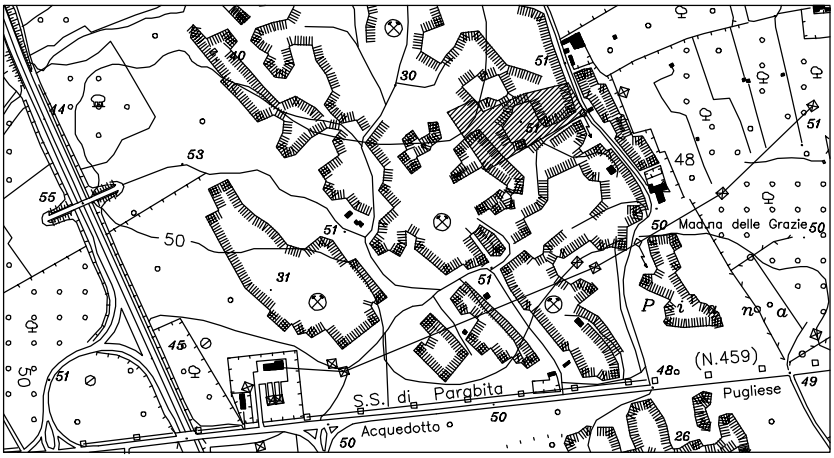
COMUNE DI GALLIPOLI

PROVINCIA DI LECCE



PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA DI CARPARO SITA IN LOCALITA' *"MATER GRATIE"* E DISTINTA IN CATASTO AL FOGLIO DI MAPPA N° 12 P.LLE N° 6 PARTE E 40 PARTE

ALL. A

RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

Il Committente:

Ditta LU.PA. CAVE s.n.c.
di Luigi e Paolo MAURO
C.da Mater Gratiae - S.P. 361 Km 26
73014 Gallipoli (LE)
P.Iva 04252830759

Il Tecnico:

Dott. Geol. Fabio MACRI'

Data: Novembre 2019

Indice

1. PREMESSA 1

2. CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICO-STRUTTURALI *(TAV. 12)* 2

3. CARATTERI LITO-STRATIGRAFICI 5

3.1 CALCARI DI MELISSANO - CRETACEO SUPERIORE 5

3.2 CALCARENITI DEL SALENTO – PLEISTOCENE 6

3.2.1 Calcareniti organogene (Pleistocene inf.) 6
3.2.2 "Argille Subappennine" (Emiliano-Siciliano) 7
3.2.3 Calcareniti ben cementate tipo "carparo" (post-Siciliano I) 8
3.2.4 Calcareniti a grana fine (post-Siciliano II) 9
3.2.5 Calcareniti a Strombi (Tirreniano) 10

3.3 DEPOSITI DUNARI ANTICHI E RECENTI 10

3.4 DEPOSITI DI SPIAGGIA, DUNE ATTUALI E DEPOSITI PALUSTRI RECENTI 10

4. VINCOLISTICA GEOLOGICA GRAVANTE SUL SITO 12

4.1 PIANO DI BACINO DELLA PUGLIA, STRALCIO ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI) 12

4.2 VINCOLO IDROGEOLOGICO 14

4.3 PIANO DI TUTELA DELLE ACQUE 17

4.4 CLASSIFICAZIONE SISMICA 18

5. PROPRIETA' GEOTECNICHE E STABILITÀ DELLE SCARPATE 23

5.1 CONSIDERAZIONI PRELIMINARI 23

5.2 STABILITÀ DELLE SCARPATE IN ROCCIA CALCARENITICA 25

6. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE 29

6.1 IDROGRAFIA SUPERFICIALE 29

6.2 ACQUE SOTTERRANEE 29

6.2.1 Falda superficiale 29
6.2.2 Falda profonda 31

7. RAPPORTI STRATIGRAFICI TRA LE FORMAZIONI E SUCCESSIONE DEGLI ACQUIFERI 34

8. VALORE DEL COEFFICIENTE DI CONDUCIBILITÀ IDRAULICA E VULNERABILITÀ DELLA FALDA 36

8.1 PROVE DI PERMEABILITÀ 36

8.2 VULNERABILITÀ DELLA FALDA 40

8.2.1 Definizione del franco di sicurezza 40
8.2.2 Valutazione del tempo di percolazione delle acque meteoriche 40

1. PREMESSA

La presente relazione geologica e geotecnica è stata redatta per conto della Ditta LU.CA. CAVE s.n.c. di Luigi e Paolo MAURO, con sede in Gallipoli in C.da Mater Gratiae - S.P. 361 km 26, in relazione al *PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA DI CARPARO SITA IN LOCALITÀ "MATER GRATIAE" E DISTINTA IN CATASTO AL FOGLIO DI MAPPA N° 12 P.LLE N° 6 PARTE E 40 PARTE* dell'agro di Gallipoli (LE).

La ditta LU.CA. CAVE s.n.c. intende svolgere attività estrattiva, finalizzata alla coltivazione di roccia calcarenitica ascrivibile alla formazione delle "Calcareniti del Salento" per la produzione di blocchi del cosiddetto "carparo".

Nella presente relazione vengono inizialmente presi in esame gli aspetti geologico-morfologici generali e di dettaglio dell'area indagata, sulla base del rilevamento effettuato e dei dati desunti dalla bibliografia geologica. Sono stati poi ricostruiti sia i caratteri dell'idrografia superficiale dell'area che quelli relativi alla circolazione idrica sotterranea. Una volta definita la natura litologica delle rocce affioranti ed alla luce dello studio geologico-strutturale condotto, sono stati assunti i dati rappresentativi delle proprietà tecniche dei litotipi presenti nell'area in esame e si è infine valutata la stabilità e la potenziale altezza critica delle pareti di scavo.

I dati acquisiti hanno consentito, infine, di definire le caratteristiche generali e di dettaglio del sito progettuale e la redazione dei seguenti allegati cartografici:

- *Carta geologica* (scala 1:5.000);
- *Carta geomorfologica* (scala 1:5.000);
- *Carta idrogeologica* (scala 1:5.000);
- *Sezione idrogeologica* (scala delle lunghezze 1:5.000; scala delle altezze 1:1.000).

2. CARATTERI MORFOLOGICI E GEOLOGICO-STRUTTURALI *(TAV. 12)*

L'area in esame, ricadente nell'agro del Comune di Gallipoli (LE), è ubicata circa 2,5 km a est della periferia urbana, nei pressi della chiesa della Madonna delle Grazie (*Foto 1*). Nella cartografia ufficiale dell'I.G.M. essa ricade nella Tav. "Gallipoli", III quadrante S.O. del Foglio n° 214 della Carta d'Italia in scala 1:25.000.

La zona in oggetto è inserita in un importante distretto estrattivo, loc. "Mater Gratiae", di litotipi calcarenitici noti con il nome commerciale di "carparo".

L'accesso all'area di cava è assicurato dalla S.P. 361 (ex S.S. 459).

Dal punto di vista morfologico l'area ricade nell'ambito di una zona subpianeggiante con quote del piano di campagna originario oscillanti attorno a 45 metri sul l.m.. Le pendenze dell'area risultano in linea generale inferiori al 5%. La superficie topografica si abbassa progressivamente in direzione della costa, con pendenze localmente anche piuttosto accentuate.

La morfologia del territorio risulta fortemente condizionata soprattutto dagli eventi che hanno segnato l'evoluzione paleogeografica dell'area durante il Quaternario. Tali vicende, legate alle oscillazioni di origine glacio-eustatica del livello marino, hanno determinato numerosi episodi di ingressione marina. Diversi cordoni di dune fossili, disposti parallelamente all'attuale linea di costa, indicano un progressivo ritiro del mare, testimoniato anche dalla presenza di vari gradini morfologici correlabili con antiche linee di costa. Al primo ordine di dune, disposto a quote non superiori ai 46 metri s.l.m., corrisponderebbe una linea di costa a 35-40 metri sull'attuale livello mare. Al secondo ordine di dune, rinvenibile sino al livello massimo di 26 metri s.l.m., risulta associata una linea di costa ubicata intorno ai 15-20 metri sull'attuale livello mare, che si sarebbe spostata via via a quote minori. Alle dune del terzo ordine, situate a quote comprese tra i 7 metri e poco al di sotto dell'attuale l.m., rinvenibili in lembi lungo tutta la costa, si può riferire una linea di costa posta appunto pochi metri al di sotto dell'attuale livello mare.

La successiva ingressione flandriana ha consentito la formazione delle dune più recenti e portato il livello del mare all'attuale quota.

L'area in esame è situata sul versante ionico della Penisola Salentina, alle pendici di blandi rilievi collinari (*"Serre Salentine"*) che corrispondono ad altrettanti alti strutturali caratterizzati, nelle zone più interne e più elevate, dalla diffusa presenza in affio-

ramento di rocce calcareo-dolomitiche di età mesozoica.

Queste ultime appartengono ad una potente successione stratigrafica che, con uno spessore anche superiore ai 6000 metri, costituisce l'ossatura ed il substrato basale dell'intero territorio salentino (*"piattaforma carbonatica apula"*).

In corrispondenza della fascia costiera di Gallipoli, le rocce del basamento mesozoico sono dislocate per faglia a profondità superiori ai 100 metri dal p.c. e ricoperte da depositi quaternari a composizione calcarenitica, limoso-argillosa e sabbiosa.

Sistemi di faglie dirette, sub-paralleli alla linea di costa, con prevalente direzione NW-SE, hanno infatti ribassato il substrato calcareo secondo uno schema a "gradinata", dislocandolo a profondità crescenti in funzione della distanza dall'entroterra.

Le ingressioni marine susseguitesi in epoca quaternaria hanno poi determinato la deposizione, sulle rocce del basamento, di coltri sedimentarie di origine sia marina che continentale.

Dati scaturiti da perforazioni profonde hanno evidenziato la presenza nel sottosuolo di una successione di depositi quaternari di origine marina, riferiti, nella cartografia geologica ufficiale in scala 1:100.000, alla formazione delle *"Calcareniti del Salento"* ed attribuibili cronologicamente al Pleistocene inferiore.

Il termine basale di tale successione, giacente in trasgressione direttamente sulle rocce del substrato calcareo mesozoico, è costituito da facies prettamente calcarenitiche, sormontate da un livello di terreni limoso-argillosi, che, nella parte sommitale, passano gradualmente verso sedimenti sabbioso-limosi.

Sopra questi ultimi e, in alcune zone, direttamente sulle argille, poggiano in trasgressione delle calcareniti grossolane di colore giallo-grigiastro, localmente denominate *"carpari"* e riferibili al Pleistocene medio-superiore. Tali depositi si rinvengono nell'area di progetto.

Su tale deposito calcarenitico poggiano, sempre in trasgressione, altre calcareniti, dalla granulometria medio-fine, di colore variabile dal bianco al nocciola, al giallastro, al rosato, anch'esse riferibili al Pleistocene medio-superiore.

Foto 1 – Visione generale dell'area di progetto.

3. CARATTERI LITO-STRATIGRAFICI

La successione dei terreni presenti nell'hinterland di Gallipoli risulta costituita da un elevato numero di termini di origine sia marina che continentale, sicché la stratigrafia dell'area in esame (cfr. *Carta geologica e Sezione idrogeologica*) è data dalle seguenti unità:

1) "Calcari di Melissano" (Cretaceo sup.);
2) "Calcareniti del Salento" (Pleistocene):
   - calcareniti organogene (Pleistocene inf.);
   - "Argille Subappennine" (Emiliano-Siciliano);
   - calcareniti ben cementate tipo *"carparo"* (post-Siciliano I);
   - calcareniti a grana fine (post-Siciliano II);
   - calcareniti a Strombi (Tirreniano);
3) dune antiche e recenti;
4) depositi di spiaggia e dune attuali.

