

Autorità di Sistema Portuale del Mare Adriatico Meridionale

Porti di Bari, Brindisi, Manfredonia, Barletta, Monopoli

Ufficio di Brindisi

LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST

PROGETTO DEFINITIVO

ID_VIP 3870 Istruttoria VIA- Richiesta di integrazioni
prot.n.m_ante.DVA.REGISTRO UFFICIALE.I.0017934.01-08-2018

INT 15



Dr. Geol. Vittorio Stocchi

PROGETTAZIONE:



MODIMAR S.r.l.

VIA MONTE ZEBIO, 40 ROMA

ACQUA
TECNO

ACQUA TECNO S.r.l.

VIA AJACCIO, 14 ROMA

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	--	---

Integrazione n. 15

Il Proponente deve chiarire le:

Interferenze del Progetto con l'assetto geologico, geotecnico e idrogeologico

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	--	---

Indice

Capitolo 1	Idrogeologia	4
	1.1 IDROGEOLOGIA GENERALE	4
	1.2 IDROGEOLOGIA DELL'TAGLIO PIANA BRINDISI	9
	1.3 MONITORAGGIO	14
Capitolo 2	Sismicità e tettonica	20
Capitolo 3	Bibliografia.....	29

Capitolo 1 Idrogeologia

1.1 IDROGEOLOGIA GENERALE

In riferimento alla richiesta di integrazione è stato eseguito uno studio idrogeologico mediante la consultazione della bibliografia esistente (Spizzico et al., 2005; Lopez et al., 2008; Ricchetti & Polemio, 1996), integrato con la banca dati dei pozzi ISPRA (legge 464 - <http://portalesgi.isprambiente.it/it>) e da ulteriori dati piezometrici (Icram e Siap 2008).

L'idrogeologia della piana di Brindisi, come già accennato nella relazione idrogeologica precedente, è contraddistinta da due acquiferi ben distinti e separati da un orizzonte impermeabile argilloso.

La prima falda superficiale è di tipo freatico ed è contenuta nella facies calcarenitico sabbiosa, appartenente alla porzione superiore dei depositi marini terrazzati della formazione di Gallipoli.

Questa copertura superficiale, a matrice prevalente sabbiosa, ha una potenza variabile, stimata intorno ai 15-20 metri nella zona di interesse ed è sede della falda sospesa come indicato in bibliografia (Ricchetti & Polemio, 1996) (fig.1) e nei dati dei pozzi ISPRA.

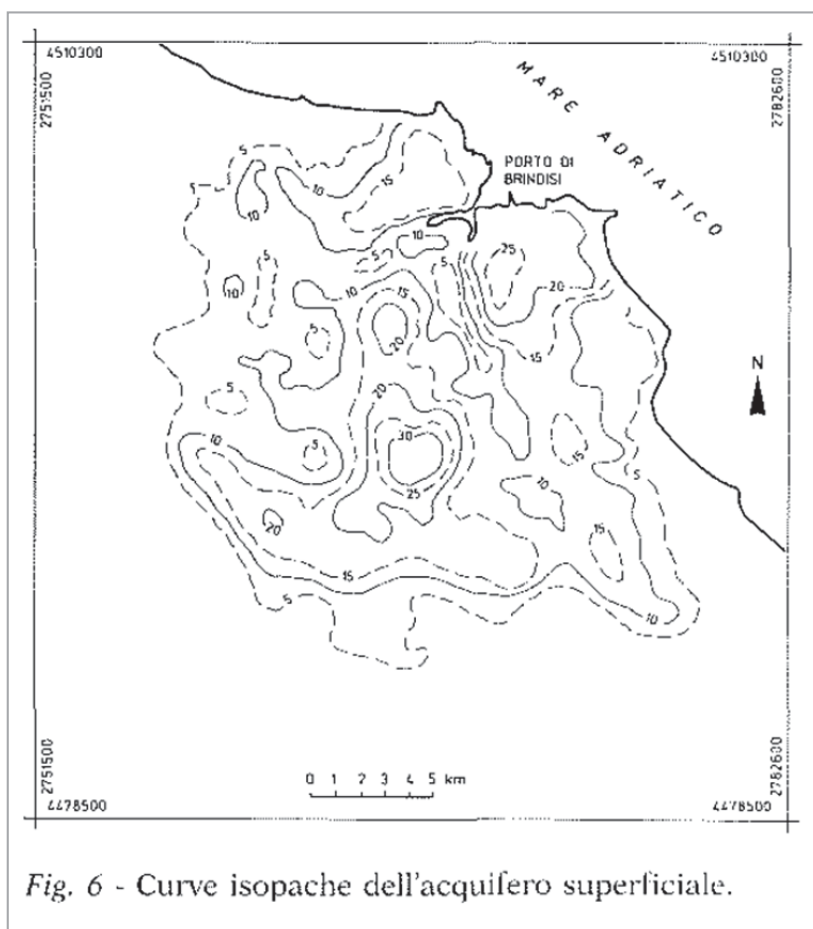


Fig. 6 - Curve isopache dell'acquifero superficiale.

Fig.1 - Isopache (spessore m) dell'acquifero freatico superficiale
(da: Ricchetti & Polemio, 1996)

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURA PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	---	---

Le isofreatiche della falda superficiale (m s.l.m.) sono segnalate a partire da circa 10 m, con valori che aumentano in direzione sud est, fino a raggiungere la quota di circa 40 m s.l.m. ad una distanza di 10 km dalla linea di costa (fig.2) (Lopez et al. 2008).

In prossimità della costa la falda freatica livella staticamente alla quota di circa 0 metri s.l.m., come indicato nella Carta Idrogeologica di dettaglio (fig. 6).

I depositi sabbiosi che costituiscono la sede della falda superficiale hanno una potenza media di circa 10-15 metri, ma con oscillazioni che vanno da un massimo di circa 20 metri sino a scomparire laddove risale il substrato argilloso (Vedi sezione idrogeologica fig.7).

Si segnala la presenza, al tetto delle argille, di uno strato essenzialmente limoso, con spessore medio di circa 5 metri, di media e scarsa permeabilità ($10^{-7} - 10^{-6}$ m/sec), che funge da acquitardo rispetto alla falda acquifera superficiale, come segnalato nello studio prodotto dalla SOGESID nel 2010.

Chiaramente, il regime piezometrico locale è fortemente legato al regime pluviometrico e meteo climatico, con una modesta escursione annua, con un massimo in aprile ed un minimo in settembre, con uno sfasamento pluviometrico di 2 – 3 mesi.

Dalle stratigrafie dei pozzi ISPRA si evidenzia la presenza di numerose perforazioni che attraversano sia l'acquifero superficiale, sospeso, sia quello basale presente nel substrato calcareo; ciò comporta un effetto drenante della falda freatica da parte dell'acquifero più profondo, testimoniato dal fatto che il livello statico rinvenuto è quello della falda più profonda, sicuramente più importante dal punto di vista idrogeologico.

I valori di permeabilità media dell'acquifero superficiale, desunti da prove in sito, variano da $5 \times 10^{-8} < K < 1 \times 10^{-6}$ m/s e l'infiltrazione efficace è molto elevata, intorno al 40 %, con una porosità variabile da 18%-30%. (Lopez et al., 2008).

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	---	---

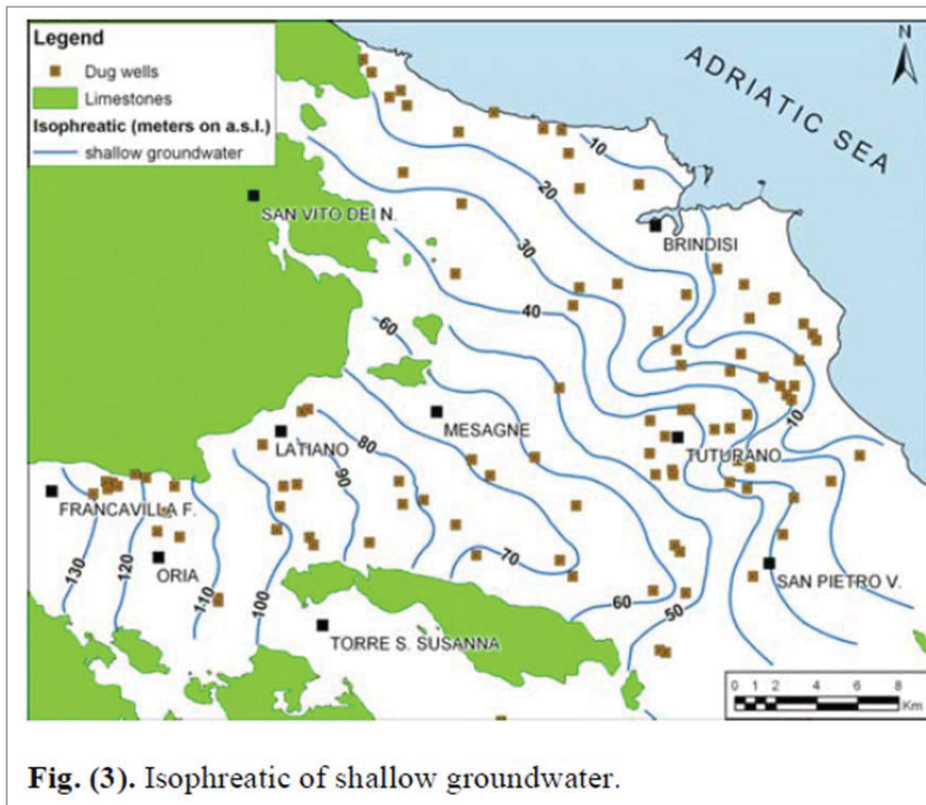


Fig.2 - Carte delle isofreatiche dell'acquifero superficiale (da. Lopez et al. 2008)

La falda superficiale è separata da quella profonda da un livello di argille grigie calabriane, della potenza variabile tra i 16-35 metri (dati ISPRA), che si estende, nell'entroterra, per almeno una decina di chilometri; questo livello tende a risalire fino a raggiungere la superficie topografica a circa 7-8 km in direzione sud (vedi fig. 7).

Come indicato, anche in bibliografia (fig.3) (Ricchetti & Polemio, 1996), la potenza del livello argilloso tende ad aumentare da sud a nord, fino all'area portuale, dove mostra uno spessore massimo di circa 35-40 metri, dato confermato anche dalla banca dati dei pozzi ISPRA.

