

Autorità di Sistema Portuale  
del Mar Adriatico Centro Settentrionale

**APPROFONDIMENTO CANALI CANDIANO E BAIONA,  
ADEGUAMENTO BANCHINE OPERATIVE ESISTENTI, NUOVO  
TERMINAL IN PENISOLA TRATTATOLI E RIUTILIZZO DEL  
MATERIALE ESTRATTO IN ATTUAZIONE AL P.R.P. VIGENTE 2007  
I FASE**

**PROGETTO DEFINITIVO**

OGGETTO

**COMPATIBILITA' CAVA BOSCA**

FILE

1114.SED.E - CompCavaBosca

CODICE

1114.SED.E

SCALA

Rev.	Data	Causale
0	Set. 2014	Emissione
1	Dic. 2017	Revisione generale
2		
3		

AUTORITÀ DI SISTEMA PORTUALE DEL  
MARE ADRIATICO CENTRO SETTENTRIONALE

IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

IL DIRETTORE TECNICO

(Ing. Fabio Maletti)

  
MINISTERO INFRASTRUTTURE E DEI TRASPORTI  
PROVVEDITORATO INTERREGIONALE PER  
LE OPERE PUBBLICHE PER LA LOMBARDIA  
E L'EMILIA ROMAGNA

IL RESPONSABILE DELLA REVISIONE

DELLA PROGETTAZIONE

(Ing. Francesco Ealdani)



**PORTO DI  
RAVENNA**

# INDICE

<b>1.</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>3</b>
1.1.	OBIETTIVI.....	3
1.2.	CONTENUTI DELLO STUDIO.....	4
<b>2.</b>	<b>QUADRO CONOSCITIVO .....</b>	<b>5</b>
2.1.	VINCOLI AMBIENTALI ESISTENTI SUL TERRITORIO.....	5
2.2.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE .....	6
2.3.	IL FENOMENO DELLA SUBSIDENZA .....	10
2.4.	DESCRIZIONE DELLE CAVE .....	14
2.4.1.	CAVA “LA BOSCA” .....	14
2.4.1.1.	Tipologia del materiale estraibile.....	16
2.4.1.2.	Idrogeologia - idrologia .....	18
2.4.1.3.	Caratteristiche acque sotterranee .....	19
2.5.	ANALISI DEI SEDIMENTI DRAGATI DEL PORTO DI RAVENNA.....	25
2.5.1.	CARATTERIZZAZIONE FISICA.....	27
2.5.2.	CARATTERIZZAZIONE CHIMICA.....	28
<b>3.</b>	<b>ATTIVITÀ DI CAMPO E ELABORAZIONE DATI .....</b>	<b>30</b>
3.1.	CAVA “LA BOSCA” .....	30
3.1.1.	RICOSTRUZIONE SUPERFICIE PIEZOMETRICA .....	30
3.1.2.	SALINITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE .....	33
3.3.	DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA.....	41
3.3.1.	CONDUCIBILITÀ IDRAULICA PER L’AREA COMPRENDENTE LA CAVA LA BOSCA.....	42
<b>4.</b>	<b>MODELLO IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>50</b>
4.1.	APPLICAZIONE DELLA MODELLISTICA ALLA CAVA “LA BOSCA”.....	51
<b>5.</b>	<b>BERSAGLI SENSIBILI-VULNERABILI NEI PRESSI DELLE DUE AREE DI CAVA....</b>	<b>60</b>

5.1.	CARATTERIZZAZIONE NATURALISTICA DELLA PINETA DI CLASSE E DELLE ZONE UMIDE: ORTAZZO, ORTAZZINO E FOCE DEL BEVANO .....	60
5.2.	PINETA DI CLASSE.....	67
5.2.1.	STATO DELLA VEGETAZIONE RICONTRATO.....	68
5.2.1.1.	Predittività delle variazioni nello stato della vegetazione.....	70
5.2.2.	POSSIBILI EFFETTI DELLE VARIAZIONI DEL LIVELLO DI FALDA SULLA VEGETAZIONE .....	71
5.3.	ORTAZZO, ORTAZZINO E FOCE DEL BEVANO.....	72
5.3.1.	POSSIBILI EFFETTI DELLE VARIAZIONI DEL LIVELLO DI FALDA SULLA VEGETAZIONE .....	74

#### **ALLEGATO 1 : TAVOLE CARTOGRAFICHE**

- **Tavola 1 : Ubicazione cave**
- **Tavola 2: Vincoli territoriali**
- **Tavola 3: Carta litologica**
- **Tavola 4: Cava La Bosca e idrografia superficiale**

- **Tavola 7: Carta della vegetazione**

#### **ALLEGATO 2 : LOG STRATIGRAFICI DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI**

## **1. INTRODUZIONE**

Il presente lavoro si inquadra nell'ambito di interventi di ripristino ambientale di cave esaurite. Nel territorio oggetto dello studio sono presenti giacimenti di sabbia costituente l'acquifero superficiale di falde freatiche con deboli soggiacenze. Lo scavo, pertanto, porta alla luce l'acqua di falda, che al termine della coltivazione della cava, forma dei laghetti a cielo aperto. Gli interventi di ripristino seguono due strade e sono mirati o alla creazione di biotopi artificiali, mantenendo quindi il laghetto di cava e creando degli habitat naturali, oppure al tombamento con l'eliminazione del laghetto di cava e la conseguente restituzione all'uso agricolo-culturale.

Il Piano delle attività estrattive della provincia di Ravenna, nel Documento Preliminare, presentato in sede di conferenza di pianificazione, indica, tra gli obiettivi strategici del Piano, la tutela del sistema costiero soggetto, in passato, ad intensi sfruttamenti e propone di limitare a situazioni assolutamente particolari l'asportazione di inerti da questa zona e di procedere alla progressiva chiusura delle attività estrattive esistenti promuovendo forme di recupero compatibili con la valenza ambientale del sistema costiero.

In particolare il Documento Preliminare al punto 2 dei "criteri guida in base ai quali si possono proporre ampliamenti ai poli/ambiti esistenti nella fascia costiera e in aree con presenza o in prossimità di vincoli ed elementi significativi" ammette per due attività estrattive esistenti in prossimità della Pineta di Classe (La Bosca e Stazzona, ubicate nel territorio del comune di Ravenna) la possibilità di concedere ampliamenti solo se le modalità di ripristino saranno finalizzate alla restituzione all'uso agricolo riutilizzando per i tombamenti principalmente i materiali segnalati dall'Autorità Portuale del porto di Ravenna e stoccati nella cassa di colmata di loro pertinenza.

### **1.1. OBIETTIVI**

Scopo del presente studio è valutare pertanto gli impatti della soluzione consigliata per le due cave prescelte e cioè quella del tombamento con i sedimenti provenienti dal porto di Ravenna. In particolare saranno valutate le interazioni con la circolazione delle acque sotterranee, poichè la presenza di materiali, utilizzati per il tombamento, a diversa permeabilità del sottosuolo circostante, provoca variazioni del livello di falda, che se rilevanti potrebbero avere conseguenze sul bersaglio sensibile del territorio rappresentato dalla Pineta di Classe e dal sito Ortazzo, Ortazzino e foce del Bevano.

L'impatto ambientale è limitato alla matrice acqua sotterranea per quanto riguarda l'aspetto idrodinamico e in particolare le modificazioni sulla piezometria. Per l'aspetto qualitativo si intende sottinteso che i sedimenti siano puliti e che non provochino un inquinamento delle acque; ad ogni modo si demanda lo studio di questo aspetto ad altri approfondimenti che non competono a questo lavoro.

Pur tuttavia sarà valutato, con un primo screening, il grado di inquinamento dei sedimenti utilizzati per il tombamento, confrontando le concentrazioni degli elementi chimici presenti con i limiti imposti dalla normativa sui siti contaminati.

## 1.2. CONTENUTI DELLO STUDIO

Le attività previste si articoleranno come segue:

- raccolta dei dati ambientali,
- elaborazione dati e uso di modelli,
- interpretazione dei risultati e valutazione dell'impatto dell'intervento di tombamento.

### *Raccolta dati ambientali*

L'attività di raccolta di dati ambientali consiste:

- nell'analisi documentale delle relazioni tecniche di progetto delle cave (dimensioni, sezioni stratigrafiche, analisi granulometriche, parametri chimico-fisici dell'acquifero);
- in una campagna di misura della piezometria, utilizzando piezometri e i pozzi nell'intorno delle cave;
- nel prelievo di campioni dei sedimenti del porto di Ravenna e nell'analisi chimico fisica degli stessi.

### *Elaborazione dati e uso dei modelli*

Una volta raccolti i dati ed averli elaborati, si utilizzeranno gli stessi come input per far eseguire dei modelli informatici che simulano il comportamento della falda. Modellizzato il campo di moto della falda, si varieranno alcune condizioni al contorno per valutarne gli effetti.

### *Interpretazione dei risultati e valutazione dell'impatto dell'intervento di tombamento*

Si valuteranno gli effetti della variazione del livello di falda sugli ecosistemi ambientali limitrofi in particolare sull'area occupata dalla Pineta di Classe e dall'Ortazzo, Ortazzino e foce Bevano.

## 2. QUADRO CONOSCITIVO

### 2.1. VINCOLI AMBIENTALI ESISTENTI SUL TERRITORIO

Le due cave oggetto del presente studio sono ubicate nel territorio del comune di Ravenna come raffigurato in Tavola 1.

Esse sono collocate in aree naturali protette con vincoli di tutela ambientale ed entrambe si trovano all'interno della zona di parco del Parco Regionale Delta del Po.

In particolare la cartografia tematica riportata nella Tavola 2 "Vincoli Territoriali" permette di individuare in corrispondenza o nelle immediate vicinanze delle due cave, la presenza delle seguenti aree sensibili e vulnerabili:

- zone di particolare interesse paesaggistico ambientale, definite dall'art. 19 del PTCP di Ravenna come ambiti territoriali caratterizzati da rilevanti componenti vegetazionali e geologiche che nell'insieme costituiscono valore paesistico. Le due aree estrattive risultano essere ubicate interamente all'interno di questo vincolo;
- sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentale paesistica e sistemi dunosi costieri di rilevanza idrogeologica, contenuti nell'art. 20 del PTCP;
- siti di importanza comunitaria S.I.C. e Zone di protezione speciale Z.P.S., definiti ai sensi rispettivamente della Direttiva "Habitat" n. 92/43/CEE e della Direttiva "Uccelli" n. 79/409/CEE.

La Bosca risulta essere ubicata a poche centinaia di metri a nord del bosco planiziale a *Pinus pine* della Pineta di Classe definito come S.I.C.-Z.P.S. n. 4070010 mentre il lato Est della cava Stazzona lambisce invece il S.I.C.-Z.P.S. n. 4070009 "Ortazzo, Ortazzino e Foce Bevano". Tali aree risultano essere di elevata importanza ambientale in quanto presentano una naturale successione di habitat, dal mare alle paludi dell'entroterra, caratterizzati da dune attive e dune consolidate su cui sono impiantati boschi a pineta (Pineta di Classe), da delta fluviali in libera e naturale evoluzione (foce del Torrente Bevano), e zone di bassure retrodunali e paludi di acqua salmastra (zone umide salmastre dell'Ortazzo e dell'Ortazzino).

## 2.2. INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO GENERALE

La configurazione geomorfologica dell'area è il risultato della complessa interazione di processi fluviali, marini, costieri-tidali che hanno caratterizzato la dinamica deposizionale tardo-olocenica.

Nell'area ravennate i sedimenti quaternari presentano complessivamente potenze variabili da massimi di circa 3.000 m in corrispondenza delle principali depressioni strutturali, a minimi dell'ordine di 1.500 m in prossimità delle strutture positive sepolte con un assetto deposizionale, che segue la geometria dei terreni sottostanti.

A questo stile giaciturale si adeguano in particolare anche i depositi marini di mare basso del Pleistocene medio e superiore, che presentano spessori notevoli per effetto della subsidenza.

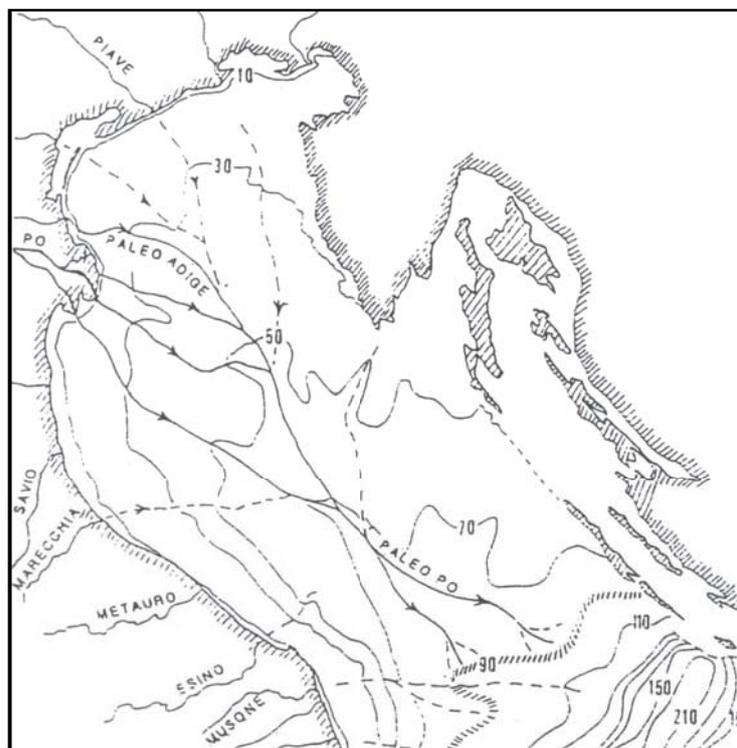
Solamente nei sovrastanti depositi del tardo Pleistocene la geometria degli strati inizia a riflettere un controllo topografico ed idrografico paragonabile all'attuale, con l'assunzione di una lieve pendenza verso E/NE parallela alla direzione di deflusso dei corsi d'acqua appenninici.

L'evoluzione finale del Quaternario è complicata dalle variazioni eustatiche del livello marino, dovute alle glaciazioni, la cui influenza sui processi sedimentari va aggiunta agli effetti della subsidenza tettonica e del costipamento naturale dei terreni.

Durante l'ultima glaciazione (Wurm 60.000-70.000 anni fa), la linea di costa si attestava mediamente a circa un centinaio di metri sotto quella attuale. Tale regressione marina trasformava l'alto adriatico in una vasta piana alluvionale caratterizzata da processi sedimentari non più marini ma subaerei, continentali.

La piattaforma continentale dell'alto Adriatico divenne così un'estesa piana alluvionale, nella quale si alternavano ambienti continentali, vallivi e fluvio-palustri, percorsa e drenata da un paleo-Po, che sfociava probabilmente in mare all'altezza di San Benedetto del Tronto (Fig. 2.1).

**Figura 2.1 - Adriatico settentrionale durante l'ultima glaciazione (De Marchi, 1922).**



I sedimenti depositatisi in questo periodo, rilevabili nel sottosuolo ravennate ad una profondità di circa 80 m, sono costituiti in prevalenza da limi argillosi con intercalazioni di argille e sabbie e

presentano al loro interno faune non più propriamente tidali, ma tipiche di ambiente transizionale e continentale.

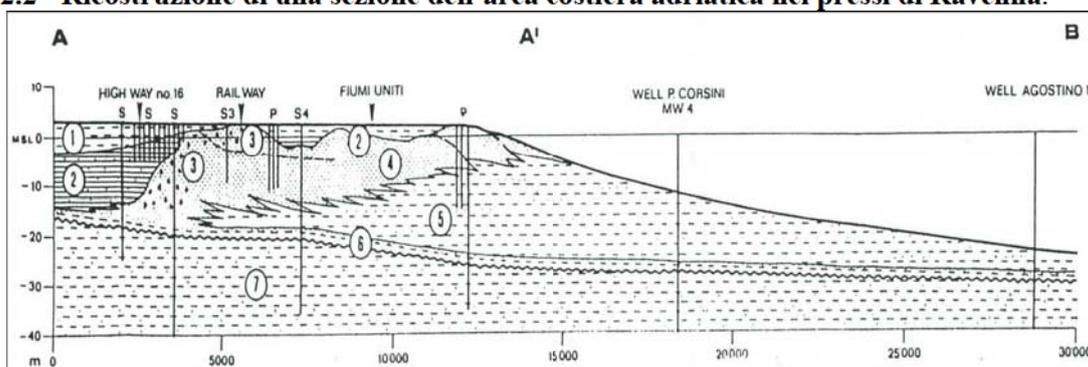
Successivamente, con la trasgressione olocenica Flandriana, iniziata circa 15.000 anni fa, le acque marine, avanzarono di circa 20 metri all'anno attestandosi circa 5.000 anni fa lungo la linea di massima ingressione nella zona di Ravenna, a circa 20 km ad Ovest dell'attuale linea di costa.