3.1 CALCARI DI MELISSANO - *Cretaceo superiore*

Tale formazione, cronologicamente riferibile al Cretaceo sup., è una delle unità lito-stratigrafiche costituenti il basamento carbonatico mesozoico pugliese.

Si tratta di una formazione costituita prevalentemente da calcari microcristallini, a grana fine, di solito molto compatti e tenaci, di colore biancastro o grigio chiaro, con intercalati orizzonti dolomitizzati di aspetto sub-cristallino o saccaroide e colore da grigio scuro a nocciola. Possono essere localmente presenti, a varie altezze stratigrafiche, orizzonti bioclastici porosi, di colore biancastro, con abbondanti frammenti di Rudiste.

I termini calcarei sono costituiti prevalentemente da piccolissime particelle (del diametro di circa 1÷4 micron) di calcite microcristallina ("micrite"), di norma associata a resti di gusci ed esoscheletri calcarei di microorganismi planctonici e bentonici: il tutto risulta in genere cementato da quantità variabili di calcite spatica ("sparite").

I termini dolomitici sono invece costituiti, unitamente a frazioni residue di elementi calcitici, da percentuali variabili di cristalli di dolomite. La percentuale di dolomi-

te presente nella roccia è funzione del grado di dolomitizzazione subito dalla roccia stessa.

Gli elementi ed i granuli a composizione carbonatica (costituiti cioè da calcite o dolomite) rappresentano di norma oltre il 98% del totale: il residuo insolubile, composto prevalentemente da silico-alluminati, è spesso più abbondante nei termini fortemente dolomitizzati.

La deposizione dei sedimenti costituenti i calcari mesozoici salentini si è esplicata in un ambiente di piattaforma, caratterizzato da un mare poco profondo (ambiente neritico) dominato da processi di sedimentazione di tipo carbonatico.

Nell'area in esame, questa formazione non affiora, ma costituisce il substrato su cui poggiano i depositi di età più recente: la dislocazione delle rocce calcareo-dolomitiche del basamento, desunta da dati di perforazione, risulta superiore a 100 metri rispetto al p.c. (cfr. *Sezione idrogeologica*).

3.2 CALCARENITI DEL SALENTO – *Pleistocene*

3.2.1 Calcareniti organogene (Pleistocene inf.)

Sulle rocce del basamento mesozoico si rinviene un livello di calcareniti che rappresenta la testimonianza della fase trasgressiva dell'importante ciclo sedimentario che interessò ampie porzioni del territorio salentino durante il Pleistocene inferiore.

Tale orizzonte litologico si addossa ai terreni di età cretacica con un netto contatto trasgressivo, generalmente marcato dalla presenza di una netta superficie e/o da un livello di terra rossa.

Nella vecchia cartografia geologica in scala 1:100.000 questi terreni rappresentano i livelli basali delle "Calcareniti del Salento".

Dal punto di vista litologico quest'unità è costituita in assoluta prevalenza da calcareniti organogene di colore biancastro, grigio chiaro o rossastro (per alterazione), a granulometria medio-grossolana e grado di cementazione variabile, di norma mal stratificate, tenere e molto porose, con locali intercalazioni di orizzonti fossiliferi caratterizzati dalla presenza di abbondanti resti di Ostree, pectinidi, echinidi, ecc..

I granuli costituenti la roccia sono quasi interamente costituiti da frammenti di micro e macrofossili, cementati tra loro da quantità variabili di calcite spatica ("spari-

te"): la composizione mineralogica dei granuli è quasi esclusivamente carbonatica, con il carbonato di calcio che costituisce generalmente oltre il 95% del totale. Il residuo insolubile, di norma molto scarso, è generalmente inferiore al 2%.

L'ambiente di deposizione di queste litofacies è riconducibile a quello di un mare poco profondo.

Nell'area in esame quest'unità non affiora, essendo dislocata nel sottosuolo a profondità dell'ordine della novantina di metri (cfr. *Sezione idrogeologica*). Lo spessore di questi depositi è dell'ordine di 10÷15 metri.

3.2.2 "Argille Subappennine" (Emiliano-Siciliano)

Sui depositi calcarenitici è presente una coltre di terreni argilloso-limosi e limoso-sabbiosi (parte sommitale) che affiorano in alcuni punti della costa a nord di Gallipoli (ad es. in loc. "Fontanelle") e, più diffusamente, nell'entroterra.

L'unità è costituita da argille limoso-sabbiose di colore variabile dal grigio-azzurro al verdolino, al grigio chiaro, al giallino. Questa variazione cromatica è probabilmente dovuta al diverso contenuto in limo e sabbia ed a fenomeni di alterazione.

I termini prettamente argillosi (composti soprattutto da illite) si rinvengono prevalentemente nella parte medio-inferiore dell'unità, mentre in quella superiore si riscontra un graduale incremento delle frazioni limose e sabbiose, queste ultime a composizione prevalentemente carbonatica.

L'ambiente di deposizione è di mare piuttosto profondo, anche se la composizione granulometrica dei depositi sommitali lascia supporre un progressivo assottigliamento della batimetria: ciò potrebbe essere messo in relazione con l'inizio della fase regressiva del ciclo sedimentario infrapleistocenico.

Le argille presentano normalmente un elevato contenuto in macrofossili, soprattutto gusci di lamellibranchi e gasteropodi, echinidi, brachiopodi, dentalium, coralli, ecc..

La presenza di *Arctica islandica* (Linné) fra i macrofossili e di *Hyalinaea baltica* (Schr.) fra i microfossili permette di riferire l'unità al Pleistocene inferiore (Emiliano-Siciliano).

Nell'area in esame questa formazione si rinviene alla profondità di circa 25-30 metri dal piano di campagna (cfr. *Sezione idrogeologica*).

3.2.3 Calcareniti ben cementate tipo "carparo" (post-Siciliano I)

Come già detto, la fine del ciclo del Pleistocene inferiore è generalmente segnata dalla deposizione sulle argille di sedimenti sabbioso-limosi, che affiorano soprattutto nell'entroterra. Successivamente, altri brevi cicli sedimentari hanno consentito il deposito di sedimenti terrazzati, prevalentemente calcarenitici, che si rinvengono lungo tutta la costa ionica ed in particolare nell'area di Gallipoli, dove si riconoscono tre ordini di terrazzi.

Il primo ed il più antico dei depositi marini terrazzati è rappresentato da un corpo allungato in direzione E - W, che poggia trasgressivamente sui sedimenti sabbioso-limosi ed argillosi del Pleistocene inferiore. Il contatto è a luoghi indicato da un sottile strato di terra rossa.

L'area di affioramento è molto estesa: comprende tutta la cittadina di Gallipoli e si allunga poi verso Est sino ad un centinaio di metri dalla chiesa della M.^{nna} delle Grazie, allargandosi anche in direzione Nord e Sud. Le migliori esposizioni dell'unità si osservano nell'area in cui la roccia viene cavata, cioè in località Montefiore: dunque nell'area di specifico interesse.

I depositi sono costituiti da calcareniti grossolane, ben cementate, porose, di colore variabile dal giallino all'avana, note localmente col nome di *"carparo"*. Nelle cave e lungo la trincea ferroviaria all'interno dell'abitato si nota una netta clinostratificazione con immersione prevalente delle lamine verso SW ed inclinazione di 5° - 20°; una sottile laminazione incrociata è osservabile in più punti ed in particolare nei pressi dell'ospedale.

Lo spessore degli strati varia da pochi centimetri a qualche metro. Il rapporto trasgressivo con le formazioni sottostanti si nota verso mare dove l'unità poggia direttamente sulle argille. Il corpo calcarenitico degrada verso mare con scarpate più o meno brusche corrispondenti ad antiche linee di costa ed il suo spessore varia da pochi metri sino a 30 metri nell'area in cui viene cavato.

Il contenuto paleontologico, molto scarso, è rilevante solo in corrispondenza di un livello posto quasi al contatto con le sottostanti argille (affiorante ad esempio in località "Fontanelle"), contenente alcuni *Dentalium sp., Glicimeris sp., ostracodi, pectinidi.*

L'età di questi depositi, definibile essenzialmente in base alla loro posizione stratigrafica, è riferibile al Pleistocene medio-superiore.

Foto 2 - I depositi calcarenitici quaternari affioranti nella cava adiacente al sito in esame e conosciuti col nome di "carparo".

3.2.4 Calcareniti a grana fine (post-Siciliano II)

Questa formazione, trasgressiva sulla precedente, è formata da calcareniti più o meno fini, con caratteristiche variabili da luogo a luogo.

Nei pressi della S.S. 101, a nord dell'area in esame, esse sono ben cementate, di colore biancastro; altrove risultano poco cementate, di colore nocciola; in altre zone ancora sono discretamente cementate ed il colore è giallo-rossastro.

In generale si presentano non stratificate; in alcuni altri casi manifestano invece una stratificazione decimetrica piano-parallela; a luoghi risultano fossilifere con fauna costituita da Ostracodi, Gasteropodi e Foraminiferi.

Il massimo spessore affiorante di questa unità è di un paio di metri, ma in alcuni pozzi esso raggiunge i 7-8 metri; il contatto con il "Carparo" è osservabile 500 metri a Nord del vecchio ospedale di Gallipoli, dove l'unità poggia in discordanza angolare e si presenta bioturbata. In prossimità dello Stabilimento LUPI tale calcarenite si trova sulle argille, separata da un livello calcarenitico rossastro fossilifero.

In base ai rapporti stratigrafici, questo deposito è attribuibile al Pleistocene medio-

superiore.

3.2.5 Calcareniti a Strombi (Tirreniano)

Lungo la costa nord di Gallipoli, in affioramenti più o meno continui, nel tratto esteso 400-500 metri a nord dell'ospedale e di Torre Sabea, affiorano delle calcareniti e calciruditi dure, compatte, molto fossilifere, di colore dal grigio al rosato, contenenti soprattutto *Glycymeris sp.* e *Strombus bubonius* (Lam.).

Quelle di colore grigiastro sono stratificate con strati di spessore da pochi millimetri a qualche centimetro, mentre le calcareniti rosate sono in genere quasi delle spalmature sulle calcareniti sottostanti.

Questi depositi, di spessore massimo pari a circa due metri, sono trasgressivi sia sulle calcareniti fini che sul Carparo.

Sulla base della presenza dello *Strombus bubonius* (Lam.) esse sono state attribuite al Tirreniano.

3.3 Depositi dunari antichi e recenti

Fanno parte di questa unità dei depositi eolici che si rinvengono in 3 ordini andando dall'entroterra verso la costa e parallelamente a quest'ultima.

Il primo, più antico, è situato a quote comprese tra i 18 ed i 28 m; il secondo ordine si rinviene intorno ai 10 - 15 m s.l.m.; l'ultimo ordine si rinviene in vari lembi lungo la costa a quote intorno ai 5-7 m s.l.m. ed è a luoghi sepolto sotto le dune attuali.

Questi depositi sono generalmente costituiti da calcareniti a grana media, generalmente ben cementate, che presentano di norma un'evidente clinostratificazione o una fitta laminazione incrociata. Il contenuto fossilifero è dato da gasteropodi polmonati.

Le dune fossili poggiano su un livello di terra rossa che evidenzia il rapporto trasgressivo con le sottostanti unità.

3.4 Depositi di spiaggia, dune attuali e depositi palustri recenti

Lungo la costa a nord e a sud di Gallipoli affiorano lembi di depositi di spiaggia ed anche cordoni di dune recenti non cementate.

Si tratta di depositi costituiti da sabbie calcaree sciolte a granulometria media, di colore biancastro, senza alcuna struttura sedimentaria, che poggiano talvolta su depositi dunari più antichi parzialmente spianati dall'erosione.

