

COMUNE DI CAROVIGNO

PROVINCIA DI BRINDISI

Committente: _____

PROGETTO DI UN PARCO A TEMA IN LOC. SPECCHIOLLA

RELAZIONE GEOLOGICA

Cavallino, aprile 2013

Dott. Geol. Giuseppe CALO'

(Albo Geologi Regione Puglia n. 148)

Dott. Geol. Donato LUCREZIO

(Albo Geologi Regione Puglia n. 362)

GEOAMBIENTE s.r.l.

Via Beatrice Acquaviva d'Aragona, 5
73020 CAVALLINO (LE)
Tel. 0832-612690 / Fax 0832-612649
E-Mail: info@geoambientesrl.it

SOMMARIO

1	PREMESSA.....	2
2	ASSETTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO	4
2.1	“CALCARE DI ALTAMURA” (CRETACEO SUP.).....	4
2.2	“CALCARENITE DI GRAVINA” (PLEISTOCENE INF.).....	5
2.3	DEPOSITI ALLUVIONALI E COLLUVIALI.....	5
3	CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO	7
3.1	ASSETTO GEOMORFOLOGICO GENERALE	7
3.2	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DELLA PIANA COSTIERA.....	7
3.3	ELEMENTI DEL RETICOLO IDROGRAFICO	9
3.4	PERICOLOSITÀ GEOMORFOLOGICA E IDRAULICA	9
4	CONDIZIONI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO	13
4.1	GRADO DI PERMEABILITÀ DELLE FORMAZIONI AFFIORANTI	13
4.2	LA FALDA PROFONDA.....	13
4.3	CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE DEL SITO DI PROGETTO	17
5	INQUADRAMENTO MACROSISMICO DELL’AREA.....	18
5.1	CENNI DI SISMICITÀ STORICA	18
5.2	PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO	19
6	CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008	21
7	CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E TECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	24
8	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	26
9	FONTI E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	28

1 PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a supporto del progetto di un parco a tema in località “Specchiolla” (v. **Fig. 1**), nel territorio amministrativo del Comune di Carovigno.



Fig. 1 – Ubicazione del sito di progetto.

Lo studio effettuato sulle aree interessate dal progetto è stato finalizzato all’acquisizione dei dati necessari a ricostruire il modello geologico e idrogeologico locale ed all’individuazione delle potenziali problematiche di carattere geologico-tecnico.

Le attività espletate a supporto del presente studio si sono articolate attraverso le seguenti fasi:

1. rilevamento geologico di superficie per una migliore definizione dei rapporti stratigrafici tra le varie formazioni litologiche affioranti;
2. definizione dei principali elementi geomorfologici del territorio e verifica delle condizioni di rischio idraulico e geomorfologico del sito di progetto;
3. definizione del modello geologico ed idrogeologico locale, rappresentato graficamente mediante la redazione di una carta geologica in scala 1:10.000, una

sezione geologica, una carta geomorfologica ed una sezione idrogeologica (tutte allegate alla presente);

4. inquadramento macrosismico dell’area e definizione preliminare dei principali fattori di rischio sismico;
5. caratterizzazione geotecnica dei terreni di fondazione e classificazione degli stessi ai sensi del D.M. 14/01/2008.

2 ASSETTO GEOLOGICO E STRATIGRAFICO

L’area in esame si colloca al margine sud-orientale dell’altopiano murgiano, in un contesto territoriale che presenta le caratteristiche geologico-strutturali tipiche delle zone dell’Avampese Apulo, ovvero è tipizzata dalla presenza di un potente basamento calcareo-dolomitico di età mesozoica, a luoghi sormontato da formazioni di età più recente.

Le condizioni di assetto strutturale del basamento calcareo mesozoico sono regolate da sistemi di faglie dirette ad inclinazione sub-verticale con prevalente direzione NW-SE. Dette faglie hanno ribassato le rocce del substrato da ovest verso est secondo uno stile tettonico a “gradini”, ovvero con profondità di dislocamento crescente procedendo dall’entroterra murgiano in direzione del mare Adriatico.

In conseguenza di siffatto stile tettonico, le formazioni del substrato calcareo mesozoico affiorano diffusamente nell’entroterra, dove si innalzano i rilievi dell’altopiano murgiano, mentre lungo la fascia costiera esse risultano dislocate per faglia nel sottosuolo a quote di poco inferiori a quella del livello marino: in tali zone, il basamento mesozoico è ricoperto da una serie detritico-organogena sedimentatasi nelle aree topograficamente più depresse dell’attuale versante adriatico.

Nel complesso, la successione stratigrafica locale risulta costituita dalle seguenti tipologie di depositi sedimentari:

1. formazioni calcareo-dolomitiche del basamento mesozoico (“Calcare di Altamura”, del Cretaceo sup.);
2. calcareniti organogene pleistoceniche di origine marina (“Calcarenite di Gravina”, del Pleistocene inf.);
3. depositi di origine alluvionale e colluviale di età recente.

Nei capitoli seguenti vengono descritte le caratteristiche litologiche che contraddistinguono le unità stratigrafiche sopra elencate.

2.1 “Calcare di Altamura” (Cretaceo sup.)

Le formazioni mesozoiche affioranti sui rilievi morfo-strutturali dell’entroterra sono localmente attribuibili alla formazione del “Calcare di Altamura”, riferibile al Cretaceo sup. (Turoniano ÷ Maastrichtiano).

Questa formazione è costituita da una monotona successione di calcari micritici o granulari, di colore biancastro, in strati e banchi, con intercalati frequenti orizzonti bioclastici a Rudiste e Foraminiferi.

La base della formazione è costituita da calcari biancastri sottilmente stratificati e laminati (calcari a “chiancarelle”), mentre nella parte sommitale si rinvencono banchi di calcari dolomitici e dolomie diagenetiche di colore grigio o nocciola e di aspetto sub-cristallino o saccaroide, che si alternano ai livelli detritico-organogeni a Rudiste.

Lo spessore complessivo della successione del “Calcare di Altamura” è dell’ordine di circa un migliaio di metri.

L’intera successione calcareo-dolomitica mesozoica è interessata da un diffuso reticolo di fratture di origine tettonica, di intensità però piuttosto discontinua. A luoghi i sistemi di

fessurazione risultano accentuati e rielaborati da fenomeni di dissoluzione carsica (v. **Foto 1**).

All'interno del sito di progetto, le formazioni calcareo-dolomitiche del substrato mesozoico non affiorano, essendo dislocate per faglia nel sottosuolo e ricoperte da formazioni sedimentarie di età quaternaria (v. **Fig. 2** e **Fig. 3**).

2.2 “Calcarenite di Gravina” (Pleistocene inf.)

Lungo la fascia costiera adriatica, in trasgressione sul basamento calcareo mesozoico si rinvencono dei depositi calcareo-clastici di età pleistocenica localmente attribuibili alla formazione della “Calcarenite di Gravina”, del Pleistocene inf..

Detta formazione è costituita essenzialmente da calcareniti a granulometria medio-grossolana, mal stratificate o massicce, molto fossilifere, di colore bianco-giallastro (v. **Foto 2**). Il grado di cementazione è variabile sia lateralmente che verticalmente.

I clasti, di composizione prettamente calcarea, sono in assoluta prevalenza di natura detritico-organogena, essendo costituiti da frammenti di macrofossili o di alghe calcaree. Una percentuale molto bassa (di solito inferiore all'1%) è costituita da granuli a composizione quarzoso-feldspatica.

Abbondante è il contenuto in macrofossili, costituiti principalmente da lamellibranchi (soprattutto cardium, pecten e ostree), gasteropodi, frammenti di alghe calcaree, briozoi, coralli ed echinidi. Ad alcune altezze stratigrafiche si rinvencono dei livelli macrofossiliferi costituiti prevalentemente da concentrazioni di gusci di lamellibranchi, sia interi che in frammenti.

La parte basale della formazione risulta di norma molto compatta e caratterizzata dalla presenza di un cemento argilloso rosso. A volte sono presenti anche dei livelli conglomeratici.

L'ambiente di deposizione dei sedimenti costituenti la formazione della “Calcarenite di Gravina” è quello di mare aperto di profondità limitata con intensa attività biologica.

Questa formazione, presente con continuità lungo tutta la fascia costiera, affiora anche nel sito di progetto, dove presenta uno spessore di circa 15 ÷ 20 metri (v. **Fig. 2** e **Fig. 3**).

2.3 Depositi alluvionali e colluviali

Sul fondo di alcuni avvallamenti morfologici possono essere rinvenuti dei limitati spessori di depositi di origine alluvionale, colluviale o palustre.

Gli accumuli colluviali, derivanti dalla disgregazione e dal dilavamento dei calcari cretacei e dei sovrastanti terreni pleistocenici, sono generalmente costituiti da sabbie fini e limi contenenti elementi lapidei di dimensioni centimetriche.

Alcuni avvallamenti situati in zona costiera risultano colmati da sedimenti di origine palustre, costituiti da limi sabbioso-argillosi grigio scuri, con intercalati strati di argille organiche e livelli torbosi.

Lo spessore di questi depositi varia significativamente in funzione della morfologia del substrato: in una vasta area situata poco a sud di Punta Specchiolla, è presente un vasto accumulo di depositi colluviali che presentano spessori di circa 4-5 metri (v. **Fig. 2** e **Fig. 3**).



Foto 1 – Calcari cretacei fratturati e carsificati esposti lungo le pareti della cava situata nei pressi della stazione ferroviaria di Carovigno.



Foto 2 – Calcareni pleistoceniche affioranti lungo la costa.