Nel territorio ravennate tale trasgressione è contrassegnata dalla presenza di limo dello spessore di poco più di un metro, depositatosi in ambiente lagunare, cui segue sabbia di ambiente di spiaggia (linea di battigia). Questa sabbia segna il passaggio della linea di costa che stabilizzatasi in questa posizione per qualche migliaia di anni, ha consentito la messa in posto di un corpo sabbioso spesso circa 25 m. La presenza di intercalazioni limose e torbose è da imputare a locali variazioni della linea di costa con l'instaurarsi di un ambiente di transizione, prima lagunare poi vallivo. Il contesto deposizionale che ha consentito la messa in posto dei sedimenti attualmente sfruttati dalle attività di cava, è riconducibile quindi ad un sistema di piana-deltizia, in cui la progressiva migrazione verso mare della linea di costa nel tardo Olocene, ha consentito lo sviluppo a tergo dei sistemi di cordoni litorali, di un'ampia pianura alluvionale dominata da fiumi di provenienza appenninica.

I processi sedimentari di piana deltizia, riflettono essenzialmente l'evoluzione dei canali distributori che la attraversano, in questa zona rappresentati dai fiumi Montone, Ronco e Bevano. In particolare la messa in posto delle litologie sabbiose più grossolane sono legate alla progradazione e l'accrescimento frontale degli apparati deltizi in concomitanza con una regressione della linea di costa. La messa in posto dei termini litologici più fini invece, è da ricondurre agli eventi di piena, durante i quali, le porzioni più fini, tracimando dagli argini dei canali, si sono sedimentate nelle piane alluvionali, consentendo di mantenerne il livello topografico poco sopra a quello del mare, in competizione con la subsidenza. Il letto del giacimento di sabbia sfruttato delle due cave si attesta mediamente intorno agli 8-10 m di profondità dal piano campagna; si presenta come una struttura nastriforme, con allungamento in direzione SW-NE, la cui espressione morfologica è data da deboli rilievi di alcuni metri di elevazione e 3-5 km di estensione laterale, separati da strette depressioni, generalmente estese per 1-2 km.

Terminata la trasgressione olocenica Flandriana, si riscontra una generale lieve regressione, che ha portato il livello del mare ai valori attuali, raggiunti circa 2.000-3.000 anni fa. Durante tale fase di regressione, si sono depositati una serie di cordoni sabbiosi, sub paralleli alla linea di costa, intercalati a strette lagune ad acqua salata o salmastra caratterizzate da sedimentazione di argille e silt (Fig 2.2).

**Figura 2.2 - Ricostruzione di una sezione dell'area costiera adriatica nei pressi di Ravenna.**



1, recenti argille gialle alluvionali; 2, fanghi lagunari olocenici siltoso-sabbiosi; 3, ghiaie e sabbie oloceniche di spiaggia; 4, sabbie recenti litorali e di spiaggia; 5, fanghi sabbiosi con resti conchigliari; 6, sabbia e silt generati dalla trasgressione olocenica; 7, argille e sabbie continentali pleistoceniche; S, pozzo per indagini geotecniche; P, perforazioni per indagini penetrometriche. (Rizzini, 1974).

Schematicamente, il sottosuolo ravennate può quindi essere suddiviso in quattro differenti zone di sedimentazione aventi proprie caratteristiche lito-sedimentologiche (vedi figura 2.3)

**Figura 2.3 - Zone di sedimentazione oloceniche nel territorio ravennate (Veggiani, 1968).**



**ZONA A:** è la zona che non è stata raggiunta dal mare nel corso della trasgressione olocenica ed è costituita da sedimenti di ambiente continentale.

Posta nella parte più occidentale del territorio ravennate si avvicina però verso sud alla costa attuale. I sedimenti profondi sono rappresentati da argille, limi e sabbie in successione alternata.

**ZONA B:** questa zona è stata raggiunta dalla trasgressione olocenica durante la sua massima espansione.

I terreni del tardo Pleistocene e dell'Olocene Inf. di ambiente continentale sono formati da alternanze di argille, limi e sabbie.

La trasgressione olocenica è stata caratterizzata dalla presenza di limo sabbioso e limo di ambiente lagunare ed infine da argille con torbe di ambiente vallivo e di acqua dolce.

Lo spessore dei sedimenti soprastanti alla trasgressione diminuisce gradatamente da nord a sud.

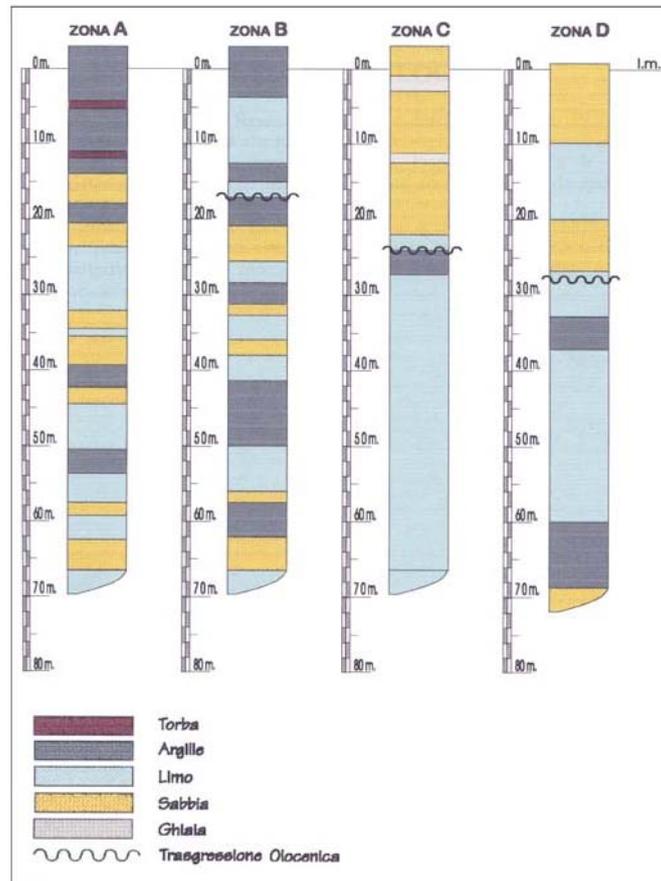
**ZONA C:** i terreni profondi sono della stessa natura dei precedenti già descritti.

Durante le ultime fasi dell'Olocene, a causa dell'equilibrio attuatosi tra variazioni del livello marino e subsidenza e della persistenza quindi di un ambiente di spiaggia, si è sviluppato in tutta questa fascia un corpo sabbioso dello spessore di circa 20 metri. Anche questo complesso diminuisce gradatamente da nord verso sud, a causa del diverso valore di subsidenza.

**ZONA D:** i sedimenti olocenici marini sono caratterizzati da un corpo sabbioso inferiore (25-30 metri) dovuto alla fase trasgressiva e da uno superiore appartenente alla fase regressiva. Sono

presenti intercalazioni di limo, sedimentato quando la linea di costa si era stabilizzata ad occidente entro la zona C. I terreni sottostanti alla trasgressione sono ancora costituiti da argilla, limo e sabbia.

**Figura 2.4 - Stratigrafie relative alle aree di sedimentazione del ravennate (PRG del Comune di Ravenna, 1995).**



In età moderna il sistema dei fiumi Montone e Ronco sfociava stabilmente in Adriatico, costituendo un apparato deltizio indipendente dal Po di Primaro, i cui resti sono oggi riconoscibili nell'area compresa tra Punta marina e Lido Adriano. Nel 1739 i due fiumi vengono deviati a sud di Ravenna verso l'antico porto Candiano, dando origine al sistema dei Fiumi Uniti. Questa operazione determina la disattivazione dell'apparato deltizio precedentemente attivo e pone le premesse per la formazione di una nuova serie di cordoni litorali.

Nel corso del XIX sec ha luogo la bonifica delle ampie zone paludose comprese tra il Po di Primaro, gli argini dei tributari di provenienza appenninica ed i cordoni litorali. La bonifica più rilevante della zona, eseguita tra il 1839 e il 1885, avviene per colmata in due fasi:

- una prima fase in cui viene sfruttata una storica rotta del Lamone nel 1839 per bonificare il settore situato a SE di Mezzano
- seconda fase, viene bonificata l'area a Sud di S.Alberto. mediante formazione della Cassa di colmata del Lamone.

L'attuazione di interventi di regimentazione delle acque e di bonifica, in queste zone risultavano comunque molto difficoltosi a causa del forte tasso di subsidenza proprio dell'area. Tali interventi sono stati definitivamente compiuti in seguito all'utilizzo di impianti idrovori (seconda metà del XIX secolo), che determinarono il prosciugamento di alcune migliaia di ettari di terreno

precedentemente sede di aree paludose, e favorendo il successivo utilizzo del territorio per attività agricole.

Nella carta litologica di Tavola 3 elaborata dal Servizio Sismico e dei Suoli della Regione Emilia Romagna (S.G.S.S.), Direzione Generale Ambiente, Difesa del Suolo e della Costa, sono stati cartografati e caratterizzati dal punto di vista litologico i terreni quaternari alluvionali, costieri e marini sciolti (aree intravallive, di pianura s.s. e della costa). La litologia affiorante si riferisce ai primi uno/due metri di deposito dal piano campagna o dal fondale marino.

La cartografia sintetizza la banca dati del SGSS della carta geologica d'Italia in scala 1:50.000 (da rilevamento in scala 1:25.000). Le classi litologiche utilizzate sono:

- depositi alluvionali: alternanze di argille e limi, alternanze di argille, limi e sabbie, alternanze di sabbie e limi, sabbie prevalenti, ghiaie prevalenti;
- depositi costieri e marini: alternanze di argille e limi, alternanze di argille e limi con sostanza organica, sabbie prevalenti, sabbie e ghiaie prevalenti. Come informazione aggiuntiva è riportata la traccia di alveo fluviale abbandonato che corrisponde all'apice delle aree rilevate prodotte da antichi percorsi fluviali (dossi).

### **2.3. IL FENOMENO DELLA SUBSIDENZA**

Il fenomeno della subsidenza o abbassamento del suolo nelle zone costiere è un fattore singenetico naturale, innescato dalla diagenesi dei sedimenti per effetto del carico litostatico e favorito dalle cicliche oscillazioni del livello eustatico.

Considerando la natura geo-litologica del ravennate con spessore dei sedimenti depositatisi nell'arco degli ultimi 1,5 milioni di anni di oltre 3.000 m, si presume un tasso di subsidenza naturale di circa 2,0-2,4 mm/anno.

Dal secondo dopo guerra alla fine degli anni '90 si è registrato nel territorio ravennate un notevole incremento di tali valori di subsidenza dell'ordine 40 mm/anno. Tale incremento è da imputarsi a cause antropiche riconducibili a:

- estrazione di acqua da pozzi artesiani per usi agricoli e industriali;
- sfruttamento dei giacimenti metaniferi;
- bonifica di valli e di terreni paludosi.

Nella fascia costiera emiliano-romagnola sono presenti consistenti giacimenti metaniferi in cui l'estrazione di gas innesca abbassamenti significativi del suolo per un'area di influenza significativa.

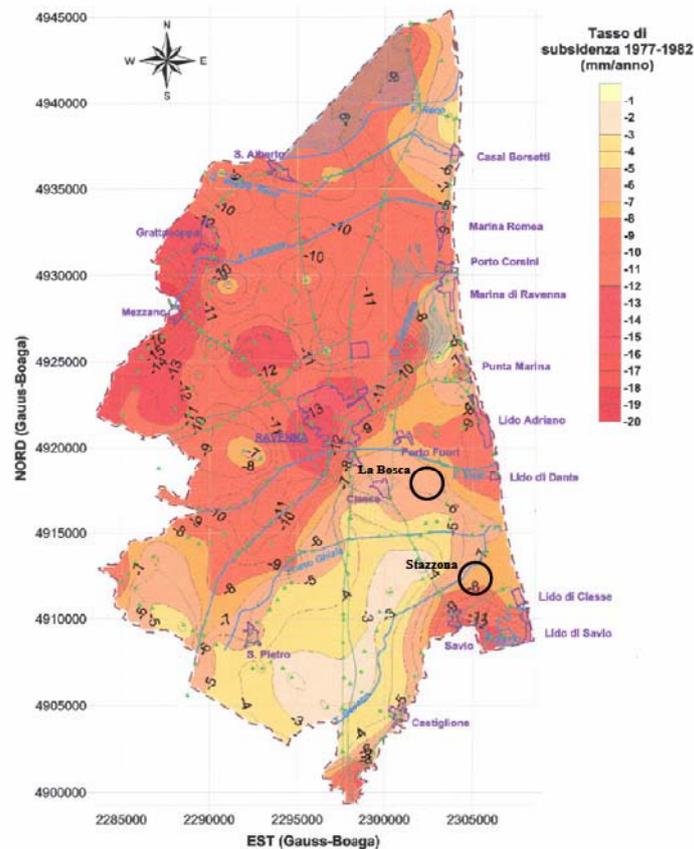
Gli studi effettuati nel ravennate sulla dinamica negli ultimi 100 anni del fenomeno, mostrano infatti una evidente correlazione fra interventi antropici e cambiamenti nelle tendenze di abbassamento topografico del piano campagna. Generalmente, si possono individuare tre differenti periodi cronologici, caratterizzati ognuno da differenti tassi di subsidenza:

- Antecedente 1945, caratterizzato da valori di subsidenza intorno a 3-4 mm/anno: Questo periodo non è ancora interessato da uno sfruttamento massiccio delle falde acquifere.
- Fra il 1945-1990 caratterizzato da un brusco aumento della velocità di subsidenza, con valori che variano dai 20 ai 40 mm/anno. Questo periodo corrisponde alla fase di massimo sfruttamento delle falde per usi industriali che civili.
- Dopo il 1990, i tassi di subsidenza si assestano intorno a valori di 3-8 mm/anno. Questa inversione di tendenza è legata ad una nuova gestione provinciale delle risorse idriche volta

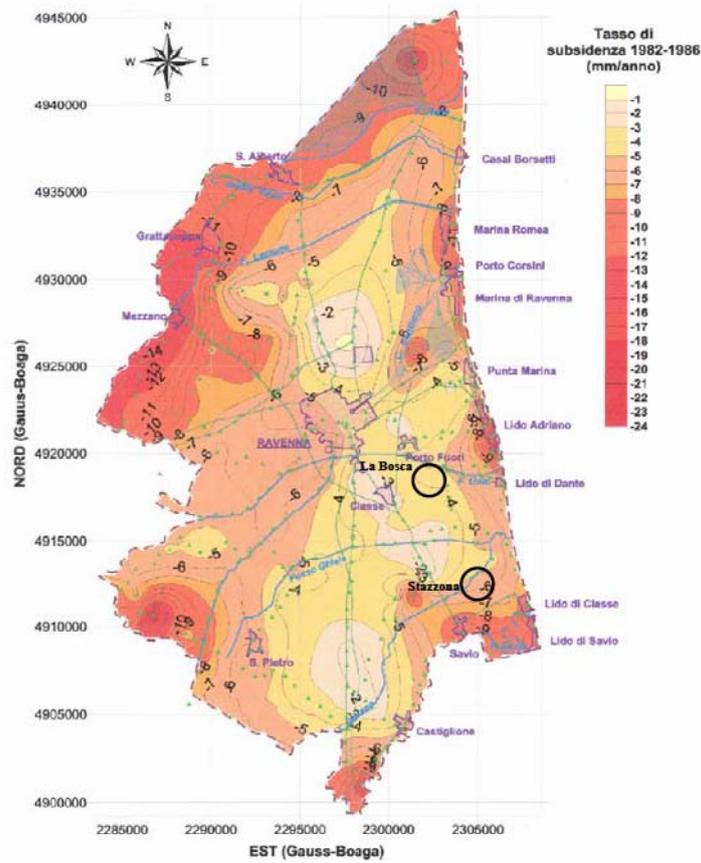
ad una progressiva chiusura dei pozzi di pianura per uno sfruttamento delle acque di superficie (costruzione dell'acquedotto di Ridracoli).

Le figure seguenti fornite dal Servizio Geologico del Comune di Ravenna e di seguito riprodotte, mostrano in dettaglio l'andamento della subsidenza tra campagne successive dal 1977 al 1998. Nelle figure i punti verdi rappresentano la posizione dei capisaldi utilizzati nella fase di interpolazione mentre i cerchi neri individuano le due zone di cava oggetto di studio.

