

STUDIO DI IMPATTO AMBIENTALE
PER IL PIANO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE DELLA
CAVA "GHIARELLA"
DELL'AMBITO ESTRATTIVO COMUNALE OMONIMO
COMUNE DI SAN CESARIO SUL PANARO (MO)

FASCICOLO B
INQUADRAMENTO PROGETTUALE

PIANO DI COLTIVAZIONE E SISTEMAZIONE

B.3' RELAZIONE GEOLOGICA E GEOMINERARIA

Maggio 2014

Revisione gennaio 2015

PROPONENTE

GRANULATI DONNINI S.P.A
VIA CAVE MONTORSI, 27/A
41126 SAN DAMASO (MO)
C.F. E P.IVA 02242950364
TEL 059.468681 FAX 059.468145
LEGALE RAPPRESENTANTE MARIA DONNINI

GRUPPO DI LAVORO

Coordinamento del progetto: Dott.ssa Geol. Claudia Borelli

Dott.ssa Geol. Laura Fantoni

Ing. Andrea Bergonzini

Dott. Agr. Roberto Salsi

Tecnico competente in acustica Dott.ssa Michela Malagoli

INDICE

Indice	2
Elenco Allegati	2
1 Inquadramento Geologico.....	3
1.1. SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)	3
1.1.1. Subsistema di Ravenna (AES8).....	4
1.1.2. Unità di Modena (AES8a).....	4
2 Idrografia	7
3 Idrogeologia	8
3.1. ACQUIFERI DELLA PIANURA PADANA.....	8
3.1.1. Gruppo Acquifero A.....	9
3.1.2. Gruppo Acquifero B.....	10
3.1.3. Gruppo Acquifero C.....	10
3.2. ACQUIFERI	11
4 VALUTAZIONE DEL GIACIMENTO.....	13
5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E GEOMECCANICHE	18

ELENCO ALLEGATI

Allegato 1 Stratigrafia dei sondaggi a carotaggio continuo

Allegato 2 Carta geologica della zona (estratto dalla cartografia CARG della Regione Emilia Romagna)

I INQUADRAMENTO GEOLOGICO

Il comune di San Cesario sul Panaro si trova nella zona più alta della pianura modenese, in prossimità del margine appenninico ed i terreni che affiorano sono unità geologiche quaternarie appartenenti alla Successione neogenico-quaternaria del margine padano.

Questi sedimenti sono suddivisi in depositi marini e di transizione di età compresa tra il Messiniano ed il Pleistocene e in depositi continentali di età esclusivamente quaternaria. I sedimenti continentali, che sono affioranti, rappresentano la parte sommitale del riempimento quaternario dell'avanfossa padana. Costituiscono un ciclo sedimentario (Qc in Ricci Lucchi et alii, 1982) che si sovrappone, con un limite inconforme osservabile nelle aree marginali del bacino, sul precedente ciclo quaternario marino (Qm). Tale limite è stato di recente riconosciuto e cartografato (Regione Emilia - Romagna & ENI - AGIP, 1998) in tutto il sottosuolo padano emiliano - romagnolo in base a profili sismici e a dati di sondaggi; la sua età, definita sulla base di correlazioni su base sismica con le aree adriatiche, è stata fissata a circa 650ka B.P.. Lo spessore di questi sedimenti continentali varia dai pochi metri delle aree del margine appenninico ai 300 m ed oltre delle aree poste a NE. Questo diverso spessore appare legato alla differente subsidenza delle strutture profonde (vedi forme strutturali).

In una recente nota (Regione Emilia-Romagna & ENI-AGIP, 1998) è stata proposta l'istituzione del Supersistema Emiliano-Romagnolo comprendente l'intero spessore dei sedimenti continentali. Il supersistema è a sua volta suddiviso in due sistemi (Sistema Emiliano-Romagnolo inferiore e Sistema Emiliano-Romagnolo superiore), separati da una discontinuità rilevabile nelle aree marginali della pianura, discontinuità che è legata ad una fase tettonica di importanza regionale.

1.1. SINTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE (AES)

Comprende la maggior parte dei depositi continentali affioranti nella zona di margine collinare ed è stata suddivisa in posizioni intravallive, in cinque allomembri; ognuno di loro è costituito da uno o più terrazzi. Per quanto riguarda le più recenti di tali unità allostratigrafiche (AES8, allomembro di Ravenna e AES7b, unità di Vignola), esse sono state correlate in modo diretto con quelle individuate nel sottosuolo.

Nel sottosuolo sono stati individuati quattro cicli "fini-grossolani" che in aree costiere corrispondono a cicli trasgressivo-regressivi ed un quinto ultimo ciclo incompleto costituito prevalentemente da depositi fini.

1.1.1. Subsistema di Ravenna (AES8)

La sedimentazione dell'allunità si sviluppa estesamente in condizioni di piana inondabile e rappresenta l'intero spessore dei sedimenti, prevalentemente fini, depositi nell'ultimo postglaciale, sopra l'esteso corpo ghiaioso attribuito all'unità di Vignola.

La litologia prevalente è limoso-argillosa, espressione dei sub-ambienti di argine distale e di bacino interfluviale. Depositi sabbiosi e ghiaiosi, espressione di sub-ambienti di canale e di argine prossimale, si rinvencono in corrispondenza delle principali aste fluviali e torrentizie nell'alta pianura e nelle "valli" (toponimo locale usato per indicare le zone più depresse della pianura).

La sedimentazione in corrispondenza dei torrenti minori, condizionata, come già detto, dall'estesa presenza nei bacini di drenaggio di formazioni a litologia prevalentemente argillosa, è invece caratterizzata dalla totale assenza di detriti grossolani ghiaioso-sabbiosi anche nelle aree poste presso lo sbocco dei corsi d'acqua in pianura.

Per l'allomembro di Ravenna l'ambiente deposizionale di conoide non è espresso con particolare evidenza morfologica: è infatti appena delineata la tipica forma convessa di questi depositi e non si ha la distribuzione estesa e pressochè uniforme delle ghiaie che caratterizza le allunità più antiche allo sbocco delle valli del Secchia, del Tiepido e del Panaro.

Nell'Olocene, età dell'allomembro, si è passati ad una fase di sedimentazione caratterizzata da minori apporti e con distribuzione delle ghiaie molto più localizzata.

Il tetto dell'unità si distingue per la presenza in superficie di un suolo a basso grado di alterazione con profilo minore di 150cm, parzialmente decarbonatato, articolato negli orizzonti A, Bw, Bk e C (entisuoli), con colori di alterazione Munsell degli orizzonti B nelle pagine 10YR-2,5Y (giallo-bruno).

La potenza dell'allomembro di Ravenna non è sempre valutabile da dati di superficie: probabilmente esso supera i 20m. Lo spessore aumenta, oltre che allontanandosi dalla catena, anche allontanandosi dagli assi vallivi principali. Probabilmente questa unità prevalentemente fine aggrada su una topografia più articolata di quella attuale, legata alla precedente fase deposizionale prevalentemente ghiaiosa e a morfologia convessa dell'unità di Vignola.

1.1.2. Unità di Modena (AES8a)

All'interno dell'allomembro descritto sopra è stata distinta l'unità di Modena che rappresenta la porzione superiore dell'allomembro di Ravenna ed è qui definita sulla base della presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione con profilo minore di 100 cm. Esso, non decarbonatato, è articolato

negli orizzonti A, Bw, C, e A, C (entisuoli e inceptisuoli), con colore Munsell di alterazione dell'orizzonte BC nella pagina 2,5Y (grigio-giallastro).