In corrispondenza di alcune depressioni morfologiche, situate alle spalle dell'attuale fascia costiera, si rinvengono inoltre dei depositi di origine lagunare o palustre, costituiti in prevalenza da sabbie limose e limi sabbioso-argillosi, di colore grigio scuro o brunastro, contenenti abbondante frazione organica.

Questi depositi si sono di norma originati all'interno di depressioni morfologiche impaludate da fenomeni di affioramento della falda freatica.

Lo spessore dei limi palustri può pertanto variare, in funzione della morfologia del substrato, da alcune decine di cm fino a ad alcuni metri.

4. VINCOLISTICA GEOLOGICA GRAVANTE SUL SITO

4.1 Piano di Bacino della Puglia, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI)

Con deliberazione n° 25 del 15/12/2004 l'Autorità di Bacino della Puglia ha adottato il Piano di Bacino della Puglia, stralcio Assetto Idrogeologico (PAI).

Successivamente all'adozione, ed entro il 21/3/2005, sono pervenute n° 251 osservazioni per modificare le perimetrazioni adottate o per perimetrare nuovi siti. Per la valutazione di tali istanze sono state istituite sette commissioni, una per Provincia. Al termine dei lavori di valutazione delle istanze pervenute, il Comitato Tecnico ha approvato le nuove perimetrazione e le modifiche a quelle già definite ed ha modificato le norme tecniche precedentemente adottate.

Sicché, con *deliberazione n° 39 del 30/11/2005* la medesima Autorità di Bacino della Puglia ha approvato il Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico per i bacini regionali e per il bacino interregionale del fiume Ofanto composto da:

- Elenco dei Comuni ricadenti nell'AdB Puglia;
- Relazione di Piano;
- Norme Tecniche di Attuazione;
- Elaborati cartografici.

Il PAI della Puglia è finalizzato al miglioramento delle condizioni di regime idraulico e della stabilità geomorfologia necessario a ridurre gli attuali livelli di pericolosità e a consentire uno sviluppo sostenibile del territorio nel rispetto degli assetti naturali, della loro tendenza evolutiva e delle potenzialità d'uso. Il PAI costituisce Piano Stralcio del Piano di Bacino, ai sensi dall'articolo 17 comma 6 ter della Legge 18 maggio 1989, n. 183, ha valore di piano territoriale di settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni e le norme d'uso finalizzate alla conservazione, alla difesa e alla valorizzazione del suolo ricadente nel territorio di competenza dell'Autorità di Bacino della Puglia.

Le finalità sono realizzate, dall'Autorità di Bacino della Puglia e dalle altre Amministrazioni competenti, mediante:

a) la definizione del quadro della pericolosità idrogeologica in relazione ai fenomeni di esondazione e di dissesto dei versanti;
b) la definizione degli interventi per la disciplina, il controllo, la salvaguardia, la

regolarizzazione dei corsi d'acqua e la sistemazione dei versanti e delle aree instabili a protezione degli abitati e delle infrastrutture, indirizzando l'uso di modalità di intervento che privilegino la valorizzazione ed il recupero delle caratteristiche naturali del territorio;

c) l'individuazione, la salvaguardia e la valorizzazione delle aree di pertinenza fluviale;

d) la manutenzione, il completamento e l'integrazione dei sistemi di protezione esistenti;

e) la definizione degli interventi per la protezione e la regolazione dei corsi d'acqua;

f) la definizione di nuovi sistemi di protezione e difesa idrogeologica, ad integrazione di quelli esistenti, con funzioni di controllo dell'evoluzione dei fenomeni di dissesto e di esondazione, in relazione al livello di riduzione del rischio da conseguire.

In relazione alle condizioni idrauliche, oltre alla definizione degli alvei fluviali in modellamento attivo e delle aree golenali, ove vige il divieto assoluto di edificabilità, vengono distinte tre tipologie di aree a diverso grado di pericolosità idraulica:

- *aree ad alta pericolosità idraulica (A.P.*): in tali aree sono esclusivamente consentiti:
  - interventi di sistemazione idraulica;
  - interventi di adeguamento e ristrutturazione della viabilità e della rete dei servizi pubblici e privati;
  - interventi necessari per la manutenzione di opere pubbliche o di interesse pubblico;
  - interventi di ampliamento e di ristrutturazione delle infrastrutture a rete pubbliche o di interesse pubblico esistenti;
  - interventi sugli edifici esistenti, finalizzati a ridurne la vulnerabilità e a migliorare la tutela della pubblica incolumità;
  - interventi di demolizione senza ricostruzione, interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, di restauro e di risanamento conservativo;
  - adeguamenti necessari alla messa a norma delle strutture, degli edifici e degli impianti;
  - ampliamenti volumetrici degli edifici esistenti esclusivamente finalizzati alla realizzazione di servizi igienici o ad adeguamenti igienico-sanitari, volumi tecnici, autorimesse pertinenziali, rialzamento del sottotetto al fine di renderlo abitabile o funzionale;
  - realizzazione, a condizione che non aumentino il livello di pericolosità, di recinzioni, pertinenze, manufatti precari, interventi di sistemazione ambientale senza la creazione di volumetrie e/o superfici impermeabili, annessi agricoli purché indispensabili alla conduzione del fondo e con destinazione agricola vincolata;
- *aree a media pericolosità idraulica (M.P.*): in tali aree, oltre a quanto consentito nelle aree a A.P. sono esclusivamente consentiti anche:
  - interventi di ristrutturazione edilizia, così come definiti alla lett. d) dell'art. 3 del D.P.R. n.380/2001 e s.m.i., a condizione che non aumentino il livello di pericolosità nelle aree adiacenti;
  - ulteriori tipologie di intervento a condizione che venga garantita la preventiva o contestuale realizzazione delle opere di messa in sicurezza idraulica per eventi con tempo di ritorno di 200 anni;

- *aree a bassa pericolosità idraulica (B.P.)*: in tali aree sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio, purché siano realizzati in condizioni di sicurezza idraulica in relazione alla natura dell'intervento e al contesto territoriale. Per tali interventi è necessaria la redazione di uno studio di compatibilità idrologica ed idraulica che ne analizzi compiutamente gli effetti sul regime idraulico a monte e a valle dell'area interessata.

In *Fig. 1* è riportato lo stralcio della Cartografia regionale dell'AdB dalla cui verifica si può affermare che l'area in esame non interessa né aree a pericolosità idraulica né aree a pericolosità geomorfologica.

4.2 Vincolo idrogeologico

I vincoli idrogeologici sono mezzi di tutela volti al controllo dell'utilizzazione dei terreni montani e dei luoghi boscati, ricompresi nei bacini fluviali. L'apposizione del vincolo idrogeologico determina il divieto di apportare modificazioni o d'introdurre forme di utilizzazioni che possano far perdere stabilità ai terreni o turbare il regime delle acque. L'utilizzazione dei terreni e l'eventuale loro trasformazione, la qualità delle colture, il governo dei boschi e dei pascoli sono assoggettati, per effetto del vincolo, alle limitazioni stabilite dalle leggi in materia. Parimenti, a norma della legge speciale, possono essere sottoposti a limitazione nella loro utilizzazione i boschi che per la loro speciale ubicazione difendono terreni o fabbricati dalla caduta di valanghe, dal rotolamento dei sassi, dalla furia dei venti, e quelli ritenuti utili per le condizioni igieniche locali. La disciplina che regolamenta l'utilizzo delle zone destinate a vincolo idrogeologico è contenuta all'interno del *R.D. 3267/1923*.

Dall'analisi della *Fig. 2*, che riporta uno stralcio dal Sistema delle Tutele Paesaggistiche del PPTR, si evince che l'area in esame è sottoposta a Vincolo idrogeologico, sicché sarà necessario acquisire il Nulla-osta da parte del Settore Foreste della Regione Puglia.

Fig. 1 - Estratto dalla cartografia del PAI

Pericolosità e Rischio

Peric. Geomorf.

- media e moderata (PG1)
- elevata (PG2)
- elevata (PG3)

Peric. Idraulica

- bassa (BP)
- media (MP)
- alta (AP)

Rischio

- R1
- R2
- R3
- R4

area di cava di progetto

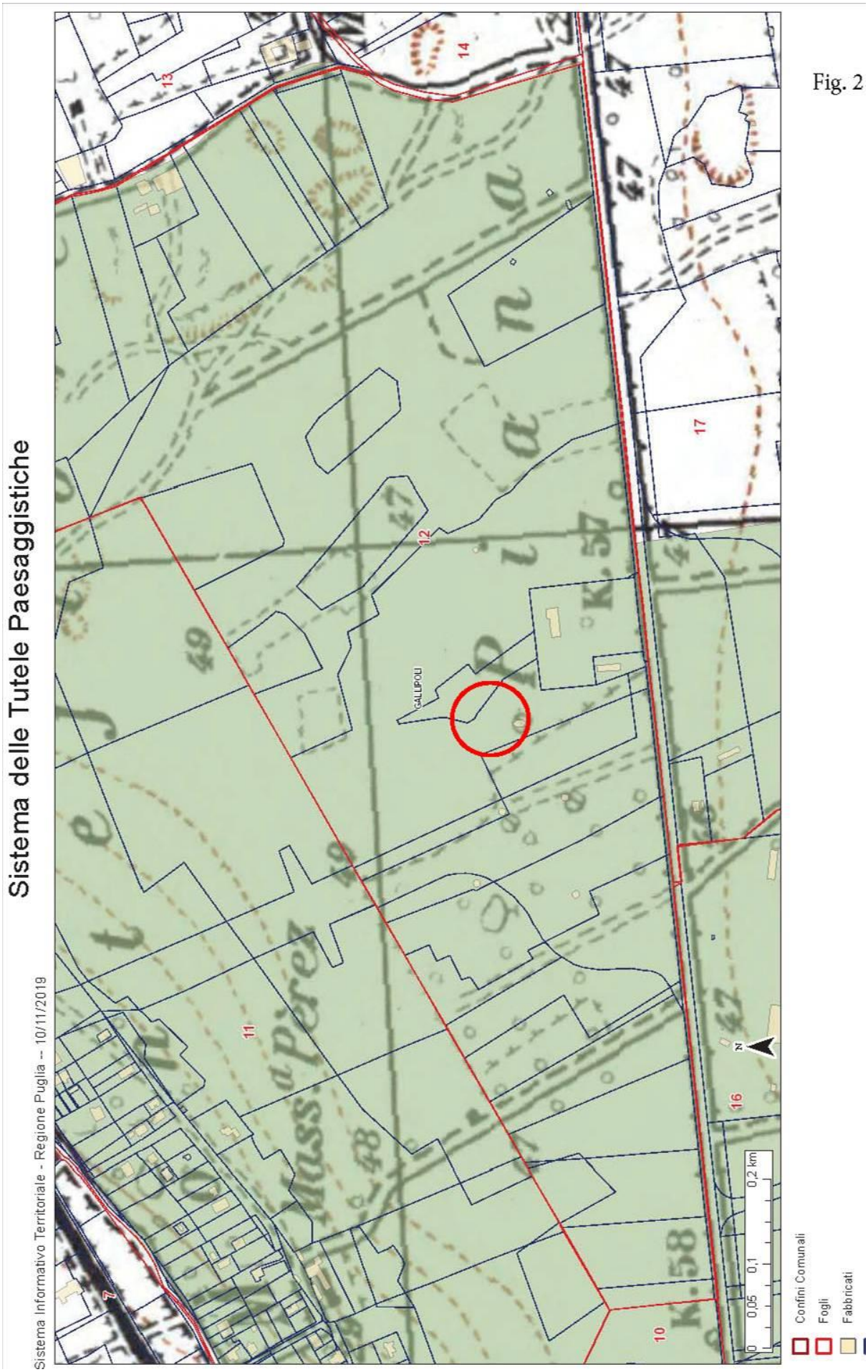

Sistema delle Tutele Paesaggistiche
Sistema Informativo Territoriale - Regione Puglia -- 10/11/2019
GALLIPOLI
Confini Comunali
Fogli
Fabbricati
0
0,05
0,1
0,2 km
N

Fig. 2

4.3 Piano di Tutela delle Acque

Con Deliberazione del Consiglio Regionale n. 230 del 20/10/2009 la Regione Puglia ha approvato il Piano di Tutela delle Acque ai sensi dell'articolo 121 del Decreto legislativo n. 152/2006. L'Allegato 11 individua le zone di protezione della risorsa idrica sotterranea che sono rappresentate da aree di ricarica, emergenze naturali della falda e aree di riserva . In particolare, sono state individuate 4 tipologie di zonizzazione A,B,C e D per le quali sono state prposte particolari misure di salvaguardia.