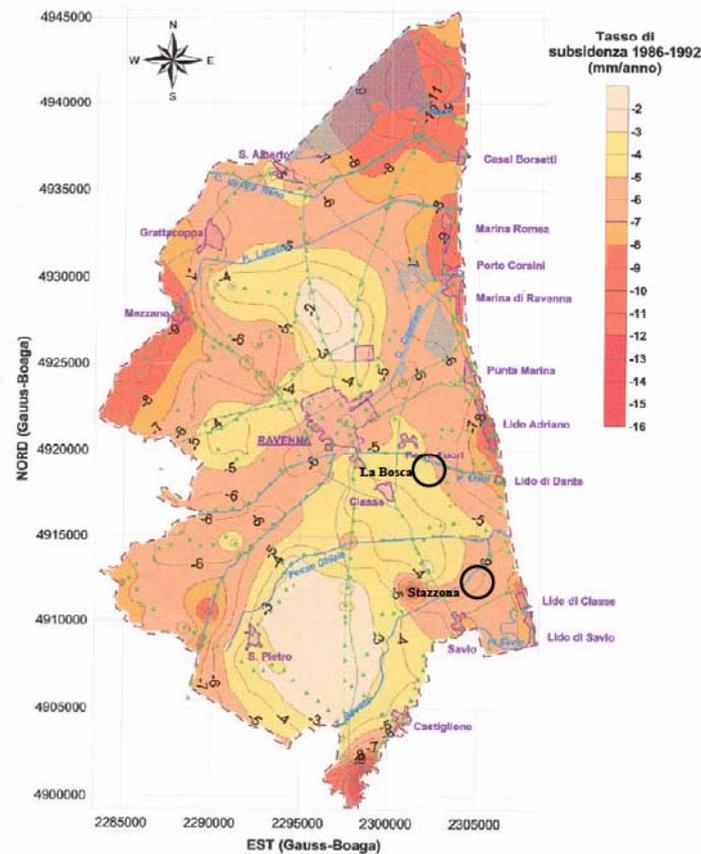
**Figura 2.5 – Velocità della subsidenza (mm/anno) nel periodo 1977-1982**



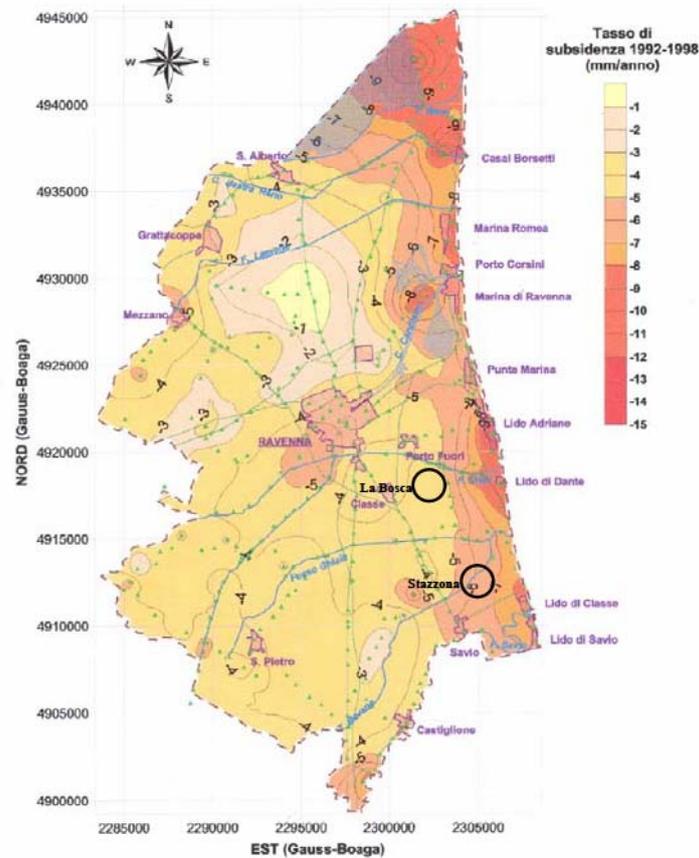
**Figura 2.6 – Velocità della subsidenza (mm/anno) nel periodo 1982-1986**



**Figura 2.7 – Velocità della subsidenza (mm/anno) nel periodo 1986-1992**



**Figura 2.8 – Velocità della subsidenza (mm/anno) nel periodo 1992-1998**



La tabella seguente riporta in dettaglio le velocità di abbassamento nelle due aree di cava nei quattro periodi considerati.

**Tabella 2.1 – Tasso di subsidenza e abbassamenti complessivi per le aree delle 2 cave**

Cava	Periodo 1977-1982 (mm/anno)	Periodo 1982-1986 (mm/anno)	Periodo 1986-1992 (mm/anno)	Periodo 1992-1998 (mm/anno)	Abbassamento 1977-1998 (mm)
La Bosca	6-7	4-5	4-5	4-5	94-115
Stazzona	7-8	5-7	5-7	5-7	115-153

Complessivamente l'abbassamento lineare riscontrato nella zona della cava La Bosca riscontrato in 21 anni dal 1977 al 1998 si attesta su valori compresi fra 9,4 e 11,5 cm con un tasso di subsidenza medio di circa 4,97 cm/anno.

In corrispondenza della cava Stazzona invece, nel medesimo periodo si registrano abbassamenti sensibilmente superiori compresi fra 11,5 e 15,3 cm con valori di subsidenza intorno a 6,38 mm/anno.

## 2.4. DESCRIZIONE DELLE CAVE

### 2.4.1. CAVA "LA BOSCA"

La cava La Bosca è identificata come una cava di pianura con escavazione del materiale sottofalda e viene sfruttata come cava di sabbia.

La cava è ubicata, come indicato nella Tavola 1, tra l'abitato di Classe a ovest, quello di Porto Fuori a nord, e quello di Borgo fosso Ghiaia a sud; la linea di costa si trova a cinque chilometri ad est dell'area. I suoi confini sono indicati nella Tavola 4: essa è delimitata dallo scolo delle Motte a est che si va a collegare ai Fiumi Uniti, dalla via Marabina a nord che corre parallelamente al corso dei Fiumi Uniti, a sud dalla strada via sacca, dal passaggio dello scolo delle Motte e dal fosso vecchio, ad ovest dalla strada comunale Bosca e dall'omonimo scolo.

La cava è inclusa del Polo estrattivo Bosca e viene gestito dalla società Bosca s.r.l.

Inizialmente l'area soggetta a escavazione, secondo il Piano di Attività Estrattive (PAE) del 1995 prevedeva una superficie di 12 ettari suddivisi in due stralci attuativi. L'area del primo stralcio a nord del canale Bosca è già stata sottoposta ad escavazione, mentre l'attività estrattiva del secondo stralcio a sud del medesimo canale è ancora in corso. L'area del secondo stralcio è stata ampliata con una variante al PAE 95 portando l'estensione massima dell'intera area di cava a 16 ettari.

I volumi di materiali estraibili relativi a questi due stralci sono: 1° stralcio: 500.000 m<sup>3</sup> (5 ha) e 2° stralcio: 875.000 m<sup>3</sup> (7 ha) per un totale di 1.375.000 m<sup>3</sup>; tale quantità è quella massima estraibile come indicato nel PAE 95, per un periodo temporale di 10 anni. L'estensione del 2° stralcio di 4 ha è stata chiesta per poter raggiungere proprio il volume massimo suddetto, si arriva così ad una dimensione dell'area totale del 2° stralcio di 11 ha.

La superficie complessiva del sito, compresa la parte costituita dalla zona di cava esaurita approvata dal PAE del 1986 è pertanto di 32,9 ha.

Il nuovo PIAE delle attività estrattive della Provincia di Ravenna, in fase di attuazione, concede come ampliamento, l'estrazione di ulteriori 630.000 m<sup>3</sup> in una zona di 10 ha, contigua al lato nord della cava attuale (vedi Tavola 4)

Compreso l'ampliamento che avverrà in futuro l'estensione del sito è di circa 43 ha.

La coltivazione della cava, avviene intercettando la falda e provoca la formazione di laghetti di acqua di falda anche di rilevanti dimensioni.

Nella situazione attuale sono presenti due laghi uno a nord e l'altro a sud del canale Bosca, ognuno dei quali rappresentativo rispettivamente della precedente coltivazione derivata come da PAE 86 e dell'attuale escavazione come da PAE 95 e sue varianti.

Dalle relazioni di progetto il lago Nord (lago 1) ha un perimetro di 1.452 m ed un'area di 8,8 ha. Considerato che le sponde sono state scavate secondo normativa vigente con una pendenza di 1:2 e che l'escavazione ha raggiunto in media 13,5 m di profondità si è ottenuto un volume totale di escavazione netto, pari a 990.000 m<sup>3</sup>.

Il lago Sud (lago 2) ha un perimetro di 1.739 m ed un'area di 17,3 ha. Il volume totale escavato sarà di 1.623.599 m<sup>3</sup>.

Il volume complessivo dei laghetti di cava risulterebbe quindi di 2.300.000 m<sup>3</sup>. Il volume del materiale di recupero che sarà utilizzato per il ritombamento in realtà è minore perchè deve tener conto della copertura finale del terreno vegetale. Ipotizzando una copertura con lo strato di cappellaccio per uno spessore di 1 m si ha un volume totale di tombamento di 2.352.599 m<sup>3</sup>.

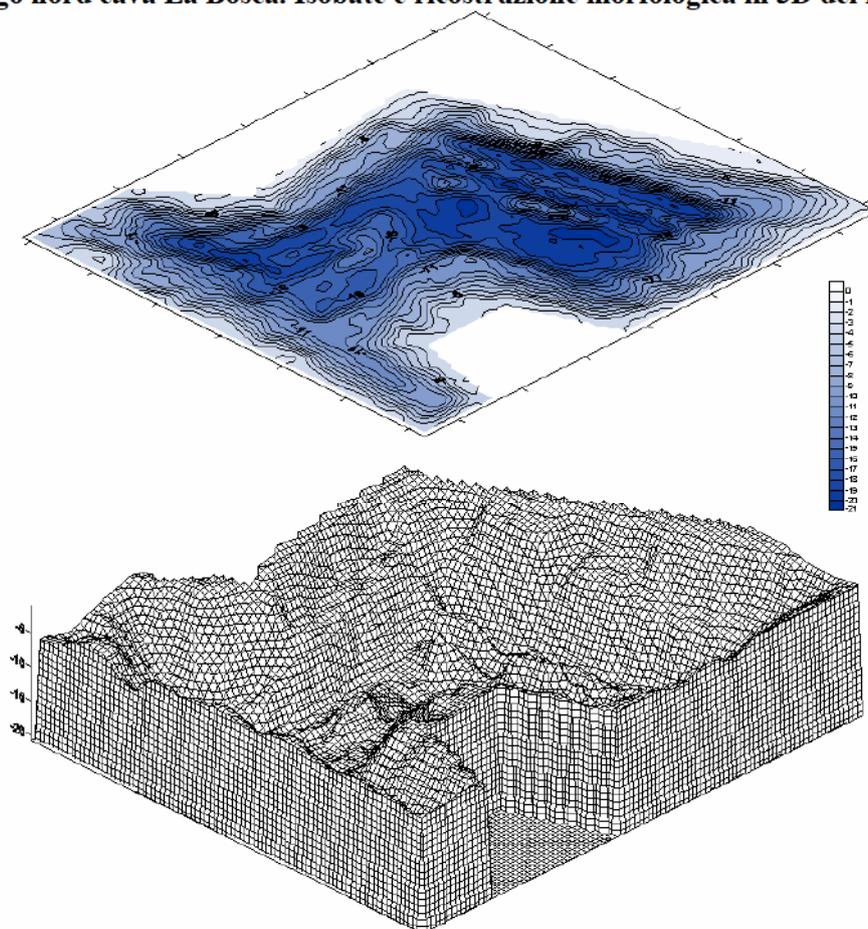
La potenzialità annua dell'impianto è stimabile intorno ai 396.000 m<sup>3</sup>/anno.

In seguito all'acquisizione di dati batimetrici, sono state effettuate delle elaborazioni più dettagliate e dei calcoli volumetrici più precisi.

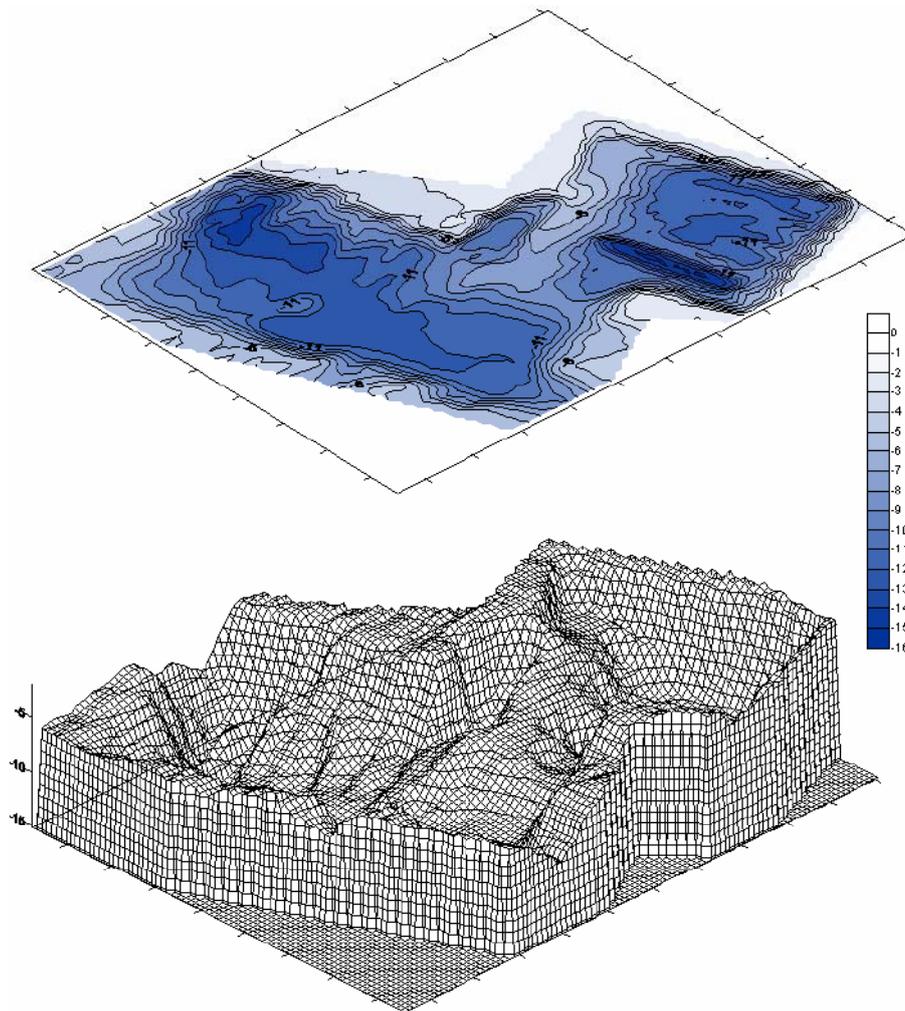
Le misure sono state eseguite nel 2001 per quanto riguarda il lago Nord e nel 2004 per il lago Sud. La rilevazione della profondità è avvenuta con un ecometro (sonar altimetro), collegato ad un ricevitore GPS montato a bordo di un'imbarcazione, in grado di acquisire a costanti intervalli temporali la profondità del bacino lungo la rotta.

I dati acquisiti, formati dalle coordinate geografiche e dal valore di profondità, sono stati interpolati con il programma Surfer 8.0 (Golden Software), ottenendo le isobate (di figura 2.9 e 2.10). Il programma è in grado di calcolare con metodi numerici sia l'area dello specchio d'acqua sia il volume del lago con la formula di Simpson, i cui valori sono riportati in tabella 2.2.