L'alluvialità di Modena fu già cartografata in queste aree da Gasperi et alii (1989) e definita da Cremaschi & Gasperi (1989) come sedimenti depositi in seguito ad episodi alluvionali che seppellirono la città romana di Mutina tra il VI e il VII secolo d.C.. Caratterizzata da uno spessore di alcuni metri, è costituita, come l'allomembro di Ravenna, da depositi grossolani in corrispondenza dei corsi d'acqua principali ed ai piedi della catena e da depositi fini nelle aree più distali.

I depositi attribuiti a questa unità si rinvenivano generalmente in prossimità delle aste fluviali e corrispondono al primo ordine dei terrazzi nelle zone intravallive.



Fig. 1 Estratto dalla carta geologica CARG della Regione Emilia Romagna

L'area si colloca sulla conoide del fiume Panaro dall'area apicale di Marano - Vignola, si sviluppa longitudinalmente per 15 km e presenta una larghezza al fronte di 8 km, la pendenza è pressoché coincidente all'altra unità idrogeologica. Presenta la classica forma sub triangolare con l'apice che si raccorda con il solco vallivo ad una quota di 130-150 m presso Vignola - Marano, e risulta per la maggior parte spostata sulla destra idrografica dell' attuale corso del Fiume.

La conoide del Fiume Panaro deriva dalla sovrapposizione di più conoidi alluvionali di diversa età: le più antiche si riferiscono al Pleistocene medio e superiore, le più recenti che ricoprono quasi completamente le sottostanti sono oloceniche.

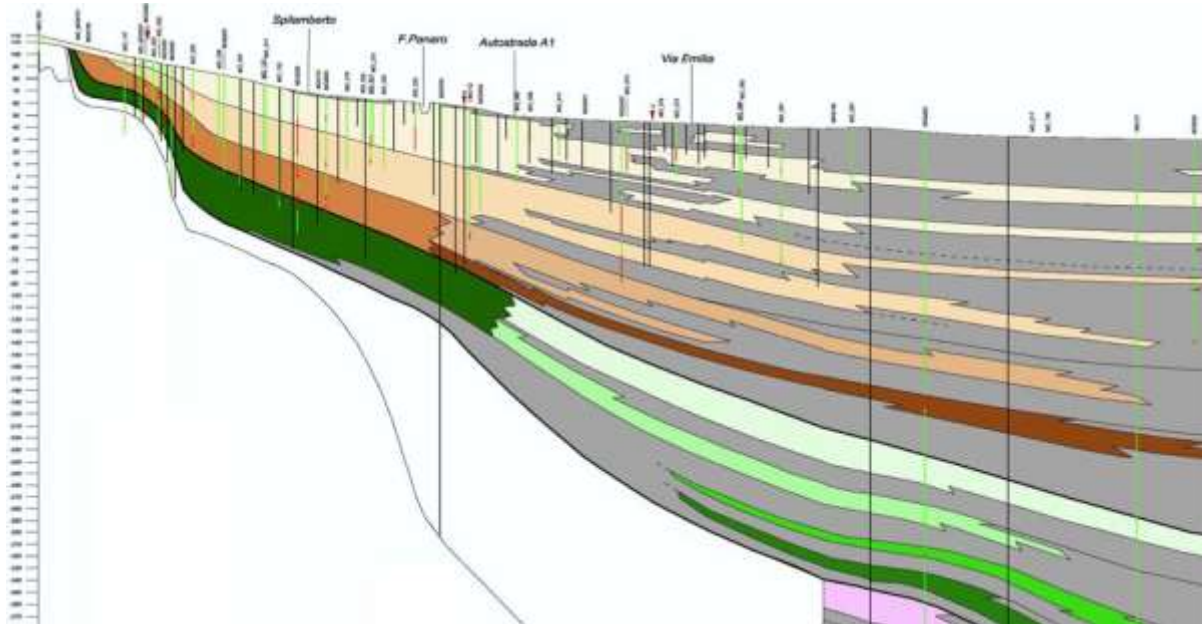


Figura 2 - Sezione geologica della porzione apicale della Conoide del fiume Panaro.

Si può suddividere in tre parti denominate conoide apicale, conoide intermedia, conoide distale.

La conoide apicale è caratterizzata da un livello ghiaioso indifferenziato che va sfaldandosi verso valle, testimone della presenza di strati alternati di ghiaie e sabbie e limi. Questo livello presenta una falda libera che viene alimentata direttamente dal Fiume. La circolazione idrica è elevata, in questo settore avviene la ricarica diretta delle falde dalle infiltrazioni efficaci, per dispersione dagli alvei e dai flussi laterali provenienti dai settori di conoide minore e di conoide pedemontana. Nella conoide apicale il limite superiore della falda corrisponde alla superficie freatica fino all' altezza di San Cesario, mentre più a N, poiché la falda passa a condizioni confinate, corrisponde alle coperture impermeabili.

Il substrato della conoide, affiorante presso il margine collinare è costituito da formazioni marine impermeabili di età pre-pleistocenica media, le quali per motivi strutturali (faglie associate ad una flessura) vengono rapidamente ribassate a nord di Vignola e ricoperte appunto dalle alluvioni della conoide fluviale.

L'alimentazione dalla falda, da parte del Panaro, si ha fino a San Cesario dove si passa nella conoide intermedia.

Nella conoide intermedia e distale il Panaro non alimenta più la falda e con il procedere verso la pianura ai sedimenti ghiaiosi si alternano peliti sempre più potenti e frequenti allontanandosi dall'apice; la transizione ai sedimenti fini della pianura alluvionale avviene quindi in modo graduale. La ricarica globale della falda è stata stimata circa uguale al medesimo ordine di grandezza ($3 \text{ m}^3/\text{s}$) dei prelievi fatti dalle falde tenendo conto dei deflussi verso l'acquifero frontale alla conoide e del drenaggio, prevalente sull'infiltrazione, determinato dal Fiume Panaro a valle di San Cesario, il bilancio può considerarsi tendenzialmente in deficit. Il deficit è testimoniato dall'abbassamento delle quote della superficie piezometrica, dal 1950 ad oggi: 5-6 m ed oltre nell'alta pianura dove la falda è libera; 1-2 m nella conoide distale. Tale abbassamento ha determinato la scomparsa di numerosi fontanili. Il deficit di bilancio della falda, oltre che dai prelievi, è stato determinato dall'abbassamento notevole dell'alveo del Fiume Panaro, sino a 10-12 m, proprio laddove questo è in connessione idraulica con la falda, diminuendo la ricarica o addirittura trasformando le originarie condizioni infiltranti in drenanti.

2 IDROGRAFIA

Non sono presenti nell'area corsi d'acqua significativi, e l'idrografia locale è limitata alla presenza di fossi e canali legati all'attività agricola condotta nella zona.

Le caratteristiche idrologiche dell'area hanno subito notevoli modificazioni con la costruzione dell'A1 ed all'interno dell'AEC "Ghiarella", nella parte già scavata e recuperata a piano ribassato, che è stata una delle più importanti cave di prestito per la realizzazione del tracciato.