- Le ***Zone di Protezione Speciale Idrogeologica di Tipo "A"*** sono individuate sugli alti strutturali centro-occidentali del Gargano, su gran parte della fascia murgiana nord-occidentale e centro-orientale: sono aree di prevalente ricarica della falda, inglobano una marcata ridondanza disistemi carsici complessi, hanno un bilancio idrogeologico positivo, sono a bassa antropizzazione e l'uso del suolo non risulta intensivo.
- Le ***Zone di Protezione Speciale Idrogeologica di Tipo "B"*** presentano condizioni di bilancio per lo più positive ma, a differenza delle zone A, si è in presenza di una, sia pur modesta, pressione antropica ascrivibile allo sviluppo delle attività agricole, produttive, nonché infrastrutturali. In particolare, esse sono di due tipi:
  <u>*aree B1*</u>: ubicate a sud e S-SE dell'abitato di Bari, sono caratterizzate da condizioni quali/quantitative sostanzialmente buone e quindi sono meritevoli di interventi di controllo e gestione corretta degli equilibri della risorsa;
  <u>*aree B2*</u>: ubicata appena a nord dell'abitato di Maglie, è stata definita e delimitata in base alle emergenze morfologiche ed alle condizioni geostrutturali (aree di prevalente ricarica). Nella propaggine settentrionale dell'area B2 è ubicato il centro di prelievo da pozzi ad uso potabile più importante del Salento (Corigliano d'Otranto), a cura AQP. In tali aree sono vietati:
  - *la realizzazione di opere che comportino la modificazione del regime naturale delle acque (infiltrazione e deflusso), fatte salve le opere necessarie alla difesa del suolo e alla sicurezza delle popolazioni;*
  - *lo spandimento di fanghi e compost;*
  - *il cambiamenti dell'uso del suolo;*
  - *l'utilizzo di fitofarmaci e pesticidi per le colture in atto;*
  - *l'apertura e l'esercizio di nuove discariche per rifiuti solidi urbani non inserite nel Piano Regionale dei Rifiuti.*
- Le ***Zone di Protezione Speciale Idrogeologica di Tipo "C"*** sono individuate una a S-SO dell'allineamento Corato-Ruvo e l'altra a N-NO dell'abitato di Botrugno: sono aree a prevalente ricarica collegate ad acquiferi strategici in quanto risorsa per l'approvvigionamento idropotabile in caso di programmazione di interventi in emergenza.
- Le ***Zone di Protezione Speciale Idrogeologica di Tipo "D"*** sono 3, di cui due nel Salento sud-occidentale e una coincidente con la Foresta umbra (Gargano). Le due zone del Salento son poste in corrispondenza di bacini di ricarica di campi pozzi del comparto idropotabile. La zona del Gargano ha finalità meramente di preservare la "potenziale" risorsa, per altro in area Parco del Gargano (zona Foresta Umbra), che ne consente il mantenimento dello scarso livello di antropizzazione.

Infine, ricordiamo che sono soggette a vincolo di protezione assoluta le aree occupanti una fascia di 500 m a dx e a sx del tracciato del Canale Principale dell'AQP a partire dall'impianto di Lamagenzana (Castel del Monte) fino alle aree prossime all'abitato di

Altamura.

Il sito in esame non ricade in alcuna area di protezione.

4.4 Classificazione sismica

Dal punto di vista sismico il basso Salento può essere considerato un'area complessivamente stabile e praticamente asismica. Negli ultimi 100.000 anni tale zona è stata, infatti, interessata essenzialmente da sollevamenti di origine isostatica avvenuti su scala regionale, essendosi esaurita l'ultima fase tettonica di rilievo presumibilmente nel Pleistocene inf. (Siciliano).

La quasi totalità delle scosse sismiche avvertite in tale ambito territoriale, sia in tempi recenti che in epoche storiche, sono in realtà riconducibili a terremoti di elevata magnitudo generati in prossimità delle prospicienti coste balcaniche. Forti eventi sismici con epicentro sul Gargano, nell'Appennino meridionale, nel Mare Jonio e nell'Arco Egeo, hanno infatti frequentemente fatto risentire i loro effetti, con intensità variabile, nella Penisola Salentina.

Dal punto di vista della sismicità storica l'evento che ebbe conseguenze nefaste fu il terremoto che si verificò il 20 febbraio 1743 che causò circa 200 morti, per la maggior parte a Nardò (intensità del IX grado), ma con danni e vittime distribuite in diversi centri salentini tra cui Francavilla Fontana, Manduria, Taranto (VIII-IX grado), Oria, Corigliano d'Otranto e Otranto (VII-VIII grado) Brindisi e Galatina (Del Gaudio V., 2007). Tale evento è associato ad un terremoto che colpì le isole ioniche greche e che si risentì in un'area estremamente ampia (da Trento a Messina sino a Malta ed anche al Peloponneso). E' stato ipotizzato che la sorgente sismogenetica di questo evento sia da collocarsi nel tratto sud del canale d'Otranto (*Fig. 3*), tuttavia la distribuzione delle intensità risentite nel territorio salentino appare poco congruente con questa ipotesi, dato che non si osserva una generale correlazione tra i valori di intensità e il decrescere della distanza dall'epicentro ipotizzato (*Fig. 3*).

A conferma dell'effetto sismico dei terremoti di "provenienza" orientale sulla Penisola Salentina, si tenga presente che su 32 scosse risentite dal 1886 al 1915 in terra d'Otranto, almeno 27 avevano epicentro in Grecia.

Per quanto riguarda i terremoti con epicentro nell'Appennino, è da menzionare quello

del 1456 che "… fece grande danno a Brindisi, Oria, Alessano, Castro, Manduria, Nerito (Nardò) e Lecce" che rovinò parte della cattedrale di Nardò.

Il terremoto del 1688 con epicentro nel Beneventano fece crollare numerose case a Galatina.

Altri terremoti con epicentro in area non nota hanno provocato danni più o meno rilevanti nella Penisola Salentina. Quello del 1088 fece crollare parecchie case ad Otranto, quello del 1116 una torre sempre ad Otranto e quello del 1349, con probabile epicentro tra Montecassino e l'Aquila, fece crollare ancora ad Otranto un tratto delle mura.

Un terremoto del 1396 colpì fortemente Nardò e la Provincia di Lecce, abbattendo un convento a Racale. Sembra che nel 1546 un terremoto abbia prodotto seri danni a Lecce, mentre nel 1661 un sisma abbia fatto crollare 24 case ad Otranto.

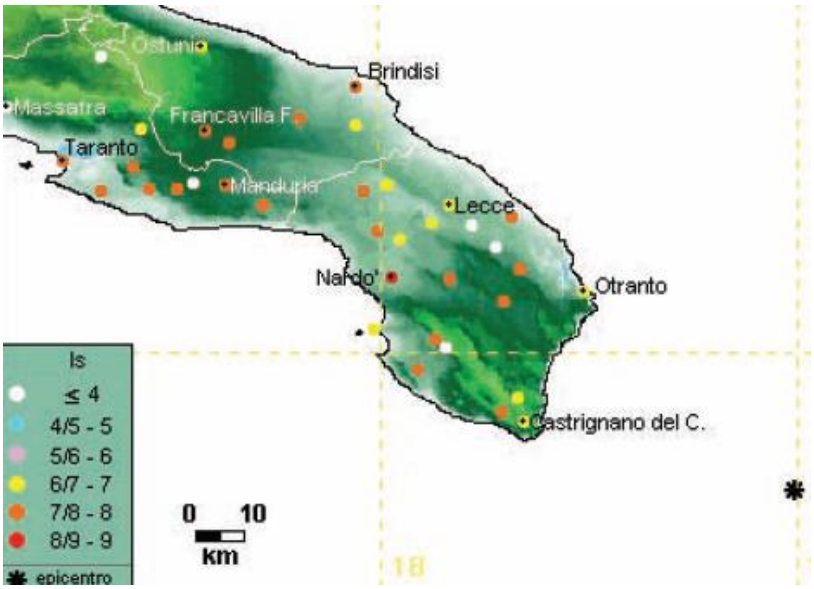


Fig. 3 – Mappa delle intensità M.C.S. (Mercalli - Cancani - Sieberg) risentite in Salento in occasione del terremoto del 1743 (da Del Gaudio V., 2007).

La *Fig. 4* riporta le intensità sismiche massime registrate in Puglia in epoca storica. Ovviamente in un'analisi dei pericolosità sismica di un territorio può essere fuorviante basarsi solo sui massimi storici di scuotimento senza prendere in considerazione la ricorrenza temporale degli eventi: è possibile, infatti, che la probabilità di un danno sismico in una certa area e durante un certo arco di tempo sia associato a sorgenti sismiche che generano frequenti eventi di magnitudo moderata, piuttosto che a sorgenti che hanno prodotto un singolo evento noto di elevata magnitudo, rimanendo poi quiescenti per tempi millenari (Del Gaudio

V., 2006).

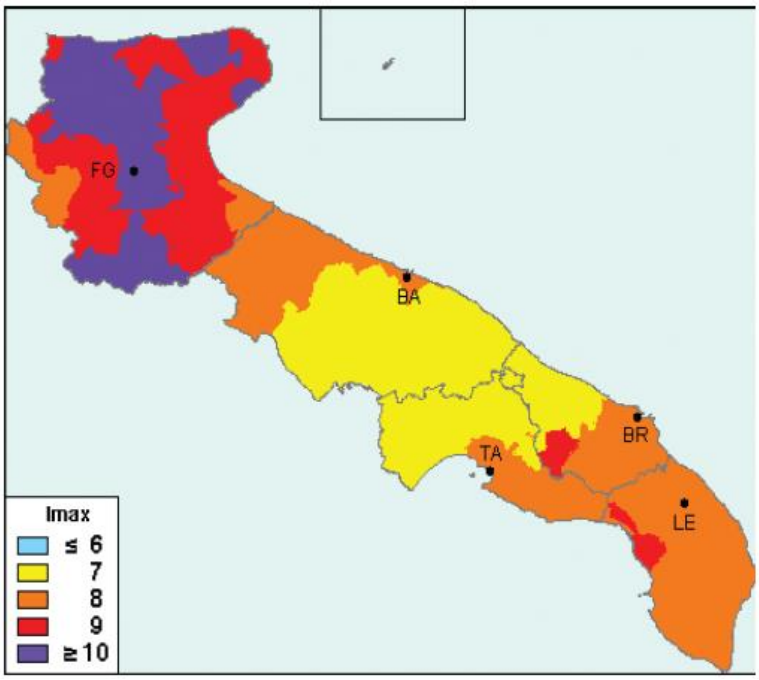


Fig. 4 – Carta delle massime intensità osservate in Puglia in epoca storica (da GNDT – ING - SSN, 1996).