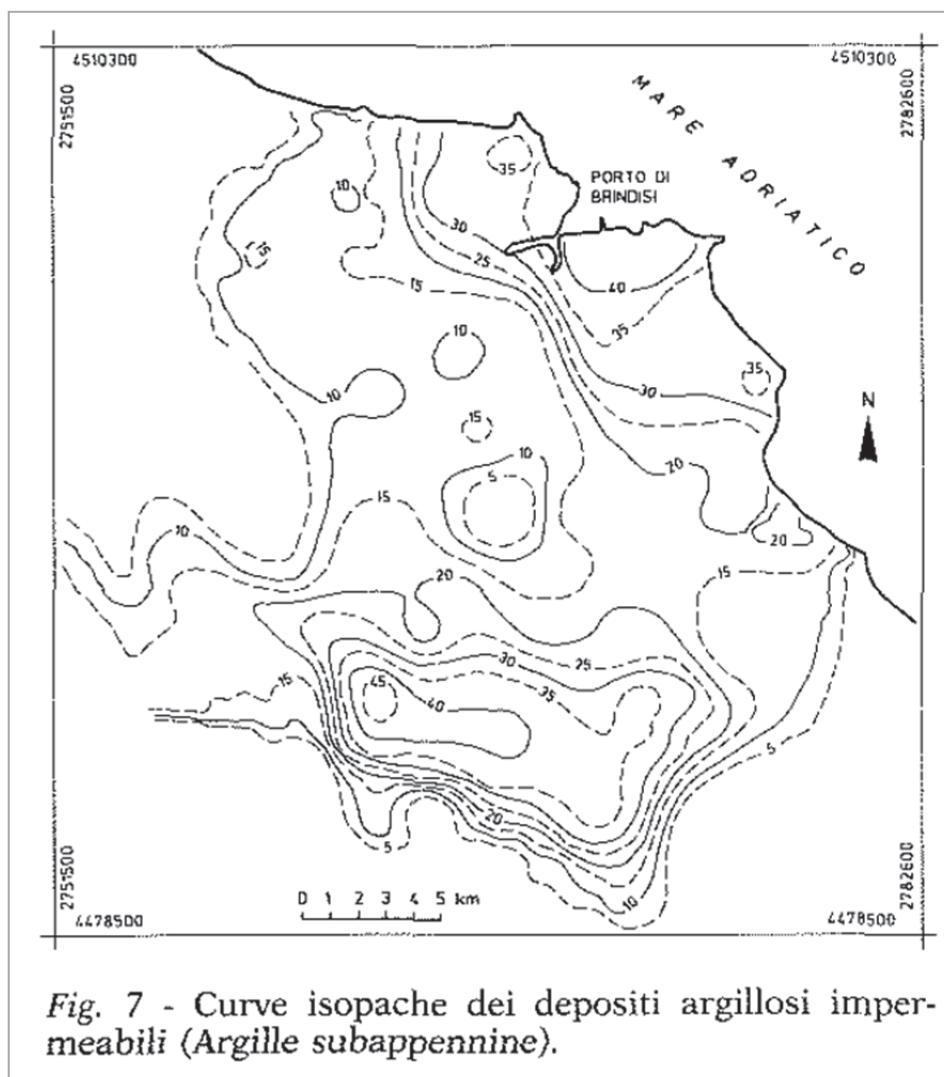


Fig.3 - Spessore in metri (isopache m) del livello impermeabile argilloso (da: Ricchetti & Polemio, 1996).

La permeabilità di questo litotipo si attesta intorno a 3×10^{-7} m/s; questo valore di permeabilità è comunque variabile e non si escludono processi di lenta percolazione dall'acquifero superficiale a quello profondo.

L'acquifero basale è contenuto nel substrato calcareo e viene alimentato dall'ampia area a monte di Brindisi, dove affiora la formazione carbonatica cretacea e le calcareniti pleistoceniche (fig. 4).

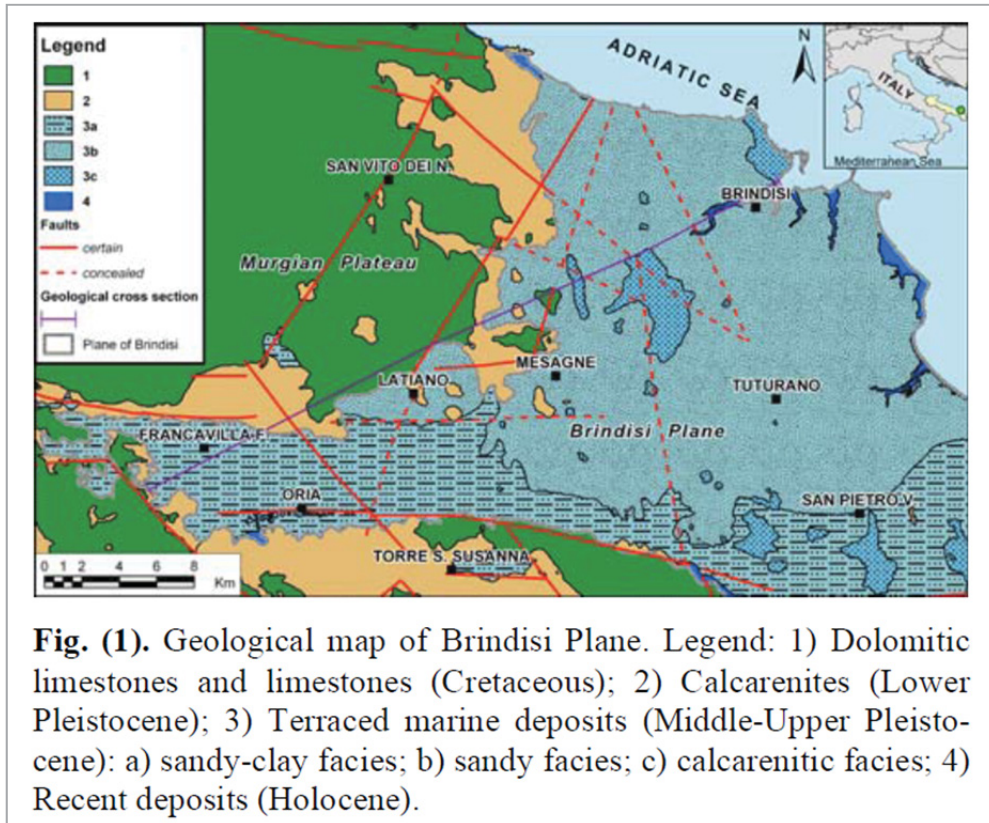


Fig.4 - Schema geologico generale Brindisi (da: Lopez et al., 2008)

La formazione carbonatica costituisce il basamento regionale dove ha sede la più importante falda acquifera pugliese, definita come “falda profonda”.

La falda basale mostra un basso gradiente idraulico con orientamento del flusso in direzione nord orientale, verso il mare, compreso tra lo 0.05-0.5 %, con valori di salinità che rimangono bassi anche vicino alla costa, intorno a 0.30 g/l (fig. 5) (Lopez et al, 2008).

La permeabilità dell’acquifero basale ha valori variabili tra 1×10^{-6} - 5×10^{-2} m/s (Lopez et al., 2008).

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	---	---

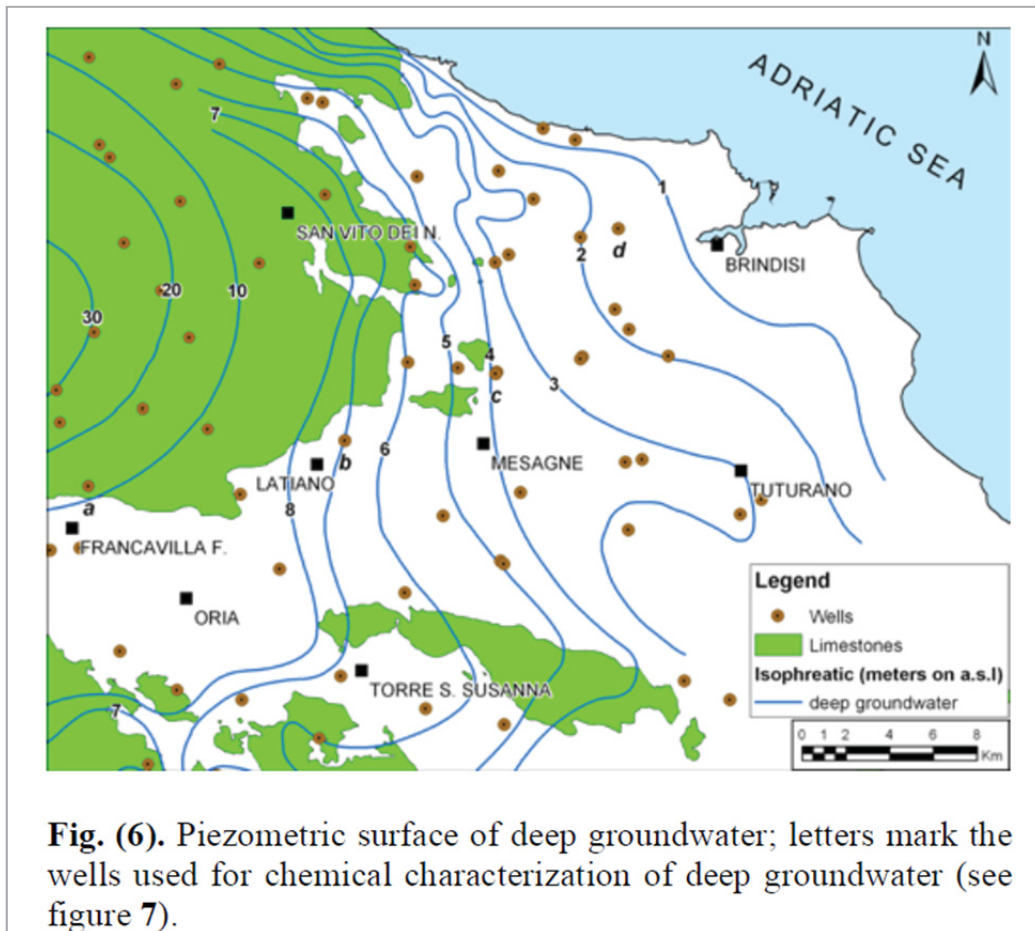


Fig. (6). Piezometric surface of deep groundwater; letters mark the wells used for chemical characterization of deep groundwater (see figure 7).