Il drenaggio superficiale dell'area non ribassata è assicurato da un fosso che scorre sulla ex via Ghiarella, sul confine fra i mappali 9 e 67, e che, prima dell'intervento estrattivo, è stato tombato con un tubo in cemento del diametro d 60 cm. Il sopralluogo nell'area ha permesso di individuare il medesimo fosso di raccolta delle acque superficiali (presumibilmente ricostituito in seguito) che continua a drenare in direzione perpendicolare all'A1 i terreni in esame, e che attraversa il tracciato dell'autostrada emergendo sempre in corrispondenza della zona industriale a N dell'A1, proseguendo nel ramo N di via Ghiarella (via interrotta dal tracciato dell'autostrada).

A N dell'intera zona è presente inoltre il fosso di scolo dell'autostrada che ha deflusso nel fosso Ghiarella che, intubato, passa sotto l'autostrada con un diametro di 70 cm e sbocca N di essa in corrispondenza della Fabbrica Emiliana Rottami.

Non sono presenti altri fossi di scolo ben individuabili nel territorio e che quindi possano avere una funzione costante di dreno dell'area durante l'anno.

È presente infine un piccolo lago all'interno della ex cava Ghiarella oggi centro sportivo, situata all'interno del mappale 67.

3 IDROGEOLOGIA

La maggior parte delle acque potabili sotterranee della Regione Emilia-Romagna risiede nei depositi marini e continentali, di età plio-pleistocenica, che costituiscono il riempimento dei Bacino Perisuturale Padano (Bally & Snelson, 1980) legato all'orogenesi dell'Appennino Settentrionale. L'assetto strutturale di questo bacino e la distribuzione della copertura sedimentaria plio-pleistocenica ha permesso che nel sottosuolo della pianura e sul Margine Appenninico Padano si generassero diversi acquiferi che fungono da risorsa idrica per tutta la pianura Padana (Fig. 3).

PRINCIPALI UNITA' STRATIGRAFICHE										ETA' (milioni di anni)	SCALA CRONOSTRATIGRAFICA (milioni di anni)	UNITA' IDROSTRATIGRAFICHE														
AFFIORANTI					SEPOLTE							GRUPPO ACQUIFERO	COMPLESSO ACQUIFERO													
QUATERNARIO CONTINENTALE	TERRE ROSSE, DILUVIUM, ALLUVIUM, TERRAZZI E ALLUVIONI	DILUVIUM p.p.	FORMAZIONE FLUVIO - LACUSTRE	FORMAZIONE DI OLIATELLO	UNITA' DI VILLA DEL BOSCO	UNITA' DI CA' DI SOLA	SUPERSISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO	SISTEMA EMILIANO-ROMAGNOLO SUPERIORE	UNITA' DI BORGO PANIGALE	CRIZZANTE DI FOSSOLO	ALLUVIONI / QUATERNARIO MARINO E SABBIE DI ASTI	~0.12	~0.35-0.45	~0.65	~0.8	~1.0	~2.2	~3.3-3.6	~3.9	PLEISTOCENE SUPERIORE - OLOCENE	PLEISTOCENE MEDIO	PLEISTOCENE INFERIORE	PLIOCENE MEDIO - SUPERIORE	PLIOCENE INFERIORE MIOCENE	A	A1
																										A2
																										A3
																										A4
	QUATERNARIO MARINO	MILAZZANO SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.	SUPERSISTEMA DEL QUATERNARIO MARINO	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SUBSISTEMA QUATERNARIO MARINO 3	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 2	SISTEMA QUATERNARIO MARINO 1	SUPERSISTEMA DEL PLIOCENE MEDIO-SUPERIORE	PLIOCENE MEDIO SUPERIORE																B	B1
MILAZZANO e CALABRIANO p.p. SABBIE di CASTELVETRO p.p. SABBIE GIALLE di IMOLA p.p.		B2																								
CALABRIANO p.p. SABBIE di MONTERICCO FORMAZIONE di TERRA del SOLE p.p.		B3																								
CALABRIANO p.p. FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.		B4																								
P ₂	FORMAZIONE di CASTELL'ARQUATO p.p.																									C1
																										C2
																										C3
																										C4
																										C5
ACQUITARDO BASALE																										

Supersistema dei Quaternario Marino (che in realtà comincia nel Pliocene superiore - sede dell'acquifero intermedio, il Gruppo B), Supersistema Emiliano-Romagnolo (sede dell'acquifero più superficiale, il Gruppo C). Queste tre Sequenze Deposizionali corrispondono ai cicli trasgressivo - regressivi (P2, Qm e Qc) cartografati in affioramento da Ricci Lucchi et Al. (1982) e costituiscono la risposta sedimentaria ad altrettante fasi tettoniche regionali. All'interno di questi sedimenti, sono inseriti i principali acquiferi della Regione, corpi geologici che, grazie alle loro proprietà geometriche e petrofisiche (porosità, permeabilità e compressibilità), svolgono efficientemente le funzioni di serbatoio e condotta per le acque sotterranee.

Dall'analisi del sottosuolo sono stati riconosciuti tre differenti Gruppi Acquiferi separati da barriere di permeabilità di estensione regionale, informalmente denominati Gruppo Acquifero A, B e C a partire dal piano campagna. I tre gruppi acquiferi sono a loro volta suddivisi in tredici unità idrostratigrafiche inferiori, denominate complessi acquiferi. La distinzione tra gruppo acquifero e complesso acquifero è effettuata sulla base del volume immagazzinato (maggiore nel primo), oltre che sullo spessore e sulla continuità areale dei livelli impermeabili delle diverse unità. All'interno di ciascun Complesso Acquifero sono stati delimitati il Sistema Acquifero (Fig. 3 - Marrone per l'acquifero A, verde per il B e rosa per il C), cioè l'unità idrogeologicamente omogenea costituita da serbatoi acquiferi separati da barriere di permeabilità locali, ed il Sistema Acquitardo (in grigio), vale a dire l'unità idrogeologicamente omogenea costituita da sedimenti fini contenenti talora serbatoi di piccola entità.

Il limite acqua dolce-salmastro indica la base degli acquiferi utili. È stato interpolato da un Sistema Acquifero a quello sovrastante, in quanto né i log di resistività né i pozzi per acqua permettono il suo riconoscimento all'interno dei Sistemi Acquitardi. Al di sotto di tale limite i Sistemi Acquiferi sono saturi d'acqua salmastra o salata e pertanto sono stati tutti campiti con il colore blu, a prescindere dal Complesso Acquifero di appartenenza.

3.1.1. Gruppo Acquifero A

Attualmente sfruttato in modo intensivo, è costituito da ghiaie e conglomerati, sabbie e peliti di terrazzo e conoide alluvionale organizzati in strati lenticolari di spessore estremamente variabile, da alcune decine di centimetri a svariati metri, in genere costituiti da un letto di conglomerati eterometrici ed eterogenei, con matrice sabbiosa, talora disorganizzati, talora embriciati, generalmente poco cementati, e da un tetto sabbioso-limoso. La base degli strati è fortemente erosiva. Sono presenti paleosuoli. La potenza dell'unità in affioramento è variabile da qualche metro fino ad alcune decine di metri. Il contatto con le unità idrogeologiche sottostanti B e C e le unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è frequentemente discordante.

L'età di questo Gruppo Acquifero A è attribuita al Pleistocene medio-Olocene.