Per ridurre gli effetti del terremoto l'azione dello Stato si è concentrata sulla classificazione del territorio in base all'intensità e alla frequenza dei terremoti del passato, nonché all'applicazione di speciali norme per le costruzioni nelle zone classificate sismiche. Sino al 2003 il territorio nazionale era classificato in tre categorie sismiche a diversa severità (erano classificati come sismici complessivamente 2.965 comuni italiani su di un totale di 8.102). Nel 2003 sono stati emanati i criteri di una nuova classificazione sismica del territorio nazionale basata sulla normativa raccomandata dalla Comunità Europea (Eurocodice 8): d'ora in poi occorre garantire un definito livello di protezione rispetto a scuotimenti sismici che hanno un'elevata probabilità (90%) di non essere superati nell'arco di 50 anni. Considerando che l'azzeramento del rischio non è praticamente realizzabile, tale criterio comunitario assicura di contenere in un limite assai basso (10%) il rischio che eventi sismici possano produrre sollecitazioni superiori a quelle che le opere ingegneristiche possono sopportare. E' stata quindi redatta la *Carta di pericolosità sismica* dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) nel 2004 (Gruppo di Lavoro, 2004), che l'*OPCM n. 3519 dell'11 maggio 2006* ha adottato come elaborato di riferimento per la zonazione sismica del territorio, riporta i valori di accelerazione massima del suolo (PGA – "*Peak Ground Acceleration*") misura-

ta in frazioni di g (accelerazione di gravità) che hanno appunto una probabilità del 90% di non essere superati in 50 anni (conformemente alle norme contenute nell'Eurocodice 8). La *Fig. 5* riporta uno stralcio della Carta della pericolosità sismica riferito al territorio salentino: l'area interessata dall'intervento di progetto risulta classificata come zona a bassa pericolosità sismica, espressa in termini di accelerazione massima del suolo (riferita a suoli rigidi di Cat. A così come definiti al p.to 3.2.1 del D.M. 14/09/2005) di 0,05 ÷ 0,075 g, con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

A seguito dell'*OPCM n. 3274 del 20.03.2003* il territorio nazionale è stato suddiviso in n° 4 zone sismiche, ciascuna caratterizzata da un diverso valore del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima attesa su suolo di categoria A), *Fig. 6*. I valori convenzionali di a_g (espressi come frazione dell'accelerazione di gravità g) attribuiti a ciascuna zona sismica, sono riferiti (conformemente all'Eurocodice 8) ad una probabilità di superamento del 10% in 50 anni (corrispondenti ad un periodo di ritorno di 475 anni) ed assumono i valori riportati in *Tabella 4.1*.

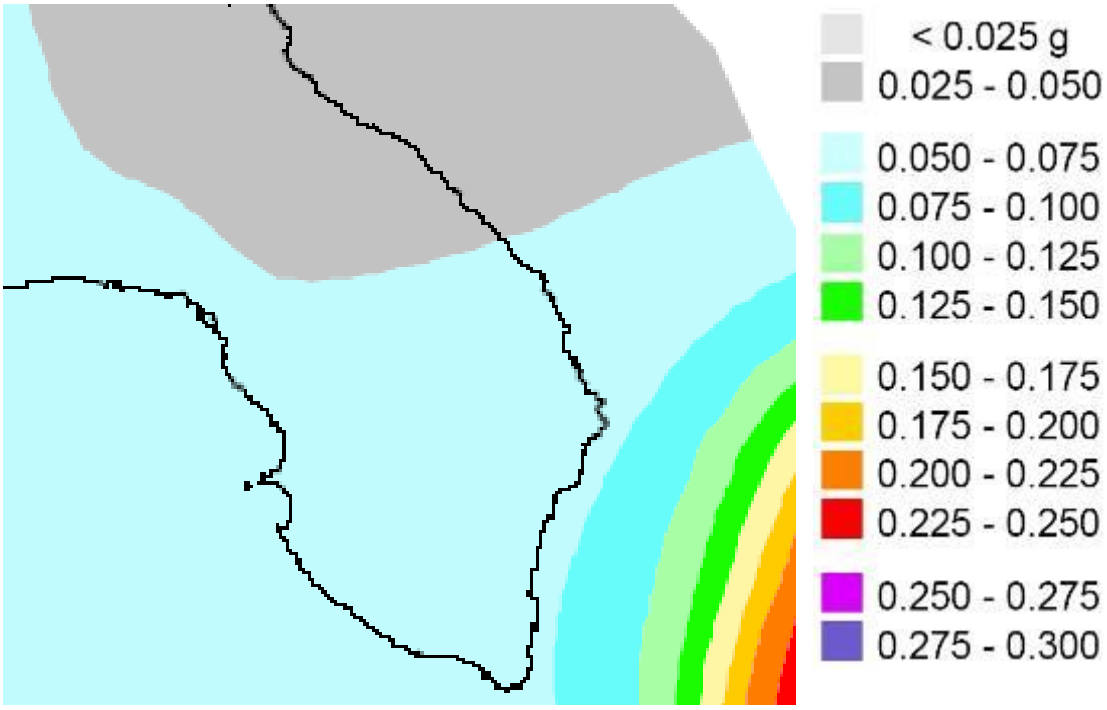


Fig. 5 – Stralcio dalla Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale allegata all'O.P.C.M. n. 3519/2006.

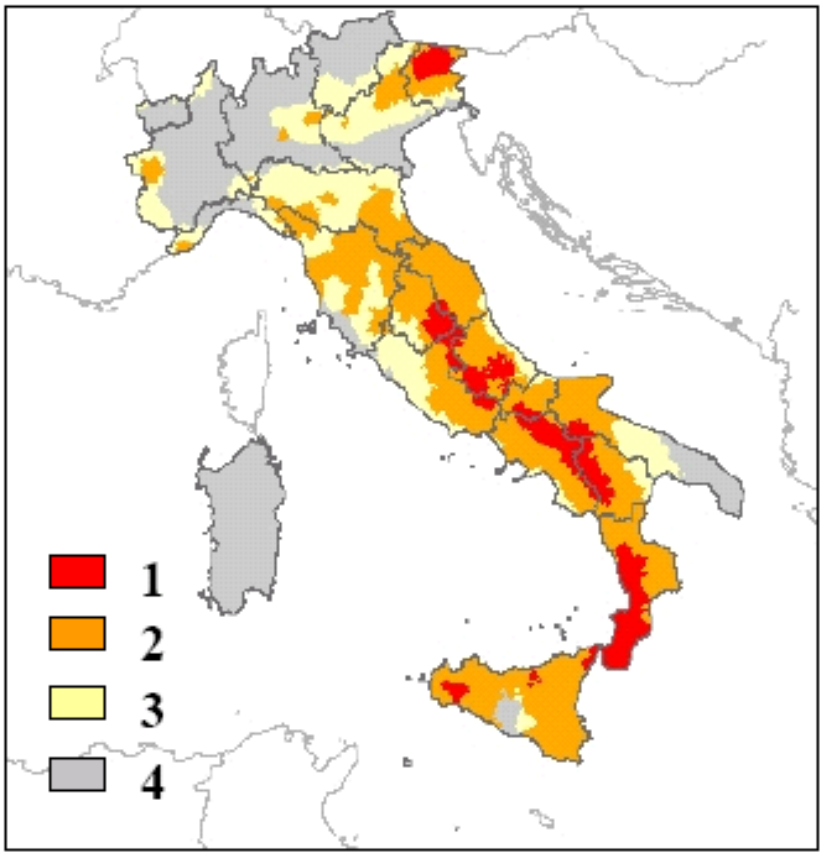


Fig. 6 – Stralcio dalla Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale allegata all'O.P.C.M. n. 3519/2006.

Tabella 4.1 - Zone sismiche, valori di a_g e pericolosità

Zona	Valore di a_g	Grado di pericolosità
1	0,35g	E' la zona più pericolosa dove possono verificarsi forti terremoti.
2	0,25g	Nei comuni inseriti in questa zona possono verificarsi terremoti abbastanza forti.
3	0,15g	I comuni interessati in questa zona possono essere soggetti a scuotimenti modesti.
4	0,05g	E' la meno pericolosa. Nei comuni inseriti in questa zona le possibilità di danni sismici sono basse.

Nel rispetto degli indirizzi e criteri stabiliti a livello nazionale la Regione Puglia ha emanato la *Deliberazione di Giunta Regionale 2 marzo 2004, n. 153* con la quale ha provveduto alla prima, benché temporanea, riclassificazione sismica del territorio regionale. L'Allegato 1 di tale deliberazione classifica tutti i comuni pugliesi nelle 4 zone sismiche.

Il territorio comunale di Gallipoli rientra in *zona sismica 4* ovvero la meno pericolosa, con basse possibilità di danni sismici.

5. PROPRIETA' GEOTECNICHE E STABILITÀ DELLE SCARPATE

5.1 Considerazioni preliminari

La previsione delle problematiche inerenti la stabilità delle scarpate perimetrali delle aree di cava costituisce un capitolo assai importante nell'ambito della gestione tecnica dell'attività estrattiva, sia in fase di coltivazione che in fase di sistemazione e di recupero ambientale finale.

Le tipologie di dissesti potenzialmente realizzabili in terreni sciolti ed in rocce lapidee presentano differenze sostanziali: mentre il comportamento meccanico dei terreni sciolti risulta regolato principalmente dalle loro caratteristiche mineralogiche, granulometriche e tessiturali (meccanica delle *terre*); la stabilità di un pendio roccioso è invece fortemente condizionata più che dalle proprietà intrinseche dei materiali lapidei da fattori di ordine strutturale e da fenomeni di alterazione e degradazione (meccanica delle *rocce*).

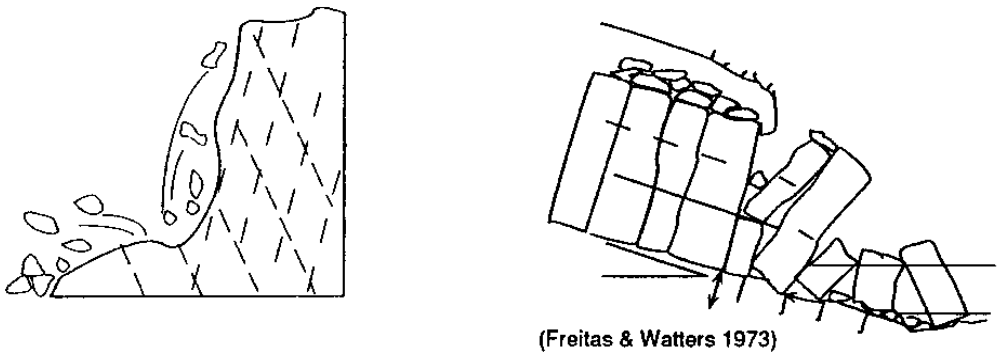
Nel caso di scarpate in roccia particolare importanza assumono i piani di discontinuità presenti in seno all'ammasso roccioso (superfici di stratificazione, giunti di fratturazione, faglie, ecc.): il numero, la densità, l'orientazione, la spaziatura, la giacitura e le caratteristiche (rugosità, continuità, apertura, ecc..) di tali discontinuità, nonché la presenza di materiale fine di riempimento o di acqua, sono tutti parametri che influiscono in vario modo sulla stabilità della scarpata.

Superfici di stratificazione e giunti di fratturazione suddividono infatti l'ammasso roccioso in elementi volumetrici di forma e dimensioni variabili: in base ai rapporti giaciturali dei suddetti piani di discontinuità ed all'orientazione delle pareti di scavo si possono creare le condizioni di isolamento di blocchi potenzialmente instabili ed in grado di originare fenomeni di *"crollo"*, di *"ribaltamento"* e di *"scivolamento"*.