Fig.5 - Carta delle isopieze (m s.l.m.) della falda acquifera profonda (da Lopez et al., 2008)

1.2 IDROGEOLOGIA DETTAGLIO PIANA BRINDISI

Al fine di ricostruire una carta idrogeologica di dettaglio e quindi di esaminare la presenza e distribuzione delle due falde acquifere ed eventuali interazioni con l'assetto tettonico della zona, sono stati esaminati 33 pozzi, un piezometro della banca dati ISPRA e 5 piezometri dello studio ICRAM-SIAP 2008, riportati nella Carta Idrogeologica di dettaglio realizzata sulla base cartografica dell'ISPRA (fig. 6).

E' stata quindi redatta una sezione idrogeologica rappresentativa della piana di Brindisi, orientata in direzione sud ovest – nord est, per una lunghezza di 11 km, dall'entroterra fino alla linea di costa (fig. 7).

In tale carta idrogeologica sono riportati in rosso (es: P18) i pozzi della banca dati Ispra utilizzati per la ricostruzione dell'andamento delle isopieze delle falde acquifere presenti.

La falda acquifera profonda (linee in blu) mostra che la direzione di flusso è orientata da sud ovest verso nord est, in direzione del mare, con quote variabili tra 2 m s.l.m. fino a 0 m s.l.m. in prossimità del centro abitato.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	--	---

Un elemento tettonico molto importante, la cui ubicazione è stata desunta dalle differenze di stratigrafie nei pozzi, è la presenza di una linea tettonica posta a circa 3 km dal centro abitato di Brindisi in direzione sud.

Questa linea tettonica, vista la notevole distanza, non potrà interferire con l'opera in progetto.

La faglia è di tipo normale ed ha ribassato verso il mare sia il substrato calcareo sia parte del livello di copertura argilloso; questo effetto, ben visibile nella sezione idrogeologica, determina una variazione netta delle proprietà dell'acquifero basale, da freatico a sud della faglia ad artesiano a nord della faglia.

La falda acquifera sospesa è invece contenuta nei depositi terrazzati sabbiosi ed ha anch'essa un livello statico prossimo a quello del mare lungo la linea di costa, con quote delle isopieze pari a 0,5 metri s.l.m. (linea celeste chiaro).

Non si prevede un innalzamento della falda acquifera sospesa nei pressi della costa, poiché livella a circa 0,5 m s.l.m., come indicato anche negli studi di dettaglio Sogesid 2010.

Non sono attesi, quindi, effetti negativi sugli scantinati degli edifici ubicati in prossimità dell'opera.

Dalle stratigrafie dei pozzi censiti, la falda acquifera superficiale sembra essere continua e priva di orizzonti impermeabili intercalati, fino al substrato argilloso che funge da base.

I numerosi pozzi, prevalentemente ad uso agricolo, hanno messo in comunicazione l'acquifero superficiale con quello profondo, attraversando il setto impermeabile argilloso; questo fatto determina una sorta di "cattura con drenaggio in profondità" delle acque superficiali in quelle della falda profonda, fatto indicato da livelli statici intorno a pochi metri s.l.m., riferibili sempre all'acquifero profondo e mai a quello sospeso.

Dalla sezione idrogeologica si possono riassumere le seguenti caratteristiche:

- La coltre sabbiosa dei terrazzi alluvionali, sede dell'acquifero sospeso, ha una potenza variabile tra i 10-20 metri, di circa 15 metri nella zona costiera. Tale acquifero mostra isopieze pari a quelle del livello del mare (0 m s.l.m.); tale falda sembra non essere più presente ad una distanza di circa 2 km dalla costa, a causa della risalita del substrato argilloso impermeabile.
- Al di sotto della falda sospesa è presente un livello impermeabile, delle argille grigie calabriane, dotato di una potenza, nell'area in esame, di circa 30-40 metri, fino a circa -40/-50 metri s.l.m. Questo setto impermeabile sarà in parte interessato dalla palancolata in progetto. La potenza di tale livello, come è segnalato in bibliografia e nella sezione idrogeologica, tende ad aumentare dall'entroterra verso il mare, con varie oscillazioni, risalendo nettamente di quota, fino a raggiungere il piano di campagna in prossimità della linea tettonica segnalata in carta a circa 8-10 km a sud del porto.
- Il tetto del substrato calcarenitico e carbonatico, sede della falda basale, è segnalato ad una profondità elevata, intorno a - 50 metri s.l.m., con proprietà artesiane. Tale substrato è ben isolato dalla falda superficiale dal potente setto

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	--	---

impermeabile sopra descritto. La falda basale ha una zona di ricarica a monte, molto estesa, ove affiorano diffusamente le formazioni calcaree e drena in direzione del mare, dove emerge a notevole distanza dalla costa, in numerose polle sottomarine al largo di Brindisi.

- Da quanto sopra riportato, non si ritiene possibile che l'opera possa interferire con la falda acquifera basale; è invece possibile che il manufatto possa interferire con quella superficiale il cui livello statico è prossimo al livello del mare.