**Figura 2.9 – Lago nord cava La Bosca. Isobate e ricostruzione morfologica in 3D del fondale**



**Figura 2.10 – Lago sud cava La Bosca. Isobate e ricostruzione morfologica in 3D del fondale**



**Tabella 2.2 - Dati dimensionali dei laghetti di cava La Bosca**

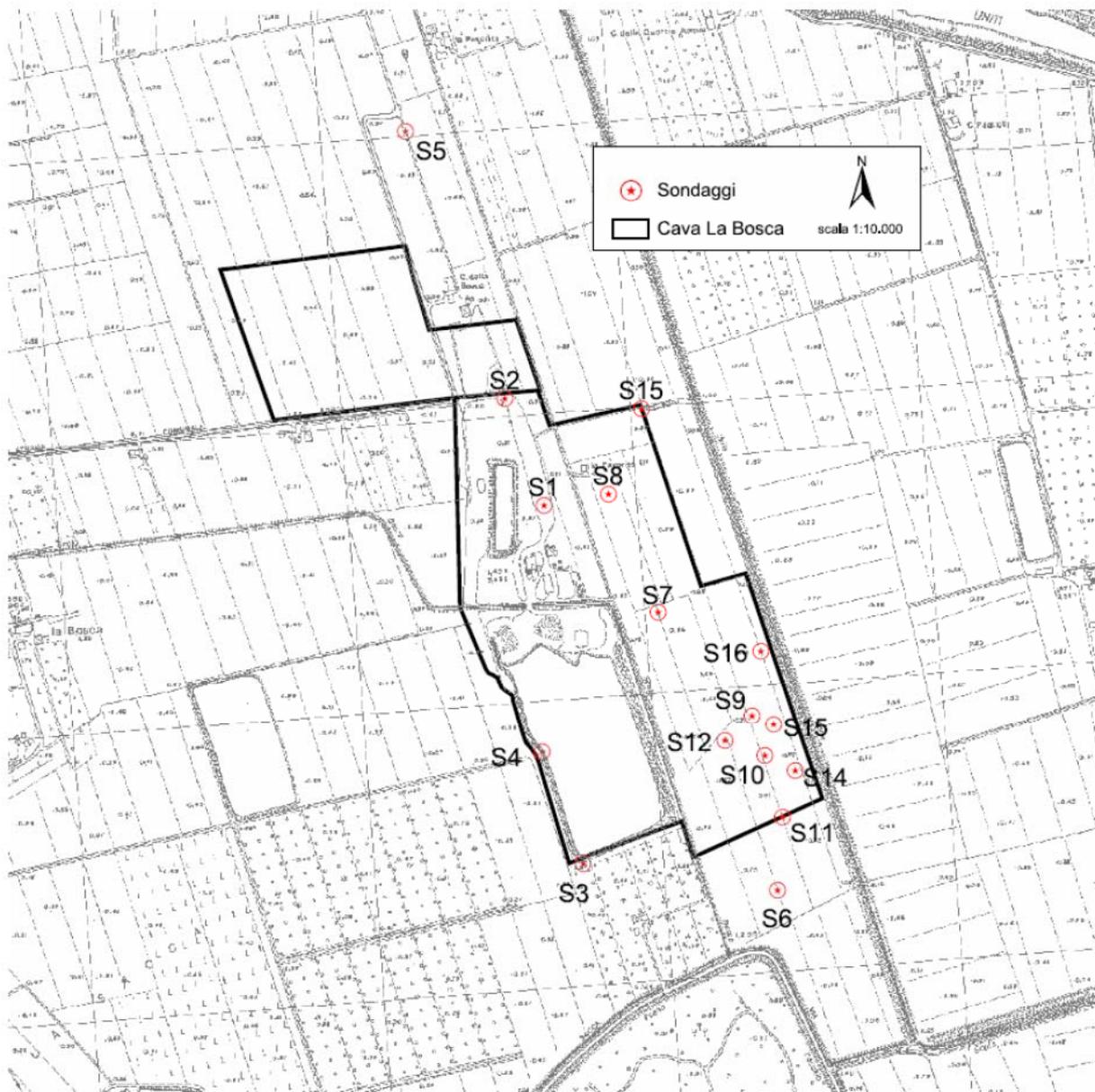
	profondità media [m]	area [ha]	volume [m <sup>3</sup> ]
lago Nord	11	8,5	940.000
lago Sud	10,3	13,2	1.360.000

#### 2.4.1.1. Tipologia del materiale estraibile

La classificazione del materiale è stata fatta utilizzando i dati in possesso derivanti da 12 prove geognostiche eseguite negli anni '93 e '95 (vedi figura 2.11). La profondità dei sondaggi è di circa 20 metri e in questo intervallo la litologia è costituita, per i primi tre metri superficiali, da terreno denominato cappellaccio, e poi fino a una profondità che varia dai 10 agli 11 metri da sabbia debolmente limosa che costituisce la materia prima da estrarre, oltre si trova lo strato argilloso limoso.

Nella Variante Generale del PAE '95 è stata indicata una potenza media del giacimento pari a 10,5 m.

**Figura 2.11 – Ubicazione dei sondaggi geognostici nell'intorno della cava La Bosca**



Secondo procedure standard di esecuzione di prove granulometriche, i campioni sono stati sottoposti a vagliatura per setacciatura per la determinazione della frazione sabbiosa. Tali operazioni prevedono che il materiale esaminato sia vagliato per mezzo di una serie di setacci sovrapposti, di apertura via via decrescente, fatti vibrare con un agitatore meccanico, in modo da separare i granuli in frazioni di dimensioni pressoché uguali, ciascuna trattenuta al corrispondente setaccio.

**Tabella 2.3 - Analisi granulometrica dei campioni prelevati presso la cava La Bosca**

	campione	profondità [m]	d=2,00 mm [%]	d=0,42 mm [%]	d=0,180 mm [%]	d=0,105 mm [%]	d=0,075 mm [%]	Sabbia [%]	Fango [%]
S5	A	2,0-2,4	100	-	99	32	28	73,2	26,8
	B	4,3-4,5	100	95	35	20	16	84,7	15,3
	C	6,5-6,7	100	92	42	26	23	78,0	22,0
	D	8,8-9,0	100	100	99	47	42	59,8	40,2
	E	11,8-12,0	100	100	100	76	56	46,4	53,6
	F	14,6-14,8	100	100	99	97	89	14,7	85,3
	G	18,8-19,0	100	100	-	-	80	23,4	76,6
	H	20,6-20,8	100	99		89	68	34,9	65,1
S6	A	3,6-3,8	100	97	65	19	16	84,7	15,3
	B	5,4-5,6	100	96	31	15	12	88,5	11,5
	C	9,4-9,6	100	99	74	42	27	74,1	25,9
	D	10,8-11,0	100	100	99	97	92	11,9	88,1
	E	13,4-13,6	100	100	100	98	96	8,0	92,0
	F	16,0-16,3	100	100	100	95	62	40,6	59,4
	G	22,0-22,3	100	100	99	69	52	50,2	49,8

La granulometria dei campioni del sondaggio S5, ha evidenziato che i campioni prelevati nei primi 10 m di profondità (campioni A, B, C, e D), in percentuale presentano un contenuto prevalente di clasti appartenenti alle classi granulometriche intermedie tra 0,125 mm e 0,75 mm proprie delle sabbie fini.

I campioni prelevati ad una quota compresa fra i 10 e i 20 m di profondità dal p.d.c. (campioni E, F, G e H) presentano invece in percentuale una prevalenza di clasti a granulometria siltosa in quanto inferiori a 0,075 mm.

#### **2.4.1.2. Idrogeologia - idrologia**

La sabbia limosa costituisce l'acquifero superficiale che ha come letto le argille a circa 11 m di profondità. La falda ha uno spessore di circa 9 m con una soggiacenza di circa 2 m dal piano campagna.

Il flusso della falda è regolato dai corpi idrici superficiali, in primo luogo dai fiumi Uniti e da una serie di canali di scolo realizzati per permettere alle idrovore di bacino di regolare il livello delle acque sotterranee in questa zona di bonifica.

In particolare i Fiumi Uniti hanno una funzione alimentante per le acque sotterranee. L'area attorno alla cava La Bosca viene servita da una rete idrica costituita da diversi canali di scolo alcuni dei quali a carattere naturale e altri a carattere meccanico; tutto questo sistema idrico superficiale viene regimato dall'azione dell'Idrovora 5° di Bacino, che è localizzata in zona Fosso Ghiaia, identificando un suo omonimo comprensorio di cui fa parte anche tutta la zona attorno la cava.

Sono presenti nella zona lo scolo a deflusso meccanico "Motte" il quale si collega successivamente in direzione Est a tre differenti sue diramazioni (Motte 1, Motte 2 e Motte 3). In direzione Sud-Est in corrispondenza del torrente Bevano si riscontra la presenza dello scolo a deflusso naturale "Fosso Ghiaia" nel quale si immette lo scolo naturale "Fosso Vecchio" collegato alla rete dei "Motte".

Infine a Sud-Ovest troviamo lo scolo meccanico “Saviola” nel quale si inseriscono da Nord-Est gli scoli meccanici “Chiavichetta”, “Cavedona” e “Bosca” mentre da est la rete “Motte”.

Anche i laghetti di cava hanno la loro influenza sul deflusso delle acque sotterranee creando una zona di carico piezometrico costante.

#### **2.4.1.3. Caratteristiche acque sotterranee**

L'analisi chimica delle acque sotterranee, è indicativa della loro qualità; questa analisi, è stata effettuata su una serie di campioni prelevati durante la campagna di indagine eseguita in merito alla prima richiesta di autorizzazione per la coltivazione della cava La Bosca. I parametri considerati sono la conducibilità elettrica e la durezza, le concentrazioni dei nitrati e bicarbonato.

Dall'analisi dei dati, si può notare un aumento della conducibilità elettrica da Nord-Ovest a Sud-Est nella zona più settentrionale, mentre in quella più meridionale una diminuzione da Nord a Sud.

Le percentuali dei Bicarbonati e dei Nitrati hanno invece dei valori che tendono ad essere maggiori in prossimità della zona Nord Ovest dell'area di indagine e che poi diminuiscono in direzione Sud Est.

### **3. ATTIVITÀ DI CAMPO E ELABORAZIONE DATI**

#### **3.1. CAVA “LA BOSCA”**

##### **3.1.1. RICOSTRUZIONE SUPERFICIE PIEZOMETRICA**

La rappresentazione della geometria della superficie piezometrica della falda più superficiale è stata ottenuta rilevando in data 17/2/2005 la quota della tavola d’acqua in 12 punti di misura, 10 dei quali sono pozzi civili a largo diametro e 2 sono aste piezometriche, ubicati nell’intorno del sito estrattivo (vedi figura 3.1).

I pozzi, di profondità modesta non superiore ai 5-6 m dal p.d.c., sono ubicati in prossimità di edifici civili lungo le strade comunali Bosca e Carabina a Nord e a Est della cava, e lungo via Della Sacca (pozzo C) a Sud. I pozzi n.16 e 17 ricadono invece direttamente in prossimità del sito estrattivo, in particolare il pozzo 16 costituisce un punto di misura chiave per la ricostruzione del modello idrogeologico della zona, in quanto presumibilmente in connessione con i due laghi di cava presenti, permette di fornire una misura abbastanza precisa del livello del pelo libero dell’acqua. I 2 piezometri, indicati in figura come P1 e P2, sono ubicati all’interno della Pineta di Classe e consentono di monitorare insieme al pozzo C l’area a sud della cava.

La misura del livello della falda è stato eseguito utilizzando una sonda freaticometrica Spohr con nastro metrico e precisione di 1 cm, dotata di segnalatore luminoso che si accende al contatto con il liquido. Una volta misurato in campagna il valore di soggiacenza della falda, si è riportato il livello piezometrico della falda in m. s.l.m. utilizzando come riferimento le quote topografiche riportate sulla C.T.R del 1978. Verosimilmente tale operazione, indispensabile per la modellizzazione idrogeologica dell’intero sistema, presuppone un intervallo di errore decimetrico, comunque largamente inferiore alle oscillazioni fratiche medie stagionali, in questa zona superiori a 50 cm. Da informazioni ricavate dai gestori delle attività di estrazione, la massima escursione annua del livello nei due laghi di cava, si attesterebbe intorno a 80 cm; le escursioni sono ovviamente più evidenti visto che i fenomeni di evaporazione e di ricarica tramite le precipitazioni hanno degli effetti più diretti.

Attraverso la ricostruzione stratigrafica, desunta dei log stratigrafici di archivio e riportati in allegato, si è potuto ricostruire la continuità spaziale, lo spessore e la tessitura dei sedimenti che costituiscono il primo acquifero più superficiale, interessato direttamente dalle attività di coltivazione di inerte.

Si è così individuata una falda superficiale libera, con deflusso nord-sud, ospitata nei depositi sabbiosi depositatisi durante l’ultima trasgressione olocenica e alimentata a nord direttamente dalla direttrice idrica dei Fiumi Uniti.

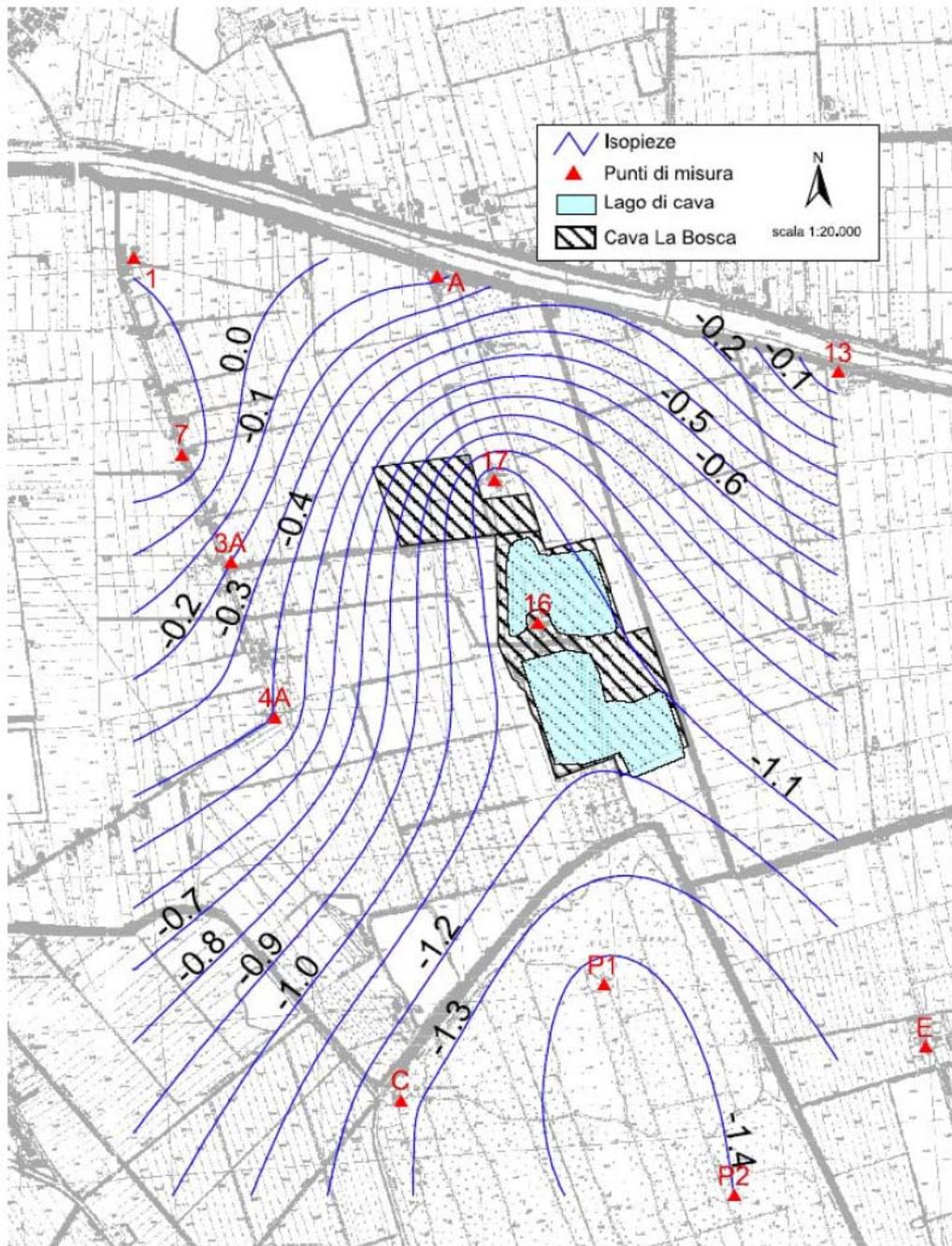
Le misure di soggiacenza della falda e delle quote assolute sul livello del mare sono riportate nella tabella 3.1, mentre in figura 3.1, sulla base dei rilievi effettuati, è riportata la piezometria ottenuta con un programma di interpolazione.