I crolli interessano massi e frammenti di varie dimensioni che, superata la condizione di equilibrio, divengono instabili e scorrono verso il basso con estrema rapidità (*Fig. 7a*). Il fenomeno comprende la caduta libera, il movimento a salti e rimbalzi ed il rotolamento di frammenti di roccia.

I distacchi di blocchi per ribaltamento (*Fig. 7b*), assai pericolosi e frequenti lungo il

fronte di abbattimento delle cave, sono movimenti dovuti a forze che causano un momento ribaltante attorno ad un punto di rotazione situato al di sotto del baricentro della massa interessata. Sono di norma collegati alla presenza di sistemi di fratture sub-verticali e si verificano preferenzialmente in corrispondenza del ciglio superiore delle scarpate, ove la roccia risulta sensibilmente alterata ("cappellaccio" di alterazione) e le fessure aperte e riempite di materiale fine (terreno vegetale, terra rossa).

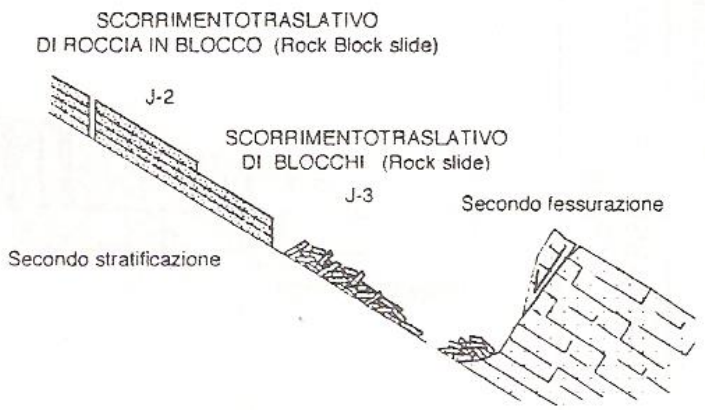


a) CROLLO b) RIBALTAMENTO

Fig. 7 a-b

I movimenti di scivolamento o di scorrimento (*Fig. 7c*) comportano uno spostamento per taglio lungo una o più superfici oppure dentro un livello abbastanza sottile.

Gli scorrimenti che interessano gli ammassi rocciosi sono di tipo traslativo. Il movimento dei materiali si verifica lungo una superficie più o meno piana o debolmente ondulata corrispondente a discontinuità strutturali, quali giunti di fratturazione o faglie, oppure a superfici di stratificazione. In tale tipo di situazione la giacitura dei piani di stratificazione assume infatti un'importanza notevole ai fini della stabilità della scarpata. Strati sub-orizzontali o con giacitura a "reggipoggio" determinano situazioni favorevoli alla stabilità; al contrario, un assetto a "franapoggio" (strati inclinati verso il fronte di scavo) può innescare, in presenza di giaciture sufficientemente inclinate (pendenza degli strati ≥ 20°), movimenti di scivolamento di blocchi sia su piccola che su grande scala.



c) SCORRIMENTO TRASLATIVO

Fig. 7 c

In linea generale, nell'ambito dell'intero territorio pugliese le cave attestate in roccia calcarea o calcarenitica non presentano di norma situazioni o fenomeni di particolare instabilità: ciò è in prevalenza legato alla presenza di giaciture quasi sempre sub-orizzontali, o comunque debolmente inclinate.

Dissesti di minore entità (distacco, ribaltamento o scorrimento di blocchi di modeste dimensioni volumetriche) sono, al contrario, possibili e frequenti essendo legati sia allo stato di fratturazione dell'ammasso roccioso che al rinvenimento di strutture e fenomenologie carsiche (cavità, sacche di terra rossa) o alla presenza di irregolarità del grado di cementazione della roccia (nel caso di ammassi calcarenitici).

Le verifiche di stabilità di scarpate in roccia non possono dunque prescindere dalla disponibilità di dati precisi relativi alle condizioni strutturali dell'ammasso roccioso e, in particolare, di quei parametri giaciturali e descrittivi (direzione, immersione, inclinazione, spaziatura, apertura, continuità, riempimento, ecc.) in grado di caratterizzare i principali piani di discontinuità che lo interessano (superfici di stratificazione e giunti di fratturazione).

5.2 Stabilità delle scarpate in roccia calcarenitica

I litotipi presenti nell'area in esame sono ascrivibili interamente alla formazione geologica delle *"Calcareniti del Salento"* (Pleistocene).

Dal punto di vista litologico si tratta di calcareniti organogene di colore giallastro, a

grana medio-grossolana e con grado di cementazione elevato (*"carparo"*).

I dati disponibili in letteratura, relativi a tali litotipi forniscono i seguenti intervalli di valori dei parametri fisico-meccanici più rappresentativi:

- Peso specifico reale	2.65÷ 2.72 g/cm^3
- Peso di volume	1.33÷1.79g/cm^3
- Coefficiente d'imbibizione	11÷29.4%
- Coefficiente di porosità	0.36 ÷ 0.50
- Resistenza a compressione	46÷79 kg/cm^2

Come si può osservare, si tratta di caratteristiche tecniche che, alla scala del campione di roccia, risultano generalmente di alto livello qualitativo.

Anche assumendo per le calcareniti in esame un valore di resistenza a compressione semplice molto più basso dei valori consueti (σ'_r pari a 46 kg/cmq si può ricavare il legame esistente tra coesione ed attrito:

$$c' = \sigma'_r/2\ [1/tg(45°+Ø/2)] \qquad (1)$$

Assumendo un valore di Ø = 35°, si ottiene una coesione apparente di:

$$c' \sim 12\ kg/cmq$$

Nel valutare la stabilità di pareti in roccia non si può prescindere, tuttavia, dal considerare anche l'influenza delle discontinuità strutturali quali piani di strato e fratture.

A tale aspetto è legata la difficoltà della non corrispondenza tra i valori della coesione "apparente" *(c')*, calcolati partendo dai risultati di prove di compressione uniassiale su campioni di roccia, e la coesione effettiva *(c_r)* attribuibile all'ammasso roccioso nel suo complesso.

Appare chiaro che la coesione ricavabile dai risultati di prove di laboratorio rappresenta, nella maggior parte dei casi, il valore di picco che è molto più elevato di quello residuo che in genere agisce lungo le discontinuità strutturali, vale a dire lungo i potenziali piani di rottura e mobilitazione delle masse rocciose instabili.

Secondo i risultati delle elaborazioni statistiche effettuate da MANEV e AVRAMOVA-TACHEVA (1970), il rapporto tra coesione effettiva e coesione apparente è legato al numero di discontinuità per metro lineare *(i)* dalla seguente relazione:

$$c_r/c' = 0{,}114\ e^{-0{,}48(i-2)} + 0{,}02 \qquad (2)$$

In relazione al numero di superfici di discontinuità il rilevo geologico-strutturale condotto in corrispondenza dell'area di cava adiacente al sito di progetto (*Foto 2*) ha evidenziato, tuttavia, la quasi assenza di giunti di strato netti ed evidenti.

Sostituendo nella (2) il valore di *c'* precedentemente calcolato ed assumendo, per la roccia calcarenitica in questione, un numero cautelativo di discontinuità per metro lineare *i = 1* (roccia massiva stratificata e non fratturata), si ricava la coesione effettiva c_r che, nel caso specifico, è di poco superiore a 2,45 kg/cmq (*Tab. 5.1*).

Secondo la trattazione di Terzaghi (1943) è possibile stimare il valore dell'altezza critica di una scarpata in un terreno omogeneo, dotato di coesione e attrito. Secondo la teoria di Rankine la condizione di sforzo massimo si produce secondo una superficie inclinata di un angolo pari a 45° + Ø/2 passante per il piede della parete di scavo.

La relazione per determinare l'altezza critica diventa:

$$h_c = 4c'/\gamma' \times \tan(45°+Ø/2)$$

Nel nostro caso avremo *(Tab. 5.2)*:

$\gamma' = 1{,}7$ t/mc

$c' = c_r = 2{,}45$ t/mq

Ø = 35° (angolo di attrito lungo i giunti)

sostituendo avremo:

$$h_c = 111 \text{ m}$$

Pertanto, per i fronti di scavo saranno soddisfatte le condizioni di stabilità per altezze sino a circa una cinquantina di metri. Avendo effettuato l'analisi di stabilità con parametri ampiamente cautelativi e prudenziali, si può indubbiamente affermare che tutte le scarpate in roccia calcarenitica (previste con un'altezza massima di 7 metri) non presenteranno rischi di instabilità considerate le buone caratteristiche geotecniche e di compattezza che caratterizzano detta roccia ("Calcareniti del Salento") e la presenza di giaciture monoclinali non in grado di originare situazioni o configurazioni (tipo franapoggio) pregiudizievoli ai fini della stabilità. Si raccomanda di procedere sempre e comunque alla "pulizia" dei bordi superiori delle scarpate ed al disgaggio di tutti i massi o cunei di roccia isolati, pericolanti o potenzialmente instabili.

Tab. 5.1 - Stabilità scarpata verticale in roccia:calcolo del valore di attrito e di coesione residua (MANEV e AVRAMOVA-TACHEVA - 1970)

Peso di volume (γ)	0,0017	(kg/cmc)
Resistenza a compressione (σ_r)	46	(kg/cmq)
Angolo di attrito roccia (ϕ')	35	(°)
Tg (45 + ϕ/2)	1,92	
Coesione apparente (c')	12	(kg/cmq)
N° di discontinuità x ml (i)	1	
Angolo di attrito lungo i giunti (ϕ_m)	35	(°)
Tg (45 + ϕ_m/2)	1,92	
Coesione residua (c_r)	2,45	(kg/cmq)

Tab. 5.2 - Stabilità scarpata verticale in roccia calcarenitica: calcolo dell'altezza critica secondo Terzaghi (1943)

Peso di volume (γ)	**0,0017**	**(kg/cmc)**
Resistenza a compressione (σ_r)	**46**	**(kg/cmq)**
Angolo di attrito roccia (ϕ')	**35**	**(°)**
Tg (45 + ϕ/2)	**1,92**	
Coesione apparente (c')	**12**	**(kg/cmq)**
N° di discontinuità x ml (i)	**1**	
Angolo di attrito lungo i giunti (ϕ_m)	**35**	**(°)**
Tg (45 + ϕ_m/2)	**1,92**	
Coesione residua (c_r)	**2,45**	**(kg/cmq)**
<u>Altezza critica</u> (Hc)	**111**	**(m)**

6. CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

6.1 Idrografia superficiale

Le condizioni morfologico-strutturali del territorio e la composizione litologica delle formazioni affioranti fanno sì che l'area in esame sia caratterizzata dalla totale assenza di un reticolo idrografico, anche allo stadio giovanile, che testimoni la presenza di un deflusso superficiale significativo (cfr. *Estratto dalla Carta Idrogeomorfologica dell'AdB Puglia*).

