghiaiosa e ciottolosa, che hanno spessore metrico (1-5 m) e sono intercalati da livelli decimetrici fini limoso-sabbiosi. Le sabbie e le ghiaie si estendono fino a circa 22 m da p.c. e poggiano su sedimenti limoso-sabbiosi di 3 m di spessore; sotto a questo livello nel sondaggio BH10 sono presenti ciottoli sino a fondo foro (30 m da p.c.).

Riassumendo dunque quanto emerso dall'interpretazione stratigrafica effettuata per l'elaborazione del profilo geologico è possibile affermare che l'area di progetto è impostata su depositi appartenenti al Supersistema Battipaglia-Persano (BPb). I depositi risultano principalmente limoso-sabbiosi per uno spessore variabile tra i 5 ed i 10 m, seguiti a maggior profondità da depositi più grossolani ghiaioso-sabbiosi.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	33 di 69

6.2 ASSETTO IDROGEOLOGICO LUNGO IL TRACCIATO

La campagna indagini condotta nel 2020, durante la quale sono state installate verticali piezometriche, ed il successivo monitoraggio piezometrico esteso per due anni (a cavallo degli anni 2020 e 2022) hanno fornito dati sufficienti ad una ricostruzione dell'andamento della superficie di falda. Inoltre, le prove di permeabilità di tipo "Lefranc" eseguite nei fori di sondaggio hanno fornito dati per la ricostruzione delle caratteristiche di permeabilità dei terreni.

6.2.1 Permeabilità dei terreni

Durante la perforazione dei sondaggi eseguiti per il Progetto Definitivo (anno 2020) sono state realizzate diverse prove di permeabilità per valutare la conducibilità idraulica dei depositi presenti lungo il profilo:

- Le prove eseguite nei materiali appartenenti al Supersistema Battipaglia-Persano hanno restituito valori di conducibilità idraulica compresi tra $1.07 \text{ E-}05$ e $8.10 \text{ E-}07 \text{ m/s}$, dunque, corrispondenti ad una permeabilità da medio-bassa a bassa;
- L'insieme dei risultati delle prove di permeabilità realizzate, elencate nella seguente Tabella 6-1, ha fornito valori di permeabilità con un valore medio di $5.31\text{E-}06 \text{ m/s}$. In generale, si tratta di valori di permeabilità medio-bassi.

Tabella 6-1– Risultati delle prove Lefranc realizzate nel corso delle indagini di PD in funzione dell'unità geologica

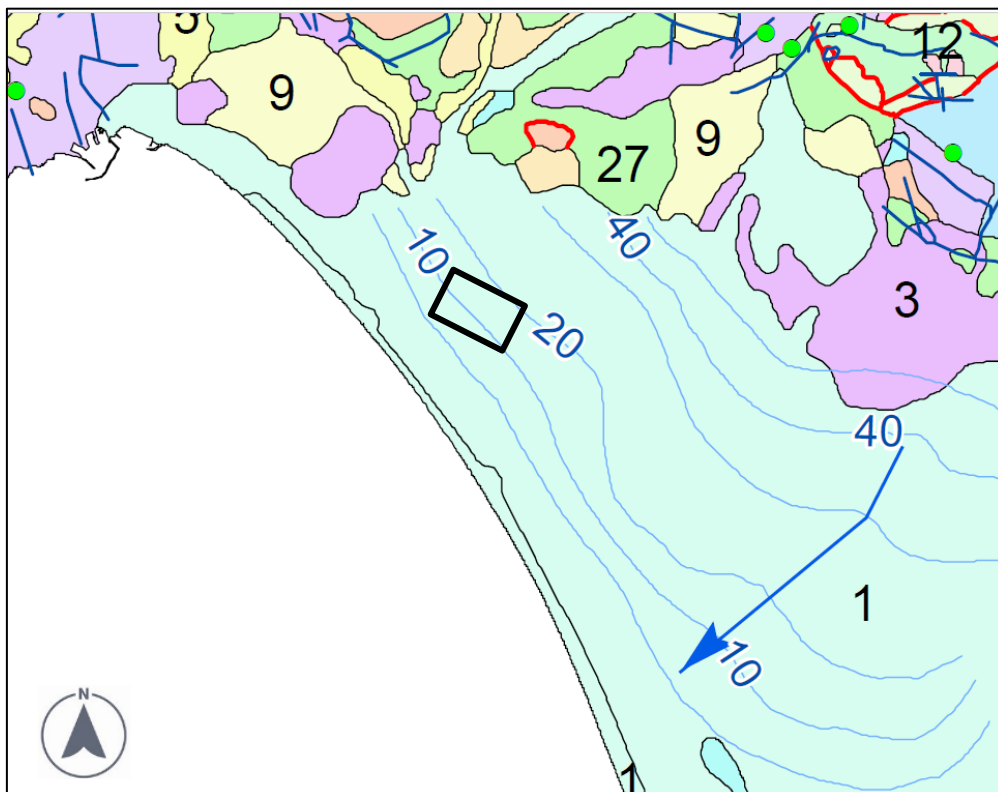
ID Sondaggio	ID Prova	Prof media (m da p.c.)	K (m/s)	Tipo di Prova	Formazione geologica
BH9	Lefranc 1	3,25	1,79E-06	a carico variabile	complessi ghiaioso-sabbiosi
BH9	Lefranc 2	4,75	8,16E-07	a carico variabile	complessi ghiaioso-sabbiosi
BH10	Lefranc 1	3,25	7,92E-06	a carico variabile	complessi ghiaioso-sabbiosi
BH10	Lefranc 2	8,75	1,07E-05	a carico costante	complessi ghiaioso-sabbiosi

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	34 di 69

6.2.2 Ricostruzione dell'andamento della falda

Per quanto riguarda la direzione del flusso della falda si fa riferimento alla cartografia pubblicata dalla Regione Campania, in particolare alla Carta dei complessi idrogeologici contenuta nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Campania (Figura 6-1), redatto in attuazione dell'art. 44 del D.L.vo n. 152/99 e s.m.i., ed adottato con Delibera di G.R. n. 1220 del 6 luglio 2007. Tale cartografia evidenzia, nell'area attraversata dalla linea ferroviaria in progetto, un flusso di falda perpendicolare alla linea di costa, e dunque diretto principalmente da NE a SO. Le isopieze riportate nella cartografia idrogeologica elaborata a supporto del presente studio sono dunque state ricostruite sulla base della cartografia sopra citata, integrandola con i dati piezometrici restituiti dal monitoraggio piezometrico eseguito tra i mesi di marzo 2020 e marzo 2022. Le isopieze riportate nella cartografia regionale individuano la falda, lungo la tratta, a quote variabili tra circa +12 m s.l.m. e +15 m s.l.m.; considerando quindi che la quota del terreno lungo la linea varia tra la +21 ad inizio tratta e la +25 m s.l.m. a fine tratta, la falda risulterebbe a profondità variabili tra circa 10 e 11 m da p.c.



Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	35 di 69

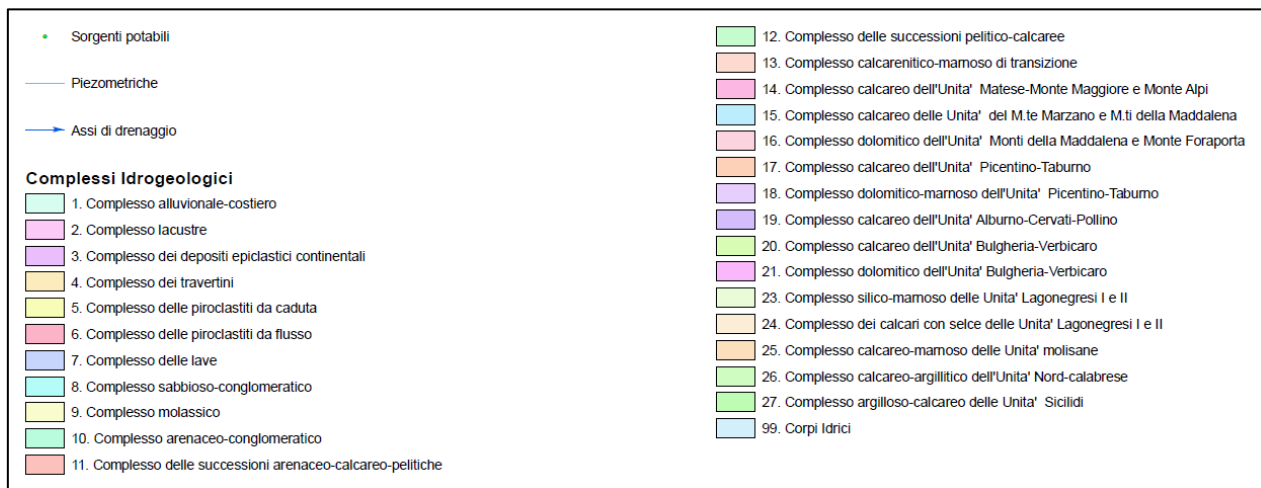


Figura 6-1 – Stralcio, non in scala, della Carta dei Complessi idrogeologici (Regione Campania, anno 2008, scala originale 1: 50.000). Il rettangolo nero localizza l'area di progetto.

Come accennato le campagne di misura di soggiacenza effettuate si riferiscono ai mesi che vanno da marzo 2020 a marzo 2022 (sono riportate nel documento NN2G00D69SGGE0005001A), e forniscono i dati riportati in Tabella 6-2 e Tabella 6-3.

Tabella 6-2 - Misure di soggiacenza della falda (marzo - giugno 2020).

Sondaggio	Tipo di piezometro	Tratto fenestrato (m da p.c.)	Sogg. fine perforazione (m da p.c.)	Sogg. 12/03/20 (m da p.c.)	Sogg. 24/03/20 (m da p.c.)	Sogg. 21/04/20 (m da p.c.)	Sogg. 14/05/20 (m da p.c.)	Sogg. 09/06/20 (m da p.c.)	Sogg. 30/06/20 (m da p.c.)	Sogg. 15/07/20 (m da p.c.)
BH9	T.A	3.00-30.00	11.70	11.70	-	12.20	12.30	12.12	12.15	12.18
BH10	T.A	3.00-30.00	14.30	13.70	-	14.20	14.40	14.17	14.18	14.21

Tabella 6-3 – Misure soggiacenza della falda luglio 2020 – marzo 2022

Sondaggio	Tipo di piezometro	Sogg. 27/07/20 (m da p.c.)	Sogg. 13/08/20 (m da p.c.)	Sogg. 22/09/20 (m da p.c.)	Sogg. 26/10/20 (m da p.c.)	Sogg. 13/11/20 (m da p.c.)	Sogg. 21/12/20 (m da p.c.)	Sogg. 11/01/21 (m da p.c.)	Sogg. 18/02/21 (m da p.c.)	Sogg. 29/04/21 (m da p.c.)
BH9	T.A	12.35	12.71	12.56	12.56	12.72	11.12	10.58	9.62	11.01
BH10	T.A	14.45	14.71	14.72	14.80	14.88	13.33	12.29	11.22	13.05
Sondaggio	Tipo di piezometro	Sogg. 24/05/21 (m da p.c.)	Sogg. 21/06/21 (m da p.c.)	Sogg. 24/07/21 (m da p.c.)	Sogg. 29/08/20 (m da p.c.)	Sogg. 30/09/21 (m da p.c.)	Sogg. 29/10/21 (m da p.c.)	Sogg. 30/11/21 (m da p.c.)	Sogg. 29/12/21 (m da p.c.)	Sogg. 19/01/22 (m da p.c.)
BH9	T.A	11.08	11.15	11.37	11.85	12.25	-	12.47	11.04	11.25
BH10	T.A	13.08	13.10	13.30	13.75	14.21	-	-	-	-

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	36 di 69

Sondaggio	Sogg. 28/02/22 (m da p.c.)	Sogg. 28/03/22 (m da p.c.)	-	-	-	-	-	-	-	-
BH9	11.47	11.56	-	-	-	-	-	-	-	-
BH10	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

Il sondaggio BH9 mostra che i valori di soggiacenza della falda hanno un minimo nel periodo invernale (valore minimo registrato nel Febbraio 2021 con un valore di 9.62 m da p.c.) e massimo nel periodo estivo ed autunnale (valori massimi registrati nell'Agosto e nell'Ottobre 2020 con valori di 12.71 e 12.72 m da p.c.). Nel periodo di riferimento si può osservare pertanto un'oscillazione massima di circa 3,10 m. Si segnala che nei primi mesi del 2022 la falda non ha avuto un forte trend di rialzamento come registrato nel 2020, mantenendosi più lineare.