3 CARATTERI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO

3.1 *Assetto geomorfologico generale*

L'assetto morfologico del territorio è caratterizzato, nell'entroterra, dalla presenza delle ultime propaggini sud-orientali dell'altopiano murgiano che, immergendosi più o meno bruscamente nel sottosuolo, lasciano spazio a delle aree costiere di aspetto sub-pianeggiante.

Le pendenze risultano orientate prevalentemente dall'entroterra in direzione della costa adriatica, per cui procedendo da SW verso NE si passa dai rilievi collinari dell'altopiano murgiano alla piana costiera adriatica: i due elementi geomorfologici sono separati da una scarpata, a tratti piuttosto ripida, solcata da incisioni e solchi di ruscellamento (v. **Fig. 4**).

Le zone situate a SW del sito di progetto sono quindi caratterizzate da una morfologia collinare, lievemente ondulata, con quote progressivamente crescenti da NE verso SW, ovvero in direzione dell'entroterra murgiano.

Nelle aree collinari dell'entroterra, il paesaggio è quello tipico della Murgia, ovvero tipizzato dalle forme scolpite nelle rocce calcaree mesozoiche affioranti un po' dovunque e dalla presenza di depressioni in parte colmate da terra rossa. I calcari mesozoici sono di norma interessati da fenomeni carsici, che si palesano con la presenza di doline, inghiottitoi e reticoli di condotti e cavità ipogee.

La fascia costiera che borda al piede i rilievi dell'altopiano murgiano, manifesta invece dei tratti morfologici più dolci, caratterizzati da un assetto topografico sub-pianeggiante, con pendenze ed escursioni altimetriche molto modeste. In tale contesto territoriale, gli elementi caratteristici del paesaggio sono influenzati principalmente dalle forme correlate all'evoluzione quaternaria del sistema morfogenetico costiero.

Poiché il sito di progetto si colloca all'interno della piana costiera, si ritiene opportuno approfondire la descrizione e la definizione degli elementi morfologici di questo specifico ambito territoriale, tralasciando la descrizione delle forme carsiche che, pur essendo diffuse nelle zone dell'entroterra, risultano invece localmente assenti.

3.2 *Caratteristiche geomorfologiche della piana costiera*

Il sito di progetto, situato nell'entroterra della fascia litorale compresa tra Punta Specchiolla e Punta Pantanagianni, ricade all'interno di un'area pianeggiante caratterizzata da quote inferiori a 10 metri s.l.m., che digradano progressivamente in direzione della costa.

La morfologia è decisamente pianeggiante, essendo la superficie topografica caratterizzata da escursioni altimetriche modestissime e da pendenze medie inferiori all'1%.

La fascia litorale, distante circa 900 metri dal sito di progetto, appare modellata soprattutto dall'azione distruttiva del mare. Infatti, la linea di costa si presenta prevalentemente rocciosa, bassa e frastagliata, a luoghi intervallata da piccole insenature (calette) che ospitano segmenti di spiaggia sabbiosa (v. **Fig. 5**).

I tratti di costa rocciosa, scolpiti all'interno di sedimenti calcarenitici di probabile età pleistocenica, presentano spesso delle evidenti spianate di abrasione (v. **Foto 3**), delimitate, verso l'entroterra, da modesti gradini morfologici interpretabili come testimonianze relitte di antiche linee di costa.



Foto 3 – Costa rocciosa bassa e frastagliata con spianate di abrasione presso P.ta Specchiolla.



Foto 4 – Insenatura con spiaggia sabbiosa presso P.ta Pantanagianni.

I segmenti di arenile (v. **Foto 4**), che sono generalmente delimitati nell’entroterra da bassi cordoni dunali dell’altezza massima di 2-3 metri, presentano larghezza variabile dai 5 ai 30 metri.

Nel complesso, l’assetto topografico quasi tabulare di tutta la fascia di territorio compresa tra la linea di costa ed il piede della scarpata sud-orientale dell’altopiano murgiano denota chiaramente i pregressi effetti di modellamento dell’abrasione marina, che ha “spianato” più volte tali superfici nel corso di eventi trasgressivi di età tardo-aterniana.

Tuttavia, gli effetti dell’azione modellatrice del mare si rinvencono anche nelle zone più interne. Infatti, la scarpata sud-orientale dell’altopiano murgiano è modellata secondo una struttura a terrazzi, delimitati da gradini morfologici che testimoniano antichi episodi di ingressione marina correlati alle oscillazioni glacio-eustitiche del livello marino.

Nel territorio di Carovigno, le più importanti strutture a terrazzi si sviluppano nell’intervallo di quota compreso tra 50 e 90 metri s.l.m. (v. **Fig. 4**).

3.3 Elementi del reticolo idrografico

La morfologia pianeggiante della fascia costiera è interrotta da alcune incisioni erosive che si sviluppano, assecondando la direzione di maggiore acclività della superficie, in direzione NE-SW, ovvero perpendicolarmente alla linea di costa (v. **Fig. 4**).

Si tratta di una rete idrografica superficiale allo stato giovanile e con carattere spiccatamente discontinuo, all’interno della quale scorrono portate significative solo in occasione di precipitazioni meteoriche intense e/o prolungate.

I solchi erosivi più vicini al sito di progetto sono:

1. il canale “Trullo Carminuccio” (situato ad est del sito progettuale), che sfociava originariamente presso Punta Specchiolla, ma il cui tracciato di valle risulta ormai completamente obliterato (v. **Foto 5**);
2. il canale “Donnosanta” (v. **Foto 6**), passante ad ovest del sito progettuale e sfociante presso Punta Pantanagianni.

A valle della S.S. 379, il canale “Trullo Carminuccio”, che risulta discontinuo e interrotto anche nelle zone più a monte, scompare del tutto, sicché le acque che fuoriescono dal tombino di attraversamento stradale (con portate molto modeste) si infiltrano direttamente nel sottosuolo senza dare origine a nuovi percorsi canalizzati (v. **Foto 5**).

Il canale “Donnosanta” presenta invece, soprattutto nel suo tratto terminale, un alveo lievemente scavato, in cui è possibile individuare delle forme di modellamento fluviale (“ripe di erosione”) ed un abbozzo evolutivo di incisione valliva a fondo piatto (forme localmente denominate “lame”).

Si sottolinea che entrambi i canali non interferiscono in alcun modo con il sito di progetto, dal quale distano oltre 500 metri.

3.4 Pericolosità geomorfologica e idraulica

Al fine di verificare l’eventuale esistenza di vincoli di pericolosità geomorfologica o idraulica gravanti sul sito di progetto, è stato consultato l’apposito strumento cartografico redatto dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia a supporto del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (v. **Fig. 6**).

Dall’esame dello stralcio cartografico riportato in **Fig. 6**, si evince che la zona di pericolosità idraulica più vicina, distante circa 1,5 Km, è quella localizzata nell’alveo del Canale Sciotta (detto anche “Vallone Mass. Sciotta”), il quale, essendo asservito ad un bacino idrografico piuttosto esteso, è soggetto ad occasionali portate di piena di entità significativa.

Le aree di pericolosità geomorfologica sono invece localizzate solo lungo la linea di costa, essendo le stesse strettamente correlate agli effetti dell’intensa attività erosiva del mare, che sta producendo arretramenti significativi delle spiagge sabbiose e innescando occasionali crolli di porzioni di costa rocciosa, soprattutto laddove la stessa risulta modellata a falesia.

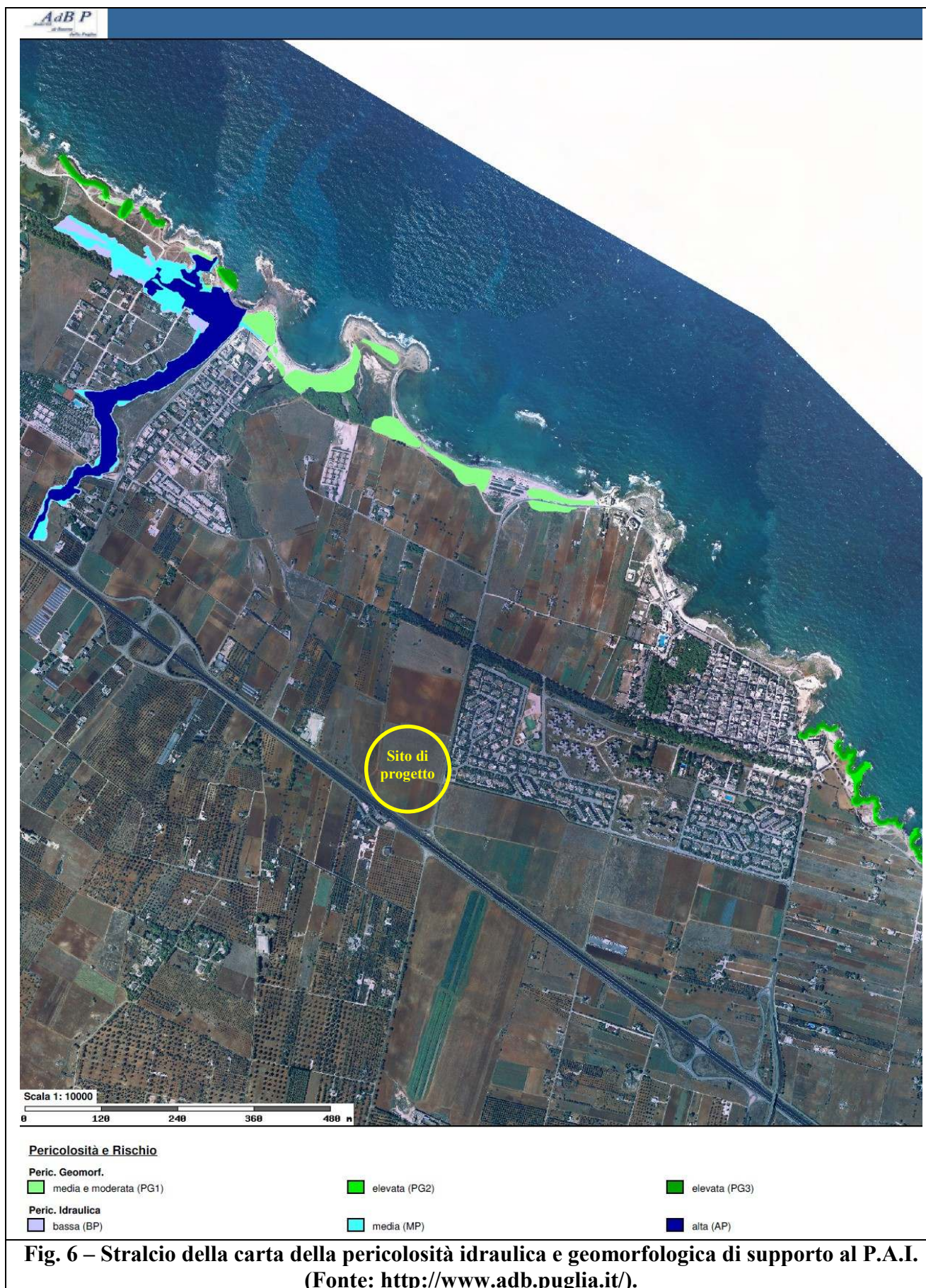
Nel complesso, dall’analisi delle caratteristiche geomorfologiche del territorio e dalla consultazione dello strumento cartografico ufficiale di supporto al P.A.I., si evince che il sito di progetto non risulta interessato da rischi potenziali di natura idraulica o geomorfologica.