6.2 Acque sotterranee

Le caratteristiche litologiche e di permeabilità delle formazioni presenti nell'area, unitamente alla distribuzione spaziale delle stesse ed all'assetto strutturale, condizionano sia la distribuzione degli acquiferi che la circolazione idrica sotterranea. Nell'area si distinguono due differenti falde acquifere sotterranee poste in successione a partire dall'alto:

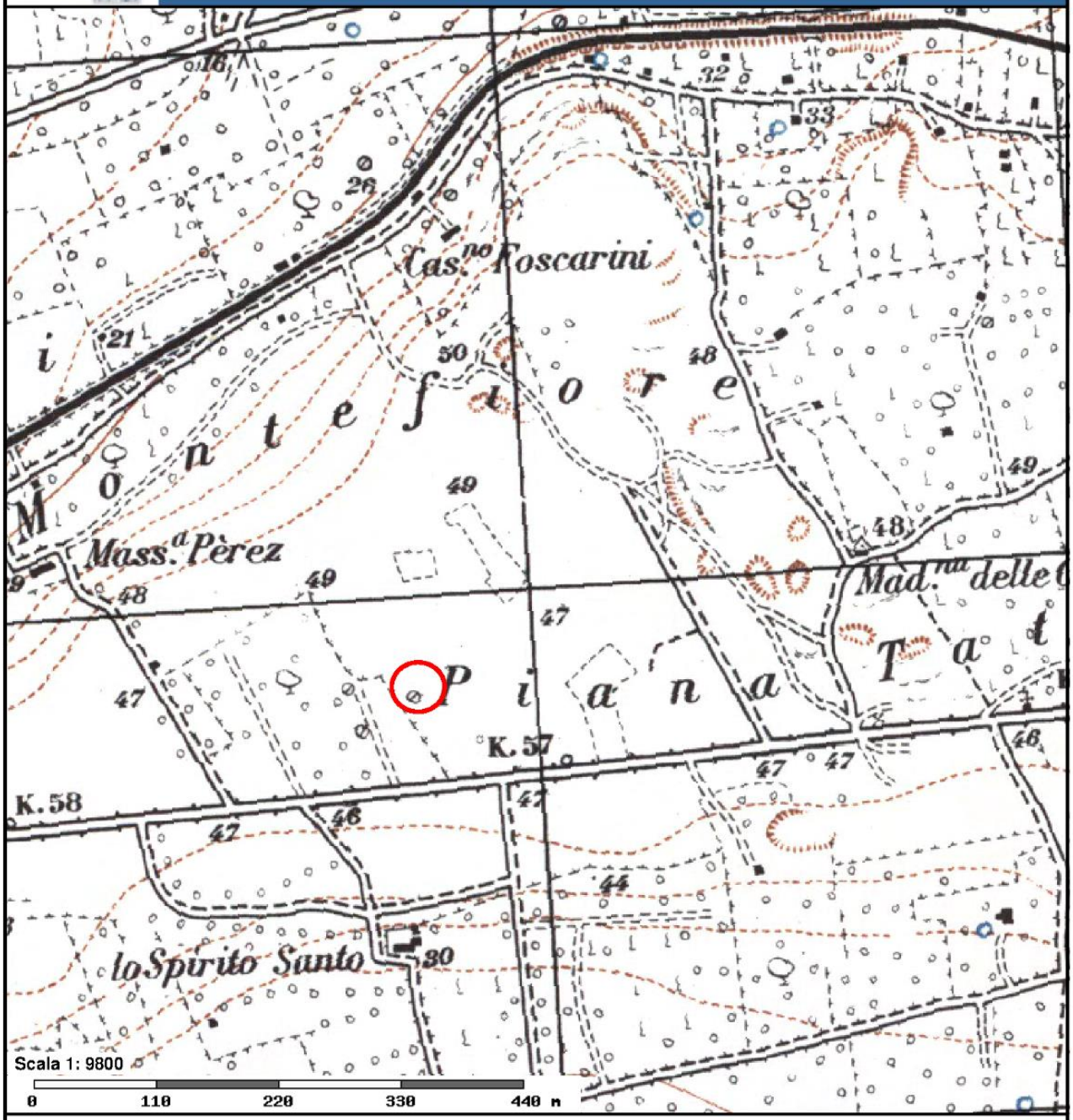
- la *falda superficiale* circola a pelo libero nell'ambito dei depositi calcarenitici pleistocenici (*"Calcareniti del Salento"*) essendo sostenuta, alla base, dalla coltre limoso-argillosa presente in seno alla medesima formazione;
- la *falda profonda* è presente nell'ambito dei calcari mesozoici (*"Calcari di Melissano"*).

6.2.1 Falda superficiale

I terreni calcarenitici diffusamente affioranti nell'abitato di Gallipoli ospitano una falda freatica sostenuta, alla base, dalle argille pleistoceniche.

La zona di ricarica della falda (alimentata essenzialmente dalle precipitazioni meteoriche) è situata nell'entroterra, cioè nei dintorni di Alezio, dove, peraltro, si ha anche una ricarica artificiale dovuta all'irrigazione dei terreni con l'acqua proveniente dai pozzi attestati nella falda profonda. Lo spessore dell'acquifero, pari a circa 10 metri nelle aree più interne (zona di Alezio), si riduce via via sino ad arrivare a pochi decimetri lungo la costa.

Estratto dalla Carta Idrogeomorfologica dell'AdB Puglia



Forme ed elementi legati all'idrografia superficiale

Corsi di acqua

- Corso d'acqua
- Corso d'acqua obliterato
- Corso d'acqua episodico
- Corso d'acqua tombato

Cartografia di base

Il livello statico della falda è di norma fortemente condizionato dalle precipitazioni atmosferiche. In occasione dei periodi piovosi (autunno-inverno), il livello freatico si innalza anche di 1 metro nelle zone a monte e sino a 0,5 metri nella zone costiere.

Il deflusso della falda è di tipo radiale divergente, con due principali assi di scorrimento in direzione NW e SW. La falda defluisce dunque verso mare, dando origine, lungo la costa, a varie manifestazione sorgentizie.

Lungo il tratto di costa a nord di Gallipoli, esiste, infatti, una serie di scaturigini localizzate lungo il contatto stratigrafico tra i terreni sabbioso-calcarenitici e le argille. Le portate erogate nei periodi di massima piovosità sono dell'ordine di circa 0,10÷0,20 l/s per ogni piccola sorgente.

In altri luoghi, il recapito a mare della falda si nota invece essenzialmente per l'esistenza di alcuni punti di scaturigine posti a pochissima distanza dalla riva, dove l'acqua risulta molto più fredda.

Nella *Cata idrogeologica* è riportato l'andamento delle isofreatiche di tale falda superficiale. Nell'area interessata dalla cava in progetto, il valore dell'isofreatica è dell'ordine di +14 metri s.l.m., ovvero la falda superficiale si rinviene a profondità attorno a 31 metri dall'attuale piano di campagna (cfr. *Tav. 14*).

6.2.2 Falda profonda

La *"falda acquifera profonda"* è ospitata all'interno delle rocce calcareo-dolomitiche del basamento mesozoico, permeabili per fessurazione e carsismo. Essa è presente in maniera continua in tutto il territorio salentino ed è caratterizzata in molti casi da acque con buone caratteristiche qualitative così da rappresentare una risorsa idrica di fondamentale importanza, in grado di fornire un contributo cospicuo al soddisfacimento del fabbisogno idrico per uso potabile, irriguo o industriale.

Le acque dolci di falda, che permeano le formazioni calcareo-dolomitiche del basamento mesozoico, sono sostenute, alla base, dalle acque marine di invasione continentale: la differenza di densità esistente tra i due corpi idrici determina, infatti, un netto fenomeno di stratificazione salina.

Le acque dolci, più leggere, tendono quindi a "galleggiare" sulle sottostanti acque marine in quanto, in mancanza di fenomeni di perturbazione della falda, si instaura una

situazione di equilibrio non verificandosi alcun fenomeno di miscelamento idraulico (*Fig. 8*).

Acque dolci ed acque marine sono separate, in realtà, da un livello idrico di transizione, denominato *"zona di diffusione"*, caratterizzato da un rapido incremento verticale di salinità.

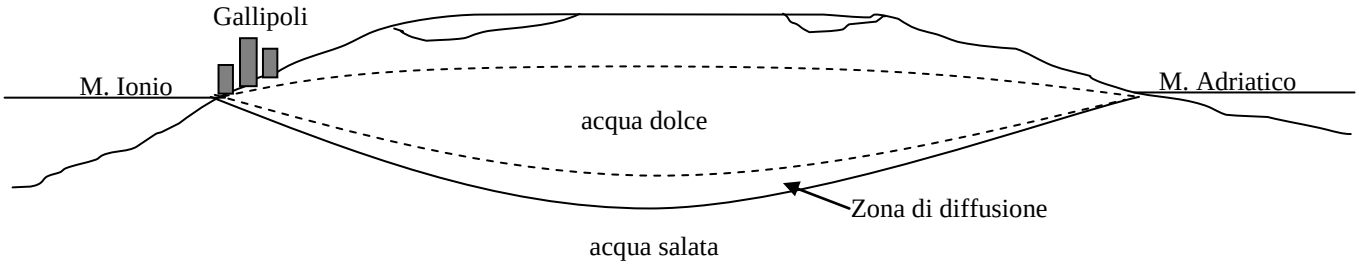


Fig. 8 - Sezione idrogeologica schematica della Penisola Salentina.

L'equilibrio che determina la separazione dei due livelli idrici (acque dolci ed acque salate) può, tuttavia, essere alterato dal prelievo di acque di falda, qualora questo sia effettuato in maniera errata, incontrollata e dissennata, ad esempio con portate di emungimento eccessive rispetto a quanto permettano le condizioni idrogeologiche locali, oppure con pozzi troppo ravvicinati o mal realizzati (per esempio troppo profondi).

La falda profonda, alimentata in prevalenza dalle acque meteoriche infiltratesi nel sottosuolo, è caratterizzata, nell'intera provincia di Lecce, dalla presenza di modesti carichi idraulici.

I valori più alti di carico idraulico (circa + 3 metri sul l.m.m.) si registrano nelle zone più interne della Penisola Salentina: a partire da tali aree il livello piezometrico della falda si abbassa progressivamente, con cadenti piezometriche molto basse (0,1 ÷ 2,5%), in direzione delle zone costiere, ove esso tende a raccordarsi con il livello marino.

Il deflusso della falda profonda si esplica infatti essenzialmente in direzione del mare, ove le acque di falda normalmente si riversano, in maniera diffusa o concentrata, attraverso sorgenti costiere e/o polle sottomarine.

Sia i modesti carichi idraulici che le bassissime cadenze piezometriche confermano, in linea generale, l'elevata permeabilità media dell'acquifero carbonatico ospitante la falda profonda.

La ricostruzione dell'andamento della superficie piezometrica della falda profonda in corrispondenza del territorio in esame (cfr. *Carta idrogeologica*) è stata eseguita sulla base dei dati riportati nel Piano di Tutela delle Acque della Regione Puglia. Sulla base dei dati acquisiti si è potuto constatare che nel territorio in esame il valore del livello piezometrico si pone attorno a 1,0 metro s.l.m. ovvero detta falda, una volta intercettata, risale e il suo livello si stabilizza a profondità dell'ordine di 44 metri dal piano di campagna originario (cfr. *Sezione idrogeologica*). Il deflusso delle acque di falda si esplica da E verso W ovvero in direzione del Mare Ionio che ne rappresenta il livello di base.

Lo spessore del livello di acque dolci, legato al carico idraulico della falda da un rapporto di proporzionalità diretta, può essere stimato mediante la *legge di Ghyben-Herzberg*, esprimibile nella formula:

$$H = [\rho_d / (\rho_m - \rho_d)] * h \quad H\ 40 * h$$

dove H è la profondità dell'interfaccia acqua dolce–acqua salata, ρ_d è la densità dell'acqua dolce (~1,0028 g/cm^3), ρ_m è la densità dell'acqua marina (~1,027 g/cm^3) ed h è il carico piezometrico della falda.

Considerando che, nell'area in esame, i carichi idraulici sono dell'ordine di circa 1,0 metri sul l.m.m., è presumibile che la falda profonda presenti localmente uno spessore di acque dolci dell'ordine di una ventina di metri.

Essendo nell'area in esame l'acquifero carbonatico mesozoico dislocato ben al di sotto del l.m. (cfr. *Sezione idrogeologica*), la falda profonda, mantenuta in pressione dalle argille pleistoceniche, risulta contaminata dalle acque marine di invasione continentale.