Il sondaggio BH10 anch'esso mostra che i valori di soggiacenza della falda hanno un minimo nel periodo invernale (valore minimo registrato nel Febbraio 2021 con un valore di 11.22 m da p.c.) e massimo nel periodo estivo ed autunnale (valore massimo registrato nell'Ottobre 2020 con valori di 14.88 da p.c.). Nel periodo di riferimento si può osservare pertanto un'oscillazione massima di circa 3,66 m.

Dal punto di vista idrogeologico risulta importante segnalare la possibile interazione che la falda freatica, fino ad ora analizzata, potrà avere con le opere in progetto. Pertanto, per l'area oggetto di studio si considera il livello di falda massimo rilevato nel sondaggio BH9 pari a circa 9,60 m da p.c.

6.2.3 Potenziale interazione tra le opere e pozzi esistenti

Sono stati infine consultati il Piano Urbanistico Comunale del Comune di Pontecagnano Faiano e del Comune di Salerno, la cartografia del Geoportale della provincia di Salerno ed il database ISPRA delle indagini del sottosuolo al fine di valutare eventuali interferenze tra le opere e le fasce di rispetto di pozzi ad uso idropotabile e irriguo.

Non risulta attualmente disponibile una cartografia tematica riportante i pozzi ad uso idropotabile ed irriguo con relative fasce di rispetto prodotta in sede di PUC di Salerno e di Pontecagnano.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 37 di 69

7 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO

7.1 PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA

Per quanto concerne i rischi di natura geologico-geomorfologica è stata analizzata la cartografia tematica resa disponibile dall’Autorità di Bacino Regionale Campania sud ed interregionale per il bacino idrografico del fiume Sele. Si fa riferimento in particolare al “Testo Unico coordinato delle norme di attuazione dei PSAI Relativi ai bacini idrografici regionali in destra e in sinistra Sele ed interregionale del fiume Sele” (2016) ed alla relativa cartografia di Pericolosità e Rischio. In particolare, si riporta l’Articolo 1 del sopra citato testo, che definisce i contenuti del PSAI:

“1- I Piani per l’Assetto Idrogeologico relativamente ai bacini idrografici regionali in Destra, in Sinistra Sele e al Bacino Interregionale del Sele costituiscono Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi della vigente normativa in materia di difesa del suolo e hanno valore di Piano territoriale di Settore. I Piani Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (di seguito denominati PSAI) rappresentano lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, le norme d’uso del suolo e gli interventi riguardanti l’assetto idrogeologico dei bacini idrografici regionali in Destra Sele, Sinistra Sele ed Interregionale del fiume Sele.”

Si cita inoltre il titolo IV che definisce le aree a pericolosità da moderata (P1) a elevata (P4):

“TITOLO IV — AREE A PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA

CAPO I — PRESCRIZIONI PER LE AREE A PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA COMUNI AI TRE

ARTICOLO 27 — Disposizioni generali aree a pericolosità idraulica, da frana e da colata

1. Gli elaborati tecnici riportati nell'allegato "A" individuano, per il territorio di competenza dell'Autorità, le aree a pericolosità idrogeologica come di seguito definite:

Per il Bacino Regionale in Destra Sele:

b. le aree a pericolosità da frana:

- P4 (molto elevata);
- P3 (elevata);
- P2 (media);
- P1 (moderata);

c. le aree a pericolosità da colata:

- P4 (molto elevata);
- P3 (elevata);
- ASC (Aree a suscettibilità da colate);

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	38 di 69

Per consultare la disciplina delle aree a pericolosità da frana si rimanda al testo della norma, ed in particolare:

- *al TITOLO IV — AREE A PERICOLOSITA' IDROGEOLOGICA.*
 - o *CAPO III - AREE A PERICOLOSITA' DA FRANA*
- *al TITOLO V - DISPOSIZIONI PER LA TUTELA DELL'ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL TERRITORIO*
 - o *CAPO I - PRESCRIZIONI GENERALI PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO*

Preso visione della cartografia della pericolosità e del rischio (sito web: <https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-adb-destra-sele-menu/pai-rischio-frana-menu>) (Figura 7-1 e Figura 7-2) è possibile affermare che l'area di studio, sviluppandosi interamente su territorio subpianeggiante e lontano da aree di versante, non risulta interessata da tale tipologia di pericolosità e di rischio, di cui di seguito si riportano gli stralci.

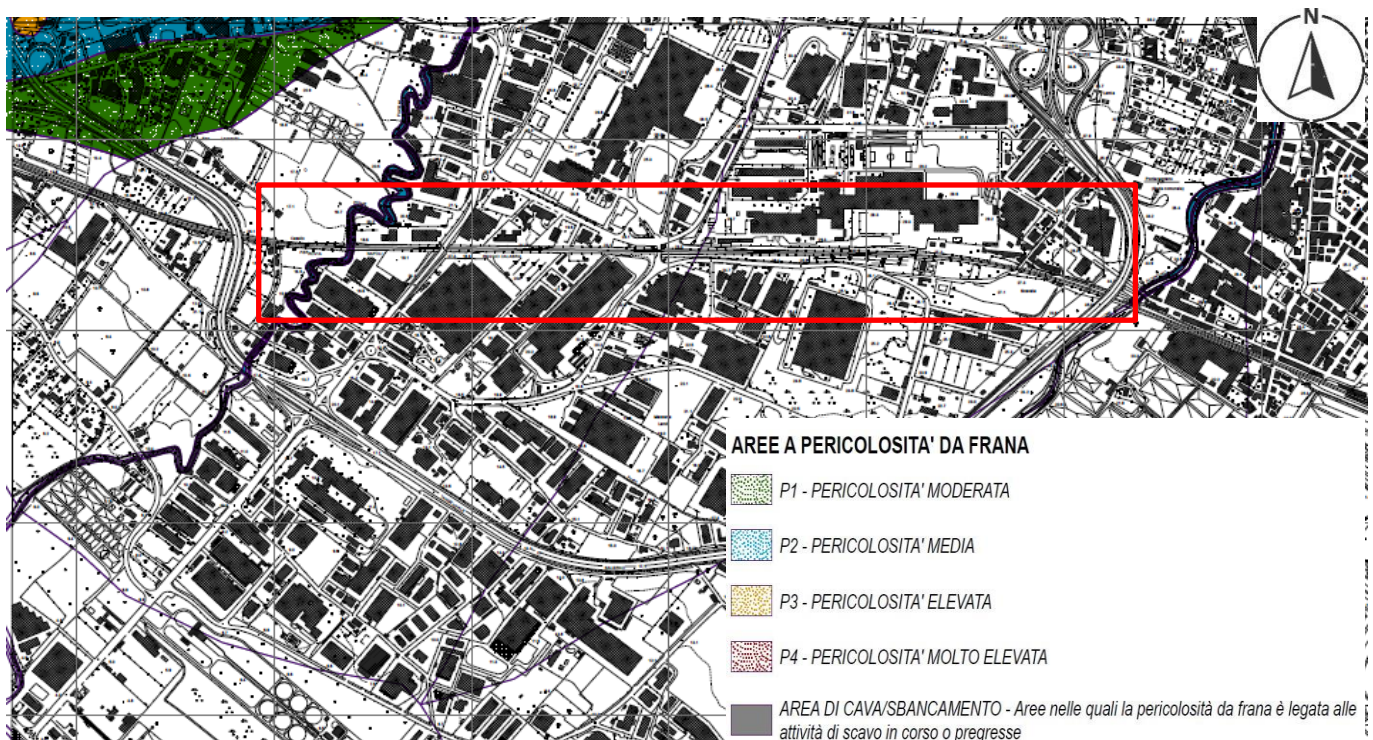


Figura 7-1 - Autorità di Bacino Destra Sele, Carta della Pericolosità da Frana in scala 1: 5.000 (2011): stralcio non in scala della Tavola F_PRCL_467154. (In rosso l'area oggetto di studio).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	39 di 69

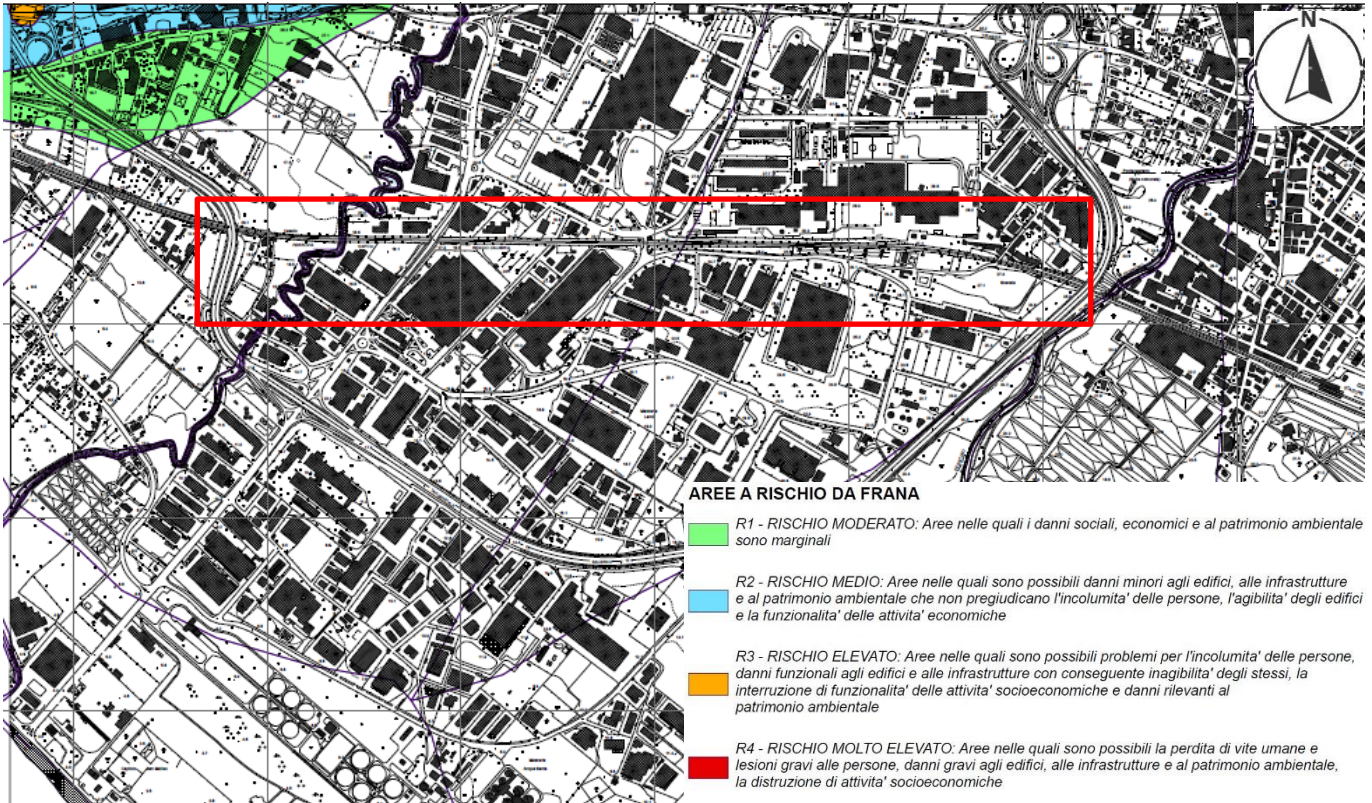


Figura 7-2 – Autorità di Bacino Destra Sele, Carta del Rischio da Frana in scala 1: 5.000 (2011): stralcio non in scala della Tavola F_RIS_467154. (In rosso l'area oggetto di studio).

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 40 di 69

8 STUDIO INTERFEROMETRICO DELL'AREA DI PROGETTO

Il presente studio è finalizzato alla valutazione di possibili fenomeni di subsidenza nell'area di progetto tramite l'analisi dei dati di interferometria satellitare.

La tecnica interferometrica radar satellitare rappresenta un ottimo strumento per studiare e monitorare con ripetitività ed omogeneità le zone soggette a subsidenza, sia a livello regionale che di singole opere antropiche.

Per l'analisi interferometrica radar sono stati impiegati i dati forniti dall'EGMS European Ground Motion Service. L'EGMS si basa sull'analisi interferometrica multitemporale delle immagini radar della costellazione Sentinel-1 dell'Agenzia Spaziale Europea (ESA) a piena risoluzione. Questa tecnica consente di identificare punti di misura affidabili, per cui vengono estratti i valori di velocità del suolo e le serie temporali di deformazione. Tali punti di misura coincidono solitamente con edifici, strutture artificiali e aree prive di vegetazione in genere.

Nel dettaglio nelle figure seguenti sono mostrate le mappe della velocità calibrate dei punti di misura lungo la linea di vista in orbite ascendenti (Figura 8-1) e discendenti (Figura 8-2) riferite a un modello derivato dai dati delle serie temporali dei sistemi satellitari di navigazione globale. I prodotti calibrati sono assoluti, non essendo più relativi ad un punto di riferimento locale.