**Tabella 3.1 - Punti di misura piezometrici nell'area di cava "La Bosca".**

<b>Pozzi piezometrici</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>P.d.C. s.l.m. [m]</b>	<b>Soggiacenza [m]</b>	<b>Piezometria s.l.m. [m]</b>
1	758.998	4.921.185	2,12	2,03	0,09
7	759.137	4.920.598	2,23	2,04	0,19
13	761.309	4.920.807	2,24	2,16	0,08
16	760.322	4.919.977	1,49	2,68	-1,19
17	760.181	4.920.449	1,49	2,67	-1,18
3A	759.316	4.920.176	1,80	2,00	-0,20
4A	759.461	4.919.664	1,43	1,83	-0,40
A	759.993	4.921.122	2,00	2,08	-0,08
C	759.874	4.918.396	1,52	2,80	-1,28
E	761.596	4.918.572	0,50	6,10*	-5,60*
P1	760.539	4.918.778	1,26	2,70	-1,44
P2	760.969	4.918.082	1,80	3,20	-1,40

\* misura anomala non considerata nel calcolo della piezometria

**Figura 3.1 – Piezometria dell’area di cava “La Bosca” ricostruita sulla base delle misure effettuate il 17/2/2005**



In particolare si osserva che linee di deflusso a nord del sito estrattivo convergono direttamente verso la cava in quanto i due bacini di cava esplicano un richiamo drenante della falda stessa. A sud della cava invece, le linee piezometriche pur ridisponendosi subparallele alla direzione di deflusso dei Fiumi Uniti, conservano una concavità verso sud tale da direzionare le linee di deflusso verso la Pineta di Classe, quest’ultima quindi verosimilmente da considerarsi bersaglio sensibile in quanto a valle in senso idrogeologico nei confronti della cava.

La ricostruzione effettuata del flusso della falda più superficiale, significativa per la stagione invernale, si ritiene sia rappresentativa dell'andamento delle oscillazioni stagionali della superficie

piezometrica. Nell'interpolazione effettuata, non è stata considerata la misura nel pozzo E in quanto considerata anomala rispetto ai restanti dati raccolti.

Dall'analisi dell'andamento della superficie piezometrica, ricostruita si osserva che:

- I Fiumi Uniti alimentano la falda, piezometria che si attesta intorno agli 0,08 m s.l.m.;
- I valori più bassi (piezometria a -1,4 m s.l.m.) si riscontrano a sud del sito estrattivo all'interno della Pineta di Classe, bersaglio sensibile del nostro sistema;
- Nel complesso le isopieze della zona sono fortemente influenzate dalla presenza dei laghi di cava che compiono una funzione drenante di richiamo di tutte le direttrici idriche poste a monte della cava. In corrispondenza del pozzo n.16 infatti si riscontra la zona di maggiore depressione locale della falda a circa -1,19 m slm.

### 3.1.2. SALINITÀ DELLE ACQUE SOTTERRANEE

Associate alle misure di freatimetria, per ogni punto di misura sono state effettuate inoltre misure di conducibilità elettrica e temperatura dell'acqua, utilizzando un conducimetro a lettura diretta WTW mod. Cond 315i.

Questo parametro, mediante la preponderante influenza degli ioni  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , si presta ad evidenziare molto bene i fenomeni di intrusione delle acque salate e salmastre in quanto esprime la capacità dell'acqua di offrire una conduttanza al passaggio di una corrente elettrica, grazie ai sali disciolti in essa.

La conducibilità elettrica, quindi, rappresenta un buon indicatore del grado di impurità e mineralizzazione delle acque; maggiori sono le impurità contenute e maggiore è il suo valore. Per la maggior parte degli usi agricoli e urbani l'acqua dovrebbe avere un contenuto di solidi disciolti inferiore a 1.000 -1.200 ppm e una conducibilità elettrica inferiore a 1.500 – 1.800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Per gli usi domestici è preferibile un'acqua con un contenuto totale di solidi disciolti al di sotto di 500 ppm o con una conducibilità inferiore a 750  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Le misure di conducibilità riportate in tabella 3.2 sono state prese in corrispondenza dello strato più superficiale dell'acqua di falda in tutti i punti di misura, sia pozzi che piezometri rilevati. Nelle considerazioni, non sono stati utilizzati i valori ricavati dalle misure effettuate presso il pozzo 13 in quanto considerati anomali rispetto ai restanti dati raccolti.

**Tabella 3.2 - Valori di conducibilità misurati presso la cava La Bosca.**

Pozzi piezometri	X	Y	Conducibilità [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ]
1	758.998	4.921.185	1.182	9,2
7	759.137	4.920.598	997	8,2
13	761.309	4.920.807	22.000	12,2
16	760.322	4.919.977	1.951	9,8
17	760.181	4.920.449	1.086	10,0
3A	759.316	4.920.176	2.910	10,1
4A	759.461	4.919.664	1.168	10,0
A	759.993	4.921.122	2.360	9,2
C	759.874	4.918.396	1.296	9,7
P1	760.539	4.918.778	2.040	11,3
P2	760.969	4.918.082	4.800	12,1

Dai dati rilevati emerge che generalmente il valore di conducibilità dell'acqua nei pozzi ad uso civile, si attesta su valori di poco superiore a 1.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  con un minimo nel pozzo n. 7 con  $C=997 \mu\text{S}/\text{cm}$  e un massimo nel pozzo n. 3 con  $C=2.910 \mu\text{S}/\text{cm}$ .

I valori di conducibilità registrati nei due piezometri all'interno della Pineta di Classe mostrano valori decisamente superiori a quelli riscontrati nei restanti punti di misura, P1  $C=2.040 \mu\text{S}/\text{cm}$  e P2  $C=4.800 \mu\text{S}/\text{cm}$ . Tale incremento può essere interpretato considerando la maggiore profondità dei piezometri: P1 profondo oltre 10 m e P2 profondo circa 6,5 m, infatti i sedimenti più profondi, dovrebbero essere sede di acque a più elevato contenuto salino.

Le misure del profilo verticale di conducibilità in questi due punti hanno confermato infatti il trend di aumento della salinità con la profondità.

La misura è stata effettuata calando la sonda conduttimetrica nella colonna d'acqua fino al contatto superiore con la falda, si sono acquisite coppie di dati conducibilità / temperatura ad incrementi regolari di 50 cm fino a raggiungere la profondità a fondo pozzo.

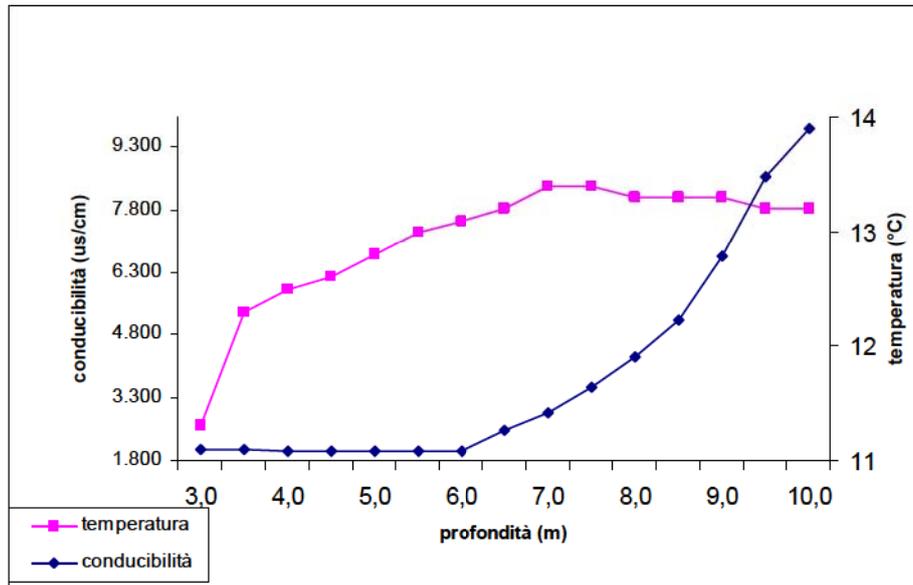
Nelle tabelle 3.3 e 3.4 sono riportati i valori registrati nei due piezometri.

Analizzando i profili di conducibilità dei due piezometri si osserva che con l'aumentare della profondità aumenta sia la conducibilità che la temperatura vedi figure 3.2 – 3.3.

**Tabella 3.3 – Valori di conducibilità e temperatura nel piezometro P1**

Profondità dal p.d.c. [m]	Conducibilità [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ]
-3,0	2.040	11,3
-3,5	2.050	12,3
-4,0	2.060	12,5
-4,5	2.060	12,6
-5,0	2.065	12,8
-5,5	2.067	13,0
-6,0	2.100	13,1
-6,5	2.520	13,2
-7,0	2.940	13,4
-7,5	3.550	13,4
-8,0	4.290	13,3
-8,5	5.140	13,3
-9,0	6.700	13,3
-9,5	8.590	13,2
-10,0	9.730	13,2

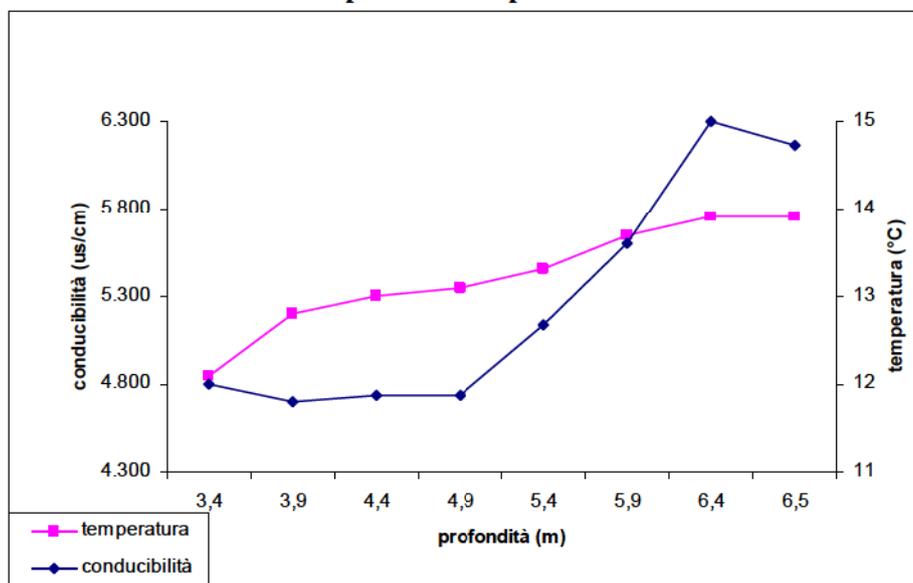
**Figura 3.2 – Profilo di conducibilità e temperatura nel piezometro P1**



**Tabella 3.4 – Valori di conducibilità e temperatura nel piezometro P2**

Profondità dal p.d.c. [m]	Conducibilità [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Temperatura [°C]
-3,4	4.800	12,1
-3,9	4.700	12,8
-4,4	4.740	13,0
-4,9	4.740	13,1
-5,4	5.140	13,3
-5,9	5.600	13,7
-6,4	6.300	13,9
-6,5	6.160	13,9

**Figura 3.3 – Profilo di conducibilità e temperatura nel piezometro P2**



Dai grafici sopra riportati, si osserva che la falda in corrispondenza della Pineta di Classe presenta generalmente valori di conducibilità molto più elevati rispetto a quelli misurati nei punti di misura nell'intorno di cava, in particolare nel piezometro P1 a 10 m dal p.d.c. si sono misurati valori di conducibilità superiore a 9.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Analizzando in dettaglio tale profilo, si constata che fino ad una profondità di circa 6 m i valori di conducibilità rimangono pressoché costanti intorno a valori di poco superiori a 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  per poi impennarsi a profondità superiori.

Tale andamento, ammettendo che il piezometro sia perforato per tutta la sua lunghezza, potrebbe essere interpretato constatando che la falda in questa zona sia stratificata. Ad una profondità di circa 6 m dal p.d.c. si riscontrerebbe una superficie di interfaccia che separa uno strato superiore di acqua a minore contenuto salino rispetto ad uno inferiore invece più salso.

Nel piezometro P2 si parte da valori di conducibilità in superficie più alti e si registra, alla profondità di circa 5 m, l'inizio di una crescita verso valori più elevati che non è stato possibile rilevare data la profondità limitata del piezometro.

Tuttavia in entrambi i casi non si hanno variazioni brusche di salinità, effetto che invece caratterizza i profili di conducibilità di acque sotterranee con cunei salini. Nel P1 ad esempio si passa gradualmente, nell'intervallo di 4 m, da 2.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  a 10.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Anche altri piezometri situati nella parte meridionale della pineta mostrano una conducibilità che tende ad aumentare verso i 5 m di profondità ma con una pendenza ancora più debole raggiungendo valori massimi 3.200  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , inferiori comunque rispetto ai valori della porzione più superficiale delle acque sotterranee del piezometro P2.

Sembrirebbe quindi che piuttosto di un'ingressione di acque salmastre in falda con la presenza di un'interfaccia di separazione fra acque dolci e salate, si verifichi una situazione in cui la diversa salinità delle acque sotterranee sia dovuta al contatto con sedimenti salati più profondi e distribuiti in modo eterogeneo.

Durante la campagna di rilevamento dei punti di misura freaticometrici, è stata inoltre rilevata la conducibilità dell'acqua dei due laghi all'interno della cava, in prossimità delle sponde.

I valori di conducibilità sono stati riportati nella tabella seguente.

**Tabella 3.5 -Valori di conducibilità misurati nei due laghi di cava**

Punti di misura	X	Y	Conducibilità [ $\mu\text{S}/\text{cm}$ ]	Temperatura [ $^{\circ}\text{C}$ ]
Lago Nord A	760.291	4.920.001	6.240	4,9
Lago Nord B	760.221	4.920.170	6.330	4.6
Lago Sud	760.320	4.919.864	9.900	4,5

Indicativamente l'acqua dei due laghi presenta valori di conducibilità elettrica notevolmente superiore a quelli rilevati nei pozzi limitrofi alla cava. Nel pozzo n. 16 ubicato all'interno della cava fra i due laghi, si sono misurati valori di conducibilità di 1.951  $\mu\text{S}/\text{cm}$  notevolmente inferiori ai circa 6.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  registrati per il lago Nord e agli oltre 9.000  $\mu\text{S}/\text{cm}$  del lago Sud.

Questi valori elevati di conducibilità dei laghi di cava, rispetto a quelli riscontrati nelle acque di prima falda, possono dipendere da fenomeni di concentrazione dei sali nelle acque per evaporazione, molto rilevante in queste zone nei mesi estivi. Un'altra spiegazione è da ricercare nella profondità limitata dei pozzi che intercettano le acque di falda a minor contenuto salino, ammettendo quindi che ci sia un cuneo salino a profondità superiori; nel lago di cava comunque non si può parlare di stratificazione di acque a diversa salinità per il rimescolamento dovuto a movimenti convettivi che causa una maggiore omogeneizzazione della salinità stessa. Una terza ipotesi può trovare spiegazione ammettendo che le operazioni di escavazione e approfondimento dei

due laghi di cava, abbiano messo in connessione l'acquifero superficiale con un acquifero più profondo caratterizzato da acque a maggiore contenuto salino.

### **3.3. DETERMINAZIONE DELLA CONDUCIBILITÀ IDRAULICA**

La determinazione della conducibilità idraulica è essenziale per caratterizzare le proprietà idrogeologiche dell'acquifero considerato e indica direttamente la velocità delle acque sotterranee e i gradienti idraulici presenti.

La misura di questo parametro può avvenire o in modo diretto (prove di emungimento o ricarica) o in modo indiretto attraverso formule empiriche.

Le misure dirette con prove di pompaggio o di ricarica benchè in teoria più precise non sono applicabili nel caso in questione, perchè fortemente influenzate dal lago di cava, che con il suo carico piezometrico costante sfalserebbe le misure. Inoltre per l'esecuzione della misura sarebbe necessario installare dei piezometri ad hoc.

La formula empirica benchè in generale meno precisa in questo caso offre sicuramente un vantaggio in termini di rapidità di calcolo, in quanto sono a disposizione dati sulla granulometria del sottosuolo, e in termini di precisione in quanto il materiale è molto omogeneo per tutta la profondità dell'acquifero e il valore della permeabilità sarà molto vicino a quello reale.

Dalle analisi granulometriche esaminate nel paragrafo 2.3.2 è stato possibile procedere al calcolo empirico della conducibilità idraulica tramite i seguenti parametri:

- Il grado d'uniformità,
- Il diametro efficace

### Grado d'uniformità

Il grado di uniformità viene caratterizzato mediante un coefficiente detto coefficiente di uniformità U, espresso dalla seguente relazione:

$$U = d_{60}/d_{10}$$

$d_{60}$  = diametro del setaccio che lascia passare il 60% del materiale in peso e quindi trattiene il 40%;  
 $d_{10}$  = diametro del setaccio che lascia passare il 10% del materiale in peso e quindi trattiene il 90%.