Foto 5 – Punto di sbocco del Canale Trullo Carminuccio a valle del tombino di attraversamento della S.S. 379: non si rilevano più evidenze morfologiche di ruscellamento canalizzato (sullo sfondo gli insediamenti residenziali di punta Specchiolla).



Foto 6 – Alveo del Canale Donnosanta a valle del tombino di attraversamento della S.S. 379.



4 CONDIZIONI DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

4.1 *Grado di permeabilità delle formazioni affioranti*

Tutti i terreni e le formazioni affioranti nell’area in esame presentano gradi di permeabilità estremamente variabili sia in senso orizzontale che verticale.

In particolare, la successione calcareo-dolomitica di età mesozoica (“Calcare di Altamura”) presenta, lungo la fascia costiera, una buona permeabilità media ($K \sim 10^{-2} \div 10^{-3}$ cm/s) legata soprattutto alla presenza di un diffuso stato di fratturazione a cui si è sovrapposto un reticolo di canalizzazioni di origine carsica. Nell’entroterra murgiano, le stesse formazioni si presentano invece assai più compatte e molto meno permeabili. La successione carbonatica mesozoica rappresenta comunque un importante serbatoio acquifero che ospita un’imponente falda freatica, denominata “falda profonda”, presente con una certa continuità in tutto il territorio murgiano e salentino.

Le litofacies calcarenitiche pleistoceniche attribuibili alla formazione della “Calcarenite di Gravina” manifestano anch’esse un discreto grado di permeabilità per porosità interstiziale ($K \sim 10^{-3} \div 10^{-4}$ cm/s), anche se i livelli basali, particolarmente compatti, spesso risultano scarsamente permeabili. In molte zone della fascia peri-murgiana, questa formazione ospita dei livelli acquiferi laddove il contatto stratigrafico con il substrato calcareo mesozoico consente una migrazione laterale della falda profonda all’interno di questi depositi.

Poco permeabile risulta infine il complesso di depositi colluviali e palustri, in quanto caratterizzato da un’elevata percentuale di terreni a granulometria fine.

4.2 *La falda profonda*

L’area in esame presenta i caratteri tipici degli acquiferi carsici costieri della regione Puglia, con la presenza di una falda acquifera denominata “falda profonda” e localizzata, come detto, all’interno delle formazioni calcaree del basamento mesozoico.

L’alimentazione idrica della falda profonda è garantita unicamente dalle acque pluviali di infiltrazione ed avviene essenzialmente nelle zone dell’entroterra murgiano dove le rocce del basamento affiorano in superficie o sono ricoperte da sedimenti di modesto spessore e sufficientemente permeabili.

Le acque dolci della falda profonda sono sostenute alla base dalle acque marine di invasione continentale (v. **Fig. 7**) in virtù di un particolare equilibrio idrostatico che si instaura, all’interno dei mezzi porosi, tra due corpi idrici a densità differente: nel caso specifico, le acque dolci di falda, più leggere, tendono a “galleggiare” sulle sottostanti acque marine che possiedono una densità maggiore. In genere, l’interfaccia di separazione tra le due masse idriche è costituita da un livello idrico di transizione, denominato “zona di diffusione” e caratterizzato da un rapido incremento verticale del contenuto salino.

Poiché, secondo il principio stabilito dalla “legge di Ghyben-Herzberg”, la stabilità dell’equilibrio idrostatico dipende principalmente dall’entità carico idraulico delle acque dolci, lo spessore di queste ultime si riduce man mano che ci si avvicina alla linea di costa, fino ad annullarsi completamente (v. **Fig. 8**).

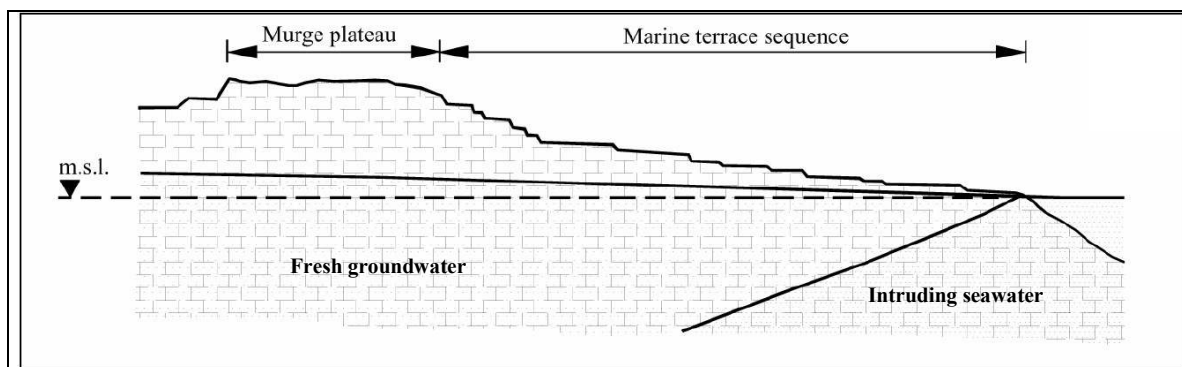


Fig. 7 – Sezione idrogeologica schematica del versante adriatico delle Murge (da Mastronuzzi et Al., 2003).

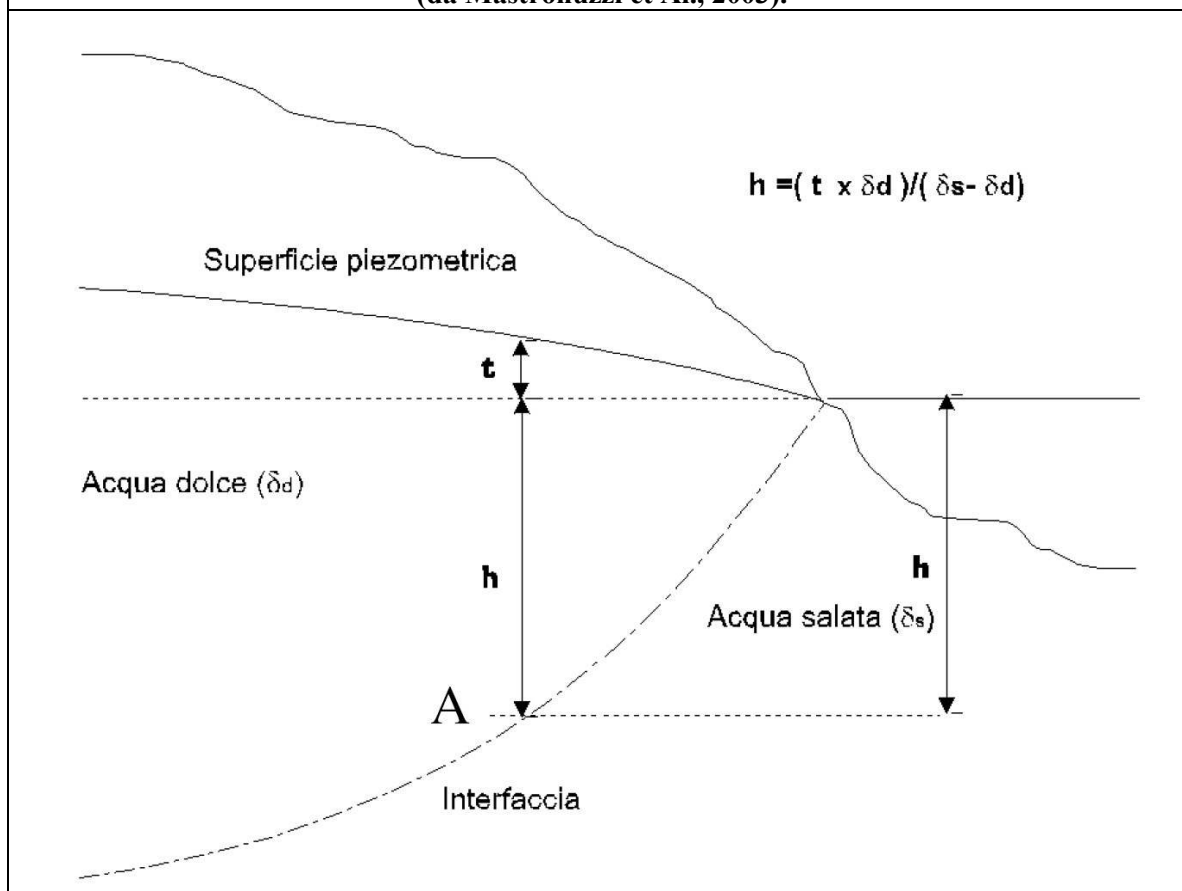


Fig. 8 – Principio della Legge di Ghyben-Herzberg.