I valori di velocità sono saturati tra -20 e +20 mm/annui e si riferiscono all'arco temporale 2015-2022.

È stata adottata una scala di colori, espressa in mm/anno che rappresenta la velocità di spostamento lungo la LOS (Linea di Vista sensore - bersaglio) con valori in allontanamento al sensore (colori dal giallo al rosso) e avvicinamento al sensore (colori dall'azzurro al blu); il colore verde indica aree con tassi di spostamento sui punti di misura non apprezzabile o non significativo.

Nell'area in esame i valori di velocità analizzati lungo la linea di vista nell'orbita ascendente e discendente non mettono in evidenza elementi degni di rilievo; le velocità rilevate sono del tutto trascurabili e non evidenziano movimenti e deformazioni del suolo in atto, così come evidenziato dal colore verde dei diffusori.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	41 di 69

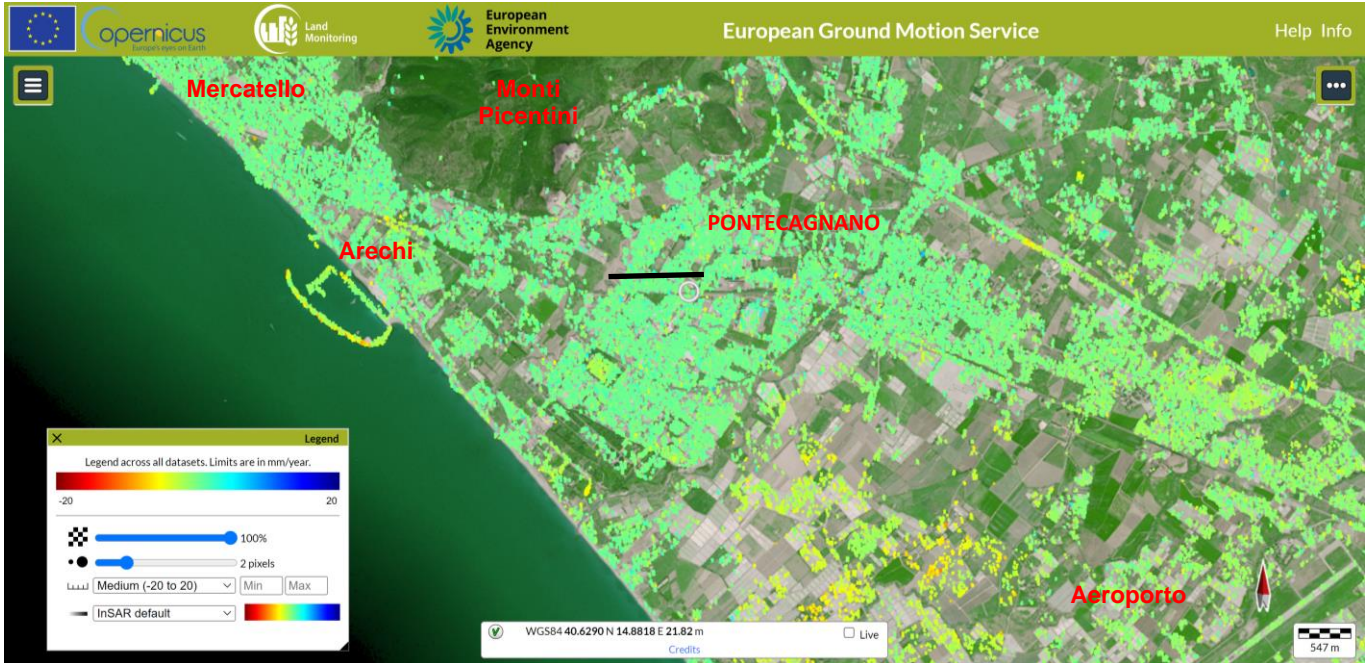


Figura 8-1 – Immagine radar di sentinel-1 basata sull'analisi interferometrica multitemporale, rappresentante le velocità dei punti di misura lungo la linea di vista dell'orbita ascendente nell'area di Pontecagnano. In nero è evidenziata la tratta di progetto.

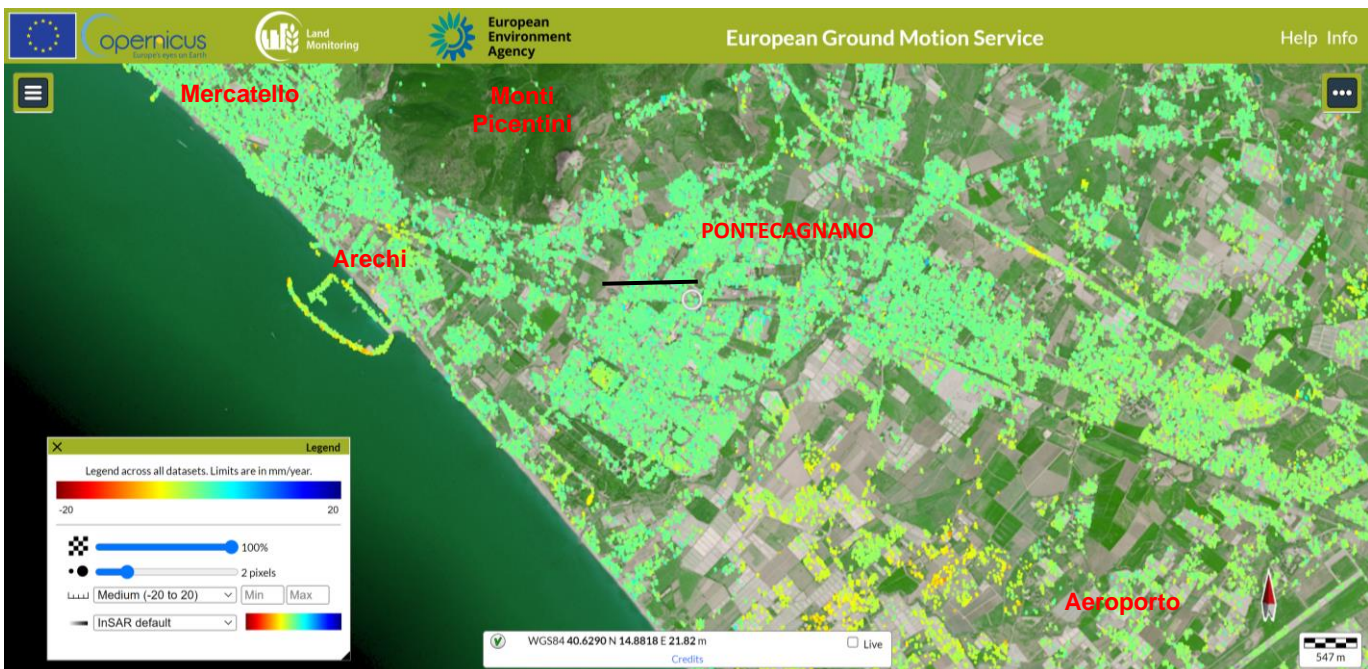


Figura 8-2 – Immagine radar di sentinel-1 basata sull'analisi interferometrica multitemporale, rappresentante le velocità dei punti di misura lungo la linea di vista dell'orbita discendente nell'area di Pontecagnano. In rosso è evidenziata la tratta oggetto di studio.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	42 di 69

La tecnica interferometrica radar satellitare consente di combinare il dataset ascendente con quello discendente di cui sopra, permettendo di risalire all'orientazione del vettore velocità nel piano EST-OVEST, HEIGHT (asse Z).

Le componenti del moto (orizzontale e verticale) ancorate al modello geodetico di riferimento risultano essere ricampionate su una griglia di 100 metri.

In Figura 8-3 e in Figura 8-4 si riportano le velocità dei punti di misura in coordinate orto asse EST-OVEST ed orto HEIGHT (asse Z). Anche in questo caso i valori di velocità sono saturati tra -20 e +20 mm/annui, adottando una medesima scala di colori e nello stesso arco temporale 2015-2022, senza evidenziare movimenti e deformazioni degne di rilievo (colore verde).



Figura 8-3 – Immagine radar di sentinel-1 basata sull'analisi interferometrica multitemporale, rappresentante le velocità dei punti di misura in coordinate orto asse Ovest- Est nell'area di Pontecagnano. In nero è evidenziata la tratta oggetto di studio.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	43 di 69

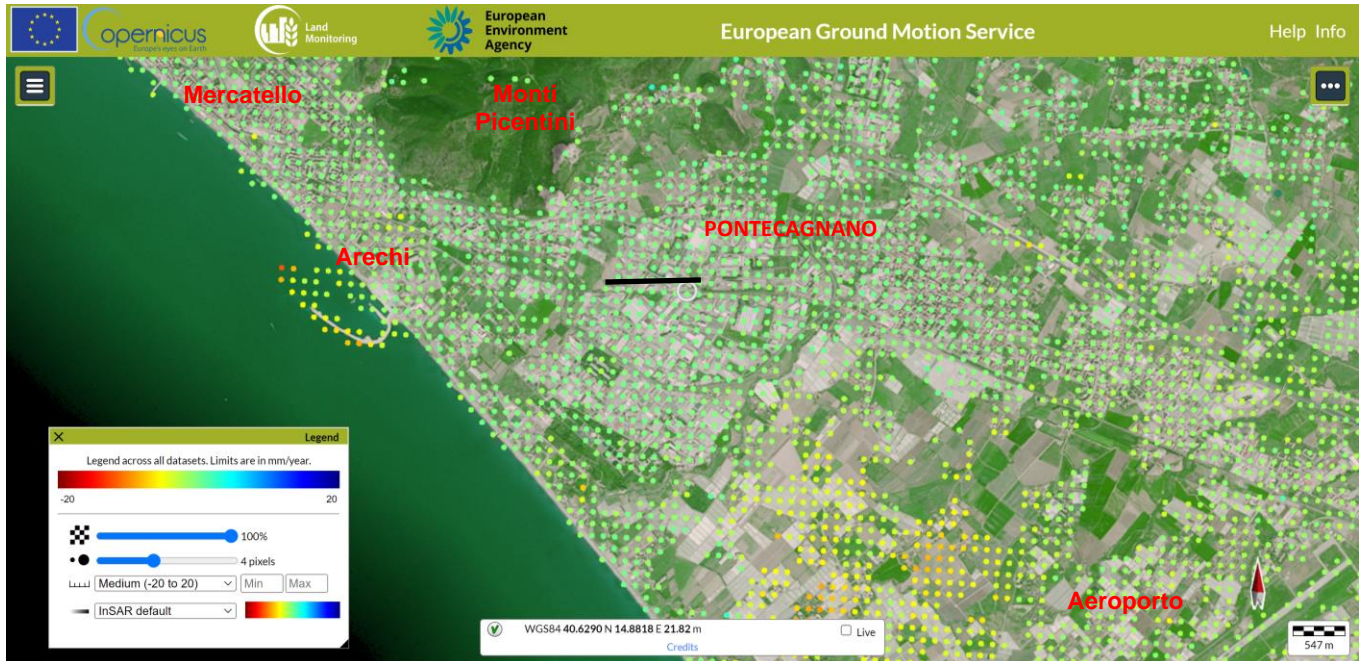


Figura 8-4 – Immagine radar di sentinel-1 basata sull’analisi interferometrica multitemporale, rappresentante le velocità dei punti di misura in coordinate orto asse Height (Z) nell’area di Pontecagnano. In nero è evidenziata la tratta oggetto di studio.

Inoltre, è stata eseguita una media delle velocità lungo l’asse verticale Height (Z) su una serie di punti di misura (157 punti) ubicati nelle immediate vicinanze dell’opera in progetto (Figura 8-5).