3.1.2. Gruppo Acquifero B

Sfruttato solo localmente, è costituito da prevalenti argille limose di pianura alluvionale con talora intercalati livelli discontinui di ghiaie e conglomerati eterometrici ed eterogenei e sabbie; sono anche presenti alcuni paleosuoli. La potenza dell'unità in affioramento è variabile da qualche metro fino ad alcune decine di metri. Il contatto sulle unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è frequentemente discordante.

I depositi appartenenti a questa unità risalgono al Pleistocene medio.

3.1.3. Gruppo Acquifero C

Isolato rispetto alla superficie per gran parte della sua estensione, è raramente sfruttato ed è formato da depositi di delta-conoide e marinomarginali costituiti da prevalenti sabbie e areniti, generalmente poco cementate o con cementazione disomogenea, ben selezionate con granulometria media e fine, talora grossolana, in genere ben stratificate e con evidente laminazione incrociata. Spesso sono massive e ricche in bioclasti, con frequenti intercalazioni, da sottili a molto spesse, di conglomerati eterogenei ed eterometrici e di peliti. La potenza dell'unità in affioramento raramente è maggiore di cento metri. Il contatto, sulle unità affioranti lungo il Margine Appenninico Padano è generalmente netto, di tipo erosivo ed in discordanza angolare. I depositi appartenenti a questa unità risalgono al Pliocene inferiore - Pleistocene medio.

Nella zona apicale della conoide il limite superiore dell'acquifero corrisponde con la superficie freatica della falda, mentre verso San Cesario, dove la falda diventa confinata, tale limite corrisponde alla superficie determinata dalle coperture impermeabili. I limiti areali sono invece di più difficile identificazione e corrispondono alle zone di contatto con le conoidi dei corsi d'acqua minori dove la direzione di flusso è variabile nello spazio e nel tempo.

Il limite inferiore dell'acquifero si individua invece al contatto fra i depositi e le argille plioceniche che costituiscono il substrato e sono impermeabili. In realtà non si tratta di un unico acquifero, come già descritto ai paragrafi precedenti, ma piuttosto di un sistema multistrato, con falde in parziale connessione tra loro (aquitardi). Esiste poi una documentata connessione idraulica tra falda e fiume, il quale risulta infiltrante (alimenta la falda) fino all'altezza di San Cesario sul Panaro.

3.2. ACQUIFERI

In prossimità dell'abitato di San Cesario sul Panaro è stata ricostruita una sezione idrostratigrafica (Fig. 4), a partire dalle stratigrafie dei pozzi acquedottistici, che individua gli acquiferi presenti nella zona e a quale profondità essi si trovino. In tale sezione, fatta in direzione E-O, sono riportati i pozzi D1, D5 e D6 della rete dell'acquedotto a monte dell'abitato di San Cesario sul Panaro, a cui si fa riferimento per la descrizione degli acquiferi presenti nel sottosuolo dell'area interessata.

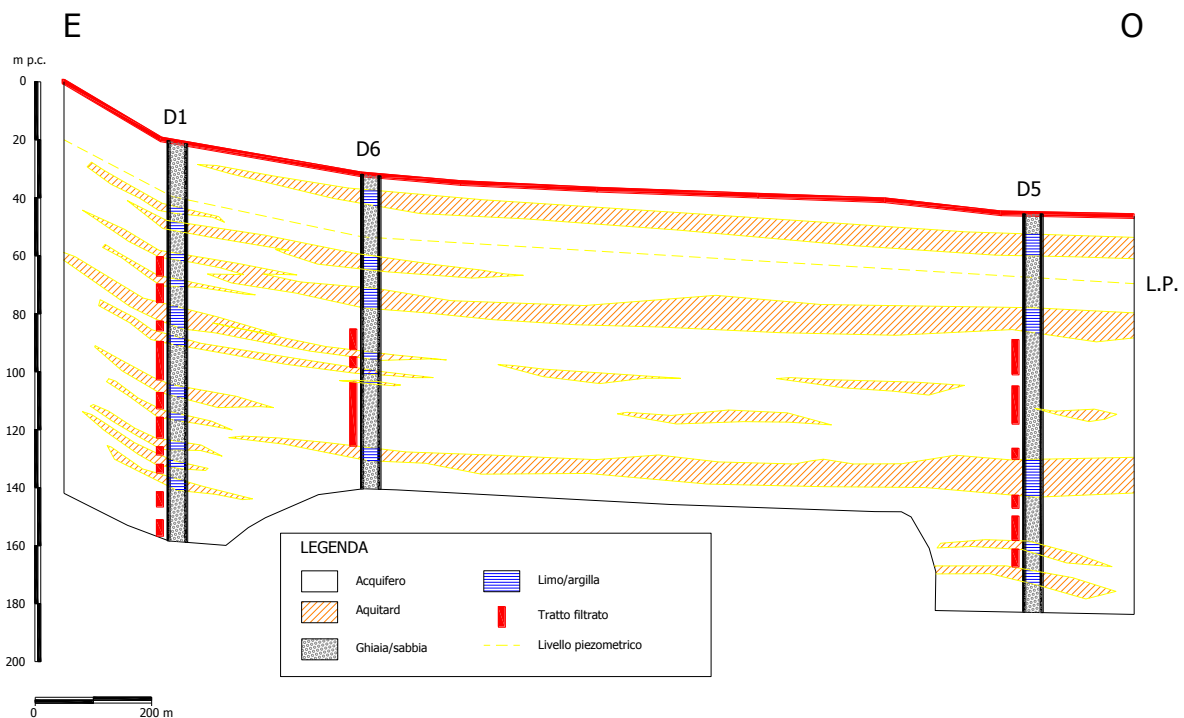


Fig. 4 - Sezione idro-stratigrafica con identificazione degli acquiferi della zona

I pozzi che maggiormente caratterizzano la zona di interesse sono il D1 e D6, mentre il D5 rimane marginale all'area. Questi pozzi non si spingono a profondità molto elevate, non superano infatti i 140/160 m di profondità, attraversando ed arrestandosi all'interno del livello acquifero A.

Questo Gruppo acquifero, la risorsa idrica principale della pianura Padana, raggiunge in questa zona una profondità di circa - 180 m, ma dalla sezione considerata non è possibile determinarne il limite inferiore, che potrebbe spingersi a profondità ben superiori. Considerando la limitatezza dell'area investigata, si presenta verticalmente compartimentato in 3 delle 4 classiche unità idrostratigrafiche del Gruppo Acquifero A riportate in Fig. 3, e lateralmente continuo. È infatti possibile individuare nei tre pozzi in esame le stesse 3 unità idrostratigrafiche che, alternandosi ai livelli acquitardi, hanno spessore compreso fra i 30 e i 60 m.

L'unità idrostratigrafica più superficiale (A1), che va mediamente dalla profondità di 30 m a 60 m, con uno spessore di circa 30 m, è sede della falda superficiale libera, il livello acquifero maggiormente sfruttato a scopo irriguo con pozzi che raggiungono in zona una profondità variabile tra 30 e 50 metri, e la cui alimentazione è da ricollegare prevalentemente in modo diretto al Fiume Panaro e secondariamente dal territorio compreso tra gli abitati di S. Cesario e Vignola. Questo livello acquifero, nella sua porzione più orientale (pozzi D1 e D6), è compartimentato tramite sottili livelli acquitardi di pochi metri di spessore, che perdono continuità man mano che si procede verso O, lasciando spazio ad un unico livello acquifero di circa 40 m di spessore (individuato nel pozzo D5).