7. RAPPORTI STRATIGRAFICI TRA LE FORMAZIONI E SUCCESSIONE DEGLI ACQUIFERI

Alla luce dei dati desunti dal rilevamento geologico di superficie e dalle stratigrafie di alcuni pozzi perforati nel passato nell'intorno dell'area in esame è stata elaborata la *Sezione idrogeologica* da cui si possono trarre i rapporti stratigrafici tra le formazioni presenti nel sottosuolo, nonché la successione degli acquiferi saturi. L'analisi di tale ricostruzione indica quanto segue:

- nell'area in esame a partire dal piano di campagna originario (+45 m s.l.m.) è presente dapprima una successione di calcareniti e calciruditi organogene ben cementate e tenaci, di colore giallo-marroncino, contenenti frammenti rimaneggiati di Artica islandica (Linné), note con il nome commerciale di "carparo". Tali litotipi sono ascrivibili alla formazione delle *"Calcareniti del Salento"* (Postsiciliano I);
- a partire da 35÷40 metri di profondità circa segue una potente successione di argille limoso-sabbiose di colore variabile dal grigio-azzurro al verdolino, al grigio chiaro, al giallino (*"Argille Subappennine"* - Pleistocene inferiore);
- a partire da una novantina di metri di profondità segue una successione di calcareniti organogene di colore biancastro o grigiastro, a granulometria medio-grossolana e grado di cementazione variabile, di norma mal stratificate, tenere e molto porose (*"Calcareniti del Salento"* - Pleistocene inferiore);
- attorno ai 100 metri dal piano di campagna si rinviene, infine, la successione di calcari e calcari dolomitici irregolarmente fessurati costituenti il basamento carbonatico mesozoico (*"Calcari di Melissano"* – Cretaceo superiore).
- In relazione ai livelli idrici sotterranei, il primo livello acquifero è rappresentato dalla cosiddetta *falda superficiale* circolante, a pelo libero, nell'ambito dei depositi calcarenitici pleistocenici (*"Calcareniti del Salento"*) essendo sostenuta, alla base, dalla coltre limoso-argillosa (*"Argille Subappennine"*). Il suo livello freatico si posiziona attorno a +14 metri s.l.m., ovvero essa si rinviene a profondità dell'ordine di 31 metri dal piano di campagna originario. Il franco di acquifero anidro tra fondo finale della cava di progetto (+24 metri s.l.m.) e superficie freatica è valutabile quindi in 10 metri;
- il secondo livello acquifero è rappresentato dalla cosiddetta *falda profonda* che

permea la successione calcareo-dolomitica del Cretaceo, essendo sostenuta alla base dalle acque marine di invasione continentale. Nella zona di interesse essa scorre in pressione in quanto l'acquifero carbonatico mesozoico è dislocato ben al di sotto del l.m. da parte delle argille pleistoceniche. Una volta intercettata, essa risale e il suo livello piezometrico si stabilizza a quote attorno a +1 metro s.l.m. (ovvero 44 metri dal piano di campagna originario).

8. VALORE DEL COEFFICIENTE DI CONDUCIBILITÀ IDRAULICA E VULNERABILITÀ DELLA FALDA

Le calcareniti quaternarie presenti in affioramento nell'area (*"Calcareniti del Salento"*) sono t*erreni permeabili per porosità d'interstizi* in quanto dotate di una discreta porosità che può superare anche il 40%, sicché hanno valori di permeabilità medi.

8.1 Prove di permeabilità

Per poter definire con il massimo dettaglio possibile la velocità di filtrazione delle acque all'interno della zona vadosa dell'acquifero calcarenitico, condizione necessaria per la corretta valutazione del tempo di percolazione delle acque meteoriche d'infiltrazione, si è proceduto all'esecuzione di n°1 prova di permeabilità in pozzetto a sezione quadrata e pareti verticali appositamente scavato nell'area di progetto. È stata poi eseguita una "prova a carico variabile" riempiendo completamente con acqua il pozzetto e misurando la velocità di abbassamento mediante rilievi freatimetrici a intervalli di tempo noti. Il valore della permeabilità è dato da:

$$k = \frac{h_1 - h_2}{t_2 - t_1} \frac{1 + (2h_m / b)}{(27h_m / b) + 3}$$

dove:

h_m = altezza media dell'acqua nel pozzetto (cm)
b = lato della base del pozzetto a base quadrata (cm)
$t_2 - t_1$ = intervallo di tempo (min.)
$h_1 - h_2$ = variazione del livello d'acqua (cm)

Tutti i dati della prova di assorbimento appositamente condotta sono riportati nel certificato di prova allegato.

Il valore medio risulta pari a **4,0 x 10^{-6} m/s** ciò a conferma che si tratta di un ammasso calcarenitico compatto e poco fessurato.

Dott. Geol. Fabio MACRI' Via Brenta, 31 - 73024 Maglie (LE) Tel. 347-6523624
e-mail: geo.macri@tiscali.it PEC: fabiomacri@epap.sicurezzapostale.it

Committente:	Ditta LU.CA. CAVE s.n.c. di Luigi e Paolo MAURO
Località:	Gallipoli, C.da Mater Gratiae - F. 12 p.lle 6 parte e 40 parte
Progetto:	PROGETTO DI COLTIVAZIONE DELLA CAVA DI CARPARO SITA IN LOCALITÀ "MATER GRATIAE"
Litologia:	calcareniti a grana medio-grossolana, tenaci (carparo)

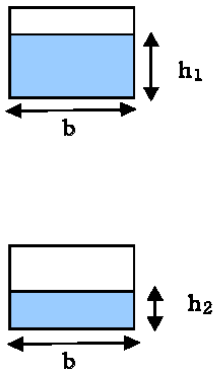
Prova di permeabilità in pozzetto a base quadrata (Prova a carico variabile)

Pozzetto P1

b =	0.90	(m)
h_1 =	0.55	(m)
h_2 =	0.44	(m)
T_1 =	0	(sec.)
T_2 =	3200	(sec.)

h_m = 0.50 (m)

K_1 = 4E-06 (m/s)



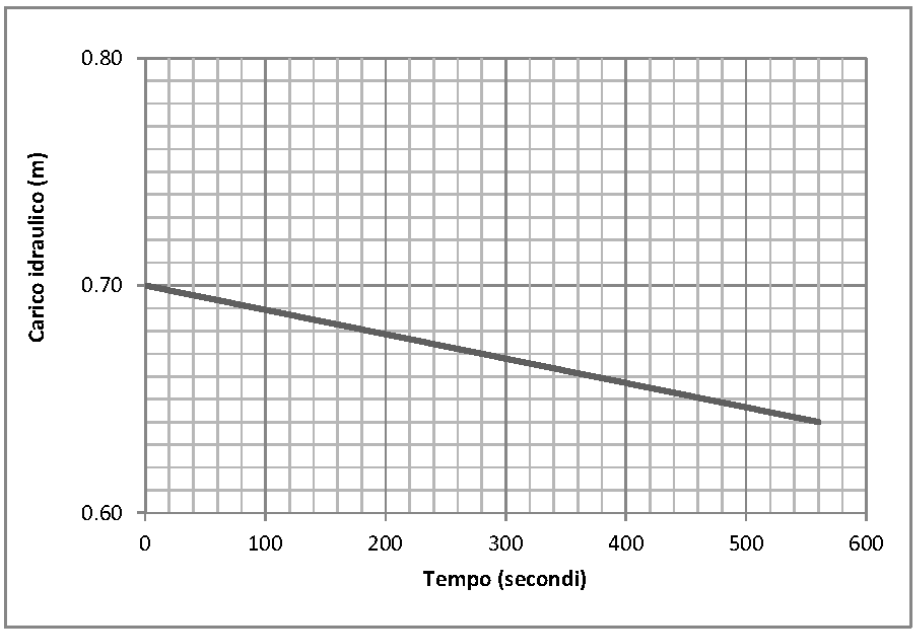
Pozzetto P2

b =		(m)
h_1 =		(m)
h_2 =		(m)
T_1 =		(sec.)
T_2 =		(sec.)

h_m = 0 (m)

K_2 = #DIV/0! (m/s)

$$K = h_1 - h_2/t_2 - t_1 * 1+(2h_m/b)/27*(h_m/b)+3 \quad [m/s]$$



k_m = 4.0E-06 (m/s)

Il pozzetto P1

Riempimento del pozzetto P1

Misurazioni di livello in funzione del tempo

8.2 Vulnerabilità della falda

8.2.1 Definizione del franco di sicurezza

Il fondo finale della cava, sulla base del progetto di coltivazione proposto, sarà posto a una quota di +24 metri sul livello mare. Il livello freatico della *falda superficiale* (1° livello idrico presente nel sottosuolo) è posto a circa +14,0 metri sul l.m.: si ricava che il franco di sicurezza è valutabile in 10 metri. Pertanto, il calcolo del tempo di percolazione che segue nel paragrafo successivo è stato condotto sulla base di tale valore del franco di sicurezza.

8.2.2 Valutazione del tempo di percolazione delle acque meteoriche

Il grado di vulnerabilità della falda idrica sotterranea è legato al concorso di vari fattori di carattere sia morfologico-strutturale che idrogeologico. Alcuni fenomeni di interazione che si creano, nell'ambito della zona anidra, tra sostanze contaminanti eventualmente presenti nelle acque di infiltrazione meteorica e roccia sono in grado, peraltro, di determinare un abbattimento del carico inquinante.

Tali fenomeni, di natura sia chimico-fisica che biologica, sono principalmente rappresentati da effetti filtranti, processi redox e fenomeni di adsorbimento, scambio ionico e biodegradazione.

I suddetti meccanismi d'azione risultano poi chiaramente tanto più efficaci quanto maggiore è il tempo di stazionamento dell'inquinante in zona anidra (tempo di "percolazione"). Il tempo di percolazione delle acque meteoriche dipende da un lato dallo spessore della zona anidra di acquifero e, dall'altro, dalla permeabilità dei terreni che lo costituiscono. La permeabilità è un parametro che a sua volta può variare in funzione di numerosi fattori quali ad esempio il tipo di acquifero, il grado di saturazione e la porosità efficace del terreno, la viscosità e densità del fluido, il gradiente idraulico.

Per quanto concerne il calcolo del tempo di percolazione partiamo dalla legge di Darcy:

$$v = k \cdot i \qquad [1]$$

dove:

v = velocità di filtrazione nell'acquifero

k = coefficiente di permeabilità dell'acquifero

i = gradiente idraulico, nel caso in esame vale 1 essendo la filtrazione verticale

Sostituendo alla velocità *v* il rapporto spazio/tempo (*s*/*t*) ed esplicitando il tempo di percolamento si ottiene che:

$$t = s / k \cdot i \qquad [2]$$

Per il caso in esame risulta che lo spessore di acquifero anidro tra fondo cava e superficie piezometrica è pari a 10 metri. I risultati della prova di permeabilità condotta nell'area di progetto indicano che alla successione calcarenitica ivi presente corrisponde un valore medio del coefficiente di permeabilità pari a 4,0 x 10^{-6} m/s. Sostituendo nella [2] avremo:

$$t = 10\ m\ /4{,}0 \times 10^{-6}\ m/s = 2.500.000\ secondi \sim 29\ gg.$$

Le acque pluviali di infiltrazione impiegheranno un mese prima di giungere in falda, tempo ritenuto sufficiente perché gli effetti filtranti, i processi redox ed i fenomeni di adsorbimento, scambio ionico e biodegradazione dell'acquifero possano assicurare l'abbattimento del carico inquinante eventualmente trasportato dalle acque pluviali.

Maglie, novembre 2019

Dott. Geol. Fabio MACRI'