Dal grafico di Figura 8-6 si evince che la media delle velocità lungo l’asse verticale Height (Z) su una serie di 157 punti di misura sia del tutto trascurabile, denotando un valore di velocità di circa 0,3 mm/annui nell’arco temporale 2015-2022, ben al di sotto dell’errore strumentale stimato in circa ± 1.5 mm/anno.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	44 di 69

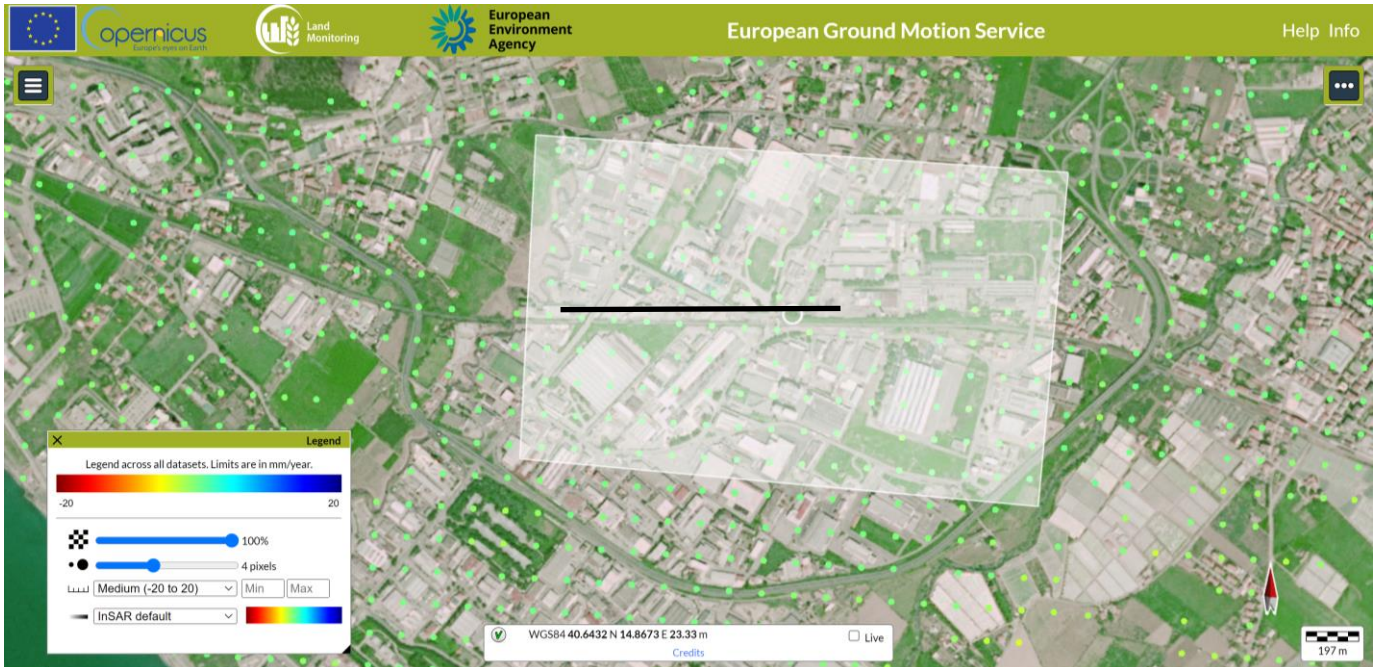


Figura 8-5 – Immagine radar di sentinel-1, in cui vengono rappresentati i PS selezionati (rettangolo bianco) per eseguire una media delle velocità lungo l'asse verticale Height (Z). In nero è evidenziata la tratta oggetto di studio.

Dataset: Vertical
Point ID: Average of 157 points
Position: 1962800.32 N 4733093.31 E 27.34 m
Mean velocity: -0.31 mm/year
RMSE: 0.84 mm

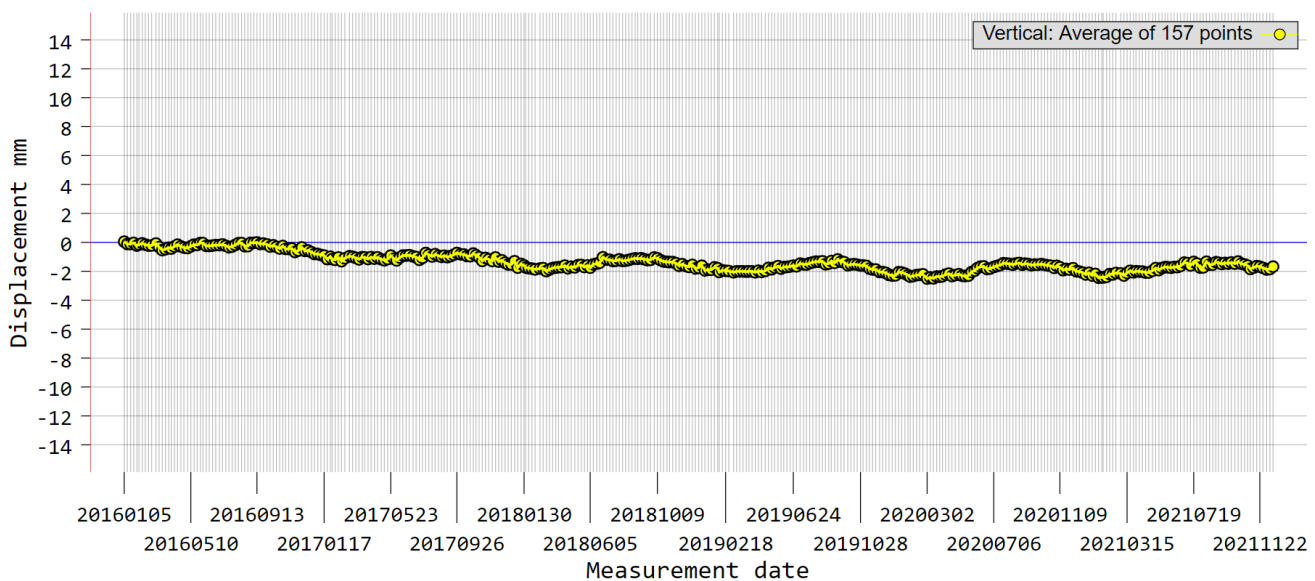


Figura 8-6 – Grafico rappresentante la media della velocità di n.157 PS selezionati in corrispondenza dell'area di progetto lungo l'asse verticale Height (Z)

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	45 di 69

9 INQUADRAMENTO SISMICO

9.1 PREMESSA

Nel seguito, si fornisce un inquadramento dal punto di vista della sismicità locale, a partire dall'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e dei risentimenti macrosismici osservati al sito di progetto nel corso di terremoti storici. Successivamente, sulla scorta delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni (nel seguito NTC2018), verrà definita l'azione sismica funzione delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento basato sulla vita nominale delle opere, la loro classe d'uso, nei diversi Stati Limite considerati. Seguendo sempre le indicazioni normative, l'accelerazione di progetto si definirà in base all'effettiva localizzazione delle opere.

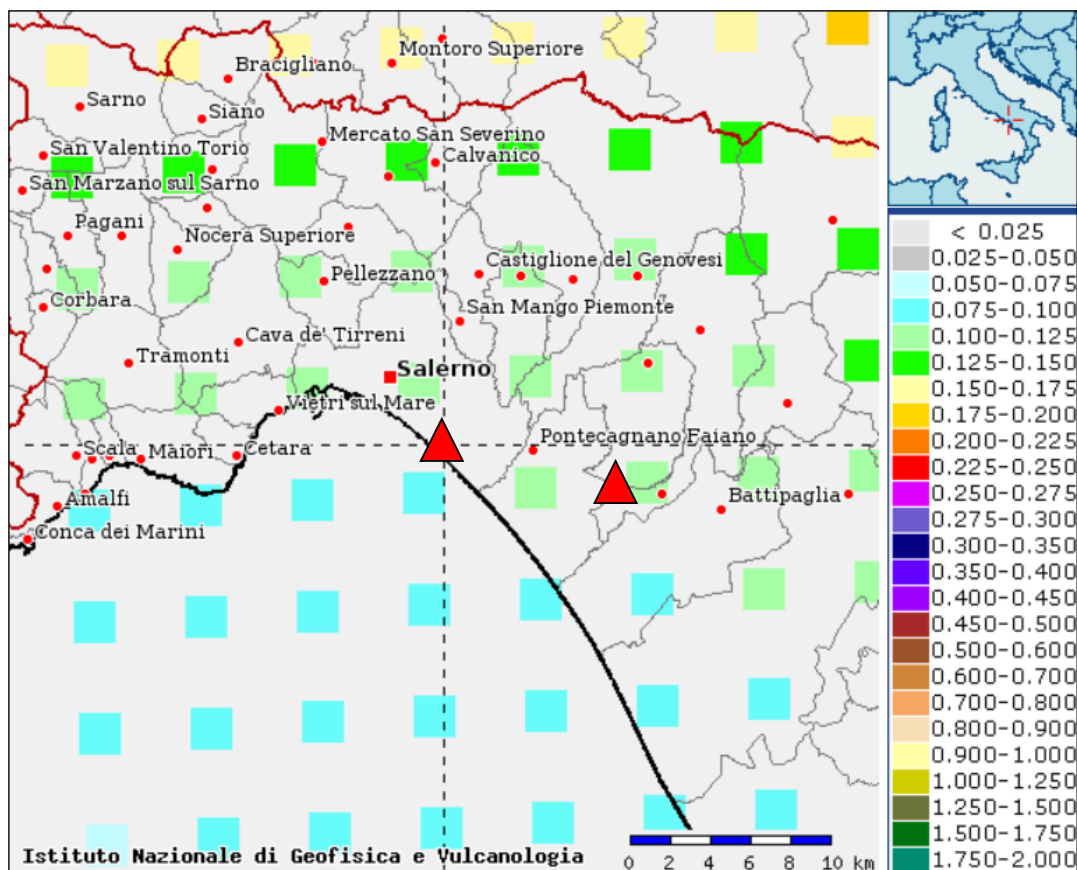


Figura 9-1 – Valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione di riferimento su suolo rigido (g) nell'intorno dell'area di progetto (gli stremi con triangoli rossi), da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	46 di 69

Le NTC2018 dispongono che l'azione sismica sia innanzitutto determinata in campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1); allo scopo, le tabelle allegate alla edizione 2008 delle NTC (non aggiornate nella nuova edizione delle Norme) elencano i valori di accelerazione massima al suolo, oltre ai parametri spettrali, nei punti di una griglia di passo 5x5 km a coprire il territorio nazionale (vedasi il dettaglio dell'area di progetto in Figura 9-1).

Per la localizzazione dell'opera in progetto, può essere fatto riferimento alla Figura 9-2 dove vengono altresì indicati i punti sede di indagini geofisiche e geotecniche.



Figura 9-2 – Localizzazione dell'opera di progetto con sondaggi e prove geofisiche eseguite.

9.2 AREE SIMOGENETICHE DI INTERESSE

Nell'area dell'Appennino meridionale, nella quale è compreso il territorio in esame, le zone maggiormente interessate da eventi sismici storici con magnitudo superiore a 5 risultano quelle ubicate prevalentemente in corrispondenza della catena appenninica. L'allineamento degli epicentri di questi eventi sismici è chiaramente collegato con la struttura geologica della regione, in particolare gli epicentri si concentrano prevalentemente a ridosso del confine tra la catena appenninica e l'Avanfossa bradanica, mentre il loro numero decresce nei settori interni della catena (prossimi al Mar Tirreno) e nel settore Adriatico.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 47 di 69

Dal punto di vista sismogenetico, in quest'area sono state individuate:

- aree caratterizzate dal massimo rilascio di energia legata ai processi distensivi che hanno interessato l'Appennino meridionale a partire da circa 0.7 Ma. Tali aree coincidono con il settore assiale della catena. Per queste aree il meccanismo di faglia prevalente è del tipo faglia diretta (in prevalenza sistemi di faglie ad andamento NW-SE), e la profondità degli epicentri è compresa tra 8-12 km;
- aree in cui il rilascio di energia è connesso prevalentemente a meccanismi di faglia tipici delle faglie trascorrenti; per queste aree la profondità degli epicentri è compresa tra 12 e 20 km. Queste zone sismogenetiche sono connesse a lineamenti tettonici ad andamento W-E.

Sulla base del breve inquadramento di cui sopra, in termini strettamente sismologici, la Figura 9-3 mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 (Rovida et al., 2016). Assieme agli epicentri sono riportate le sorgenti sismiche del modello di zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al., 2008), alla base dell'attuale mappa di pericolosità del territorio italiano associata alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 e NTC2018). Sono inoltre riportate le principali faglie individuali (ISS) e le faglie composite (CSS) tratte dalla base di dati del progetto DISS3 (Haller e Basili, 2011). Si osserva come la definizione delle zone sismogenetiche ZS9 rifletta sia la distribuzione delle faglie sul territorio nazionale, come quella degli epicentri dei terremoti. Il modello sismogenetico racchiude pertanto informazioni sia di natura tettonica, sia dettate dalla sismicità storica.

La zona 928 (Ischia-Vesuvio) che è la zona più prossima ai siti di progetto comprende tutta l'area vulcanica napoletana e si estende verso oriente fino alle falde appenniniche. In questa zona, i terremoti risultano superficiali (tra 1 e 5 km) in quanto di sorgente vulcanica.

Nell'Appennino meridionale, troviamo la ZS927, zona di dorsale caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione che ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990) a partire da ca. 0.7 Ma. La ZS927 è sede di alcuni tra i maggiori rilasci di energia della storia sismica italiana, come ad es. quello di Val d'Agri del 1857.