Nell’entroterra delle Murge meridionali si riscontrano sempre dei carichi idraulici molto alti, che si abbattano rapidamente in corrispondenza della fascia costiera, ove la superficie piezometrica tende a raccordarsi con il livello marino. Il deflusso della falda profonda si esplica quindi dalle zone dell’entroterra in direzione del mare, ove le acque di falda normalmente si riversano, in maniera diffusa o concentrata, attraverso sorgenti costiere e/o polle sottomarine.

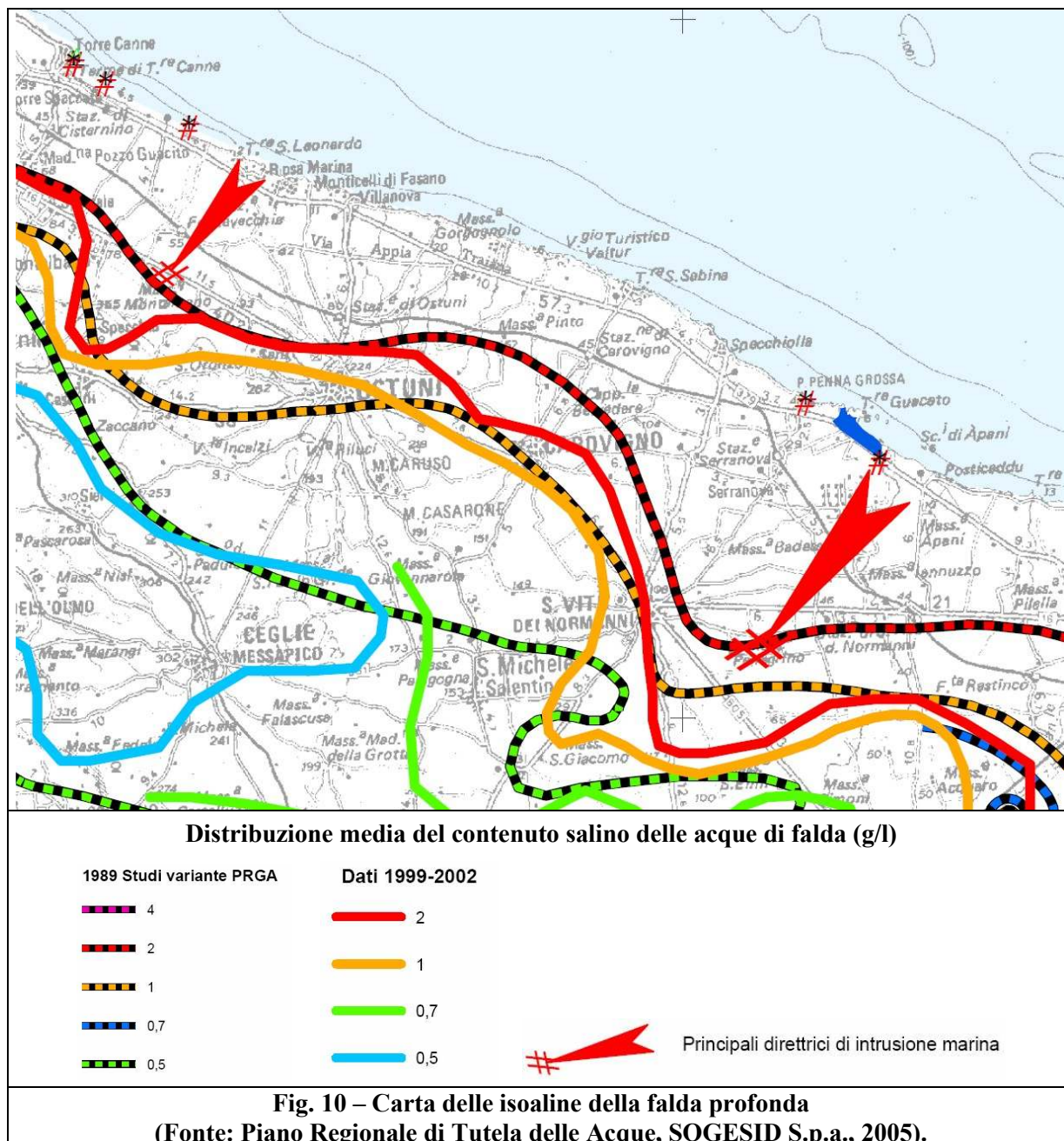
Nella zona di Carovigno la falda profonda circola prevalentemente a pelo libero, con carichi idraulici massimi dell’ordine di alcune decine di metri s.l.m. localizzati nelle zone dell’entroterra e superficie piezometrica che si abbatta progressivamente procedendo in direzione della fascia costiera e della piana brindisina (v. **Fig. 9**).



In linea generale, il deflusso delle acque sotterranee si esplica essenzialmente verso nord, ovvero in direzione del Mare Adriatico. Le cadenti piezometriche della falda, che appaiono maggiori nell’entroterra ($1,6\text{‰} \div 2,5\text{‰}$), dove le rocce calcaree del basamento sono più compatte e meno permeabili, si riducono drasticamente nelle aree prossime alla fascia costiera, dove vi è una più intensa circolazione idrica. Nella zona costiera i carichi idraulici sono quindi più modesti, generalmente inferiori a 1 metro s.l.m..

Le portate specifiche dei pozzi perforati nel comprensorio di Carovigno risultano alquanto variabili da zona a zona, anche se, in genere, le minori capacità di emungimento ($Q_s < 2 \text{ l/s}\cdot\text{m}$) si registrano nelle zone dell’entroterra. Portate specifiche maggiori ($Q_s = 2 \div 10 \text{ l/s}\cdot\text{m}$) si hanno nei pozzi più vicini alla costa, dove, tuttavia, si registrano fenomeni di contaminazione salina spesso talmente spinti da rendere le acque di falda pressoché inutilizzabili.

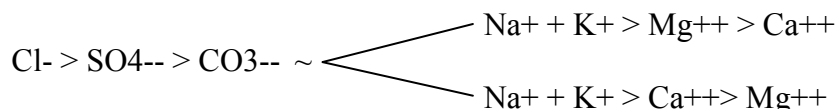
Infatti, la qualità delle acque di falda, piuttosto buona nelle zone più interne, con contenuti salini pari o inferiori ad 1 g/l, peggiora notevolmente e rapidamente nelle zone costiere, dove si rinvenengono di norma acque con contenuti salini superiori a 2 g/l.



Particolarmente critica appare la situazione dell’entroterra di Torre S. Sabina, dove l’intrusione marina è così spinta da determinare la presenza di acque salmastre con contenuto salino superiore a 8 g/l in pozzi distanti oltre 2 km dalla linea di costa. Tale situazione è evidenziata anche negli elaborati del nuovo Piano Regionale di Tutela delle Acque, laddove il raffronto tra le curve isoaline del 1989 e del 1999-2002, mostra un’evidente inflessione nell’entroterra dell’isoalina 2 g/l (v. **Fig. 10**).

Le acque di falda della zona costiera denotano quindi, oltre a degli elevati contenuti

salini totali, anche degli alti tenori in cloro e sodio, evidenziando i seguenti rapporti caratteristici:



Lungo questo tratto di fascia costiera pedemurgiana, esiste probabilmente il concorso di situazioni di carattere strutturale (presenza di linee di frattura e grossi condotti carsici ipogei) che, sovrapponendosi alle cause di origine antropica (sovra sfruttamento della falda) ed agli effetti delle variazioni climatiche in atto (riduzione delle precipitazioni e risalita del livello marino), sta favorendo in maniera particolare l’intrusione delle acque marine nell’entroterra.

4.3 Caratteristiche idrogeologiche del sito di progetto

Il sito di progetto si colloca all’interno della fascia costiera pedemurgiana caratterizzata dalla presenza in affioramento di litofacies calcarenitiche pleistoceniche attribuibili alla formazione della “Calcarenite di Gravina”.

I terreni affioranti, che si rinvergono nel sottosuolo con spessori dell’ordine di 15 ÷ 20 metri, sono permeabili per porosità interstiziale ed ospitano localmente le acque della falda profonda, che migrano al loro interno attraverso la zona di contatto stratigrafico con le formazioni del basamento mesozoico (v. **Fig. 11**).

Le acque di falda, che defluiscono a pelo libero verso mare con carichi idraulici inferiori a 1 metro s.l.m., si rinvergono localmente nel sottosuolo a profondità comprese tra -10 e -6 metri rispetto al p.c., variabili principalmente in funzione della quota topografica del p.c..