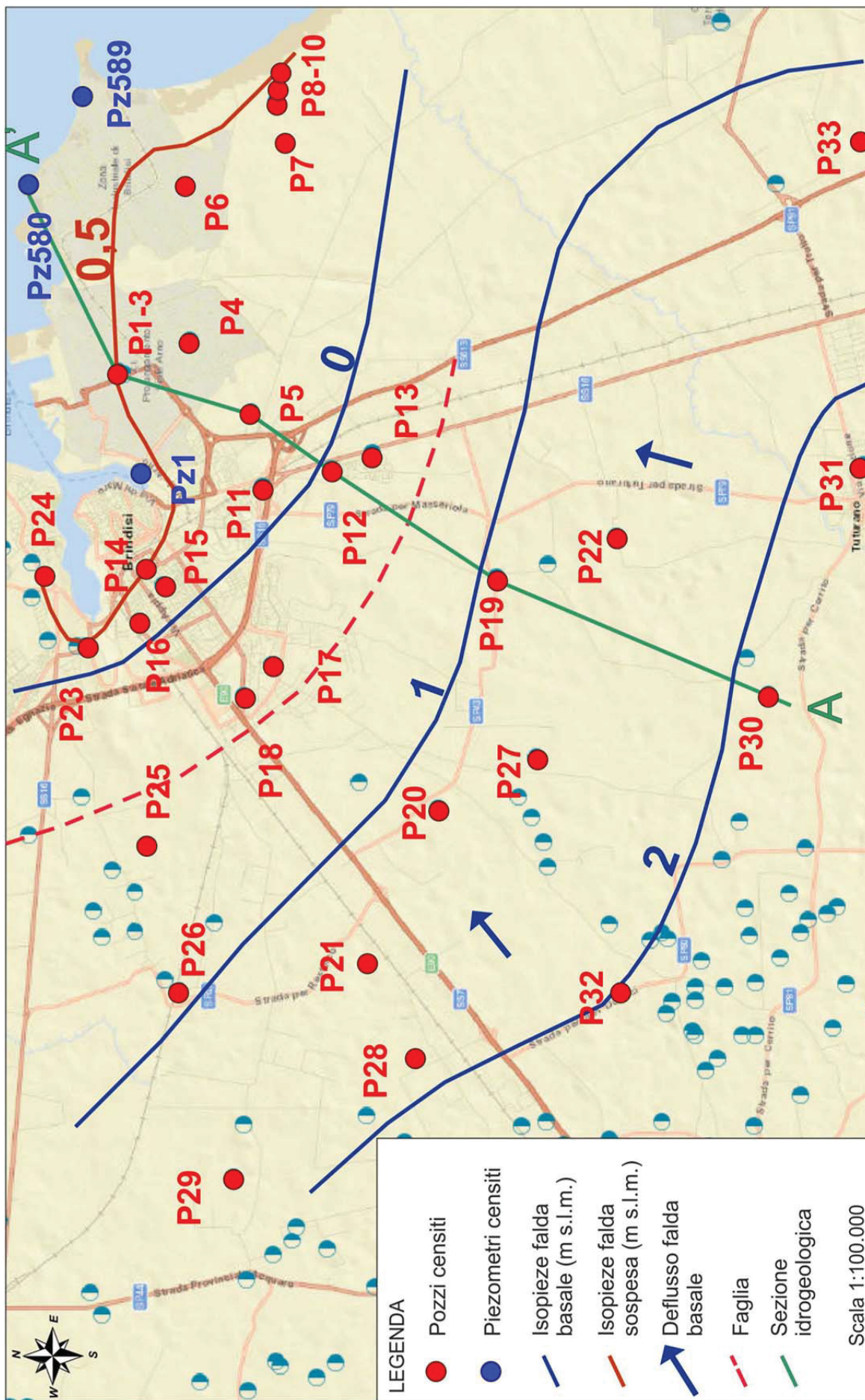


Fig. 6 – Carta Idrogeologica di dettaglio

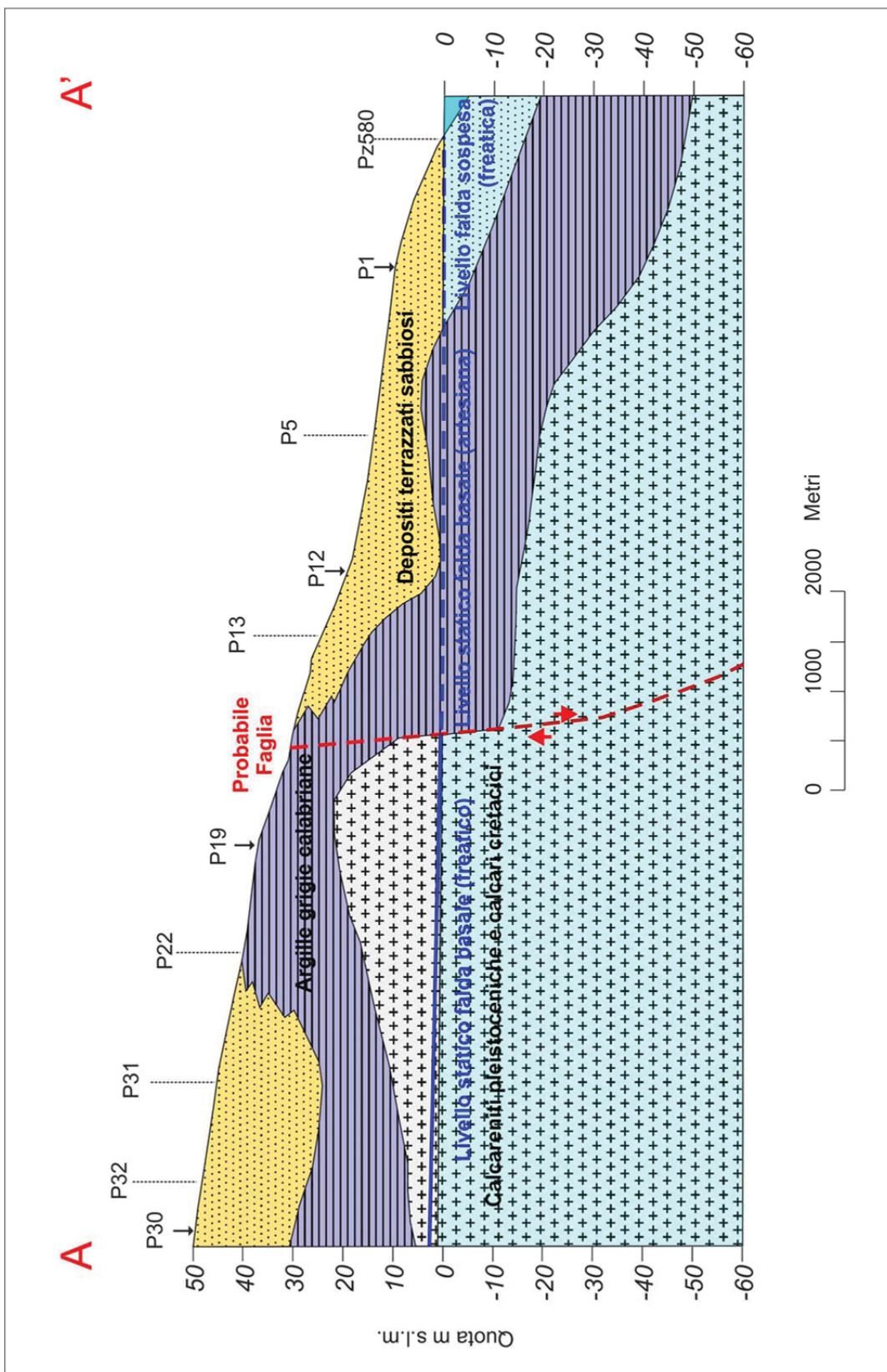


Fig. 7 – Sezione idrogeologica

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	--	---

1.3 MONITORAGGIO

Vista la situazione idrogeologica locale, per la quale si esclude il coinvolgimento della falda acquifera profonda nella realizzazione della colmata e delle relative operazioni di dragaggio, si propone di eseguire il monitoraggio della sola falda acquifera superficiale.

Tale monitoraggio inizierà prima delle operazioni di cantiere e seguirà durante l'esecuzione dei lavori, per poi continuare nel tempo, al fine di verificare la costante integrità del manufatto.

Dagli studi eseguiti precedentemente, si evince che la falda in questione è fortemente inquinata, così come risulta dalle indagini della Sogesid 2010 (fig. 8), eseguite all'interno del Petrolchimico, posto alle spalle della futura colmata tanto da richiedere un progetto di bonifica ad hoc.

- *tra i metalli, il manganese, il ferro, l'arsenico, il selenio, il nichel, l'alluminio, il piombo (analiti riscontrati diffusamente) ed il mercurio, l'antimonio, il berillio, il cobalto ed il cromo VI (meno diffusi arealmente, ma pur sempre presenti con concentrazioni superiori ai limiti di legge). Tra le specie inorganiche sono stati rilevati in concentrazioni superiori alle CLA anche fluoruri, nitriti e boro.*
- *tra i composti organici, gli idrocarburi totali (rilevati diffusamente sull'intera area), i solventi aromatici (in particolare benzene), gli IPA, i composti alifatici alogenati (1.2-dicloroetano, triclorometano, tricloroetilene, tetracloroetilene, cloruro di vinile, 1.1.2-tricloroetano, tribromometano, 1.2-dibromoetano, dibromoclorometano, bromodichlorometano), i cloro-benzeni (soprattutto monoclorobenzene), i clorofenoli, e le ammine aromatiche (in particolare anilina).*

Fig. 8 - Risultati analisi Sogesid

Per quanto attiene alla qualità dei sedimenti dragati, si precisa che le indagini eseguite sia da parte di ICRAM che di ISPRA, indicano che i tutti sedimenti da dragare, se contaminati, risultano non pericolosi ai sensi dell'allegato D, Parte IV del D.lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. e che pertanto "(...) potranno essere destinati a refluitamento in casse di colmata, vasche di raccolta o comunque in strutture di contenimento (...)".

Dal confronto dei risultati delle indagini condotte sui fondali con i valori di intervento ed i valori previsti dall'allegato 5 parte IV titolo V del D.lgs. 152/06, l'area indagata è risultata, per buona parte dei parametri ricercati, esente da contaminazione, ad eccezione di alcuni superamenti relativi solo ad alcuni campioni ed alcuni analiti.

Nella Tabella di seguito illustrata, sono riportati i superamenti rispetto ai valori previsti dalla Tabella 1 colonna B allegato 5 parte IV titolo V del D.lgs. 152/06 ricadenti all'interno, o nel perimetro, delle aree di intervento, con elencati gli analiti ed il valore di concentrazione oggetto del superamento, la profondità interessata e l'identificativo del campione.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	---	---

Profondità	ID campione	Analita	Valore rilevato	Limite Tab. 1 Col. B (mg / kg ss)
1.00 – 1.20 m	Apollinare BR01/0023	Arsenico	53,64	50
	Apollinare BR01/0025	Arsenico	56,87	50
	Apollinare BR01/0030	Arsenico	78,84	50
	Apollinare BR01/0031	Arsenico	67,65	50
	Apollinare BR01/0036	Arsenico	60,32	50
	Apollinare BR01/0037	Arsenico	58,10	50
	Apollinare BR01/0044	Arsenico	63,22	50
	Apollinare BR01/0045	Arsenico	68,10	50
	Apollinare BR01/0051	Arsenico	56,62	50
	Apollinare BR01/0058	Arsenico	61,47	50
	BR04/0040	Idrocarb. C>12	831,00	750
3.80 – 5.00 m	Apollinare BR01/0029	Arsenico	53,33	50
	Apollinare BR01/0043	Arsenico	72,10	50
	Apollinare BR01/0044	Arsenico	54,02	50
	Apollinare BR01/0045	Arsenico	58,75	50
9.80 – 12.00 m	Apollinare BR01/0022	Arsenico	87,80	50
	Apollinare BR01/0024	Arsenico	54,03	50
	Apollinare BR01/0026	Arsenico	54,07	50

Il monitoraggio idrochimico della falda, quindi, dovrà tenere conto delle caratteristiche del sedime dragato e concordare, per esempio, con gli enti di controllo, gli analiti da verificare o in alternativa, di effettuare le stesse analisi eseguite per il SIN (sito di interesse nazionale).

I piezometri dovranno essere in numero minimo di tre a monte dell'opera, come indicato nell'allegata planimetria (fig. 9).

Ricordiamo che i piezometri a monte monitoreranno la falda acquifera superficiale, nella fascia di interconnessione con il cuneo salino.

La costruzione dei piezometri di monitoraggio dovrà essere realizzata secondo i criteri suggeriti dalle linee guida APAT 2006.

Si suggerisce l'installazione di un tubo piezometrico preferibilmente in PTFE (politetrafluoroetilene)/ Teflon o PVC, più resistenti agli attacchi chimici di quelli in acciaio.

La porzione del piezometro interessata dall'acquifero deve essere finestrata (dotata di aperture) la cui larghezza è variabile in base alla granulometria rinvenuta.

Si consiglia di finestrare tutto lo spessore dell'acquifero, al fine di poter esaminare anche sostanze dotate di densità minore dell'acqua, che tendono a galleggiare sulla superficie della falda (LNAPL = *Light Non-Aqueous Phase Liquid*) o alla base, perché più dense dell'acqua (NAPL= *Non-Aqueous Phase Liquid*).

Per consentire al filtro di svolgere efficacemente la sua funzione, è necessario inserire un dreno di materiale ghiaioso siliceo calibrato (2,5 mm diametro), nell'intercapedine perforo – piezometro; quest'ultimo dovrà essere installato per almeno 30-50 cm al di sopra del livello statico della falda.

La porzione superiore dell'intercapedine perforo-piezometro dovrà essere sigillata mediante un setto di bentonite e quindi di boiaccia cementizia, fino al piano di campagna, in modo da proteggere il piezometro da eventuali infiltrazioni di acque meteoriche e/o elementi inquinanti.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	--	---

La testata del piezometro deve essere protetta da un pozzetto (anche carrabile se necessario) dotato di tappo e chiusura apribile solo dal personale (fig.12).

Si consiglia l'installazione di tubi piezometrici di diametro abbastanza grande (es: 4"), in modo tale da garantire l'inserimento di diversi sistemi di misurazione dei parametri chimico fisici ed il prelievo dei campioni di acqua a diverse profondità (es: bladder pump = pompa a soffiutto; pompa sommerse con alimentazione elettrica da batteria; bailer=campionatori).

Si ipotizza pertanto il seguente schema per i piezometri da installare a monte della colmata, che dovranno essere approfonditi sino a 15-20 m dal p.c., intercettando tutta la coltre di sedimenti sabbiosi superficiali, fino al raggiungimento del substrato impermeabile, argilloso (fig.10-12):

- ✓ perforazione con diametro ϕ 200-220 mm per circa 15-20 m dal p.c. (con probabile tubazione di rivestimento provvisoria per la presenza della falda)
- ✓ installazione tubazione piezometrica con finestratura solo nella zona satura (es: 10-15 ml)
- ✓ installazione dreno ghiaioso siliceo calibrato nell'intercapedine perforo-piezometro, partendo da fondo foro e fino a 0,50 m sopra livello statico nella zona areata.
- ✓ installazione di un setto impermeabile bentonitico nell'intercapedine perforo-piezometro, sopra il dreno (20-50 cm)
- ✓ cementazione finale con boiaccia cementizia sopra il setto impermeabile fino al piano di campagna con manufatto di protezione (pozzetto).