La zona 926 con orientamento E-W, è stata definita in base all'allineamento di terremoti di magnitudo medio-bassa (≤ 5.5) come gli eventi di Potenza del 1990 e 1991. Il meccanismo di faglia prevalente in questa zona è trascorrente. Si osserva che le due zone 925 (che include la sorgente del terremoto dell'Irpinia del 1930) e 926, con andamento E-W, sono caratterizzate da sismicità relativamente profonda (10-20 km), come mostrano i dati strumentali disponibili per i terremoti di Potenza del 1990-91 e del Molise del 2002 e come suggerito dai piani quotati dell'intensità macrosismica dei principali terremoti storici (es. quello del Foggiano del 1731).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	48 di 69

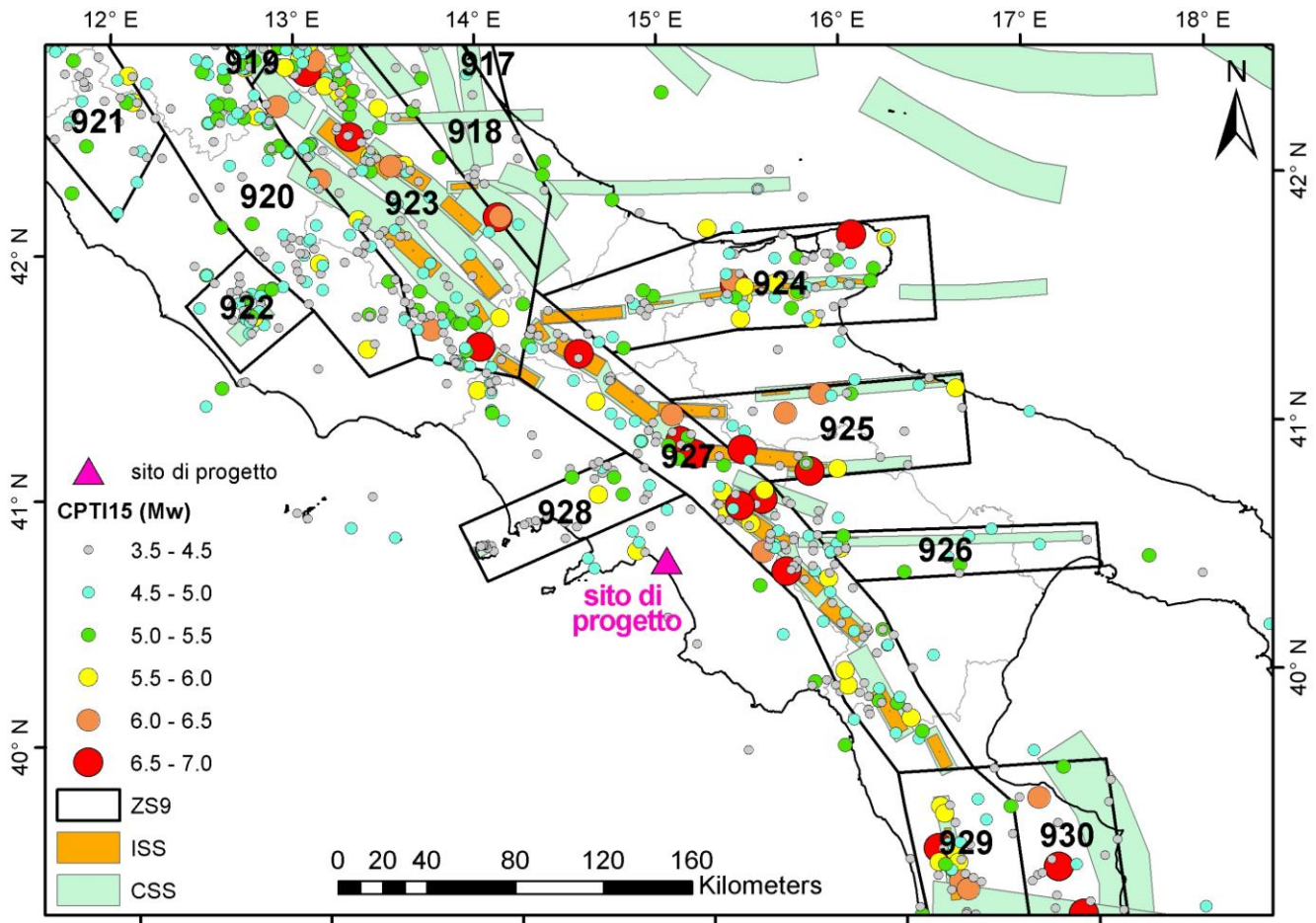


Figura 9-3 – Contesto sismo-tettonico della regione estesa nell'intorno dell'area di progetto: i poligoni in nero rappresentano i confini delle sorgenti sismogenetiche del modello ZS9 (Meletti et al., 2008), i cerchi colorati rappresentano gli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). I rettangoli arancioni rappresentano le faglie individuali del modello DISS3 mentre quelli verdi i sistemi di faglie composite.

I lineamenti di faglia più prossimi al sito di progetto (vedi l'estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS3.2 riportato nella Figura 9-4) sono costituiti da sistemi di faglie composite (CSS), all'interno dei quali si classificano alcune sorgenti individuali (ISS). Il sistema di faglie composite più prossimo all'area del progetto è il sistema ITCS034 (Irpinia – Val d'Agri). Tale sistema costituisce la zona centrale del sistema di faglie normali a immersione NE dell'Appennino meridionale, ha una profondità compresa tra 1 e 14 km, ed ha dato luogo a numerosi terremoti di sismicità massima pari a $M_w=6.8$.

L'altra sorgente composta vicino al sito di progetto è la zona composta ITCS085 (Ischia) con magnitudo massima di 5.4. I cataloghi storici (Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Guidoboni et al., 2007) mostrano una concentrazione di

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	49 di 69

terremoti intermedi nell'area. In particolare, questa regione è stata colpita dai terremoti del 2 febbraio 1828 (M_w 5.6, Casamicciola Terme), 4 marzo 1881 (M_w 5.4, Isola d'Ischia) e 26 luglio 1883 (M_w 5.8, Casamicciola Terme).

Sulla base delle indicazioni del catalogo delle Faglie Capaci ITHACA, curato da ISPRA, non sono state individuate lineazioni potenzialmente interagenti con il sito di progetto. (<http://www.isprambiente.gov.it/it/progetti/suolo-e-territorio-1/ithaca-catalogo-delle-faglie-capaci>).

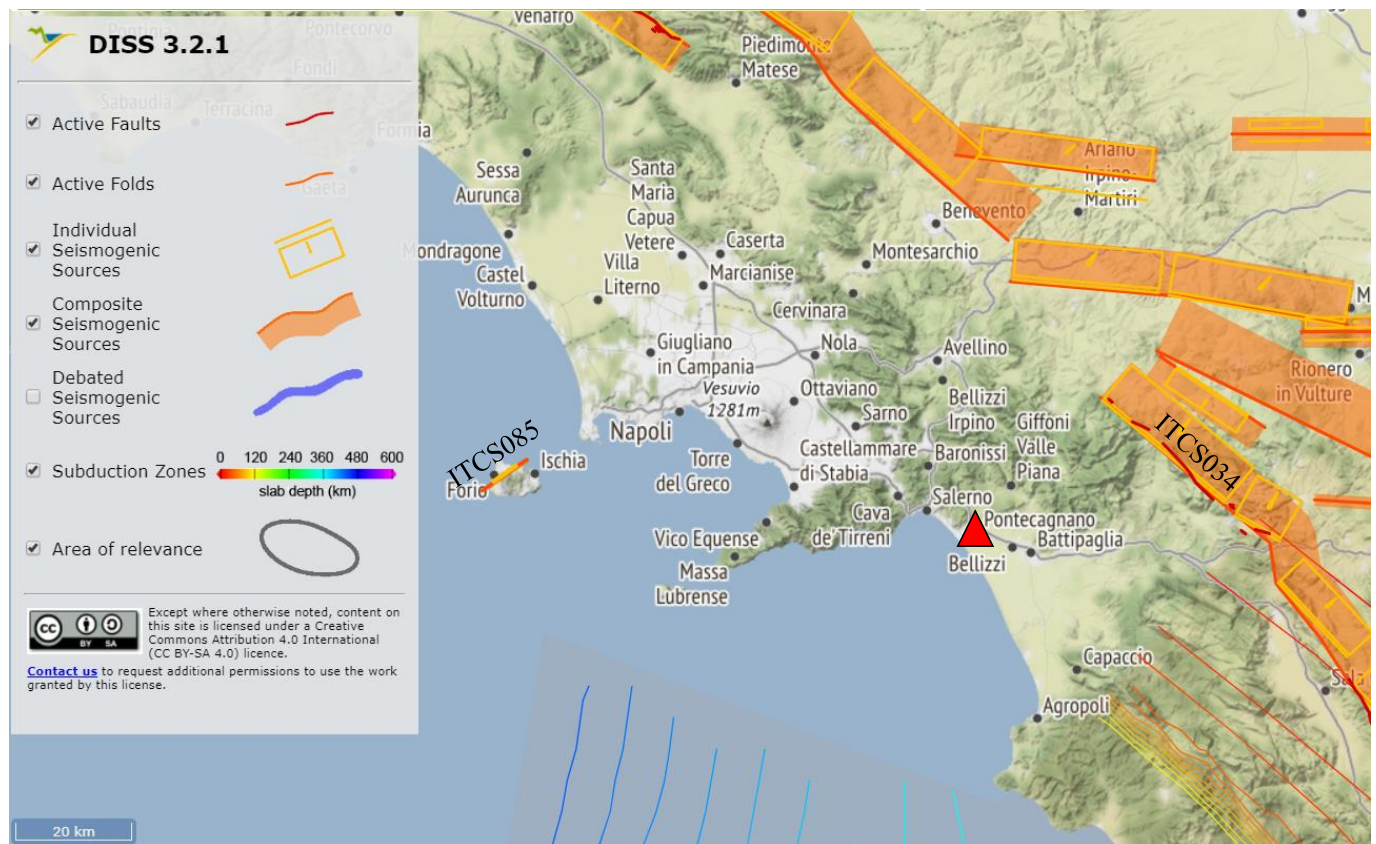


Figura 9-4 – Sorgenti sismogenetiche individuali e composite dal “Database of Individual Seismogenic Sources” (DISS 3.2.1) rilevanti per l’area in oggetto (triangolo rosso).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	50 di 69

Per comporre un quadro completo dei livelli di sismicità dell'area di interesse, un utile riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al., 2016), il quale contiene tutte le informazioni riguardanti le intensità macrosismiche (I_{MCS}) risentite a seguito dei terremoti accaduti fino al 2014.

In Figura 9-5 e Figura 9-6 viene mostrata la storia sismica in termini di intensità macrosismica associata alle due località più prossime alle aree di progetto, ossia Pontecagnano e Salerno. La località di Pontecagnano si trova all'incirca a metà della tratta in progetto, ma è caratterizzata da limitati dati storici, anche in ragione della sua ridotta estensione ed urbanizzazione storica. L'evento più significativo in termini di intensità percepita nel comune è il terremoto della Irpinia-Basilicata del 1980 ($M_w = 6.81$). Più significativi ed estesi su un periodo temporale ben più ampio sono invece i dati relativi alla città di Salerno, riportati in Tabella 9-1 dove si osserva per l'area in esame un massimo risentimento macrosismico corrispondente ad una intensità di 7-8, registrata in conseguenza del terremoto della Penisola Sorrentina del 1561. Eventi più recenti con intensità 6-7 hanno avuto come zona epicentrale la regione dell'Irpinia che costituisce, come precedentemente indicato, la zona sismogenetica di maggiore rilevanza in quest'area.

Da quanto sopra si evince come sia associabile all'area di progetto una sismicità media.