Le acque di falda sono localmente caratterizzate da un contenuto salino superiore a 2 grammi litro, in quanto l’elevato tasso di comunicabilità idraulica esistente lungo la fascia costiera favorisce i meccanismi fisici di interazione con le acque marine di intrusione continentale.

I valori del coefficiente di permeabilità delle calcareniti pleistoceniche, dedotti dai risultati delle prove di portata eseguite su alcuni pozzi superficiali realizzati lungo la fascia costiera, risultano dell’ordine di 2×10^{-2} cm/s. Tuttavia, tali valori di permeabilità sono caratteristici della zona satura, la cui conducibilità idraulica è incrementata dall’incidenza di fenomeni paracarsici.

Ai fini dei dimensionamenti di progetto, si consiglia di adottare, come valore di conducibilità idraulica caratteristico dello strato insaturo, valori precauzionalmente più bassi rispetto a quelli tipici della zona satura, possibilmente non superiore a 1×10^{-3} cm/s, anche in considerazione della probabile presenza di coltri colluviali di spessore significativo.

In fase esecutiva, soprattutto nel caso di rinvenimento di cospicui spessori di terreni colluviali (che sono poco permeabili), sarà opportuno verificare la conducibilità idraulica degli strati superficiali del suolo mediante l’esecuzione di prove di assorbimento in pozzetto.

In caso di smaltimento sul suolo (mediante sistemi di irrigazione o sub-irrigazione) di acque pluviali o acque reflue depurate, le locali condizioni di assetto idrogeologico garantiscono la sussistenza di un franco di sicurezza ≥ 5 metri tra la quota di immissione al suolo e il livello piezometrico della falda.

5 INQUADRAMENTO MACROSISMICO DELL’AREA

5.1 Cenni di sismicità storica

Le Murge meridionali e la Penisola Salentina vengono di norma considerate come delle zone geologicamente stabili e sostanzialmente asismiche, poiché, da quando esiste la rete sismometrica nazionale, non sono mai stati rilevati epicentri di eventi sismici di apprezzabile entità sicuramente ricadenti in quest’area.

Tuttavia, il database dei rilievi strumentali dell’attuale rete sismografica copre un intervallo di tempo poco significativo dal punto di vista statistico, il che non consente di escludere in maniera categorica l’eventuale presenza, nel territorio salentino, di zone sismicamente attive.

D’altronde, esistono cronache di epoca storica che documentano in maniera attendibile gli effetti e le conseguenze di eventi sismici verificatisi nei secoli scorsi e che sono stati avvertiti nel Salento in maniera abbastanza intensa, al punto da aver prodotto danni, in alcuni casi rilevanti, agli insediamenti civili. Tuttavia, la maggior parte degli studi condotti su questo specifico argomento tendono ad escludere l’esistenza di veri e propri epicentri localizzati sul territorio salentino, classificando tali eventi come degli effetti indotti da terremoti di elevata magnitudo avvenuti in aree limitrofe ad elevata sismicità.

Un caso emblematico è rappresentato dal terremoto verificatosi il 20 febbraio del 1743 con presumibile epicentro nel Canale d’Otranto a circa 50 Km dalla costa: questo evento sismico determinò danni, anche rilevanti, in numerosi centri abitati del Salento. Le conseguenze più gravi del sisma, con effetti di IX grado della scala Mercalli, si ebbero a Nardò, dove la maggior parte delle chiese e degli edifici subirono gravi danni e si registrarono ben 112 vittime. Tuttavia, anche altri centri abitati del Salento, tra cui Francavilla Fontana e Brindisi, subirono, in quell’occasione, effetti classificabili di VIII grado M.C.S..

L’esame della distribuzione delle intensità macrosismiche registrate in quell’occasione ha messo in evidenza come gli effetti delle scosse telluriche del sisma del 1743 non siano risultati proporzionali alla distanza dall’epicentro. Viceversa, è emersa una chiara influenza dei cosiddetti “effetti di sito”, ovvero dei fattori di amplificazione sismica locale, strettamente connessi alle caratteristiche del substrato geologico su cui poggiano i vari centri urbani.

Secondo Galli & Naso (2008), il sisma del 1743 si verificò lungo una faglia inversa a profondità rilevante. Sulla base dei risultati di analisi numeriche e di simulazioni su modelli, gli autori ritengono che l’elevata profondità dell’ipocentro e i fenomeni di amplificazione locale (in particolare l’effetto di “doppia risonanza” verificatosi in alcuni tipi di depositi quaternari) siano stati i fattori che hanno determinato l’entità e la distribuzione areale degli effetti distruttivi di questo terremoto.

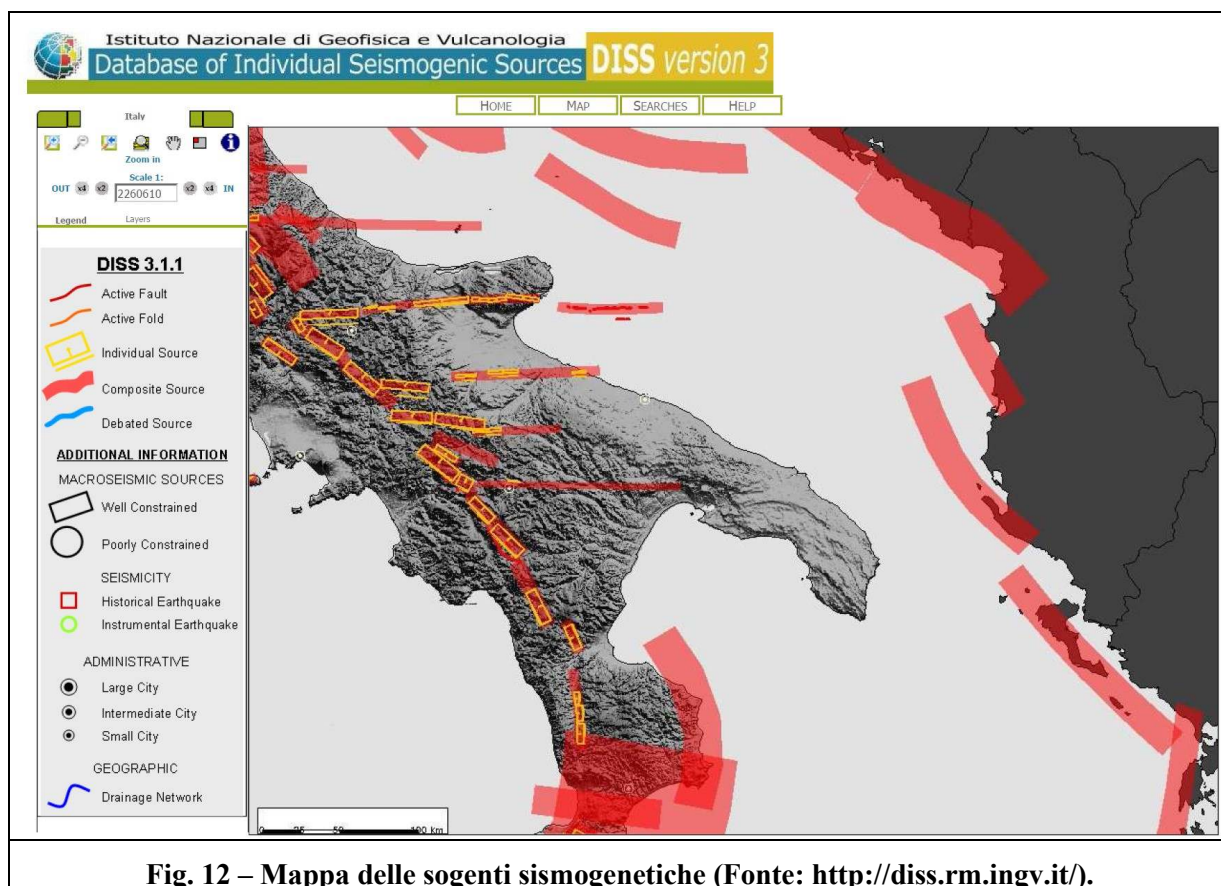
Per tali motivi, la città di Otranto, che è stata edificata su formazioni lapidee, ovvero suoli rigidi che riducono gli effetti di amplificazione sismica, subì danni di modesta entità, pur essendo abbastanza vicina all’epicentro del sisma. Viceversa, altri centri urbani che poggiano su terreni poco consistenti (i quali hanno la prerogativa di esaltare gli effetti delle scosse sismiche), furono devastati o gravemente danneggiati dal terremoto, pur essendo ubicati a distanze molto maggiori dall’epicentro.

Allo stato attuale delle conoscenze, appare ormai acclarato che forti eventi sismici con

epicentro sul Gargano, nell’Appennino meridionale, nel Canale d’Otranto, nei Balcani, nel Mar Jonio e nell’Arco Egeo, sovente fanno risentire i loro effetti, con intensità variabile, anche nel Salento. Tuttavia, i dati e le osservazioni sismologiche finora disponibili segnalano una sostanziale assenza di aree epicentrali localizzabili con sicurezza nell’ambito del territorio salentino, mentre, in ordine alla massima intensità macrosismica risentita (ovvero correlabile ad eventi sismici avvenuti al di fuori del Salento), il medesimo territorio risulta storicamente interessato da effetti di VIII grado e punte di IX grado M.C.S. (Del Gaudio, 2007).