La seconda unità idrostratigrafica individuata (A2), compresa fra le profondità di 60 e 120 m, è sede del livello acquifero in pressione, quello direttamente captato dai pozzi acquedottistici. Questa unità riceve apporti dal F. Panaro dalla zona poco a Nord di Spilamberto attraverso un paleoalveo parallelo all'alveo attuale del fiume stesso. È anch'essa, nella sua porzione più orientale compartimentata da molti livelli acquitardi che perdono continuità man mano che si procede verso O, lasciando spazio ad un unico livello acquifero di circa 60 m di spessore (individuato nel pozzo D5).

La terza unità idrostratigrafica individuata (A3), ha il limite superiore ad una profondità di 130 m, ma non è possibile individuarne il limite inferiore, che potrebbe spingersi, in accordo con gli acquiferi della Pianura padana anche a 250 m.

4 VALUTAZIONE DEL GIACIMENTO

Il giacimento è costituito prevalentemente da depositi alluvionali in facies di ghiaie e sabbie fortemente eterometriche, che affiorano a partire da 2-4 m, come mostrano le stratigrafie dei sondaggi a carotaggio continuo eseguiti a corredo del Piano particolareggiato d'Iniziativa Pubblica, riportati in Allegato 1.

Le ghiaie, anche grossolane, hanno abbondante matrice sabbiosa e/o limosa e sono intercalate a livelli francamente limo-argillosi. I livelli a granulometria più fine sono presenti con spessori decimetrici a varie profondità dal piano di campagna, in strati lateralmente confinati che non sono correlabili nei diversi sondaggi, ma che interrompono frequentemente gli orizzonti ghiaiosi

Il giacimento si estende a profondità di poco superiore ai 10 m, infatti a circa 12 m è presente uno strato argilloso dello spessore di circa 2 m. L'attività estrattiva prevista non supererà i 10,00 metri da piano campagna, conformemente a quanto previsto dalla normativa del PAE.

I volumi di scavo complessivo da progetto ammontano a 324.654 m³, di cui 71.736 m³ corrispondono al cappellaccio, che sarà accantonato in cava ed impiegato nelle operazioni di ricomposizione morfologica.

La ghiaia che compone la bancata ghiaiosa presenta una certa percentuale di materiale sterile interstrato, la cui quantità è stata valutata anche sulla base dei sondaggi disponibili dal progetto della futura tangenziale.

Di seguito si riporta una sezione stratigrafica, estratta dalla Tavola "GE-2 Planimetria geologica con profilo geologico longitudinale" e allegata al progetto definitivo della tangenziale, a cura di Autostrade per l'Italia Spa, tracciata in senso nord-sud sull'asse della futura tangenziale.

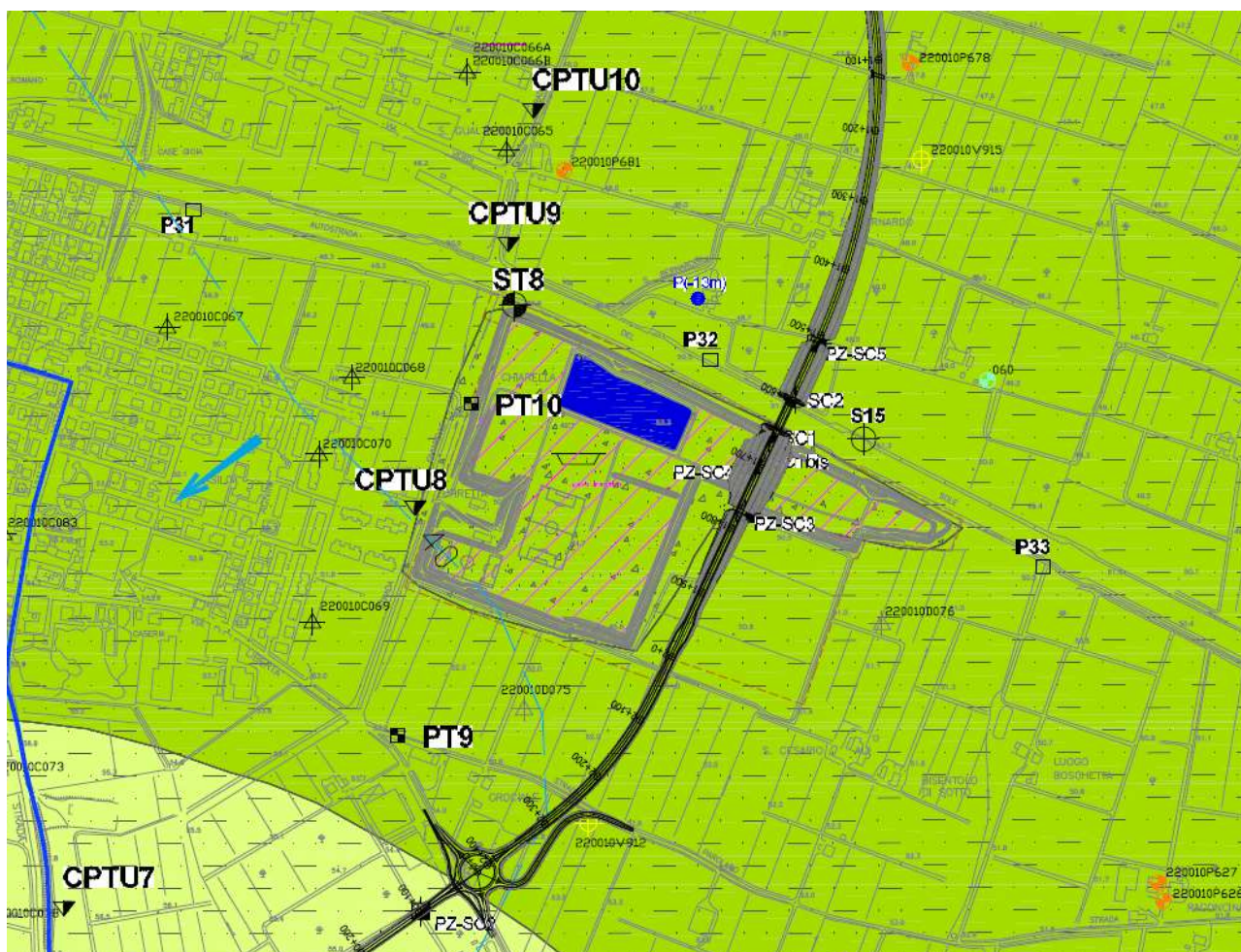


Fig. 5 - estratto dalla Tavola "GE-2 Planimetria geologica con profilo geologico longitudinale"