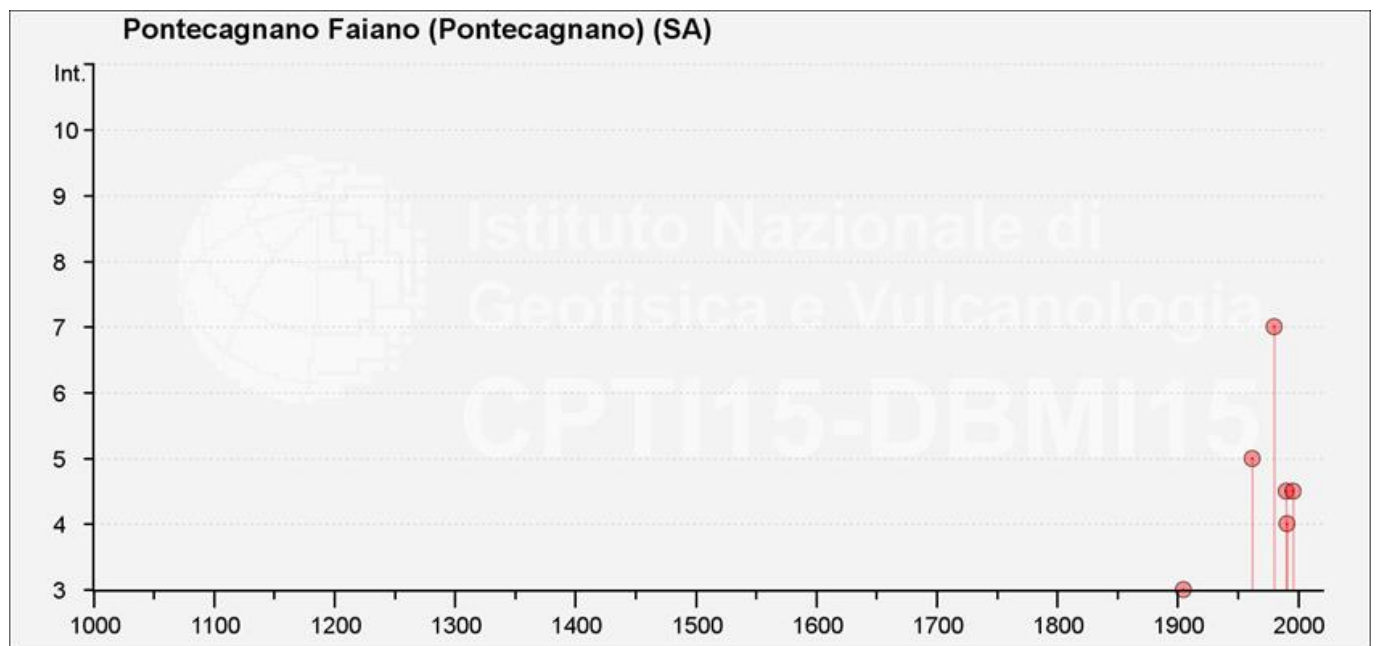


Figura 9-5 – Storia sismica del comune di Pontecagnano (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	51 di 69

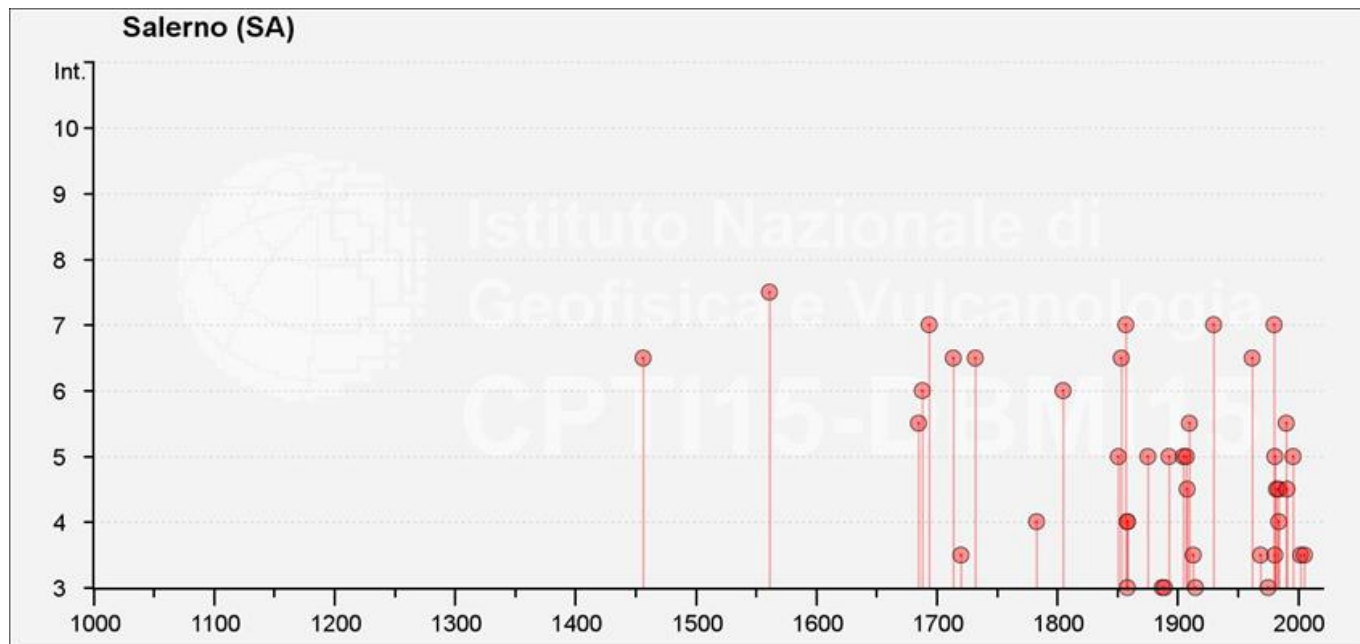


Figura 9-6 – Storia sismica del comune di Salerno (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

Intensità	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw
6-7	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	11	7.19
7-8	1561 07 31 20 10	Penisola sorrentina	8	5.56
6	1688 06 05 15 30	Sannio	11	7.06
7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	10	6.73
6-7	1714 08	Salernitano	5-6	4.4
6-7	1732 11 29 07 40	Irpinia	10-11	6.75
6	1805 07 26 21	Molise	10	6.68
6-7	1853 04 09 12 45	Irpinia	8	5.6
7	1857 12 16 21 15	Basilicata	11	7.12
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	10	6.67
6-7	1962 08 21 18 19	Irpinia	9	6.15
7	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	10	6.81

Tabella 9-1 – Principali terremoti storici che hanno interessato il comune di Salerno con intensità maggiore di 6 (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 52 di 69

9.3 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

9.3.1 Generalità

La definizione dell'azione sismica di progetto per l'opera segue quanto disposto dalle NTC2018. In particolare, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di esercizio – SLE e Ultimi - SLU) deve essere definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, a sua volta esprimibile in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo temporale di riferimento, funzione dello Stato Limite considerato per la verifica, la forma degli spettri di risposta di progetto è definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima determinato il periodo di riferimento per l'azione sismica (par. 9.3.2) sulla base delle indicazioni progettuali in termini di vita utile e classificazione delle opere. Successivamente, nel par. 9.3.3 saranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica da considerare determinata a sua volta per suolo rigido ed in corrispondenza dei punti definiti. La determinazione della categoria di suolo (e topografica) di riferimento attraverso l'interpretazione delle indagini geotecniche e geofisiche disponibili sarà oggetto del paragrafo 4, arrivando a definire, per i diversi stati limite, l'azione sismica di riferimento da adottare per le verifiche.

9.3.2 Vita utile e classe d'uso

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2018:

- $V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e opere provvisionali.
- $V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 53 di 69

- $V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in esame, ai fini della definizione dell'azione sismica, i progettisti hanno assunto:

$$V_N = 75 \text{ anni}$$

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita in base all'importanza dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. Nel caso in esame, sempre sulla base delle indicazioni dei progettisti, le opere appartengono alla Classe d'Uso III, ossia:

"... omissis ... Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV, salvo casi particolari per i quali sia necessaria la classe d'uso IV, e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza ... omissis ..."

Pertanto, sulla base delle indicazioni NTC2018, alla Classe d'Uso III corrisponde un coefficiente d'uso C_U pari a:

$$C_U = 1.5$$

Il periodo di riferimento V_R si ottiene moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Nel caso in esame:

$$V_R = V_N \times C_U = 75 \times 1.5 = 112.5 \text{ anni}$$

9.3.3 Stati limite e probabilità di superamento

L'azione sismica di progetto va quindi determinata in funzione degli Stati Limite di verifica e delle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R .

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

- Stati Limite Ultimi (SLU):
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	54 di 69

- Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.
- Stati limite di Esercizio (SLE):
 - Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico.
 - Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento P_{VR} dalla relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1 - P_{VR})$$

Nel caso in esame, i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica e le probabilità di superamento per i diversi Stati Limite sono mostrati in Tabella 9-2.

Tabella 9-2 – Periodi di ritorno per l'azione sismica di progetto per i diversi stati limite.

Stato limite di riferimento		Probabilità di superamento P_{VR}	Periodo di ritorno dell'azione sismica T_R
Stati limite di esercizio (SLE)	Stato limite di immediata operatività (SLO)	81%	68
	Stato limite di danno (SLD)	63%	113
Stati limite ultimi (SLU)	Salvaguardia della vita umana (SLV)	10%	1068
	Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)	5%	2193

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	55 di 69

9.3.4 Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g

In allegato al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (riferita dalle NTC2018) i valori a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_o (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_{c^*} (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) sono forniti per ognuno dei 10751 nodi del reticolo di riferimento a coprire il territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi alla griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti. Per definire l'azione sismica lungo il tracciato sede delle opere in progetto, sono stati individuati 2 punti di interesse in corrispondenza di inizio e fine tracciato (P1 e P2 nella Figura 9-2). In Tabella 9-3, si sono riportati le coordinate dei punti di interesse per i quali vengono definiti i valori della pericolosità sismica di base assieme all'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica (elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009).

I risultati dell'interpolazione per i parametri a_g , F_o e T_{c^*} per i diversi Stati Limite per i siti di progetto sono indicati in Tabella 9-4.

Tabella 9-3 – Nodi del reticolo di riferimento nell'intorno del sito di progetto. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.

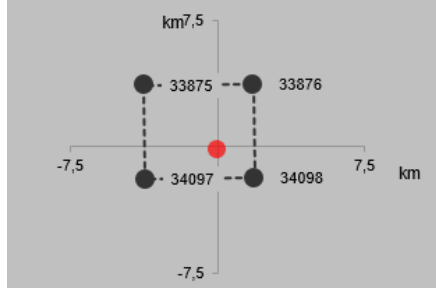
Nome di sito	Latitudine	Longitudine	Localizzazione punti di griglia
Sito	40.643658	14.851699	

Tabella 9-4 – Valori di a_g per gli stati limite di riferimento per i siti di progetto (ottenuti mediante il foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per $V_R = 112.5$ anni.

ID Sito	SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_{c^*} (s)
Sito	SLO	68	0,052	2,437	0,343
	SLD	113	0,063	2,505	0,370
	SLV	1068	0,128	2,719	0,477
	SLC	2193	0,154	2,806	0,518

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 56 di 69

9.3.5 Risposta sismica locale

Le NTC2018 definiscono il fattore S di amplificazione di sito come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_s), che dell'andamento della superficie topografica (attraverso il coefficiente S_T):

$$S = S_s \cdot S_T$$

La classificazione del sottosuolo si definisce sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{s,eq}$ (in m/s) definito dall'espressione:

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

dove:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

$V_{s,i}$ = valore di velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

La definizione della categoria di sottosuolo (cfr. Tabella 9-5) si basa sulle seguenti indagini:

- indagini geofisiche di tipo MASW e prove di tipo SCPTu eseguite nel 2019 per il progetto in esame;

Le indagini eseguite per il progetto mostrano come la stratigrafia delle aree di progetto sia genericamente costituita da alternanze di depositi di natura alluvionale, prevalentemente fini, con granulometria variabile dalle argille alle sabbie, intervallate da letti di materiale ghiaioso di spessore anche significativo.

I risultati ricavati dalle prove geofisiche in termini di valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{s,eq}$ sono riportati in Tabella 9-5 con le categorie di suolo corrispondenti. Le prove sono riportate in ordine di posizione progressiva.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
	Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B

Tabella 9-5. Risultati delle prove geofisiche in termini di $V_{S,eq}$ e loro categorie di sottosuolo

Prova	Data di esecuzione	$V_{S,eq}$ (m/s)	Tipo di suolo
MASW 5	2019	375	B
MASW 6	2019	336	E

Lungo il tracciato i valori delle velocità delle onde di taglio identificano quindi terreni di **tipo B ed E**.

Sulla base di quanto osservato, per la definizione della categoria di suolo della zona di interesse si suggerisce l'azione, in via cautelativa, della **categoria di sottosuolo E** (terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m);

Tabella 9-6 – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. (Tabella 3.2.II delle NTC2018).

Suolo	Descrizione geotecnica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Il coefficiente S_S per la categoria di sottosuolo E si ottiene dalla seguente espressione (vedi Tabella 3.2.IV del par. 3.2.3 delle NTC2018):

$$S_S = 1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_0 \cdot a_g / g \leq 1.60 \quad (E)$$

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	58 di 69

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, il tracciato di progetto si colloca su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1 - Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018). Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta pari a:

$$S_T = 1$$

Sulla base di quanto sopra, i valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto $a_{max} = S \cdot a_g$ per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono riportati in Tabella 9-7.

Tabella 9-7 – Valori di a_g e dei coefficienti di sito S ($S_T=1$) e accelerazione di progetto a_{max} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per $V_R = 100$ anni per il sito di progetto.