5.2 Pericolosità sismica del territorio

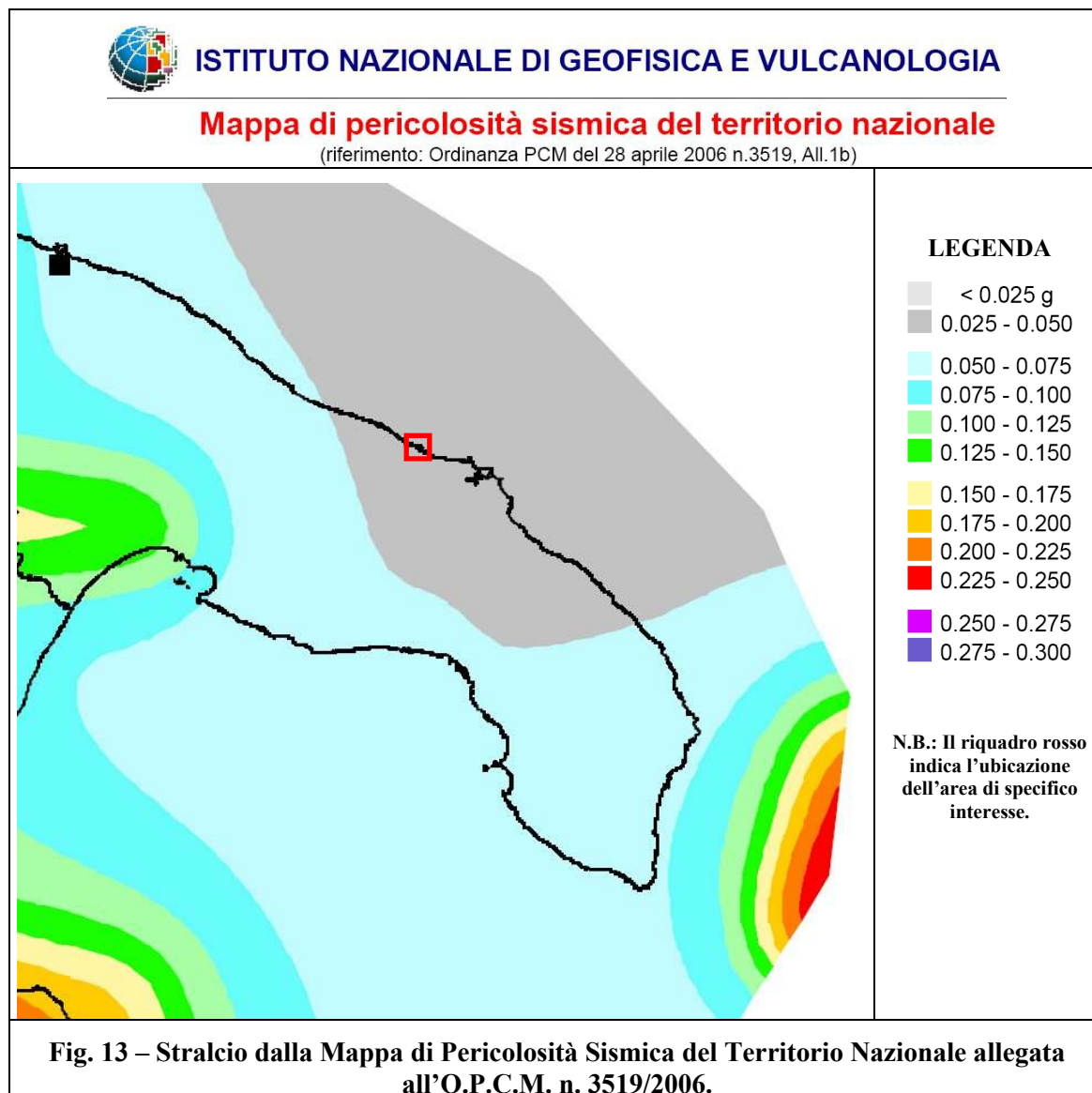
Come evidenziato in precedenza, il grado di pericolosità sismica del territorio salentino risulta in prevalenza legato alla presenza di numerose aree sismogenetiche situate in posizione geografica prossimale. L’incidenza di tale aspetto appare evidente consultando lo strumento cartografico DISS (Database of Individual Seismogenic Sources): infatti, come si può osservare nello stralcio del DISS riportato in **Fig. 12**, il Salento risulta letteralmente circondato da aree sismogenetiche caratterizzate da elevata densità di faglie attive.



Facendo espresso riferimento al vigente strumento di classificazione sismica del territorio italiano, redatto nel 2004 in recepimento delle disposizioni contenute nell’O.P.C.M. n. 3274/2003, il territorio amministrativo del Comune di Carovigno ricade in “Zona 4”, ovvero in area con minimo livello di rischio sismico.

Volendo invece esprimere la pericolosità sismica in termini di massima accelerazione sismica del suolo di probabilità statisticamente apprezzabile, si può fare riferimento alle

indicazioni contenute nella “Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale” redatta dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia e pubblicata in allegato all’O.P.C.M. n. 3519/2006 sulla G.U. n. 108 dell’11 maggio 2006.



In base alla suddetta mappa, di cui è riportato uno stralcio in **Fig. 13**, il territorio in esame ricade in zona di bassa pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (riferita a suoli rigidi di Categoria A così come definiti al punto 3.2.2 delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con D.M. 14/01/2008) di $0,025 \div 0,050$ g, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

6 CLASSIFICAZIONE DEI TERRENI DI FONDAZIONE AI SENSI DEL D.M. 14/01/2008

Le Norme Tecniche per le Costruzioni approvate con il D.M. 14/01/2008, hanno introdotto l’adozione di un sistema di caratterizzazione geofisica e geotecnica del profilo stratigrafico del sottosuolo basata sul parametro V_{s30} , ovvero sul valore della velocità delle onde di taglio mediato sui primi 30 metri di terreno.

In particolare, l’attuale normativa prevede la determinazione del parametro V_{s30} al fine di pervenire ad una classificazione del sottosuolo in una delle sette categorie riportate al par. 3.2.2 delle N.T.C. 2008 e descritte in **Tabella 1**. Ad ognuna delle predette categorie corrispondono specifici coefficienti per la determinazione dello spettro elastico di risposta necessario alla definizione dell’azione sismica di progetto.

TABELLA 1	
Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} > 250$ kPa nei terreni a grana fine).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < Cu_{30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $Cu_{30} < 70$ kPa nei terreni a grana fine).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento</i> (con $V_s > 800$ m/s).
S1	<i>Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s</i> (ovvero $10 < Cu_{30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	<i>Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.</i>

In siffatta classificazione viene enfatizzata l’importanza della velocità di propagazione delle onde elastiche trasversali (V_s) che, com’è noto, è il parametro geofisico che meglio rappresenta la variabilità geotecnica dei materiali geologici presenti nel sottosuolo.

Sulla base dei dati acquisiti mediante l’esecuzione di specifiche indagini geognostiche, il richiesto valore della velocità delle onde di taglio mediato sui primi 30 metri di terreno

(Vs30) viene ottenuto applicando la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}} \quad (1)$$

dove h_i è lo spessore in metri dello strato i -esimo, V_i è la velocità delle onde di taglio dello strato i -esimo e N è il numero di strati.

Per la classificazione sismica dei terreni presenti nel sottosuolo del sito di progetto, si è fatto riferimento ai risultati dello studio di microzonazione sismica del territorio amministrativo di Carovigno (Calò G., 2012), redatto dallo scrivente a supporto del PUG.

Il ricorso ai suddetti dati è motivato dal fatto che il sito di progetto è proprio una delle aree in cui sono state condotte numerose indagini geofisiche atte a verificare le caratteristiche di risposta sismica dei suoli (v. **Fig. 14**).

In particolare, la MASW n. 25, effettuata vicinissimo al sito di progetto (v. **Fig. 14**), ha riscontrato l'esistenza della seguente successione sismostratigrafica:

- primo sismostrato superficiale caratterizzato da $V_s = 112,30$ m/s fino alla profondità di circa 3,5 metri di profondità dal p.c.;
- secondo sismostrato, dello spessore di circa 4,5 metri (da -3,5 a -8 metri rispetto al p.c.), con $V_s = 401,20$ m/s;
- terzo sismostrato, dello spessore di circa 8 metri (da -8 a -16 metri rispetto al p.c.), con $V_s = 723,60$ m/s;
- quarto sismostrato, dello spessore di circa 7 metri (da -16 a -23 metri rispetto al p.c.), con $V_s = 915,70$ m/s;
- quinto sismostrato, di spessore indefinito, con velocità delle onde di taglio superiore a 1.100 m/s.

Il valore $V_{s30} = 447$ m/s calcolato con la (1) e riferito alla successione sismostratigrafica sopra descritta, consente di classificare tali terreni in CATEGORIA B, ovvero “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s”.

Nel caso specifico, il primo strato, costituito da terreni particolarmente poco consistenti, è sicuramente attribuibile a depositi di origine colluviale o palustre. Il secondo e il terzo sismostrato sono invece correlabili con litofacies di natura calcarenitica, mentre il quarto e il quinto sono attribuibili alle rocce calcaree del basamento mesozoico.

La MASW n. 25 (così come anche la n. 26, effettuata in loc. Specchiolla) evidenziano l'esistenza di uno strato di terreni poco consistenti di spessore significativo.

Pertanto, in fase esecutiva, si consiglia di effettuare delle indagini di verifica ed approfondimento finalizzate ad escludere l'esistenza di situazioni stratigrafiche sfavorevoli e a calcolare con più esattezza il valore del VS30 caratteristico della zona in cui è prevista la realizzazione dei fabbricati.