In genere un valore di  $U < 5$  indica un campione uniforme ed un valore di  $U > 5$  un campione poco uniforme; più basso è il valore di U, più è uniforme il campione, mentre valori alti di U, sono tipici di materiali con diverse granulometrie e con curve granulometriche meno inclinate.

### Diametro efficace

Il diametro efficace viene definito tale in quanto rappresentativo del diametro medio dei grani di una roccia sciolta a granulometria varia, in relazione alle caratteristiche idrologiche della roccia a cui appartiene.

Tale parametro, equivalente al diametro corrispondente al 10% di passante,  $d_{10}$ , viene misurato nel diagramma granulometrico con il valore letto nelle ascisse, corrispondente quindi al 10 % dei pesi cumulati.

### Valore empirico per la conducibilità idraulica

Il coefficiente di conducibilità idraulica K, definito talvolta come coefficiente di permeabilità o di filtrazione, rappresenta l'attitudine del terreno a lasciarsi attraversare dall'acqua ed è definibile come il volume di fluido che attraversa una sezione unitaria di terreno, nell'unità di tempo, quando si è in presenza di un gradiente idraulico unitario.

Questo parametro è molto importante poiché condiziona in modo determinante la resa degli acquiferi. Il coefficiente K, avente dimensioni di una velocità, dipende dalle proprietà geometriche della formazione e da quelle del liquido che lo attraversano.

La dipendenza fra il coefficiente di permeabilità K con il diametro delle particelle costituenti il terreno, è stata formulata dalla relazione di Hallen Hazen per la quale la permeabilità dei sedimenti granulari è in funzione del diametro efficace  $d_{10}$ :

$$K = m * d_{10}^2$$

con m compreso mediamente fra 81-117 se il diametro è espresso in centimetri.

Tale formula correla la conducibilità idraulica alle sole proprietà del materiale poroso tanto che essa viene chiamata permeabilità intrinseca, pur tuttavia in particolari condizioni (acque a bassa profondità, pressione e temperatura poco elevate) essa può essere approssimata alla conducibilità idraulica trascurando quindi i parametri caratteristici legati al liquido come densità e viscosità ( $\gamma/\mu$ ).

#### **3.3.1. CONDUCEBILITÀ IDRAULICA PER L'AREA COMPREDENTE LA CAVA LA BOSCA**

Nella tabella seguente sono riportate le caratteristiche dei sedimenti sciolti prelevati nei sondaggi S5 e S6. La conducibilità idraulica è stata calcolata con la formula empirica di Hallen Hazen considerando un valore medio di m, uguale a 100.

**Tabella 3.10 -Valori di permeabilità campioni prelevati presso cava La Bosca**

	Campione	Profondità campione [m]	Diametro efficace $D_{10}$ [m]	$D_{60}$ [m]	Coefficiente di uniformità U	K [m/s]
S5	A	2,0-2,4	$1,1 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	13	$1,2 \cdot 10^{-6}$
	B	4,3-4,5	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	10	$6,1 \cdot 10^{-6}$
	C	6,5-6,7	$1,4 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	18	$2,0 \cdot 10^{-6}$
	D	8,8-9,0	$7,9 \cdot 10^{-6}$	$1,2 \cdot 10^{-4}$	15	$6,2 \cdot 10^{-7}$
	E	11,8-12,0	$6,6 \cdot 10^{-6}$	$9,0 \cdot 10^{-5}$	14	$4,4 \cdot 10^{-7}$
	F	14,6-14,8	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	9	$3,0 \cdot 10^{-7}$
	G	18,8-19,0	$5,7 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	9	$3,2 \cdot 10^{-7}$
	H	20,6-20,8	$6,0 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	8	$3,6 \cdot 10^{-7}$
S6	A	3,6-3,8	$2,5 \cdot 10^{-5}$	$2,0 \cdot 10^{-4}$	8	$6,1 \cdot 10^{-6}$
	B	5,4-5,6	$4,6 \cdot 10^{-5}$	$2,5 \cdot 10^{-4}$	5	$2,1 \cdot 10^{-5}$
	C	9,4-9,6	$1,2 \cdot 10^{-5}$	$1,5 \cdot 10^{-4}$	13	$1,4 \cdot 10^{-6}$
	D	10,8-11,0	$5,4 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	9	$2,9 \cdot 10^{-7}$
	E	13,4-13,6	$5,3 \cdot 10^{-6}$	$5,0 \cdot 10^{-5}$	9	$2,8 \cdot 10^{-7}$
	F	16,0-16,3	$6,3 \cdot 10^{-6}$	$7,5 \cdot 10^{-5}$	12	$3,9 \cdot 10^{-7}$
	G	22,0-22,3	$6,9 \cdot 10^{-6}$	$7,0 \cdot 10^{-5}$	10	$4,7 \cdot 10^{-7}$

Il grado di uniformità per tutti i campioni esaminati, risulta attestarsi intorno a valori superiori a 5 ad indicare che generalmente le litologie presenti nei primi 20 m di profondità della zona, sono costituite da materiali non troppo classati poiché costituiti da clasti a diverse granulometria.

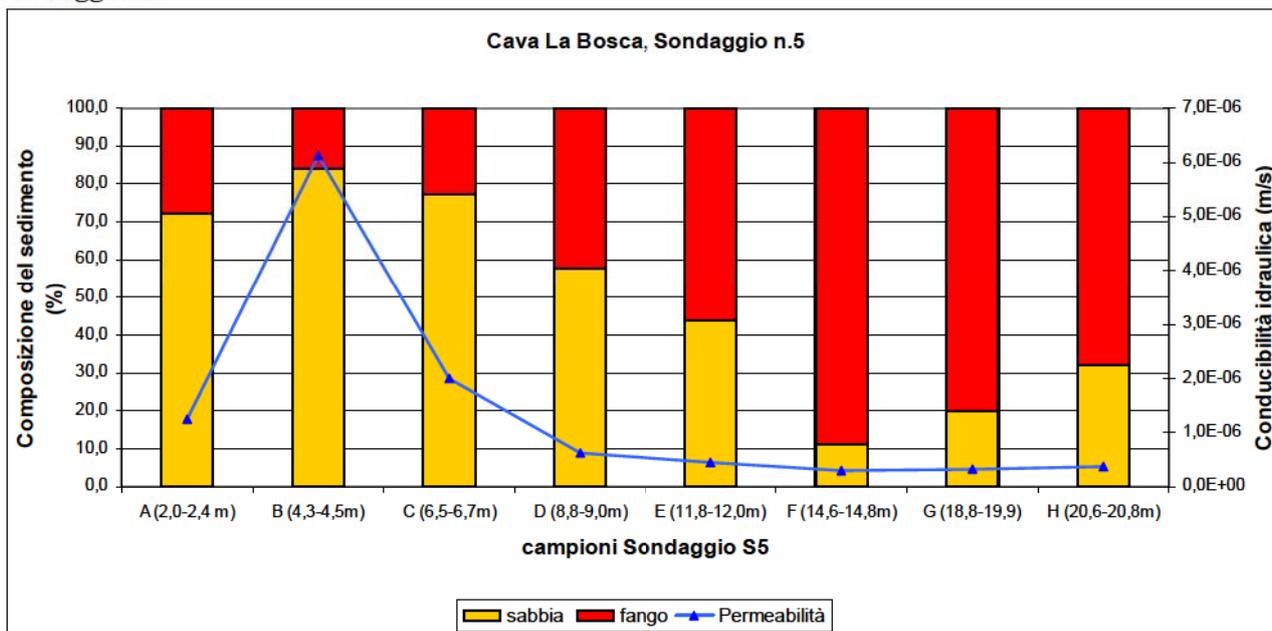
I valori di permeabilità, ottenuti mediante relazione empirica, si attestano per ambedue i sondaggi intorno a valori di  $K= 10^{-6}$  m/s nei primi 10 m di terreno e valori di  $K= 10^{-7}$  m/s per i terreni a profondità maggiore.

In figura 3.6 e figura 3.7 si vede la correlazione fra la conducibilità idraulica e la composizione sedimentologica dei vari campioni.

Risulta evidente che i primi 4 campioni superficiali presentano una frazione sabbiosa prevalente su quella siltoso argillosa, mentre i restanti, collocati ad una profondità maggiore di 10 m, sono composti invece da materiale di dimensioni nettamente inferiori.

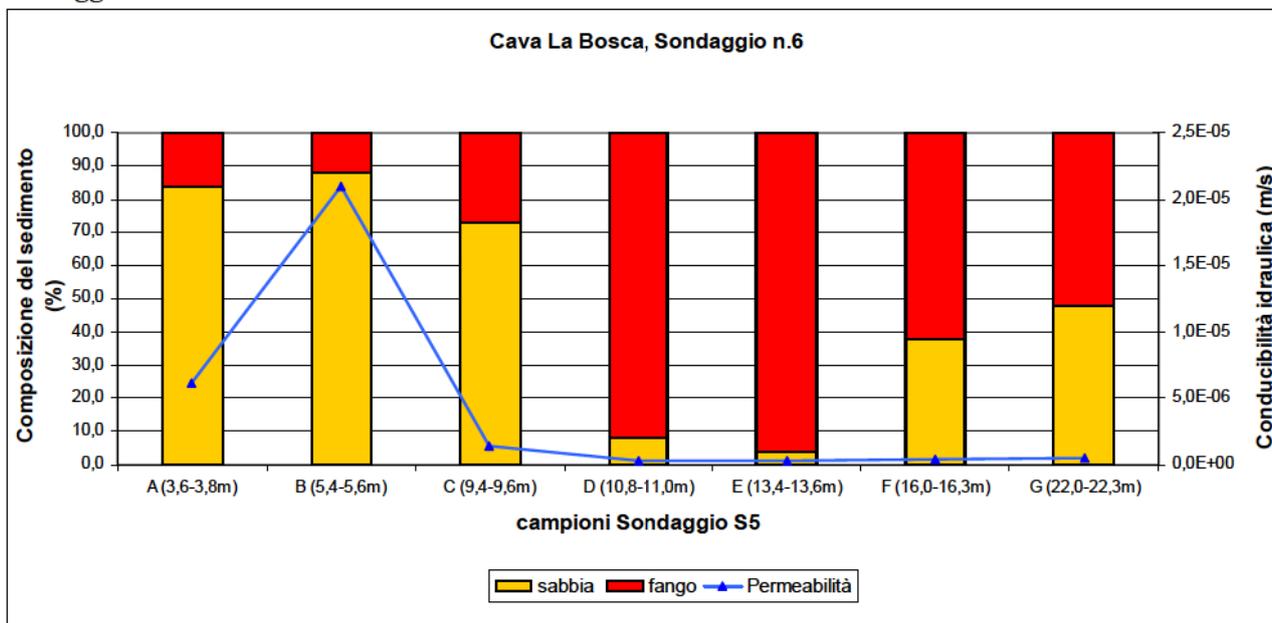
La conducibilità idraulica escluso il campione di terreno meno profondo mostra una correlazione con le caratteristiche litologiche: in particolare il K diminuisce al diminuire della presenza di sabbie.

**Figura 3.6 – Calcolo della permeabilità e contenuto di sabbia e materiale più fine nei vari campioni del sondaggio S5**



Le considerazioni fatte per il sondaggio n.5 trovano riscontro anche nel sondaggio n.6. In particolare appare evidente il cambio litologico che avviene nel concio di terreno compreso fra il campione C a 9,5 m dal p.d.c., composto per oltre il 70% da sabbia e il campione D posto a 11,0 m dal p.d.c., la cui percentuale sabbiosa risulta invece essere minore del 10% rispetto a quella siltoso argillosa.

**Figura 3.7 – Calcolo della permeabilità e contenuto di sabbia e materiale più fine nei vari campioni del sondaggio S6**



Ottenuti empiricamente i valori di permeabilità dei campioni analizzati, si è dovuto mediare tali valori in modo da ottenere un valore unico rappresentativo dell'acquifero.

A tal fine è stata condotta la seguente procedura:

- di ogni sondaggio verticale è stato ottenuto un valore unico di permeabilità, mediante media pesata dei valori di K dei campioni prelevati lungo lo stesso sondaggio, in funzione dello spessore complessivo del sondaggio stesso;
- calcolati i valori di permeabilità per ogni sondaggio, è stato possibile trovare un unico valore di K rappresentativo dell'acquifero superficiale dell'area esaminata.

Nel nostro caso specifico, considerando l'estensione modesta delle due zone oggetto di studio e constatando la presenza di un giacimento litologico di 10 m di spessore, uniforme nelle sue caratteristiche granulometriche, non a caso oggetto di coltivazione, si presume che un valore di K di  $6 \cdot 10^{-6}$  m/s possa essere rappresentativo dell'intero sistema.

Confrontando tale valore con dati di letteratura, il valore di permeabilità presunto risulta ricadere in concordanza con la configurazione litologica dell'area esaminata nella classe granulometrica delle sabbie, da fini a molto fini.

Nella tabella seguente sono riportate alcune caratteristiche dei sedimenti sciolti.

**Tabella 3.11 – Valori di letteratura della porosità e della permeabilità**

Tipi di sedimenti	$d_{10}$ [mm]	n [%]	$n_e$ [%]	K [m/s]
Ghiaia media	2,5	45	40	$3 \cdot 10^{-1}$
Sabbia grossa	0,250	38	34	$2 \cdot 10^{-3}$
Sabbia media	0,123	40	30	$6 \cdot 10^{-4}$
Sabbia fine	0,09	40	28	$7 \cdot 10^{-4}$
Sabbia molto fine	0,045	40	24	$2 \cdot 10^{-5}$
Sabbia siltosa	0,005	32	5	$1 \cdot 10^{-7}$
Silt	0,003	36	3	$3 \cdot 10^{-8}$
Silt argilloso	0,001	38	-	$1 \cdot 10^{-9}$ *
Argilla	0,0002	47	-	$5 \cdot 10^{-10}$ *

Fonte: U.S. Geological Survey.

#### 4. MODELLO IDROGEOLOGICO

Per valutare le conseguenze dell'operazione di tombamento delle cave sull'assetto idrogeologico della zona circostante, con particolare attenzione ai bersagli sensibili del territorio, è stato utilizzato un modello numerico che simula il campo di moto della falda.

Il software utilizzato è il GMS 4.0 (Groundwater Modeling System) nella sua ultima versione del febbraio 2004. L'interfaccia grafica è stata sviluppata dall'Environmental Modeling Research Laboratory of Brigham Young University in collaborazione con U.S. Army Engineer Waterways Experiment Station.

Il programma sfrutta un motore di calcolo numerico che permette di risolvere le equazioni di moto della falda sia in regime stazionario che transitorio, valide se rispettate le leggi di Darcy. Il programma di calcolo è il Modflow 2000, che risolve delle equazioni differenziali del modello di flusso con il metodo numerico delle differenze finite, sviluppato da United States Geological Survey (McDonald & Harbaugh, 1988).

Si tratta quindi di discretizzare il dominio spaziale con una griglia di celle tridimensionali in ognuna delle quali verrà calcolato un valore di carico idraulico. Il modello è di tipo "block centered" cioè con il valore al centro della cella e non ai nodi della griglia. Per risolvere numericamente delle equazioni differenziali bisogna inserire precise condizioni al contorno che corrispondono alla presenza di elementi fisici sul territorio e introdurre parametri fisici caratterizzanti l'acquifero. E' necessario quindi costruire un modello concettuale che si avvicini il più possibile alla realtà.

La soluzione del modello è poi paragonata e calibrata sulla base di misure piezometriche effettuate sul campo su una rete di pozzi/piezometri.

Le principali fasi realizzate per l'applicazione della modellistica sono:

- costruzione del modello concettuale
- creazione della griglia e definizione delle dimensioni delle celle
- impostazione delle condizioni al contorno
- implementazione dei parametri caratterizzanti l'acquifero
- affinamento del modello

La costruzione del modello concettuale è fondamentale per tradurre una realtà fisica naturale in uno schema da implementare nel modello. In questa fase si individuano le tipologie di acquiferi (confinati o liberi) e i livelli litologici presenti; quali sono gli elementi presenti nel territorio come corpi idrici superficiali, pozzi in emungimento, zone in cui il flusso delle acque sotterranee è nullo, ecc.

La fase successiva è quella di delimitare la zona da modellizzare in modo da comprendere quegli elementi che determinano il moto della falda e i bersagli sensibili nei quali si vogliono valutare gli effetti di eventuali variazioni delle condizioni al contorno. La dimensione delle celle influisce sulla precisione del calcolo, è indicato un infittimento della griglia con celle più piccole lì dove c'è bisogno di un dettaglio maggiore di indagine.