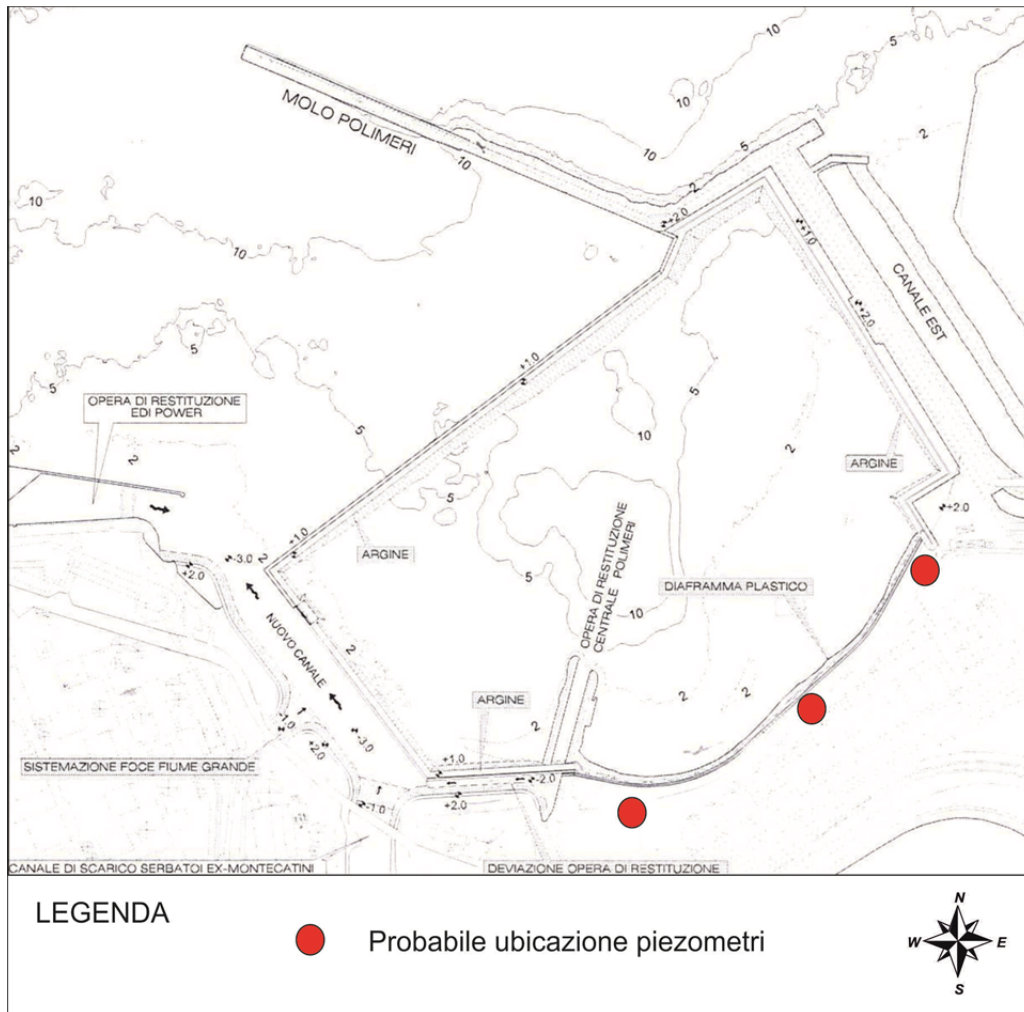


Fig.9 – Ubicazione piezometri di monitoraggio

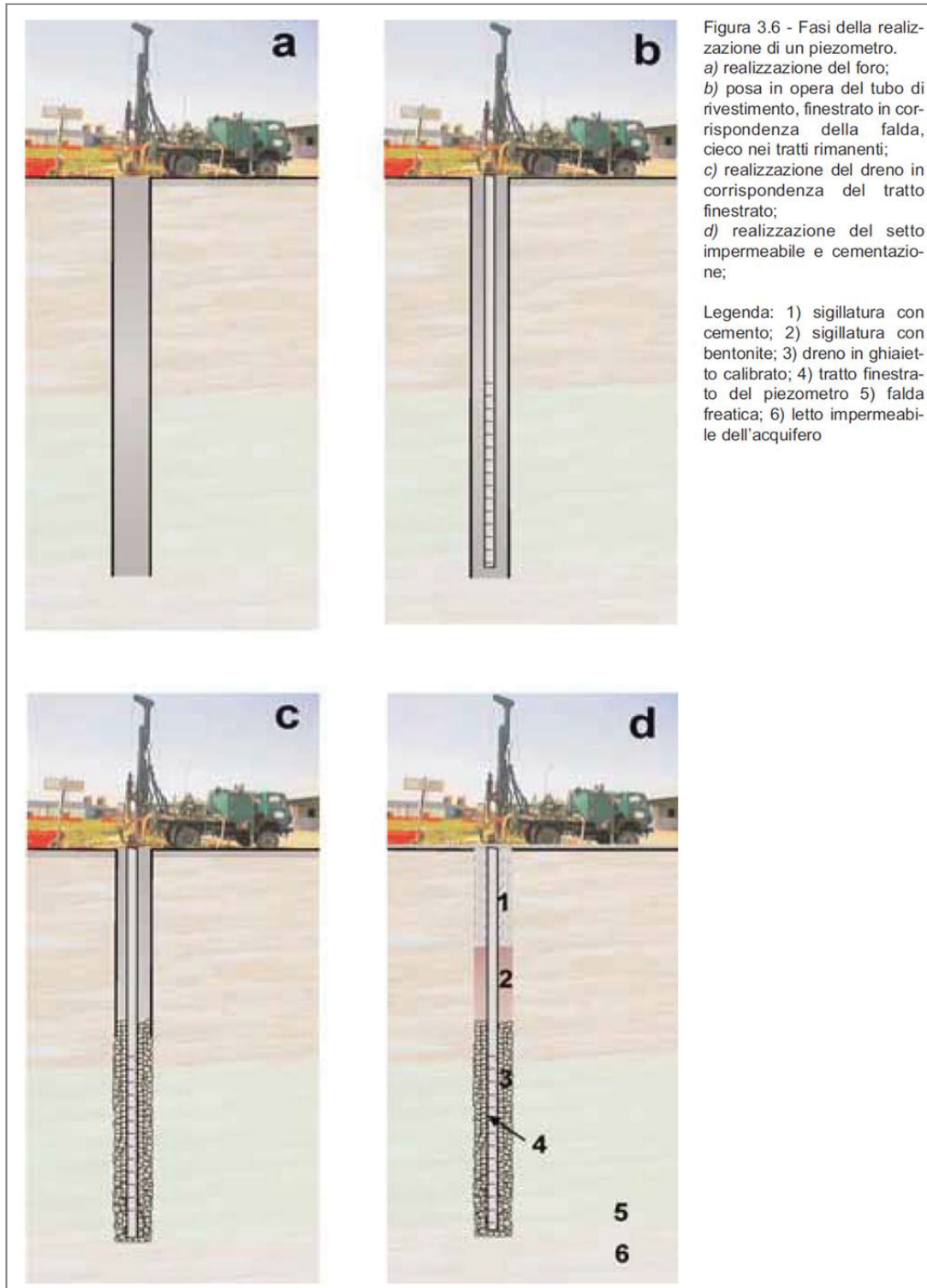


Fig.10 – Fasi di realizzazione di un piezometro (da: APAT 2006)

Schema costruttivo di un piezometro

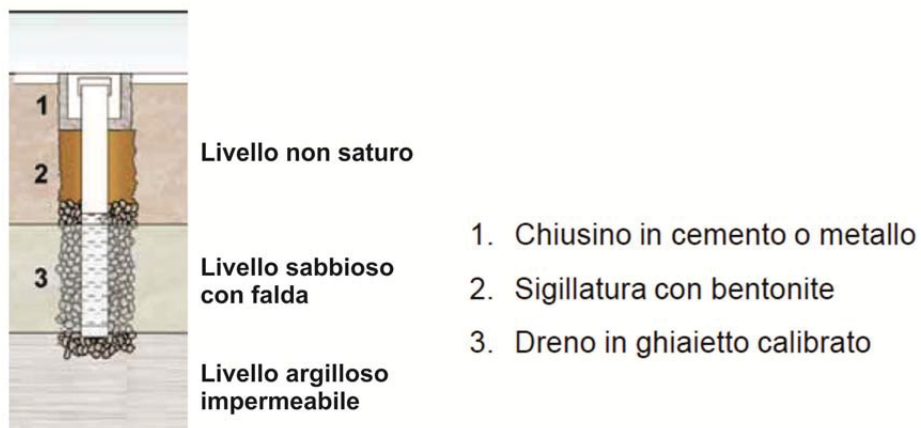


Fig. 11 – Schema costruttivo piezometro



Fig. 12 – Schema pozzetto protezione piezometro

Capitolo 2 Sismicità e tettonica

Il comune di Brindisi, in base all'O.P.C.M. n° 3274/03 ed alla sua parziale modifica da parte della Regione Puglia (D.G.R. n. 153 del 02/03/2004) è stato classificato in zona 4, area a bassa sismicità, per la quale si prevede una accelerazione massima al suolo 0,0025-0,0050 g (fig. 13).

Questo basso grado di sismicità sembra essere sottostimato, come indicato nella recente bibliografia e sembra non tenere conto del terremoto avvenuto nel 1743, che ha colpito con violenza tutta l'area (Del Gaudio, 2017; Nappi et al., 2017).