ID Sito	SL	T_R (anni)	a_g (g)	S (-)	a_{max} (g)
Sito	SLO	68	0,052	1,60	0,0832
	SLD	113	0,063	1,60	0,1008
	SLV	1068	0,128	1,60	0,2048
	SLC	2193	0,154	1,526	0,2350

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 59 di 69

9.4 ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

Le NTC2018 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa qualora si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{cIN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{cIN} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve che delimitano il campo di suscettibilità, fornite nelle NTC2018.

Nel caso in esame:

- Per quanto concerne il punto 1 l'accelerazione massima attesa risulta superiore a 0.1 g; dunque, la condizione non è verificata;
- Per quanto riguarda il punto 2 la profondità media della falda risulta, secondo i dati di monitoraggio disponibili e i dati bibliografici, inferiore a 15 m da p.c., dunque la condizione non risulta verificata;
- Per quanto riguarda il punto 3 i livelli sabbiosi non presentano con continuità valori di $(N_1)_{60}$ superiori a 30, dunque la condizione non risulta verificata;
- Per quanto riguarda il punto 4, la Figura 9-7 illustra la distribuzione granulometrica dei campioni prelevati e realizzati per il progetto del completamento della Metropolitana di Salerno (sondaggi BH9 e BH10). Si osserva come le curve granulometriche dei campioni ricadano nel campo di terreni suscettibili a liquefazione, dunque la condizione non risulta verificata.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	60 di 69

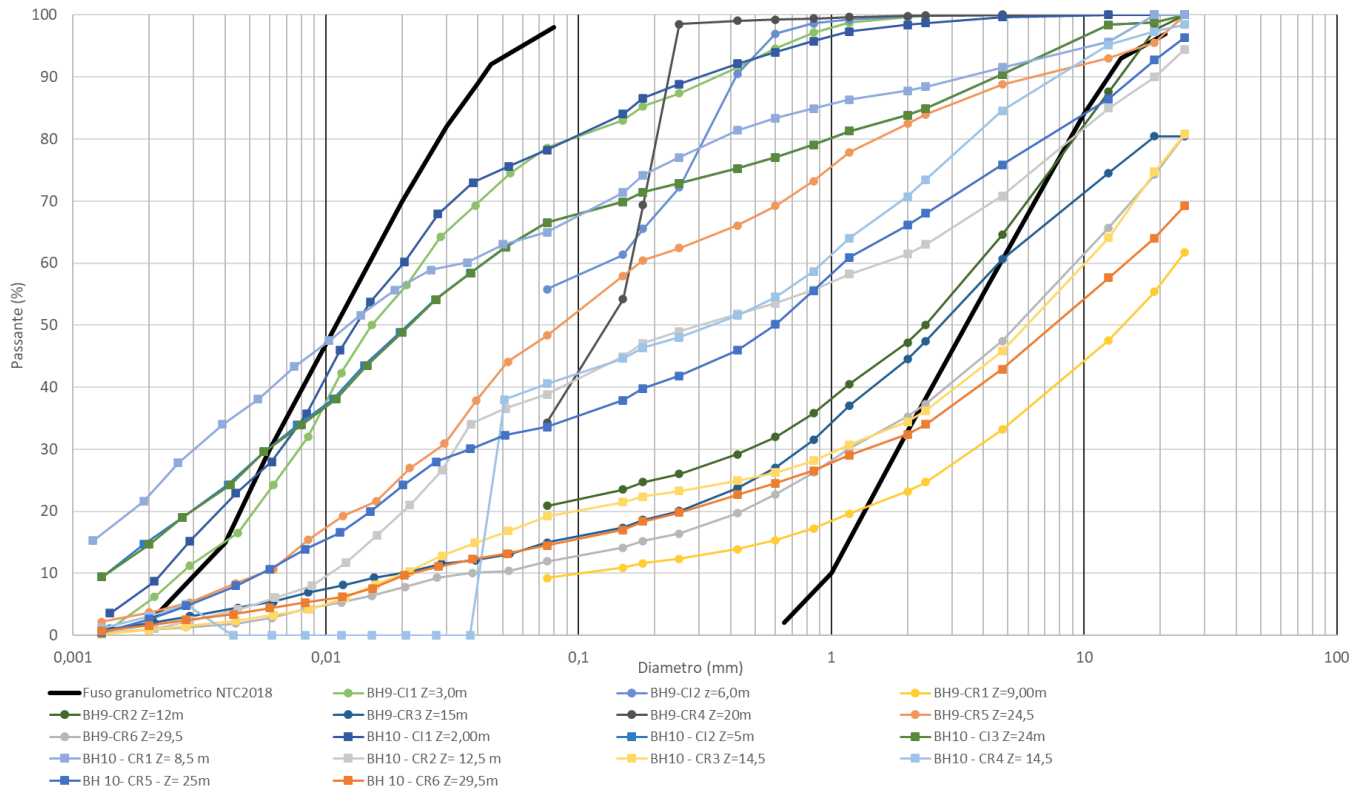


Figura 9-7 – Curve granulometriche dei campioni assieme alle curve che delimitano il campo di suscettibilità fornite nelle NTC2018 (curve nere).

Pertanto, nessuno dei suddetti motivi di esclusione risulta verificato.

Per le verifiche a liquefazione si rimanda agli elaborati:

- Relazione geotecnica generale, con codifica NN2G.00.D.78.GE.GE0006.001.A;
- Relazione liquefazione, con codifica NN2G.00.D.78.RH.GE0006.001.A.

9.5 MAGNITUDO DI RIFERIMENTO

Per la definizione del valore di magnitudo di riferimento per le verifiche a liquefazione, oltre al quadro sismo-tettonico esposto ai paragrafi precedenti, può essere considerata l'analisi di disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (accelerazione su suolo rigido orizzontale) di cui alle NTC2018, fornita quale elaborazione aggiuntiva direttamente dal progetto INGV-DPC S1 (vedi Figura 9-8), qui considerata per le coordinate riportate in Tabella 9-3. Dalla disaggregazione del valore di accelerazione al suolo con probabilità di superamento del 5% in 50 anni, risultano dominanti eventi di magnitudo compresa tra 6 e 7.5 e distanza da 30 a 60 km; il valore medio di magnitudo risulta pari a 6.68.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	61 di 69

Per le analisi di liquefazione può dunque essere considerato un valore di magnitudo di riferimento pari a **6.7**.

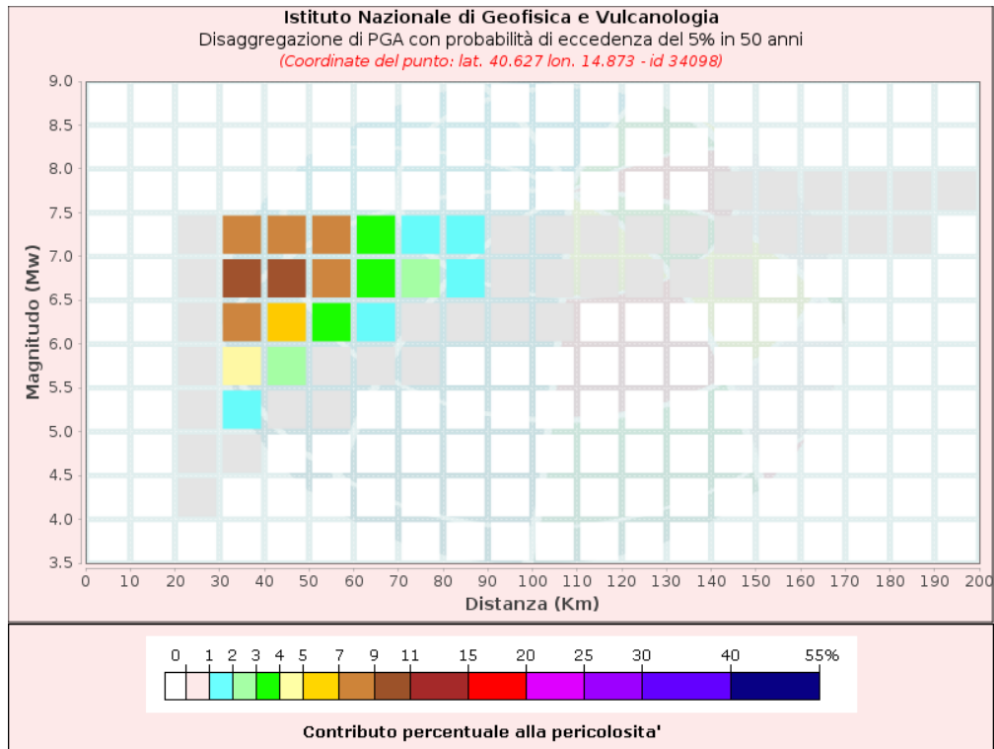


Figura 9-8 – Analisi di disaggregazione del dato di pericolosità per il punto di griglia 34098 (per $T_R = 975$ anni), da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	62 di 69

10 CONCLUSIONI

In conclusione, si può affermare che:

- Il territorio oggetto di studio ricade nella regione Campania, nel comune di Pontecagnano, provincia di Salerno, nel settore centro settentrionale della Piana del Sele;
- La struttura geologica della Campania presenta al suo interno un settore a morfologia collinare e montuosa occupato dalla catena appenninica ed un settore costiero, ad occidente, caratterizzato dalla presenza di ampie depressioni strutturali occupate attualmente da piane alluvionali. Dal punto di vista strutturale la Piana del Sele corrisponde alla parte continentale di una depressione che si prolunga all'interno del Golfo di Salerno, circondata a monte da unità terrigene terziarie e da unità carbonatiche mesozoiche. La zona è stata soggetta ad una intensa attività neotettonica disgiuntiva che ha interessato ampiamente il massiccio dei Monti Picentini, alla base del quale le depressioni della Piana del Sele e della Valle del Sele sono state colmate da spesse coltri clastiche pedemontane. Tra queste coltri la formazione più antica è rappresentata dai Conglomerati di Eboli che fungono da raccordo tra rilievi montuosi e piana costiera, i quali mostrano evidenze di fasi dislocative, con formazione di versanti di faglia che bordano la piana, loro sollevamento e conseguente smantellamento con deposizione di sedimenti fluviali nella Piana del Sele. La fascia esterna della piana è invece colmata da sedimenti fluviali e marini del Pleistocene medio-superiore ed Olocene, soggetti a sollevamento nel Pleistocene superiore;
- Dal punto di vista geologico e stratigrafico, l'area di intervento è localizzata nel settore centro settentrionale della Piana del Sele, la quale costituisce la porzione emersa di un'importante depressione morfostrutturale. Tale depressione è riempita da alcune migliaia di metri di depositi quaternari, in larga parte di natura epiclastica, derivanti dalla rapida erosione dei rilievi carbonatici durante fasi di sollevamento iniziate a partire dal Pleistocene inferiore. All'interno della piana la distribuzione spaziale ed altimetrica dei depositi appare strettamente influenzata dall'evoluzione tettonica dell'area: i terreni più recenti sono incastrati in quelli più antichi procedendo dalla periferia verso il centro della depressione. La tratta in progetto interseca i depositi alluvionali caratterizzati da ghiaie, sabbie, sabbie ghiaiose e/o limose e limi alluvionali di fondovalle fluviale caratterizzanti le aree golenali, depositi pelitici caratterizzanti il riempimento di depressioni retrodunari, depositi fluvio-lacustri e travertini rappresentati da livelli fitoclastici, fitotermali e sabbiosi, alternanze latero-verticali di ghiaie sabbiose, sabbie e peliti sabbiose con frazione grossolana poligenica ed eterometrica, sedimenti prevalentemente fini di ambiente di piana costiera, ghiaie calcaree fini con matrice piroclastica e sedimenti di suolo depositi in contesti di conoide alluvionale;