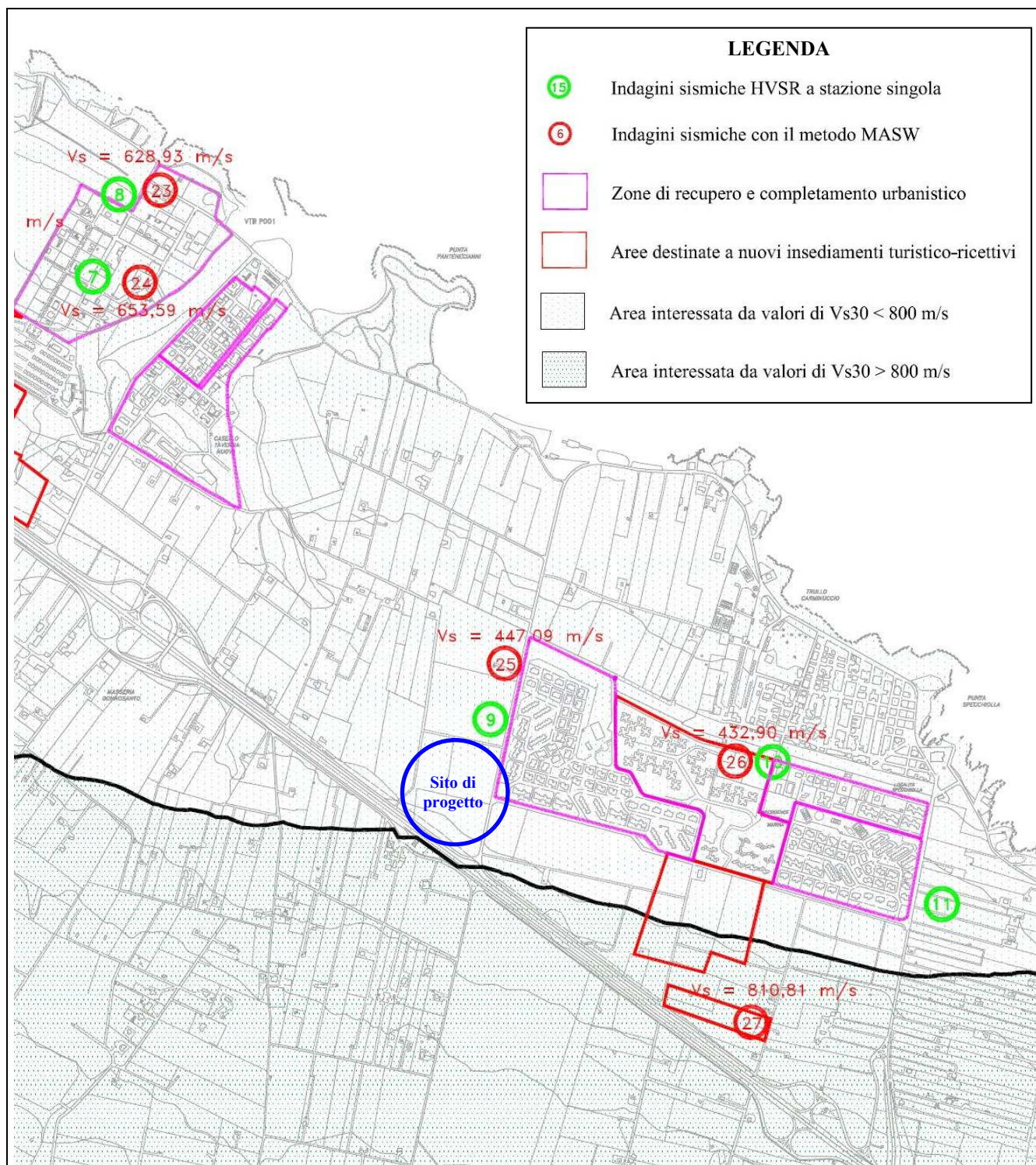


Fig. 14 – Carta delle velocità delle onde di taglio (da Calò G. – Studio di microzonazione sismica del territorio comunale di Carovigno - 2012).

7 CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E TECNICA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

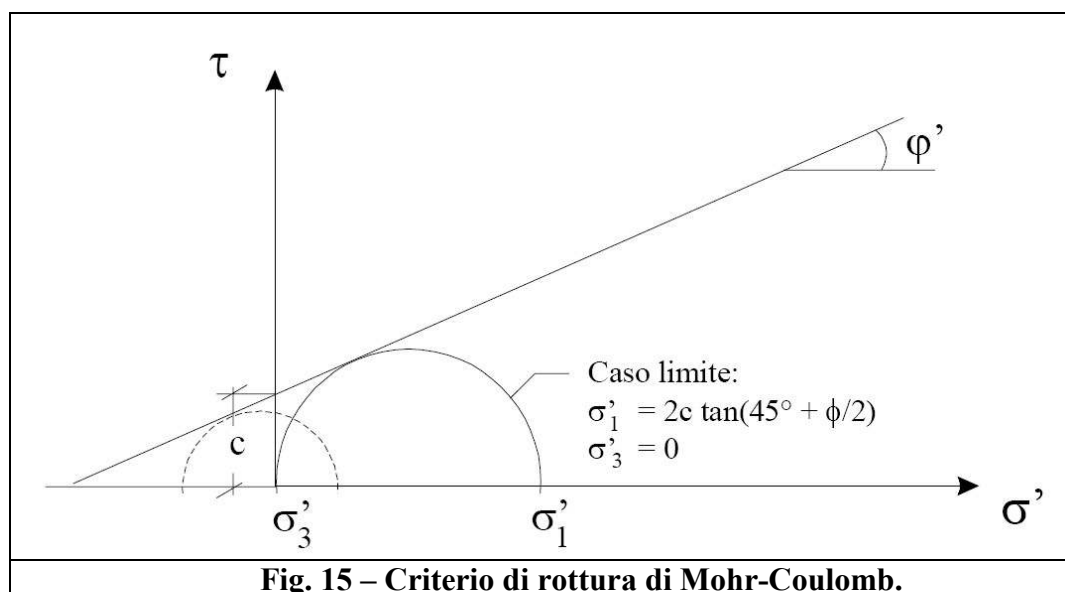
I terreni di fondazione delle opere in progetto sono costituiti da calcareniti organogene a granulometria medio-grossolona, mal stratificate e massicce, attribuibili alla formazione della “Calcarenite di Gravina”, del Pleistocene inf..

Si tratta di rocce tenere, a grado di cementazione medio-basso, caratterizzate da bassi valori di tenacità e di resistenza a compressione monoassiale. In particolare, i dati riportati nella bibliografia specializzata (Radina & Walsh, 1977; Cotecchia et Al., 1985) attribuiscono a tali termini litologici le caratteristiche tecniche riportate in Tabella 2:

TABELLA 2		
Peso di volume	1,40 ÷ 1,60	g/cm ³
Porosità	0,38 ÷ 0,45	-
Coefficiente di imbibizione	15 ÷ 25	%
Resistenza a compressione uniassiale	15 ÷ 40	kg/cm ²

Partendo dai valori di resistenza a compressione (σ_r), nell’ipotesi di validità del criterio di rottura di Mohr-Coulomb (v. **Fig. 15**) e considerando che una prova di compressione uniassiale è assimilabile ad una prova triassiale in cui la pressione di confinamento $\sigma_3 = 0$, si possono ricavare i parametri di resistenza al taglio (espressi in termini di c e ϕ) con la seguente relazione:

$$c = \frac{\sigma_r}{2} \left(\frac{1 - \sin \phi}{\cos \phi} \right) = \frac{\sigma_r}{2 \tan(45^\circ + \phi/2)} \quad (2)$$



A tal fine, attribuendo alle calcareniti in esame un valore di resistenza a compressione uniassiale $\sigma_r = 25 \text{ Kg/cmq}$ ed assumendo, per la roccia integra, un angolo di attrito $\phi = 45^\circ$, si ottiene un valore di coesione pari a:

$$c = 5,2 \text{ Kg/cmq}$$

Tale valore di coesione si riferisce al materiale calcarenitico integro e non può dunque essere attribuito all'ammasso roccioso nel suo complesso, laddove è invece necessario tenere conto anche della potenziale incidenza di condizioni di alterazione della roccia, di possibili irregolarità del grado di cementazione e di eventuali discontinuità di natura stratigrafico-strutturale.

Per ricavare un valore di coesione applicabile alla scala dell'ammasso roccioso, si può utilizzare il metodo proposto da Manev e Avramova-Tacheva (1970), che, sulla base dei risultati di elaborazioni statistiche, hanno definito una correlazione tra la coesione della roccia integra (c'), quella dell'ammasso roccioso (c_r) e il numero di discontinuità per metro lineare (i), espressa dalla seguente formula:

$$\frac{c_r}{c'} = 0.114e^{-0.48(i-2)} + 0.02 \quad (3)$$

Sostituendo nella (3) il valore di c' precedentemente calcolato con la (2) ed assumendo, per la roccia calcarenitica in questione, un numero di discontinuità per metro lineare $i = 3$ (roccia mal stratificata e poco fratturata), si ricava il valore di coesione attribuibile all'ammasso roccioso che, nel caso specifico, risulta:

$$c_r = 0,5 \text{ kg/cmq.}$$

Per quanto riguarda invece la componente d'attrito, molti autori concordano sull'opportunità di utilizzare valori dell'angolo di resistenza al taglio compresi tra 30° e 35° , ovvero pari a quelli che agiscono di norma lungo le discontinuità stratigrafiche (piani di strato e giunti di frattura).