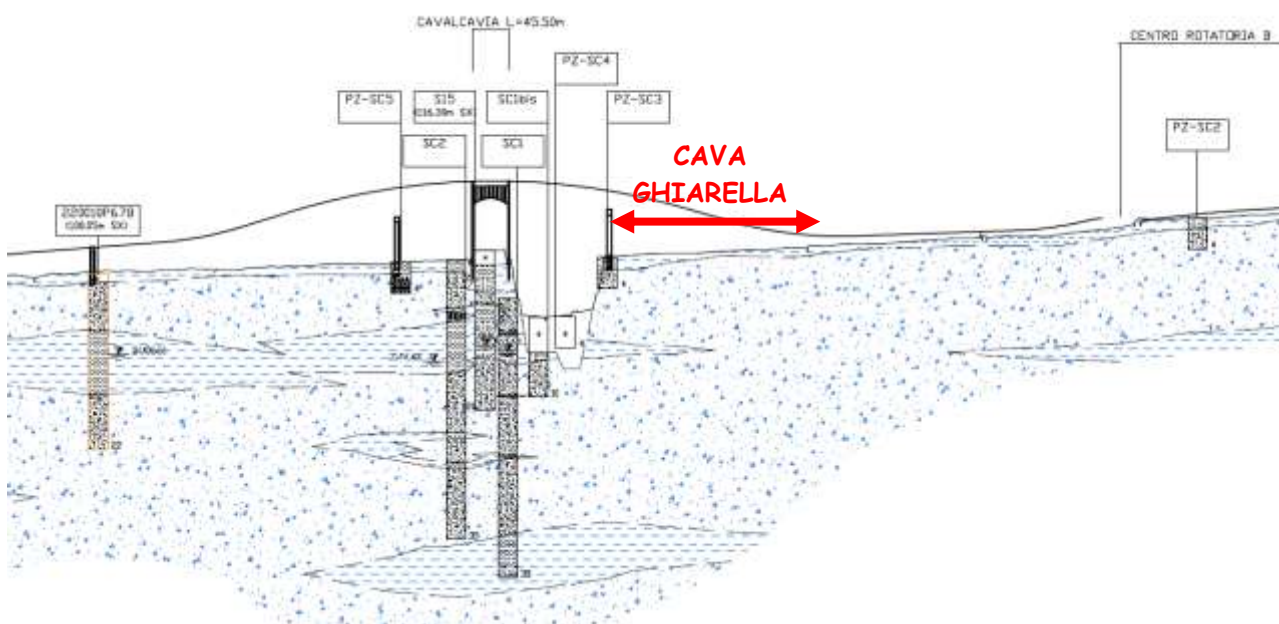


Fig. 6 - Sezione stratigrafica N-S (in asse alla futura tangenziale)

Nelle immediate vicinanze dell'area estrattiva sono stati eseguiti carotaggi continui con prelievo di campioni successivamente sottoposte ad analisi di laboratorio, tra cui analisi granulometriche. In particolare si è fatto riferimento ai sondaggi SC1, SC1bis, SC2, PZ-SC3 del 2009 ed S15 del 1996.

Di seguito sono riportati gli estratti dalla Relazione geologica con la sintesi dei risultati delle prove di laboratorio effettuate sui diversi campioni prelevati. Segue una tabella con il riepilogo delle caratteristiche granulometrie (percentuali limo-argilla-sabbia-ghiaia) determinate, si è fatto riferimento ai soli campioni prelevati dal banco ghiaioso che sarà oggetto di attività estrattiva.

Prove di Laboratorio - anno		2009	1996	1996	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009
SONDAGGIO	(n°)	PZ-SC5	S15	S15	SC2	SC2	SC2	SC2	SC2	SC2	SC2	SC2
CAMPIONE	(n°)	CR3	1	CR3	CR1	CR3-TD1	CR3-TD2	CR3-TD3	CR11-TD1	CR11-TD2	CR11-TD3	CR13
PROFONDITA'	(m da p.c.)	2.75	3.25	12.00	1.65	4.75	4.75	4.75	18.25	18.25	18.25	24.25
CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE												
Umidità naturale	[W _n] (%)		21.42			13.90			13.50	13.50	13.50	
Peso di volume	[γ _v] (kN/m ³)					20.99			21.09	21.29	21.19	
Densità secca	[γ _d] (kN/m ³)					18.43			18.58	18.76	18.67	
Peso specifico dei grani	[G _s] (kN/m ³)	26.59	25.70			26.49			26.68	26.68	26.68	
Indice dei vuoti	[e]					0.44			0.44	0.42	0.43	
Porosità	[n]					30.42			30.35	29.89	30.02	
Umidità di saturazione	[W _s] (%)					16.51			16.34	15.83	16.08	
Grado di saturazione	[S]					0.84			0.83	0.85	0.84	
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (ASTM)												
Ciottoli	[C] (%)											
Ghiaia	[G] (%)	17.5	25.4	48.4	31.4	41.0			48.2			43.8
Sabbia	[S] (%)	74.0	52.1	25.5	38.6	36.2			34.2			38.4
Limo	[L] (%)		15.5	15.3	14.0	10.4			8.9			9.1
Argilla	[A] (%)	8.5	7.0	10.8	16.0	12.4			8.7			8.7
LIMITI DI ATTERBERG												
Limite Liquido	[LL] (%)			21.6	28.0	23.0			24.0			23.0
Limite Plastico	[LP] (%)				15.0	14.0			15.0			16.0
Indice Plastico	[IP] (%)				11.0	9.0			9.0			7.0
Indice di consistenza	[Ic] (-)					1.01			1.17			
CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10005		A3	A1-b	A2-4	A2-6	A2-4			A2-4			A2-4
RESISTENZA DRENATA												
Coesione (TD) - di picco	[c'] (kPa)					10			10			
Angolo di attrito (TD) - di picco	[φ'] (°)					38			37			
TAGLIO DIRETTO												
Sforzo normale a rottura - di picco	[σ' _n] (kPa)					50	100	150	300	400	500	
Sforzo di taglio a rottura - di picco	[τ] (kPa)					45	95	126	237	318	389	

Prove di Laboratorio - anno		2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009	2009
SONDAGGIO	(n°)	SC1	SC1	SC1	SC1	SC1	SC1	SC1	SC1	PZ-SC3	PZ-SC2
CAMPIONE	(n°)	CR2	CR5	CR8-TD1	CR8-TD2	CR8-TD3	CR11-TD1	CR11-TD2	CR11-TD3	CR3	CR2
PROFONDITA'	(m da p.c.)	3.25	10.75	18.75	18.75	18.75	24.25	24.25	24.25	1.90	1.65
CARATTERISTICHE VOLUMETRICHE											
Umidità naturale	[W _n] (%)			18.40	18.40	18.40	17.60	17.60	17.60		
Peso di volume	[γ ₀] (kN/m ³)			19.82	19.91	19.91	20.11	20.11	20.01		
Densità secca	[γ _s] (kN/m ³)			16.74	16.82	16.82	17.10	17.10	17.02		
Peso specifico dei grani	[G _s] (kN/m ³)			26.39	26.39	26.39	26.59	26.59	26.59	26.49	26.49
Indice dei vuoti	[e] (-)			0.58	0.57	0.57	0.55	0.55	0.56		
Porosità	[n] (%)			36.57	36.28	36.28	35.69	35.69	36.01		
Umidità di saturazione	[W _s] (%)			21.84	21.57	21.57	20.87	20.87	21.16		
Grado di saturazione	[S] (-)			0.84	0.85	0.85	0.84	0.84	0.83		
CARATTERISTICHE GRANULOMETRICHE (ASTM)											
Ciottoli	[C] (%)										
Ghiaia	[G] (%)	41.2	51.2	60.8			59.5			47.6	65.7
Sabbia	[S] (%)	31.0	27.9	26.1			26.0			39.3	30.5
Limo	[L] (%)	11.4	9.4				14.5			13.1	3.8
Argilla	[A] (%)	16.4	11.5	13.1							
LIMITI DI ATTERBERG											
Limite Liquido	[LL] (%)	28.0	31.0	31.0			26.0				
Limite Plastico	[LP] (%)	16.0	17.0	17.0			17.0				
Indice Plastico	[IP] (%)	12.0	14.0	14.0			9.0				
Indice di consistenza	[Ic] (-)			0.90			0.93				
CLASSIFICAZIONE CNR-UNI 10005		A2-6	A2-6	A2-6			A2-4			A1-b	A1-a
RESISTENZA DRENATA											
Coesione (TD) - di picco	[c'] (kPa)			15			10				
Angolo di attrito (TD) - di picco	[φ'] (°)			31			34				
TAGLIO DIRETTO											
Sforzo normale a rottura - di picco	[σ _n] (kPa)			200	300	400	400	500	600		
Sforzo di taglio a rottura - di picco	[τ] (kPa)			135	207	257	286	351	423		