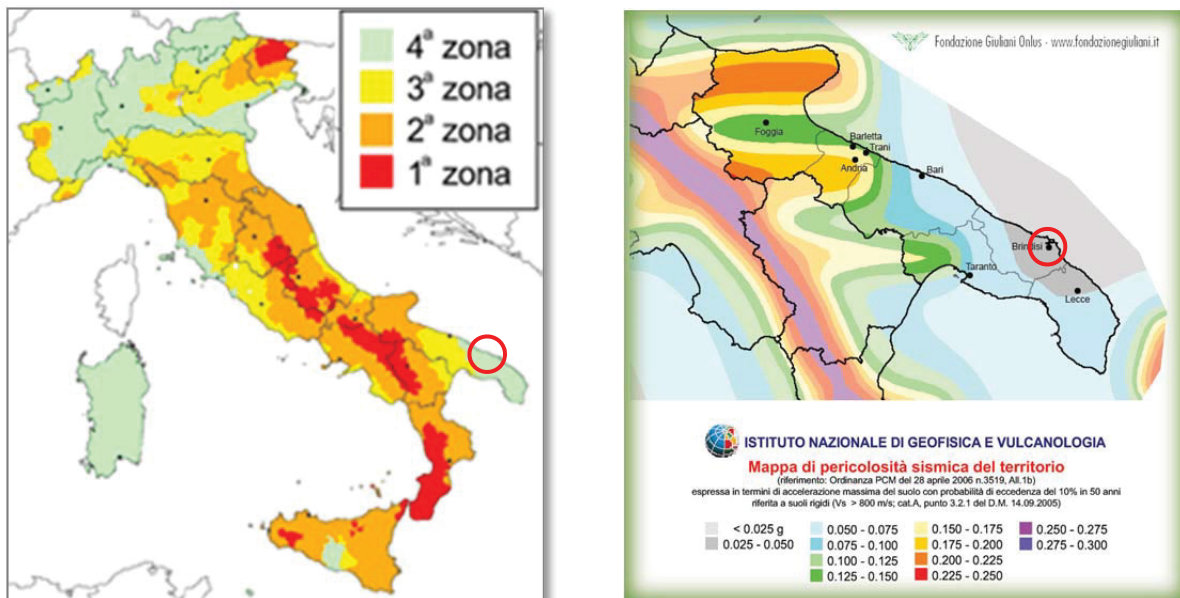


Fig. 13 - Mappa zone sismiche in Italia e massima accelerazione al suolo g

Dal punto di vista sismico, il territorio comunale è stato interessato da diversi terremoti, con epicentri localizzati prevalentemente lungo la fascia appenninica.

Le zone più attive sismicamente sono localizzate lungo la catena appenninica e nella zona balcanica; in Puglia si segnalano faglie attive prevalentemente orientate in direzione est-ovest, concentrate a sud del Gargano.

Si segnala anche una faglia attiva orientata in direzione est-ovest, che dalla Basilicata raggiunge la provincia di Taranto, mentre nella zona di Brindisi non si segnalano sorgenti sismogenetiche di alcun genere (fig. 14).

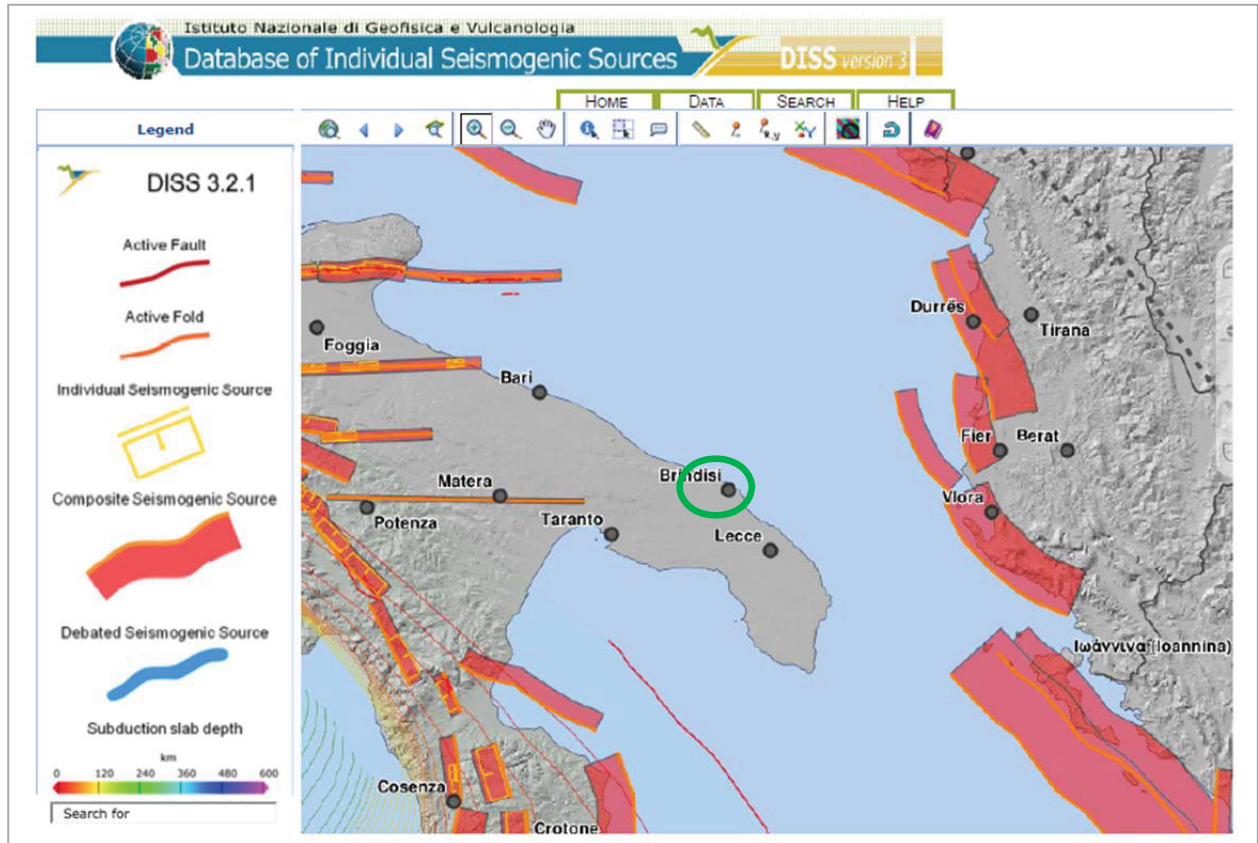


Fig. 14 - Mappa faglie sismogenetiche da INGV con area indagine

In bibliografia si segnalano alcune faglie (linee tratteggiate in rosso) di cui quella più prossima alla città di Brindisi ha un orientamento in direzione NO-SE, come riportato in fig. 15; una faglia ad andamento all'incirca parallelo a questa è stata rinvenuta mediante l'analisi litostratigrafica dei pozzi Ispra (vedi capitolo 1).

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	---	---

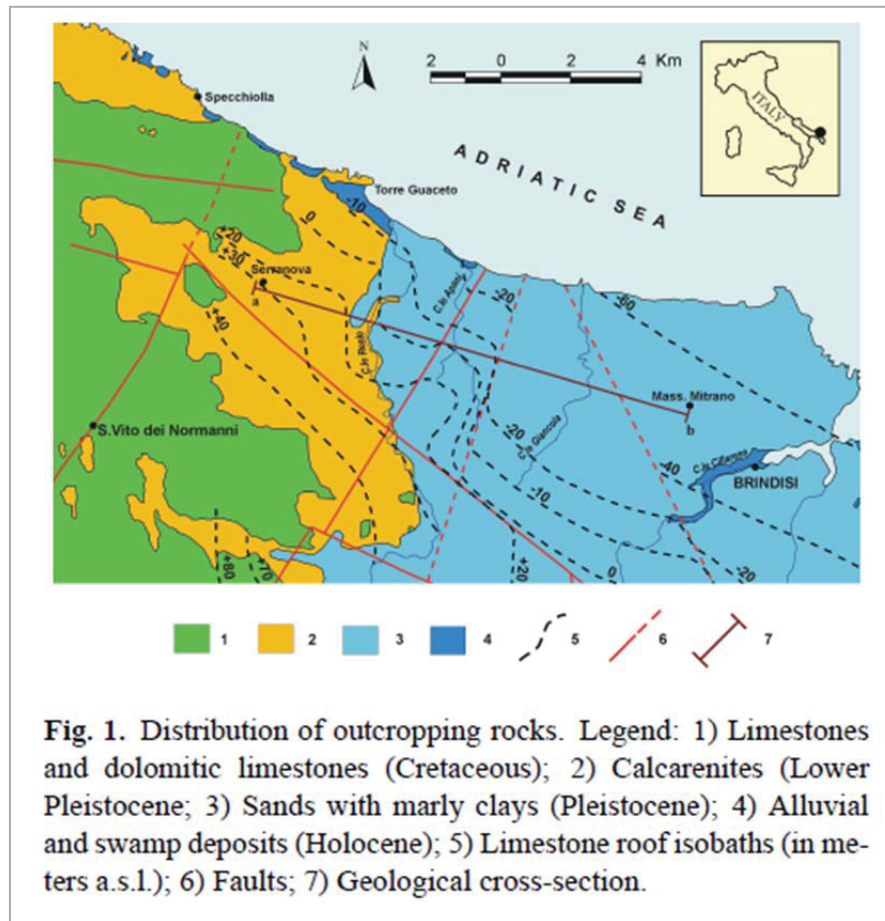


Fig.15 - Carta geologica con principali linee tettoniche (da: Spizzico et al., 2005)

Al fine di evidenziare gli eventi sismici che hanno raggiunto il sito, sono stati estratti i terremoti dal Catalogo INGV - CPTI04, dove si riportano tutti i principali eventi catalogati, per i quali vengono indicati l'anno, l'area epicentrale, le intensità sismiche all'epicentro I_0 e quelle nel comune I_s .

Il terremoto che ha colpito la zona con maggiore intensità (I_s 8° MCS) fu quello con epicentro nell'area del basso Ionio nel 1743 (Mw 6.9), come indicato dalla banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia ed in bibliografia (Nappi et al., 2017) (fig. 16).

Questo terremoto è stato percepito come una sequenza di tre violenti scosse, prodotte probabilmente dall'attivazione di diversi segmenti di faglia, con epicentro in mare, ad est di S. Maria di Leuca.

A Brindisi l'intensità del terremoto fu MCS = VIII° ; il paese più colpito fu quello di Nardò con 150 dei 180 morti totali (fig. 17); (De Lucia et al., 2014).

Questi studi più recenti potrebbero far rivedere la classificazione sismica del Salento che sembra essere sottostimata (categoria IV).

A Brindisi la ricerca degli archivi storici ha indicato quanto riportato in corsivo (*....fu così terribile che danneggiò case e palazzi, molti dei quali crollarono mentre altri non furono più abitabili e*

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	--	---

tutte le case in generale furono danneggiate e generalmente fortemente compromesse - Nappi et al. 2017; ...il livello del mare si ritirò – Scalese 1743). Il ritiro del mare potrebbe essere legato a una frana sottomarina piuttosto che a una deformazione cosismica del fondo del mare (Galli and Naso, 2008).