8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

I risultati dello studio geologico condotto a supporto del progetto di un parco a tema in loc. “Specchiolla” possono essere così sintetizzati:

1. il sito di progetto si colloca lungo un tratto di fascia costiera pedemurgiana caratterizzata dalla presenza in affioramento di litofacies calcarenitiche attribuibili alla formazione della “Calcarenite di Gravina”, del Pleistocene inf.;
2. le calcareniti pleistoceniche giacciono in trasgressione sulle rocce calcaree del basamento mesozoico (“Calcere di Altamura”) localmente dislocate per faglia ad una profondità di circa 15 ÷ 20 metri rispetto al p.c.;
3. sono presenti, poco a nord del sito di progetto, dei depositi colluviali a composizione prevalentemente sabbioso-limosa, che possono localmente raggiungere spessori significativi (c.a. 3 ÷ 5 metri);
4. l'assetto morfologico dell'area è sostanzialmente pianeggiante, ovvero caratterizzato da pendenze ed escursioni altimetriche complessivamente modeste;
5. dal punto di vista geomorfologico l'area si configura come un'antica superficie di abrasione marina, successivamente rielaborata dai meccanismi morfogenetici di ambiente continentale ed in particolare dall'azione delle acque pluviali dilavanti, che hanno localmente determinato l'accumulo dei sedimenti colluviali rimossi dai vicini rilievi collinari delle Murge;
6. sono presenti alcuni modesti solchi erosivi (i più vicini sono il Canale Trullo Carminuccio e il Canale Donnosanta) che, tuttavia, non interferiscono con l'area interessata dagli interventi di progetto, essendo distanti oltre 500 metri dal perimetro esterno dello stesso;
7. la consultazione della cartografia tematica di supporto al P.A.I. ha evidenziato che il sito di progetto non è gravato da vincoli di pericolosità idraulica e/o geomorfologica;
8. le condizioni di assetto idrogeologico locale sono influenzate dalla presenza di formazioni calcarenitiche e calcaree piuttosto permeabili, che favoriscono l'infiltrazione delle acque pluviali nel sottosuolo ed il deflusso delle acque sotterranee in direzione del mare;
9. nel sottosuolo del sito di progetto è presente una falda acquifera con livello piezometrico attestato a quote inferiori a +1 metro s.l.m. e che si rinviene a profondità variabili tra -6 e -10 metri dal p.c.;
10. la permeabilità delle formazioni presenti nel sottosuolo della fascia costiera favorisce localmente i fenomeni di contaminazione salina delle acque sotterranee, le quali risultano costantemente caratterizzate da contenuti salini > 2 g/l;
11. il sito di progetto si colloca in zona di bassa pericolosità sismica ed è caratterizzato dalla presenza di terreni classificabili, ai sensi di quanto prescritto al par. 3.2.2 delle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni, in Categoria B, ovvero “*rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale*”

miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s”;

12. i terreni di fondazione degli edifici di progetto sono costituiti da rocce calcarenitiche tenere, caratterizzate mediamente da un peso di volume $\gamma = 1,5$ ton/mc, da valori di resistenza a compressione uniassiale di $20 \div 30$ kg/cm² e da parametri di resistenza al taglio (riferiti all'intero ammasso roccioso) esprimibili in termini di $\phi = 35^\circ$ e $c = 0,5$ kg/cm²;
13. durante la definizione delle condizioni di assetto stratigrafico locale, è stata individuata, nell'entroterra di Punta Specchiolla, la presenza di depositi colluviali di spessore significativo (> 3 metri) che potrebbero interessare marginalmente anche una parte del sito di progetto;
14. per la motivazione di cui al punto precedente, si ritiene utile ed opportuno effettuare, in fase esecutiva, degli approfondimenti d'indagine atti a definire più dettagliatamente le caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e di permeabilità dei terreni interagenti con le opere in progetto.

Cavallino, aprile 2013

GEOAMBIENTE S.R.L.

Dott. Geol. Giuseppe CALO'

(Albo Geologi Regione Puglia N. 148)

Dott. Geol. Donato LUCREZIO

(Albo Geologi Regione Puglia N. 362)

9 FONTI E RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Autorità di Bacino della Regione Puglia – *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (D.C.I. n. 39 del 30/11/2005)*. <http://www.adb.puglia.it/>.
- Autorità di Bacino della Regione Puglia – *Carta Idrogeomorfologica della Regione Puglia (Foglio n. 476 "Brindisi")*. <http://www.adb.puglia.it/>.
- Boaga J. & Iliceto V. – *Metodologia per la definizione di modelli di Vs del sottosuolo e loro influenza nella risposta sismica di sito*. Atti del Workshop in Geofisica, Rovereto, 11/12/2009.
- Calò G. – *Studio geologico e cartografia tematica del territorio amministrativo del Comune di Carovigno, a supporto del PUG*. Comm.: Comune di Carovigno, 2006.
- Calò G. – *Studio di microzonazione sismica del territorio amministrativo del Comune di Carovigno, a supporto del PUG*. Comm.: Comune di Carovigno, 2012.
- Ciaranfi N., Pieri P., Ricchetti G. – *Carta geologica delle Murge e del Salento*. Memorie Società Geologica Italiana n. 42, 1988.
- Cotecchia V., Calò G., Spilotro G. – *Caratterizzazione geolitologica e tecnica delle calcareniti pugliesi*. Atti del III Convegno Nazionale "Attività estrattiva dei minerali di 2^a categoria", Edizioni Pei S.r.l., Parma, 1985.
- Cotecchia V., Grassi D., Polemio M. – *Carbonate aquifers in Apulia and seawater intrusion*. Giornale di Geologia Applicata, Vol. 1, 2005.
- Cotecchia V. & Tadolini T. – *Problematiche ambientali in Murgia e Salento (Puglia) connesse alla contaminazione progressiva delle acque di falda ad opera dell'ingressione marina*. 5° Workshop Progetto Strategico Clima Ambiente e Territorio nel Mezzogiorno, Amalfi, 28-30 aprile 1993, Editore A. Guerrini.
- Cotecchia V., Tadolini T., Tulipano L. – *Sea water intrusion in the planning of groundwater resources protection and utilization in the Apulia region (Southern Italy)*. Geologia Applicata e Idrogeologia, Vol. XVIII, 1983.
- Del Gaudio V. – *Elementi per la stima della pericolosità sismica in Puglia*. Geologi & Territorio n. 2/2007.
- Di Fazio A. – *Il suolo e gli strati superficiali del sottosuolo come recapito finale per scarichi ed immissioni: aspetti tecnici e normativi*. Geologi & Territorio n. 1-2/2005.
- Di Fazio A. – *Utilizzo del suolo e sottosuolo nello smaltimento delle acque meteoriche e reflue*. Geologi & Territorio n. 2-3/2010.
- Di Fazio A. – *Regolamento Regionale n. 26/2011: aspetti tecnici e normativi dello smaltimento sul suolo degli scarichi di reflui domestici*. Geologi & Territorio n. 3/2012.
- Dini M., Mastronuzzi G., Sansò P. - *The effects of relative sea level changes on the coastal morphology of southern Apulia (Italy) during the Holocene*. In: Slaymaker O. (Ed.) *Geomorphology, Human Activity and Global Environmental Change*. John Wiley & Sons, LTD, Chichester, U.K., 2000.

- Fidelibus M.D. & Tulipano L. – *Inquinamento salino ed antropico degli acquiferi costieri della Murgia e del Salento: azioni di salvaguardia*. Atti del Convegno “Uso e tutela dei corpi idrici sotterranei pugliesi”, Bari 21/062002. In: Geologi e Territorio, Supplemento al n. 1/2004.
- Galli P. & Naso G. – *The “taranta” effect of the 1743 earthquake in Salento (Apulia, Southern Italy)*. Bollettino di Geofisica Teorica e Applicata, Vol. 49, n. 2, 2008.
- Grassi D. – *Fondamentali aspetti dell'idrogeologia carsica della Murgia (Puglia), con particolare riferimento al versante adriatico*. Geologia Applicata e Idrogeologia, Vol. IX, 1973.
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – *Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale*. All. 1b O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006.
- Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia – *Database of Individual Seismogenic Sources*. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>.
- Maggiore M. & Pagliarulo P. – *Circolazione idrica ed equilibri idrogeologici negli acquiferi della Puglia*. Atti del Convegno “Uso e tutela dei corpi idrici sotterranei pugliesi”, Bari 21/062002. In: Geologi e Territorio, Supplemento al n. 1/2004.
- Manev G. & Avramova-Tacheva E. – *On the evaluation of strength and resistance condition of the rocks in natural rock massif*. Proceedings of 2nd International Congress of Rock Mechanics, ISRM, Belgrado, 1970.
- Mastronuzzi G., Caputo R., Di Bucci D., Fracassi U., Iurilli V., Milella M., Pignatelli C., Sansò P., Selleri G. – *Middle-late Pleistocene evolution of the adriatic coastline of southern Apulia (Italy) in response to relative sea-level changes*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria n. 34, 2011.
- Ministero delle Infrastrutture – *Norme tecniche per le costruzioni*. Allegato al D.M. 14 gennaio 2008, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 04/02/2008, Supplemento Ordinario n. 30.
- Provincia di Brindisi – *Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale*. <http://sit.provincia.brindisi.it/ptcp/> (2011).
- Radina B. & Walsh N. – *Proprietà tecniche delle calcareniti (tufi calcarei) di Gravina in Puglia*. Geologia Applicata e Idrogeologia, vol. VII, Bari, 1972.
- Regione Puglia – *Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia (D.G.R. n. 883 del 19/06/2007)*. <http://www.regione.puglia.it/>.
- Roma V. – *Seismic geotechnical site characterizations by means of MASW method*. XII Italian Seismic Engineering Conference, Pisa, 10-14 June 2007.