SONDAGGIO		SC1	SC1	S15	S15	SC2
CAMPIONE	num	CR2	CR5	1	CR3	CR3-TD1
PROF.	m da p.c.	3,25	10,75	3,25	12	4,75
ghiaia	%	41,2	51,2	25,4	48,4	41
sabbia	%	31	27,9	52,1	25,5	36,2
limo	%	11,4	9,4	15,5	15,3	10,4
argilla	%	16,4	11,5	7	10,8	12,4
ghiaia e sabbia	%	72,2	79,1	77,5	73,9	77,2
limo+argilla (sterile)	%	27,8	20,9	22,5	26,1	22,8

La percentuale media di sterili presenti all'interno della bancata ghiaiosa (tra 3,25 e 12 m) è risultata pari al 24%.

Nel progetto è quindi stata considerata la possibile presenza di un certo quantitativo di scarti all'interno delle ghiaie. Questi, sotto forma di lenti limose e/o argille, andranno opportunamente evidenziati e documentati in fase esecutiva. Il quantitativo massimo di scarti prevedibile sulla base delle informazioni tecniche acquisite con le analisi geotecniche prima esposte (24% terreni fini) ridotto in considerazione del fatto che una parte degli sterili non saranno direttamente separabili in cava, è quindi considerato pari al 15% sul volume totale.

Gli scarti andranno lasciati in cava ed impiegati in fase di ripristino.

Il volume totale dello scavo ammonta quindi complessivamente a 324.654 m^3 , di cui 71.736 m^3 di cappellaccio, 37.941 m^3 di sterili interstrato e 214.981 m^3 di ghiaia utile.

5 CARATTERISTICHE GEOTECNICHE E GEOMECCANICHE

Al fine di verificare le condizioni di stabilità dei fronti di scavo in progetto, sia quelle della fase di coltivazione che di ripristino e, quindi, di quantizzare le caratteristiche geomeccaniche dei materiali che andranno a costituire le pareti di abbandono e quelle di scavo, sono stati assegnati parametri geotecnici derivanti sia da osservazioni eseguite su pareti di scavo abbandonate da diversi anni e impostate nel medesimo materiale, sia da bibliografia relativa a precedenti lavori eseguiti in quest'area e che avevano concretizzato tali dati sia da indagini di laboratorio sia estrapolandoli dai risultati penetrometrici.

Per i materiali limo-sabbiosi di copertura si assume:

$$\gamma = 2.07 \text{ t/m}^3$$

$$C_u = 0,65 \text{ Kg/cm}^2$$

Per quanto riguarda i materiali ghiaiosi, essi mostrano frequentemente, in corrispondenza di pareti abbandonate, un profilo sub verticale per diversi metri di altezza e, al piede, un deposito di materiali accumulatisi per rotolamento naturale. L'angolo assunto da questi sedimenti "a riposo" è, mediamente, di 30°; tale valore può essere assunto come angolo di attrito, ma, da solo, non giustificerebbe la stabile permanenza delle pareti verticali. Infatti ciò che consente il miglior accatastamento dei sedimenti è l'effetto "a incastro" dei singoli ciottoli oltre che un seppur lieve valore di coesione dovuto alla presenza di matrice fine. Note bibliografiche, che attingono a valutazioni in back analysis, hanno stimato tale valore pari a circa 0,098 Kg/cm².

Per i materiali ghiaiosi si assumono quindi:

$$\gamma = 2,2 \text{ t/m}^3$$

$$\varphi = 35^\circ$$

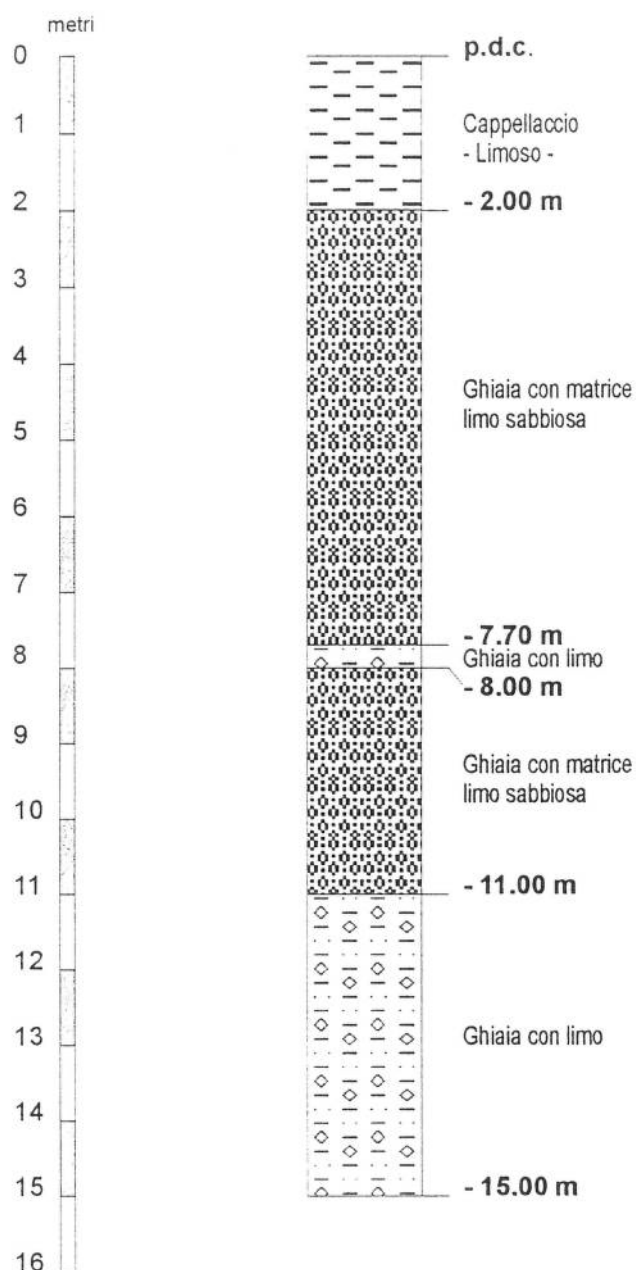
Per quanto riguarda i materiali fini limo sabbiosi costituenti la copiosa copertura asportata in questa zona da utilizzarsi, dopo rimaneggiamento, per le sagomature di ripristino, si possono assumere i segg. dati:

$$\gamma = 2,07 \text{ t/m}^3$$

$$c_u = 0,43 \text{ kg/cm}^2.$$

Quest'ultimo dato si ottiene dal valore derivato precedentemente dalle verifiche penetrometriche ridotto di 1/3 in considerazione del rimaneggiamento subito dalla messa in posto.