Storia sismica di Brindisi [40.637, 17.945]

Numero totale di terremoti: 21

Effetti		Terremoti:			
Is	Data	Ax	Np	I0	Mw
6	1456 12 05	MOLISE	199	11	7.22 ±0.13
5	1694 09 08 11:40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.79 ±0.10
6-7	1731 03 20 03:00	Foggiano	50	9	6.53 ±0.25
8	1743 02 20 16:30	Basso Ionio	77	9	7.13 ±0.19
5	1777 06 06 16:15	CALABRIA	9		
2-3	1857 12 16 21:15	Basilicata	340	11	7.03 ±0.08
5	1875 12 06	S.MARCO IN LAMIS	97	8	5.98 ±0.16
4	1889 12 08	APRICENA	122	7	5.69 ±0.13
3	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
EE	1908 12 28 04:20:24	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15
4	1909 01 20 19:58	Salento	32		
NF	1910 06 07 02:04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.73 ±0.09
NF	1913 06 28 08:52:42	Calabria settentrionale	151	8	5.66 ±0.14
NF	1915 01 13 06:52	Avezzano	1041	11	7.00 ±0.09
F	1930 07 23 00:08:43	Irpinia	547	10	6.62 ±0.09
NF	1947 05 11 06:32:17	Calabria centrale	254	8	5.70 ±0.13
NF	1951 01 16 01:11:48	Gargano	73	7	5.35 ±0.20
2	1978 09 25 10:08	Matera	120	6	4.88 ±0.13
5	1980 11 23 18:34:52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.89 ±0.09
NF	1984 04 29 05:02:60	GUBBIO/VALFABBRICA	709	7	5.65 ±0.09
3-4	1990 05 05 07:21:22	Potentino	1374		5.80 ±0.09

LEGENDA

Is = Intensità sismica locale (scala MCS)
I0 = Intensità sismica epicentrale (scala MCS)
Mw = Magnitudo momento

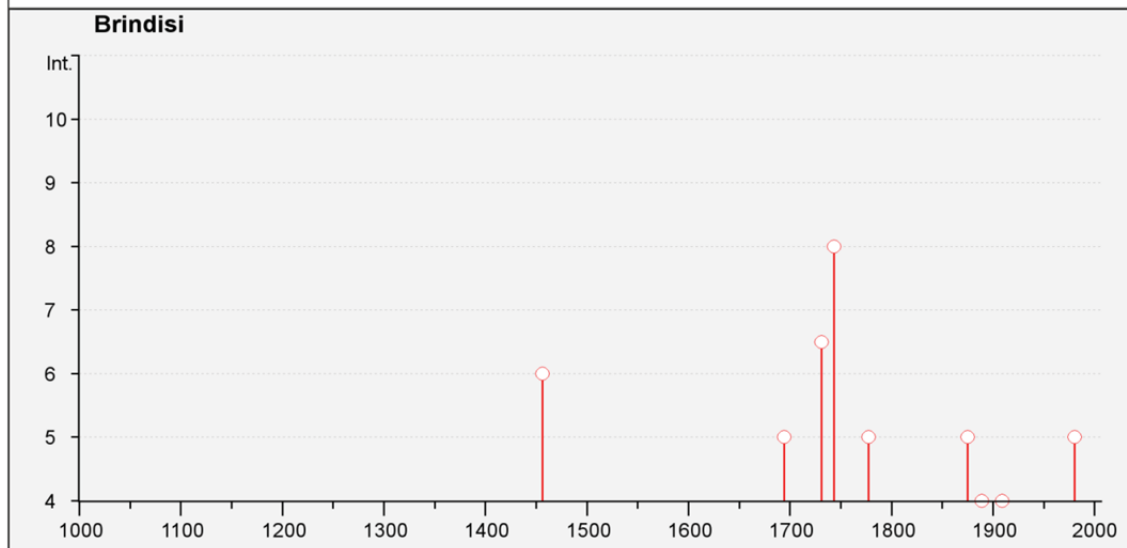


Fig. 16 – Elenco terremoti comune di Brindisi

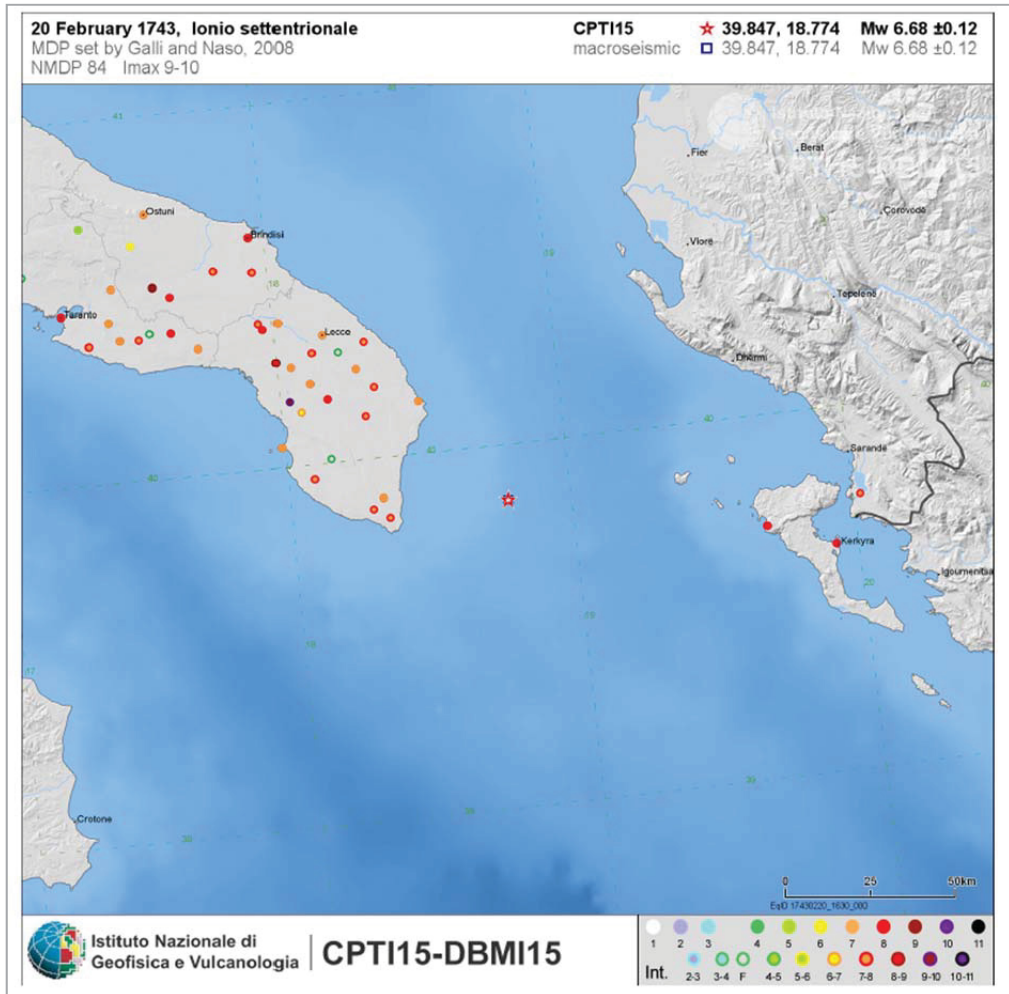
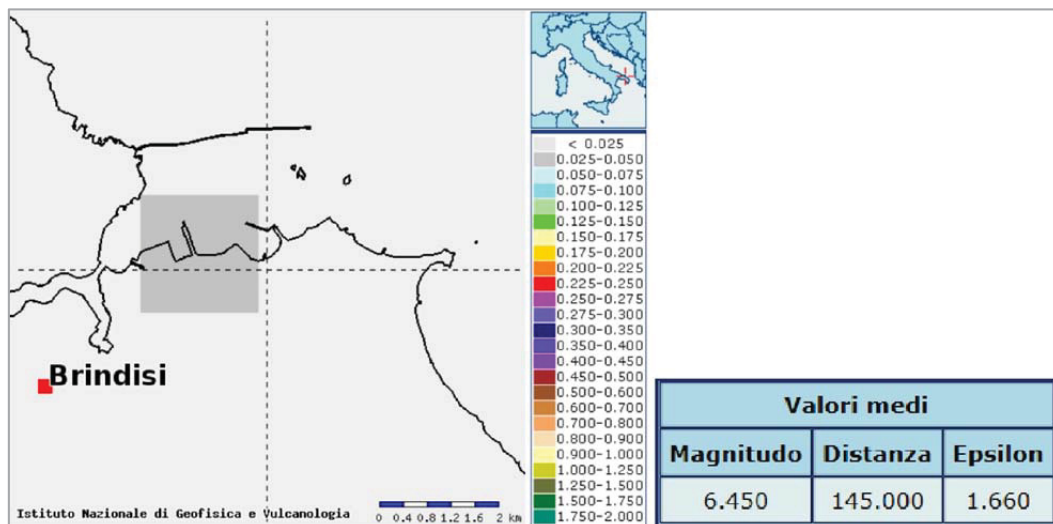


Fig. 17 - Dettaglio intensità sismiche indotte dal terremoto del 1745 nel Salento

Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione nel sito è attesa una magnitudo massima $M_w=6,45$ (fig. 18).

Si è proceduto ad una verifica di liquefazione speditiva, considerando i dati delle stratigrafie di perforazioni limitrofe, poiché il rischio non è trascurabile sia per la magnitudo massima attesa sia per la presenza di depositi incoerenti superficiali e saturi.



Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	---	---

Fig. 18 - Magnitudo media attesa a Brindisi

Da tale verifica risulta che il sito non è liquefacibile, come da allegata relazione ottenuta con programma LAN (Aztec).