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	63 di 69

- Dal punto di vista geomorfologico l'area in esame è situata in una zona pianeggiante, con quote comprese tra i 5 ed i 50 m s.l.m.. Nell'ambito della piana del Sele si possono distinguere differenti sottunità, che corrispondono a tre ordini di terrazzi fluviali, con due fasi litorali riconoscibili, e ad una fase di deiezione, rappresentata dalle ampie conoidi di Eboli e Battipaglia. Il terrazzo di primo ordine occupa la parte posta a quote più elevate ed appare maggiormente smembrato dall'erosione; il terrazzo di II ordine si incastra in quello precedente e rappresenta il riempimento dell'area tettonicamente ribassata a seguito della deposizione; il terrazzo di III ordine comprende la parte prossima alla fascia costiera e borda con continuità il Sele sino in prossimità della costa. A quest'ultimo terrazzo sono associate anche le vallecole incise dai corsi d'acqua, che discendono dalle alture collinari retrostanti ed appare meno facilmente riconoscibile sia per la riduzione del dislivello che lo separa da quello più alto, sia perché i due ordini appaiono separati da scarpate molto addolcite dall'erosione. Il più importante corso d'acqua che percorre la piana è il Fiume Sele, seguito dal Torrente Fuorni, il Fiume Picentino, i torrenti Asa e Rialto, il Fiume Tusciano, il Fosso Capodifiume ed il Fiume Solofrone;
- I terreni affioranti presentano differente grado di permeabilità, nell'area di interesse prevale una formazione geologica con un complesso ghiaioso-sabbioso. Nei sondaggi realizzati per il presente progetto nel 2020 sono state eseguite diverse prove Lefranc a profondità comprese tra 3.25 e 8.75 m da p.c., che hanno restituito valori di conducibilità idrauliche tra $8.16 \cdot 10^{-7}$ e $1.07 \cdot 10^{-5}$ m/s. Il monitoraggio piezometrico tra i mesi di marzo 2020 e marzo 2022 ha consentito di valutare la variazione del livello di falda nel periodo considerato. Nei sondaggi BH9-BH10 mostra che i valori di soggiacenza della falda hanno un minimo nel periodo invernale (valore minimo registrato nel Febbraio 2021 con un valore di 9.62 m da p.c.) e massimo nel periodo estivo ed autunnale (valori massimi registrati nell'Agosto e nell'Ottobre 2020). Nel periodo di riferimento si può osservare pertanto un'oscillazione massima di circa 3,5 m.;
- Dal punto di vista idrogeologico risulta importante segnalare la possibile interazione che la falda freatica, fino ad ora analizzata, potrà avere con le opere in progetto. Pertanto, per l'area oggetto di studio si considera il livello di falda massimo rilevato nel sondaggio BH9 pari a circa 9,60 m da p.c.;
- Per quanto concerne il modello geologico delle aree di progetto è stato realizzato un profilo facendo riferimento ai sondaggi e alle prove penetrometriche eseguite durante le campagne Italferr 2019 e 2020 per il presente progetto. Inoltre, si sono utilizzati i dati bibliografici provenienti da sondaggi e prove penetrometriche eseguite lungo linea negli anni 2000-2002. Il profilo è caratterizzato da sedimenti facenti parte del Supersistema Battipaglia-Persano (BPb), in prevalenza da depositi limoso-sabbiosi seguiti in profondità (da 5-10 m da p.c.) da depositi più grossolani ghiaioso-sabbiosi.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	64 di 69

- Per quanto concerne il rischio geomorfologico, è stata analizzata la cartografia tematica resa disponibile dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Campania. È possibile affermare che la tratta soggetta al prolungamento della metro di Salerno risulta localizzata in un'area priva di tale rischio.
- Dal punto di vista sismico, si può affermare che l'area di progetto è caratterizzata da una media sismicità. Sulla base delle indagini geofisiche, la zona è classificabile in categoria di suolo E;
- Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione dei terreni, nessuno dei motivi di esclusione risulta verificato a priori. Per le verifiche a liquefazione si rimanda agli elaborati "Relazione geotecnica generale, con codifica NN2G.00.D.78.GE.GE0006.001.A" e "Relazione liquefazione, con codifica NN2G.00.D.78.RH.GE0006.001.A";
- E' stato eseguito uno studio interferometrico nell'area di progetto allo scopo di valutare potenziali fenomeni di subsidenza. Nell'area in esame i valori di velocità analizzati lungo la linea di vista nell'orbita ascendente e discendente non mettono in evidenza elementi degni di rilievo; le velocità rilevate sono del tutto trascurabili e non evidenziano movimenti e deformazioni del suolo in atto, così come evidenziato dal colore verde dei diffusori.

	LINEA SALERNO - PONTECAGNANO AEROPORTO COMPLETAMENTO METROPOLITANA DI SALERNO NUOVA FERMATA A SERVIZIO DELL'AREA ASI DI SALERNO PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ECONOMICA ARRICCHITO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA NN2G	LOTTO 00 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 65 di 69

11 BIBLIOGRAFIA

- Amato A., Ascione, A., Cinque, A. & Lama A. (1991) – *Morfoevoluzione, sedimentazione e tettonica dell'alta Piana del fiume Sele e delle sue valli tributarie (Campania)*. Geogr. Fis. Dinam. Quat., **14 (1)**, 5-12.
- Bartole R., Savelli D., Tramontana M. & Wezel F.C. (1984) – *Structural and sedimentary features in the Tyrrhenian margin off Campania, Southern Italy*. Marine Geology, **55**, 163-180.
- Bartolini C., D'Agostino N. & Dramis F. (2003) – *Topography, exhumation, and drainage network evolution of the Apennines*. Episodes, **26-3**, 212-216.
- Brancaccio L., Cinque A., D'Angelo G., Russo F., Santangelo N. & Sgrosso I. (1987) – *Evoluzione tettonica e geomorfologica della Piana del Sele (Campania, Appennino meridionale)*. Geogr. Fis. e Dinam. Quat., **10**, 47 - 55.
- Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Roskopf C., Russo F., Santangelo N. & Santo A. (1991) – *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the Tyrrhenian flank of the southern Apennines (Region of Naples, Italy)*. Zeit. Geomorph. N.F., Suppl.-Bd. **82**, 47 - 58, Berlin.
- Brancaccio, L., Cinque, A., Romano, P., Roskopf, C.M., Russo, F. & Santangelo, N. (1995) – *L'evoluzione delle pianure costiere della Campania: geomorfologia e neotettonica*. Memorie della Società Geografica Italiana, **53**, 313-336.
- Basili, R., and V. Kastelic (2011). D3.4 – *Database of active faults and seismogenic sources*, SHARE, 31.05.2011.
- Capaldi G. Cinque A., Romano P. (1988) – *Ricostruzione di sequenze morfoevolutive nei Picentini meridionali (Campania, Appennino meridionale)*. Geogr. Fis. Dinam: Quat., Suppl. Geogr. Fis. Dinam. Quat., vol. I, 207-222, 14 ff, 3 tavv., 1 tab.
- Carta geologica scala 1.50.000 F467 Salerno, Progetto CARG.
- Casnedi, R. (1988) – *La fossa Bradanica: origine, sedimentazione e migrazione*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 439-448.
- Celico P. B., De Vita P., Monacelli G., Scalise A.R., Tranfaglia G. (2003) – *Carta Idrogeologica dell'Italia Meridionale*. Istituto poligrafico e Zecca dello Stato.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
 sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	66 di 69

- Cinque A., Guida F., Russo F. & Santangelo N. (1988) – *Dati cronologici e stratigrafici su alcuni depositi continentali della Piana del Sele (Campania): i “Conglomerati di Eboli”*. Geogr. Fis. E Dinam. Quatern., **11**, 39–44.
- 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, Vol. **XXXVI**, N. 2, 249-260.
- Cinti F. R., Cucci L., Pantosti D., D’Addezio G. e Meghraoui M. (1997). A major seismogenic fault in a “silent area”: the Castovillari fault (southern Apennines, Italy). Geophys. J. Int., **130**, 595-605.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall’Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: <http://esse1.mi.ingv.it/>.
- D’Argenio B., Pescatore T. & Scandone P. (1973) – *Schema geologico dell’Appennino meridionale (Campania-Lucania)*. Quad. Acc. Naz. Lincei, **183**, 49-72.
- DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.
- Dondi L. & Papetti I. (1965) – *Sul ritrovamento di una microfacies con Miogypsina e Lepidocyclina al fondo del pozzo Contursi 1 (m 3478), nel Cilento*. Geol. Rom., **4**, 7-40.
- Galadini F., Poli M.E., Zanferrari A., (2005) – *Seismogenic source potentially responsible for earthquakes with M ≥ 6 in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy)*. Geophys. J. Int., **161**, 739-762.
- Giardini, D., J. Woessner, L. Danciu, G. Valensise, G. Grünthal, F. Cotton, S. Akkar, R. Basili, M. Stucchi, A. Rovida, D. Stromeyer, R. Arvidsson, F. Meletti, R. Musson, R., K. Sesetyan, M. B. Demircioglu, H. Crowley, R. Pinho, K. Pitilakis, J. Douglas, J. Fonseca, M. Erdik, A. Campos-Costa, B. Glavatovic, K. Makropoulos, C. Lindholm, T. Cameelbeeck (2013). *Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE): Online Data Resource*, <http://portal.share-eu.org:8080/jetspeed/portal/>, doi: 10.12686/SED-00000001-SHARE, 2013.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
 sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	67 di 69

- Gruppo di Lavoro MPS. (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, Italy, 65 pp. + 5 appendici, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>, last access September 2012.
- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G. (2007.) CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500). INGV-SGA. <http://storing.ingv.it/cfti4med>
- Haller K. M.m and Basili R. (2011). *Developing seismogenic source models based on geologic fault data*. Seismol. Res. Lett., 82, 519-525.
- Kastelic, V. P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, M. M. Tiberti, G. Valensise (2012). *Seismogenic sources in the Adriatic Domain*, Marine and Petroleum Geology (2012) 1-23.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- Marani M.P. (2004) – *Super-inflation of a spreading ridge through vertical accretion*. In Marani M.P., Gamberi F. & Bonatti E. (eds) "From seafloor to deep mantle: architecture of the tyrrhenian backarc basin", Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia., **64**, 185-194.
- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2008). A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory. *Tectonophysics*, 450(1), 85-108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.
- Milia A. & Torrente M.M. (2000) – *Tectonics and stratigraphic architecture of a pery-Tyrrhenian half-graben (Bay of Naples, Italy)*. Tectonophysics, **315**, 301-318.
- Mostardini F. & Merlini S. (1986) – *Appennino Centro Meridionale. Sezioni Geologiche e proposta di modello strutturale*. Mem Soc. Geol. It. **35**, 177-202, 10 ff.
- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2008). *A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory*. Tectonophysics, 450(1), 85-108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.
- Michetti A. M., Ferrelly L., Serva L. e Vittori E. (1997) – *Geological evidence for strong historical earthquakes in an "aseismic" region: the Pollino case (southern Italy)*. J. Geodynamics, 24, 67-86.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	68 di 69

- Norme di Attuazione dell'Autorità di bacino regionale Campania Sud ed interregionale per il bacino idrografico del Fiume Sele. (Agosto 2016).
- Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 17 gennaio 2018.
- Ortolani, F., Torre, M., Russo, B. & Di Nocera, S. (1979) – *Depositi alto-miocenici del bordo settentrionale della Piana del Sele (Campania)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **98**, 3-14.
- Pappone, G., Casciello, E., Cesarano, M., D'Argenio, B. & Conforti A. (2009) – *Note illustrative della Carta Geologica d' Italia 1:50.000. Foglio 467: Salerno*. ISPRA, Servizio Geologico d'Italia.
- Pescatore, T., Sgrosso, I. & Torre, M. (1970) – *Lineamenti di tettonica e sedimentazione nel Miocene dell'Appennino campano-lucano*. Mem. Soc. Natur. in Napoli, **78**, 337-408.
- Rovida, A., Camassi, R., Gasperini P. e Stucchi M. (a cura di) (2011). CPTI11, la versione 2011 del *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11.
- Slejko D., Carulli G.B., Carraro F., Castaldini D., Cavallin A., Doglioni C., Iliceto V., Nicolich R., Rebez R., Semenza E., Zanferrari A., & Zanolla C. (1987) – *Modello sismotettonico dell'Italia nord-orientale*. CNR, GNDT, Rend. **1**, 1-82, Trieste.
- Slejko D., Carulli G.B., Nicolich R., Rebez A., Zanferrari A., Cavallin A., Doglioni C., Carraro F., Castaldini D., Iliceto V., Semenza E. and Zanolla C. (1989). *Seismotectonics of the eastern Southern-Alps: a review*. Boll. Geof. Teor. Appl., 31, 109-136.
- SOGESID (2006) – *Elaborati per il Piano di Tutela delle Acque della Campania. Acque sotterranee*. A cura di P.B. Celico, Napoli.
- Valensise, G. and Pantosti, D. (a cura di) (2001). *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy (DISS version 2.0)*. Ann. Geofis. 44, Suppl. 1, con CD-ROM.

Per lo studio interferometrico:

- End-to-end implementation and operation of the European Ground Motion Service (EGMS) - Algorithm Theoretical Basis Document - Copernicus - European Environmental Agency - European Commission;
- End-to-end implementation and operation of the European Ground Motion Service (EGMS) - Product Description and Format Specification - Copernicus - European Environmental Agency - European Commission;

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e
sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
NN2G	00 D 69	RG	GE0001 001	B	69 di 69

- Dataset Permanent Scatters European Ground Motion Service (EGMS) dell'area di Pontecagnano Faiano (SA).