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N.6



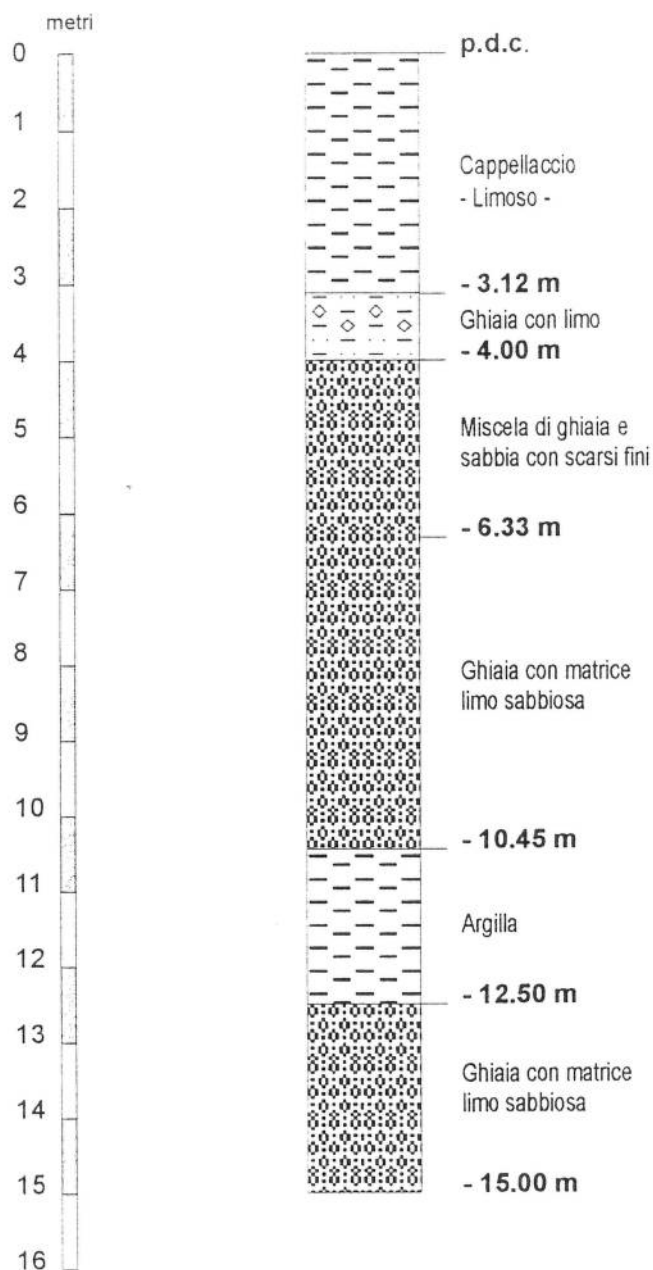
PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PUBBLICA RELATIVO
ALL'AMBITO ESTRATTIVO COMUNALE "CAVA GHIARELLA"

COLONNA LITOSTRATIGRAFICA RELATIVA AL SONDAGGIO N.6
- Scala 1:100 -

FASCICOLO N.2 - STUDIO GEOLOGICO
2.2. ALLEGATI

a cura di: Studio Geologico Ambientale ARKIGEO di Gasparini Dott. Geol. Giorgio

SONDAGGIO A CAROTAGGIO CONTINUO N.7



PIANO PARTICOLAREGGIATO DI INIZIATIVA PUBBLICA RELATIVO
ALL'AMBITO ESTRATTIVO COMUNALE "CAVA GHIARELLA"

COLONNA LITOSTRATIGRAFICA RELATIVA AL SONDAGGIO N.7
- Scala 1:100 -

FASCICOLO N.2 - STUDIO GEOLOGICO
2.2. ALLEGATI

a cura di: Studio Geologico Ambientale ARKIGEO di Gasparini Dott. Geol. Giorgio

COMMITTENTE SPEA INGEGNERIA EUROPEA S.p.A. - MILANO SONDAGGIO N° 15
LOCALITA' AUTOSTRADA A1 - MODENA/BOLOGNA Km 176+389 COMMESSA N° 39/96

RCN: Sig. TOMAINO
RCQ: Dr. FISSORE



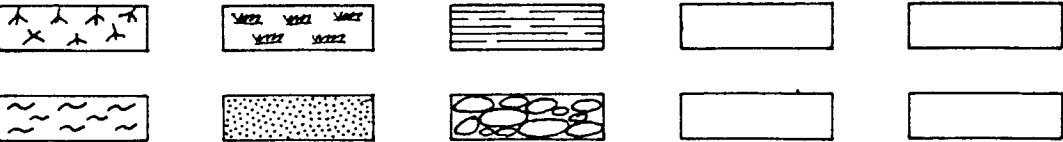
metodo di perforazione Carotaggio continuo
quota inizio mt 50.85 s.l.m.

Ø di perforazione 101/127 mm
data: dal 18.06.96 al 19.06.96

SISTEMA QUALITA'

DATA	PROFONDITA' STRATI	PROFONDITA'	STRATIGRAFIA	CAMPIONI TIPO	PROFONDITA' CAMPIONI	DESCRIZIONE TERRENO	POCKET PENETROMETER TORVANE kg/cmq	CAROTAGGIO			R.O.D.			MANOVRA DI CAROTAGGIO	S.P.I.		VANE TEST		SPEZZONI			DISCONTINUITA'																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																							
								%	%	%	%	%	%		N° COLPI	PROFONDITA'																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																																													

220010
P405



1 2 3
s=Shelby
o=Osterberg
A B C
Campioni indisturbati
d/m=Denison/Mazier
p=Percussione
Campioni rimaneggiati

LIVELLO FALDA			
DATA	PROFOND. FORO	PROF. RIVEST.	LIVELLO H ₂ O
19/06/96	20.00	18.00	-12.00





SEZIONE 220010 - CASTELFRANCO EMILIA

DESCRIZIONE DELLE UNITA' GEOLOGICHE PRESENTI IN CARTA

(solo quelle rappresentate in forma poligonale)

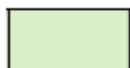
Successione neogenico - quaternaria del margine appenninico padano



AES8 - Subsistema di Ravenna

Ghiaie e ghiaie sabbiose, passanti a sabbie e limi organizzate in numerosi ordini di terrazzi alluvionali. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. A tetto suoli a basso grado di alterazione con fronte di alterazione potente fino a 150 cm e parziale decarbonatazione; orizzonti superficiali di colore giallo-bruno. Contengono frequenti reperti archeologici di età del Bronzo, del Ferro e Romana. Potenza fino a oltre 25 m.

Olocene (età radiometrica della base: 11.000 - 8.000 anni).



AES8a - Unità di Modena

Depositi ghiaiosi passanti a sabbie e limi di terrazzo alluvionale. Limi prevalenti nelle fasce pedecollinari di interconoide. Unità definita alla presenza di un suolo a bassissimo grado di alterazione, con profilo potente meno di 100 cm, calcareo, grigio-giallastro o bruno grigiastro. Nella pianura ricopre resti archeologici di età romana del VI secolo d.C.. Potenza massima di alcuni metri (< 10 m).

Post-VI secolo d.C.