Le condizioni al contorno possono essere dei fiumi con funzione drenante o alimentante nei confronti della falda, dei dreni o barriere, delle condizioni di ricarica della falda con precipitazioni meteoriche al netto dei fenomeni di ruscellamento superficiale ed evapotraspirazione, ecc.

L'implementazione dei parametri fisici e dimensionali propri dell'acquifero è un'operazione delicata che presuppone una buona conoscenza derivata da analisi di campioni e di una indagine dettagliata. Molto spesso invece ci si deve accontentare di poche informazioni o di parametri ricavati indirettamente da letteratura.

Proprio per questo il modello ha bisogno di essere migliorato ogni volta che si manda in esecuzione fino a quando si raggiunge un margine di errore ritenuto accettabile fra i valori calcolati e quelli misurati.

#### 4.1. APPLICAZIONE DELLA MODELLISTICA ALLA CAVA “LA BOSCA”

Come già visto nella descrizione dell'idrogeologia della zona, i fiumi Uniti hanno una funzione alimentante, mentre i laghetti di cava perturbano il campo di moto della falda creando una zona in cui si ha un carico piezometrico costante. Quest'ultima ipotesi è giustificabile nel caso si considerino non influenti i meccanismi di evapotraspirazione e di afflusso delle acque meteoriche.

E' stata sovrapposta una griglia regolare di 3500 m x 3700 m con celle di 50 m x 50 m. E' stato considerato infine un solo livello corrispondente ad un unico strato litologico dell'acquifero, come confermato dall'analisi dei sondaggi, che ha uno spessore di 10 m.

I fiumi Uniti rappresentano un confine idrogeologico, pertanto le celle a nord di esso sono state rese inattive.

Il valore di conducibilità idraulica della zona imposto è quello ricavato dal paragrafo 3.2.1, pari a  $6 \cdot 10^{-6}$  m/s.

La simulazione della situazione attuale con la presenza dei due laghetti di cava è stata ricavata imponendo una condizione di carico costante lungo l'asta del fiume e nell'intorno del perimetro dei laghi con un livello piezometrico pari a quello misurato nel pozzo 16 che si trova fra i due laghi stessi. Anche per il fiume, non disponendo di misure sul livello idrico e non avendo informazioni dimensionali e sulla permeabilità del letto che regola gli scambi con la falda, sono state prese le informazioni ricavate da alcuni pozzi poste nelle immediate vicinanze.

Si è supposto che il flusso proveniente da est e ovest non fosse nullo, ma non avendo informazioni quantitative sul bilancio idrico si sono introdotte delle condizioni di carico costante ricavate dal calcolo per interpolazione della piezometria. Infine un'ultima condizione al contorno riguarda lo scolo Fosso Vecchio, che delimita la Pineta di Classe e che ha funzione drenante nel sistema di canali e di idrovore dell'intera area di bonifica, pertanto è stato imposto al canale una condizione di dreno imponendo una profondità e una conduttività.

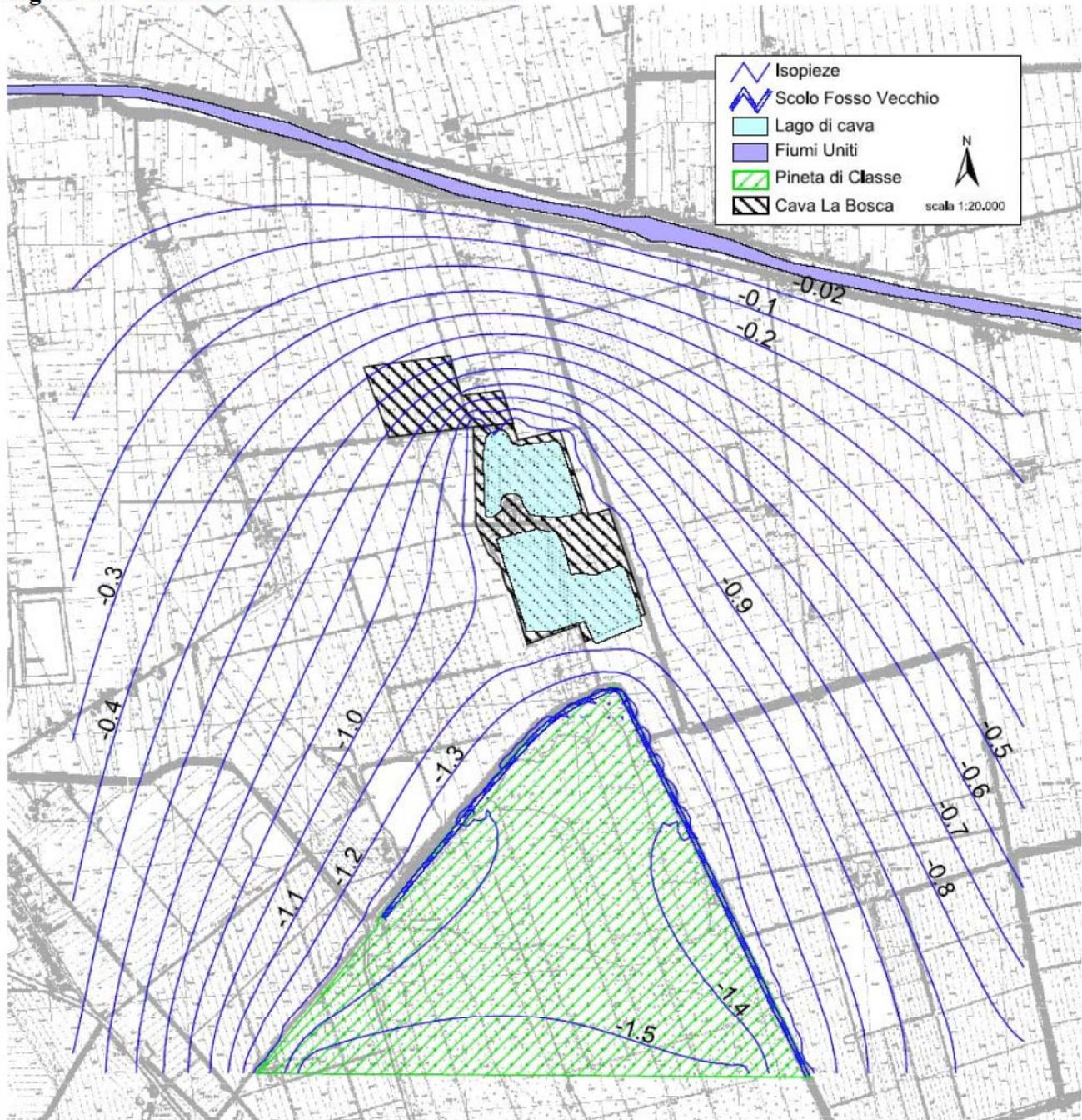
I risultati dell'esecuzione del modello sono stati confrontati con le misure piezometriche per valutare la bontà della simulazione. I risultati ottenuti e lo scostamento dalle misure sono riportati nella tabella e nella figura seguente:

**Tabella 4.1 - Livello piezometrico misurato e calcolato con il modello**

Pozzo/Piez	X	Y	piezometria m. slm		
			misurata	calcolata	diff
1	758998,45	4921184,85	0,09	0,03	0,06
7	759155,88	4920535,23	0,19	-0,19	0,38
13	761309,14	4920806,87	0,08	-0,01	0,09
16	760322,22	4919977,32	-1,19	-	-
17	760180,87	4920448,88	-1,18	-0,76	-0,42
3A	759315,78	4920176,48	-0,20	-0,4	0,2
4A	759460,92	4919663,71	-0,40	-0,65	0,25
A	759992,66	4921121,83	-0,08	0,04	-0,12
C	759873,63	4918395,90	-1,28	-1,36	0,08
P1	760538,62	4918777,75	-1,44	-1,4	-0,04
P2	760969,18	4918081,83	-1,40	-1,44	0,04

Il modello dà dei buoni risultati soprattutto nella zona della Pineta di Classe in cui abbiamo degli errori inferiori al 7% nei piezometri P1 e P2 e nel pozzo C. Negli altri punti abbiamo invece degli errori più rilevanti e comunque dello stesso ordine commesso nell'assegnare le quote del piano campagna dalla CTR.

**Figura 4.1 – Piezometria calcolata con il modello**



Una volta calibrato il modello si sono introdotte le modifiche per simulare l'operazione di tombamento. Le condizioni di carico costante ai laghetti sono state eliminate implementando nelle celle del lago il coefficiente di permeabilità idraulica dei sedimenti dragati nel porto di Ravenna. Come visto nel paragrafo 3.3.3 tale coefficiente è  $K=10^{-8}$  m/s.

Si ricorda che ogni cella ha un'altezza corrispondente alla profondità dell'acquifero e che quindi l'effetto del tombamento è quello di creare una barriera al moto orizzontale delle acque sotterranee.

Inoltre è stata commessa la semplificazione di approssimare il lago di cava ad un insieme di celle a forma di parallelepipedo, non considerando il profilo verticale delle sponde; il volume che se ne ricava per la simulazione è pertanto maggiore di quello reale. L'ipotesi così concepita risulta comunque cautelativa visto che i risultati ottenuti sovrastimano le variazioni reali del livello di falda.

Sono stati previsti vari scenari corrispondenti al riempimento in tempi diversi dei laghi di cava attualmente presenti e anche di quello che si formerà in futuro, dall'ampliamento autorizzato con il PIAE 2004. In particolare gli scenari sono così specificati:

- scenario 1: tombamento lago Nord
- scenario 2: tombamento lago Sud
- scenario 3: tombamento laghi Nord e Sud
- scenario 4: tombamento laghi attuali + quello dell'ampliamento

Nella tabella seguente sono riassunti i valori dei livelli piezometrici per i 4 scenari elencati nei pozzi della campagna di misura con accanto la differenza rispetto al valore iniziale che indica l'entità dell'innalzamento o abbassamento della falda.

**Tabella 4.2 – Livelli piezometrici e variazioni rispetto alla situazione iniziale dei vari scenari**

Pozzo/Piez.	Situaz. iniziale	Scenario 1	diff	Scenario 2	diff	Scenario 3	diff	Scenario 4	diff
1	0,03	0,04	-0,01	0,04	-0,01	0,04	-0,01	0,04	-0,01
7	-0,19	-0,13	-0,06	-0,12	-0,07	-0,12	-0,07	-0,18	-0,01
13	-0,01	0,02	-0,03	0,04	-0,05	0,04	-0,05	0	-0,01
16	-1,19	-1,12	-0,07	-0,05	-1,14	-0,45	-0,74	-1,14	-0,05
17	-0,76	-0,28	-0,48	-0,07	-0,69	-0,17	-0,59	-0,63	-0,13
3A	-0,4	-0,29	-0,11	-0,27	-0,13	-0,25	-0,15	-0,34	-0,06
4A	-0,65	-0,54	-0,11	-0,53	-0,12	-0,5	-0,15	-0,59	-0,06
A	0,04	0,06	-0,02	0,07	-0,03	0,07	-0,03	0,04	0
C	-1,36	-1,42	0,06	-1,42	0,06	-1,42	0,06	-1,42	0,06
P1	-1,4	-1,41	0,01	-1,42	0,02	-1,42	0,02	-1,41	0,01
P2	-1,44	-1,47	0,03	-1,47	0,03	-1,47	0,03	-1,47	0,03

Le figure seguenti mostrano le piezometrie e le variazioni dei livelli piezometrici fra situazione iniziale e finale per i vari scenari. Le variazioni del livello di falda sono raffigurate con dei campi colorati: le gradazioni di colore dal giallo al rosso indicano le entità degli innalzamenti, viceversa le gradazioni di blu gli abbassamenti.

Figura 4.2 - Scenario 1, tombamento lago Nord. Piezometria

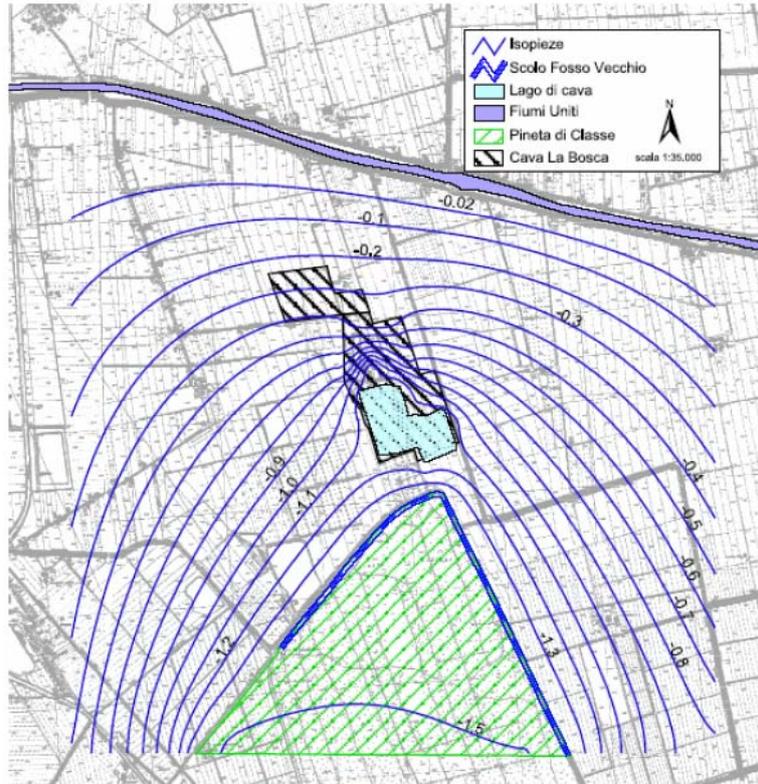
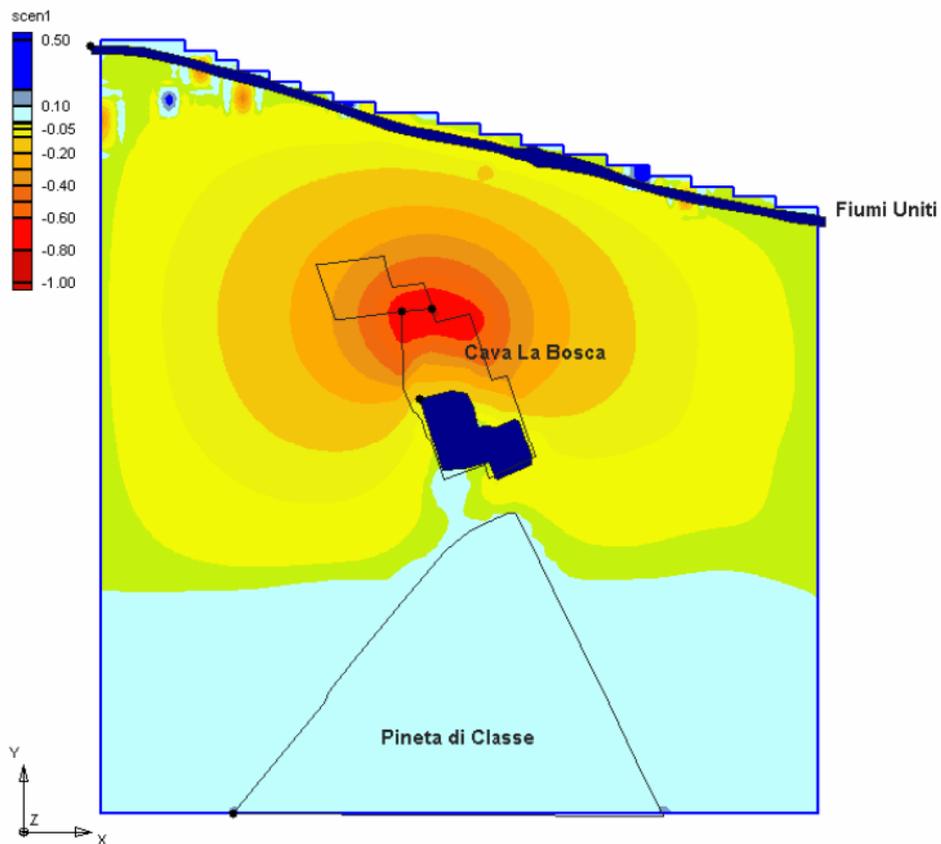
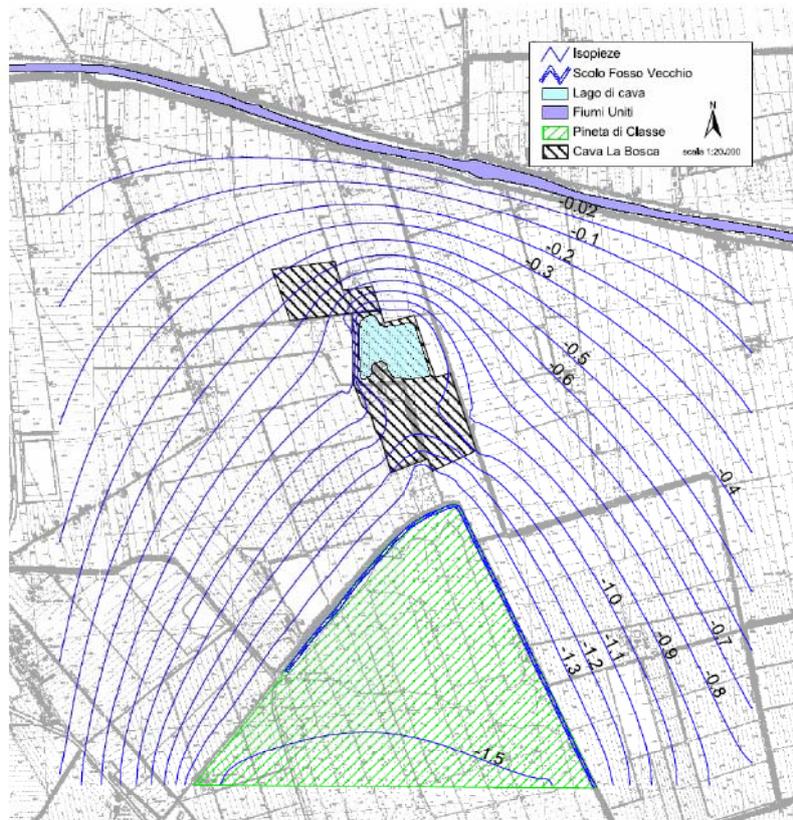