Progetto: **Verifica a Liquefazione**
 Ditta: Modimar
 Comune: Brindisi
 Progettista: Geol. Ass.ti Fantucci e Stocchi

Normative di riferimento

- Normativa sismica del GRUPPO NAZIONALE di Difesa dei Terremoti.
- Raccomandazioni del National Center for Earthquake Reserch (NCEER)
- Eurocodice 8, Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture
- Norme Tecniche D.M. del 14 Gennaio 2018

Metodo di calcolo della domanda di resistenza a liquefazione CSR

Il carico sismico, CSR, dipende dalla magnitudo M e dalla massima accelerazione in superficie, a_{max} .
 Per una magnitudo $M=7.5$ CSR è espresso dalla seguente relazione

$$CSR=0.65*(a_{max}/g)(\sigma_{v0}/\sigma'_{v0})*r_d$$

essendo

a_{max} picco di accelerazione orizzontale in superficie prodotto dal terremoto
 g accelerazione di gravità
 σ_{v0} e σ'_{v0} tensione verticale geostatica totale ed efficace
 r_d coefficiente riduttivo delle tensioni

Per il coefficiente r_d si assumono i seguenti valori

$r_d = 1.0-0.00765z$ per $z \leq 9.15$ m
 $r_d = 1.174-0.0267z$ per $9.15 \leq z \leq 23$ m
 $r_d = 0.774-0.008z$ per $23 < z < 30$ m
 $r_d = 0.5$ per $z > 30$ m

Per terremoti con magnitudo diversa da 7.5 si applica un fattore correttivo, MSF , al valore di CSR precedentemente calcolato.
 L'equazione utilizzata per per il calcolo di MSF viene di seguito riportata:

$$MSF=(M/7.5)^{-3.3} \text{ per } M \leq 7.5$$

$$MSF=10^{2.24/M^{2.56}} \text{ per } M < 7.5$$

Metodo Monaco - Marchetti (2005) S.P.T.

La valutazione della capacità di resistenza alla liquefazione (CRR) viene stimata attraverso la seguente espressione:

$$CRR = 0.0107*K_D^3 - 0.0741*K_D^2 - 0.2169*K_D - 0.1306$$

dove K_D rappresenta il coefficiente di spinta orizzontale ed è calcolato come segue:

$$K_D = -3E-06*D_r^3 + 0.001*D_r^2 - 0.036*D_r + 1.585 \text{ (correlazione di Reyna e Chameau 1991)}$$

D_r è la densità relativa e viene determinata con la correlazione di Gibbs e Holtz secondo la seguente espressione:

$$D_r = ((N_1)_{60}/(17+24*\sigma'_v/P_a))^{0.5}$$

dove σ'_v è la tensione verticale efficace, P_a è la pressione atmosferica e $(N_1)_{60}$ assume la seguente relazione:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S.$$

I vari fattori sono esplicitati di seguito

N_{SPT} numero di colpi misurati

Pressione litostatica

$$C_N = (1/\sigma'_v)^{0.5} \leq 2$$

Rapporto energetico

$$C_E = 0.5-1(\text{maglio di Donut}); 0.7-1(\text{maglio di Safety}); 0.8-1.3(\text{maglio a rilascio automatico})$$

Diametro foro

$$C_B = 1(65 < d < 115 \text{ mm}); 1.05(d=150 \text{ mm}); 1.15(d=200 \text{ mm})$$

Lunghezza aste

$$C_R = 0.75(3 < L < 4 \text{ m}); 0.85(4 < L < 6 \text{ m}); 0.95(6 < L < 10 \text{ m}); 1.0(10 < L < 30 \text{ m}); > 1.0(L > 30 \text{ m});$$

Metodo campionamento

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	---	---

$C_s = 1$ (standard); 1.1-1.3 (senza astuccio)
 Contenuto di fine in per cento (FC)
 $A = 0$ per $FC < 5$; $A = \exp(1.76 - 190/FC^2)$ per $5 < FC < 35$; $A = 5$ per $FC > 35$;
 $B = 1$ per $FC < 5$; $B = 0.99 + FC^{1.5}/1000$ per $5 < FC < 35$; $B = 1.2$ per $FC > 35$;

Il metodo si basa sulla determinazione del fattore di sicurezza espresso da:

$$F_s = CRR/CSR$$

Quest'ultimo è indicativo della propensione o meno del terreno a liquefare.
 Il deposito sabbioso saturo è potenzialmente liquefacibile se risulta $F_s \leq 1.00$

Dati Situ

Simbologia adottata

M : Magnitudo dell'evento sismico;
 a_g : Accelerazione massima su sito di riferimento rigido;
 F_0 : Fattore di amplificazione spettrale;
 CdS : Categoria di sottosuolo;
 S_s : Coefficiente amplificazione stratigrafica;
 P_0 : Presenza di sovraccarico al piano campagna espresso in [kg/mq];
 Z_w : Profondità della falda dal piano campagna espressa in [m].

M	a_g [m/sec ²]	F0	CdS	Ss	P0 [kg/mq]	Zw [m]
6,45	0,048	2,563	C	1,500	0,00	0,0

$a_{max} / g = 0,007$

Dati Stratigrafia

Simbologia adottata

N_r : Indice dello strato;
 Descrizione : Descrizione strato;
 h : Spessore dello strato espresso in [m];
 γ : Peso di volume del terreno espresso in [kg/mc];
 γ_s : Peso di volume saturo del terreno espresso in [kg/mc];
 C_u : Coefficiente di Uniformità;
 d_{50} : Diametro della curva granulometrica del passante al 50 per cento espresso in [mm];
 fine : Contenuto di fine presente nello strato espressa in [%].

Nr.	Descrizione	h [m]	γ [kg/mc]	γ_s [kg/mc]	Cu	d_{50} [mm]	fine [%]
1	sabbie	15,00	1900	2000	2,500	0,250	68,00

Dati Prove Penetrometriche

PROVA SPT

Simbologia adottata

N_r : Numero d'ordine dei valori delle misure della prova;
 Z_i : Profondità alla quale viene effettuata la misura della prova espressa in [m];
 N_{SPT} : Numero di colpi della prova SPT.

Nr.	Z_i [m]	N_{SPT}
1	5,00	25

Controlli Normativa

Contollo magnitudo

Magnitudo Sito: 6.45
 Magnitudo Minima NTC 2018: 5.00

Contollo accelerazione massima

Accelerazione al suolo Sito (g): 0.01
 Accelerazione al suolo minima NTC 2018: 0.07

Controllo profondità media della falda

Profondità media della falda sito: 0.00 [m]
 Profondità minima per le verifiche NTC 2018: 0.00 [m]

Controllo numero di colpi prova S.P.T.

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	---	---

(N)₆₀ minimo ottenuto dalla prova: 26.52

(N)₆₀ minimo richiesto dalla norma: 32.00

Verifiche non richieste

Risultati Analisi

Calcolo fattore di sicurezza

Simbologia adottata

<i>Nr.</i>	: Numero d'ordine del risultato;
<i>z_i</i>	: Profondità alla quale viene calcolato il fattore di sicurezza espressa in [m];
<i>σ'_v</i>	: tensione verticale efficace calcolata alla profondità z _i espressa in [kg/cm ²];
<i>σ_v</i>	: tensione verticale totale calcolata alla profondità z _i espressa in [kg/cm ²];
<i>r_d</i>	: coefficiente correttivo di riduzione delle tensioni con la profondità z _i ;
<i>MSF</i>	: coefficiente correttivo funzione dellamagnitudo del sisma;
<i>CSR</i>	: resistenza a taglio mobilitata espressa in termini di rapporto di tensione ciclica;
<i>CRR</i>	: sforzo di taglio indotto dal sisma espresso in termini di rapporto di resistenza ciclica;
<i>F_s</i>	: Fattore di sicurezza espresso come rapporto tra CRR e CSR;

Medoto MONACO SPT

Nr.	z _i [m]	σ' _v [kg/cm ²]	σ _v [kg/cm ²]	r _d	MSF	CSR	CRR	F _s
1	5,00	0,50	1,00	0,96	1,64	0,006	0,355	63,554

Indice di Liquefacibilità del deposito (I.L.) : 0.00
Rischio di liquefazione : molto basso

Autorità di Sistema Portuale del Mar Adriatico Meridionale	Ufficio di BRINDISI LAVORI PER IL COMPLETAMENTO DELL'INFRASTRUTTURAZIONE PORTUALE MEDIANTE BANCHINAMENTO E REALIZZAZIONE DELLA RETROSTANTE COLMATA TRA IL PONTILE PETROLCHIMICO E COSTA MORENA EST	INT 15 RELAZIONE IDROGEOLOGICA E SISMICA INTEGRATIVA
---	--	---

Capitolo 3 Bibliografia

- APAT. Manuale per le indagini ambientali nei siti contaminati. Manuali e linee guida 43/2006.
- ICRAM E SIAP :*Caratterizzazione dell'area marino-costiera prospiciente il sito di bonifica di interesse nazionale di Brindisi" nel realizzati nel marzo 2008.*
- De Lucia M., Alessio G., Gaudiosi G., Nappi R., Porfido S.: A review of the intensity values for the 1743 Salento earthquake. Rendiconti online Società Geologica Italiana (2014), 31 (Suppl.1): 608.
- Del Gaudio V.: Criticità nelle stime della pericolosità sismica per la regione Puglia (2017). Geologi e Territorio 2-2017 Periodico di Scienze della Terra dell'Ordine dei Geologi della Puglia.
- Galli P. and Naso G.: The taranta" effect of the 1743 earthquake in Salento (Apulia, southern Italy). Bollettino di geofisica e vulcanologia (2008), 49:177-204.
- Istituto Nazionale Geofisica e Vulcanologia - banca dati faglie attive (<http://diss.rm.ingv.it/diss/>)
- Lopez N., Sciannamblo D., Spizzico M., Spizzico V., Tinelli R.: Intrinsic vulnerabilità assesment of a confined carbonatic aquifer: the Brindisi Plain Case (Southern Italy). The open Environmental Engineering Journal (2008), 1:9-16.
- Nappi R., Gaudiosi G., Alessio G., De Lucia M., Porfido S.: The environmental effects of the 1743 Salento eartquakes (Apulia, southern Italy): a contribution to seismic hazard assesment of the Salento Peninsula. (2017). Nat. Hazards, 56:S295-S324.
- Ricchetti E., Polemio M.: L'aquifero superficiale del territorio di brindisi: dati geoidrologici diretti e immagini radar da satellite. *Mem. Soc. geol. It. 51 (1996), 1059-1074.*
- Scalese N. Annotazioni di Don Nicola Scalese all'epistola apologetica Joannis Baptistae Casimirii. (1743). Biblioteca Arcivescovile A. di Loe, Brindisi.
- Sogesid. Interventi di messa in sicurezza e bonifica della falda acquifera nel sito di interesse nazionale di Brindisi – Progetto preliminare. Ottobre 2010.
- Spizzico M., Lopez N., Sciannamblo D.: *Analysis of the potential contamination risk of groundwater resources circulating in areas with anthropogenic activities. Natural Hazards and Earth System Science (2005), 5(1):109-116.*

Dott. Geol. Vittorio Stocchi