Figura 4.2 - Scenario 1, tombamento lago Nord. Variazioni dei livelli piezometrici



**Figura 4.3 - Scenario 2, tombamento lago Sud. Piezometria**



**Figura 4.2 - Scenario 2, tombamento lago Sud. Variazioni dei livelli piezometrici**

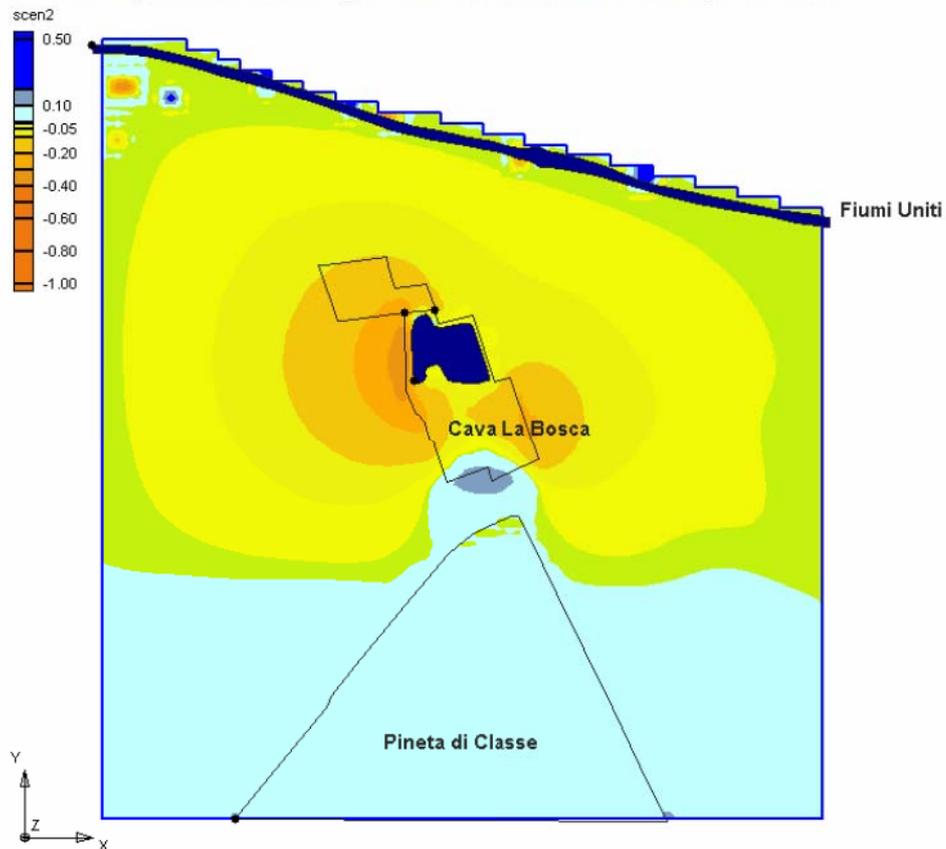


Figura 4.4 - Scenario 3, tombamento lago Nord e Sud. Piezometria

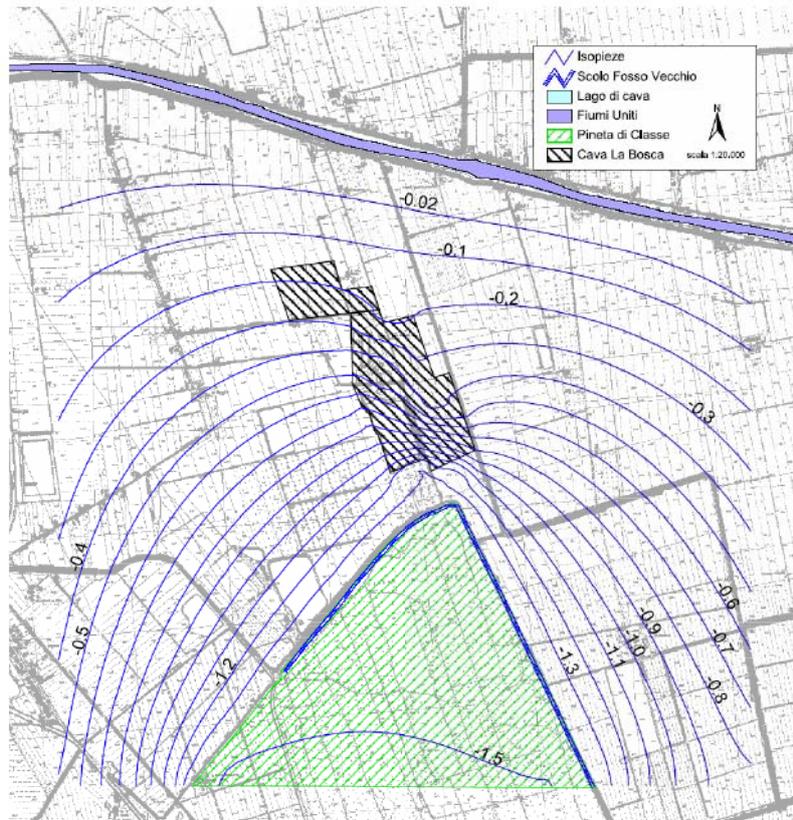
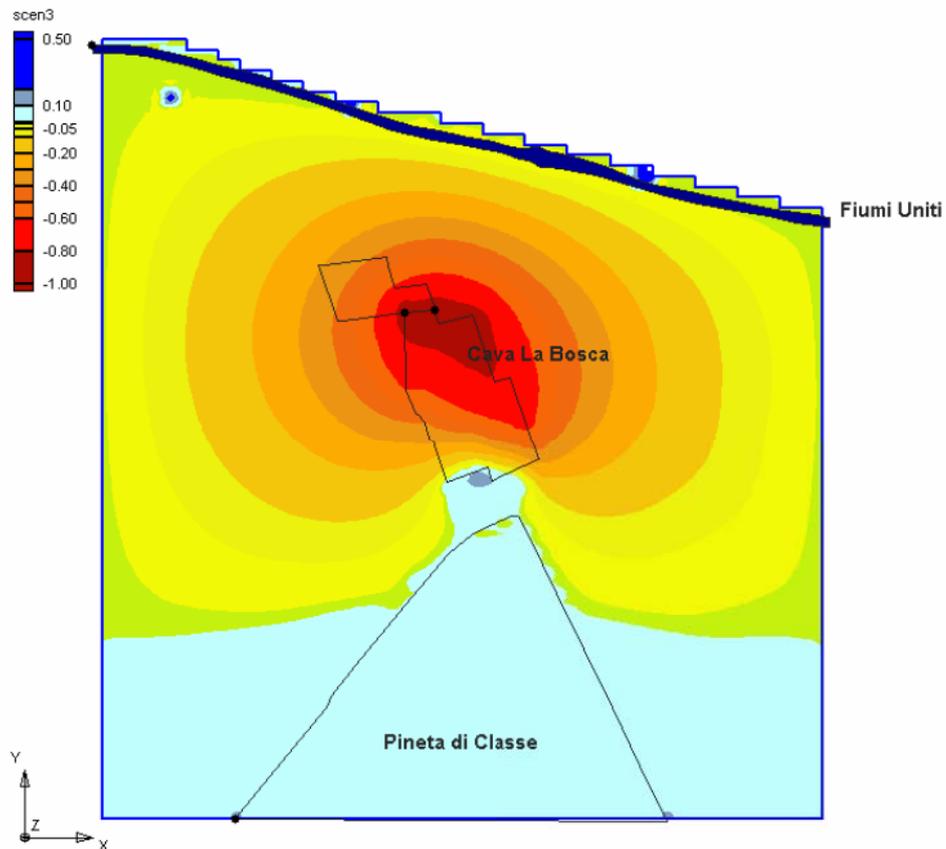
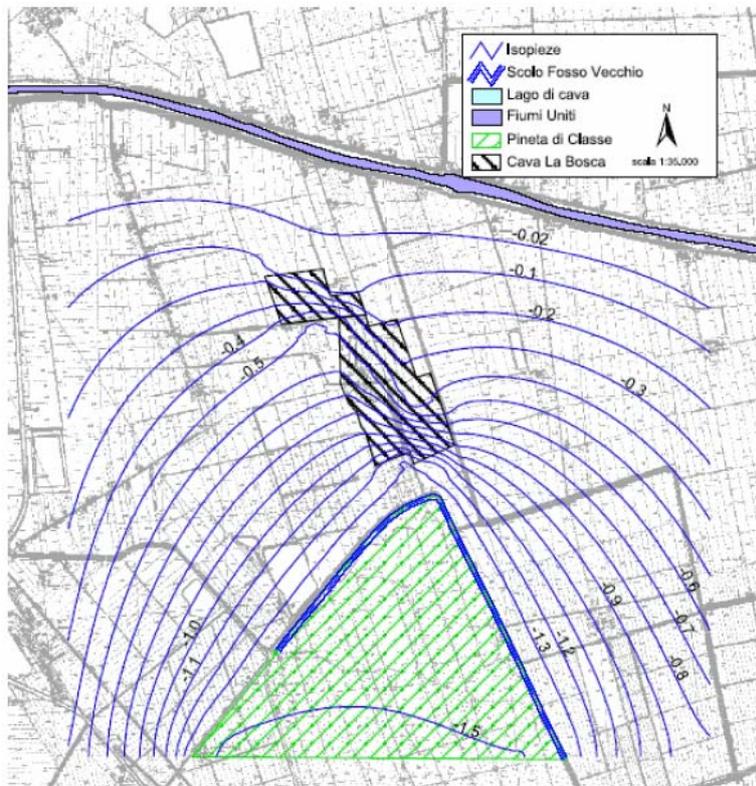


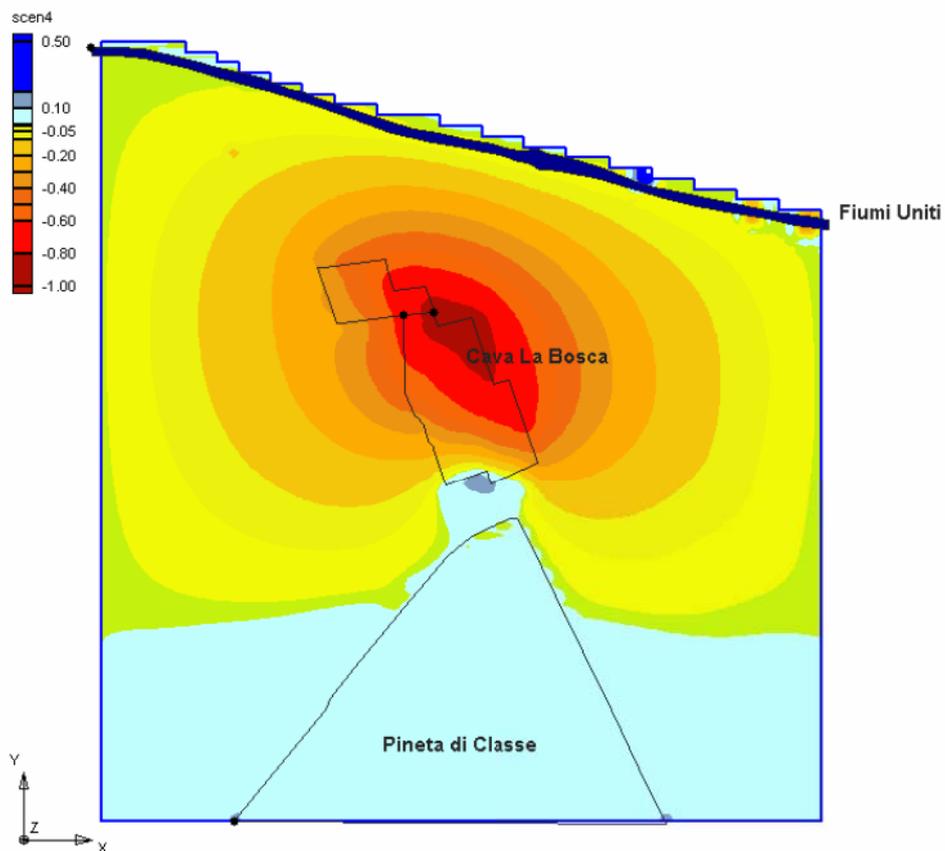
Figura 4.2 - Scenario 3, tombamento lago Nord e Sud. Variazioni dei livelli piezometrici



**Figura 4.5 - Scenario 4, tombamento laghi di cava attuali + superficie di ampliamento. Piezometria**



**Figura 4.5 - Scenario 4, tombamento laghi di cava attuali + superficie di ampliamento. Variazioni dei livelli piezometrici**



La realizzazione del tombamento con del materiale a permeabilità minore comporta, come conseguenza, un innalzamento a monte e un abbassamento a valle del bacino di cava, dei livelli piezometrici. In linea con i fondamenti teorici subito a monte dei laghi si hanno degli innalzamenti importanti che arrivano a circa 1 m, mentre a valle gli abbassamenti sono di più lieve entità.

La pineta di Classe, individuata come bersaglio sensibile, non è caratterizzata da grandi abbassamenti della falda che al massimo raggiunge in alcuni punti i 10 cm a causa dell'azione schermante del dreno che mitiga gli effetti.

Tali abbassamenti sono comunque inferiori alle escursioni stagionali della falda che si attestano sui 70 cm circa.

L'abbassamento della falda, anche se di lieve entità, all'interno della Pineta di Classe potrebbe apportare delle variazioni più marcate per quanto riguarda la salinità delle acque sotterranee. Teoricamente in presenza di un cuneo salino i profili dell'altezza piezometrica e della interfaccia di separazione acque dolci/salate sono correlate fra di loro da una formula lineare funzione della densità delle acque stratificate; secondo tale relazione ad un abbassamento della falda corrisponde un'innalzamento dell'interfaccia di circa 40 volte maggiore.

Tuttavia come si è avuto modo di constatare il diverso grado di salinità riscontrato è distribuito in modo eterogeneo e sembra dovuto più alle caratteristiche dei sedimenti. In conclusione si può affermare come l'abbassamento calcolato non influisca sulla variazione di concentrazione della salinità presente in pineta.

## **5. BERSAGLI SENSIBILI-VULNERABILI NEI PRESSI DELLE DUE AREE DI CAVA**

### **5.1. CARATTERIZZAZIONE NATURALISTICA DELLA PINETA DI CLASSE E DELLE ZONE UMIDE: ORTAZZO, ORTAZZINO E FOCE DEL BEVANO**

Alcune normative comunitarie, sulla considerazione che gli habitat naturali degli Stati membri si stiano sempre più degradando, si prefiggono il compito di salvaguardarne e proteggerne la biodiversità, tenendo conto nel contempo delle esigenze economiche, sociali, culturali delle popolazioni che insistono sul territorio.

In particolare per l'individuazione di territori atti a tali scopi, l'Unione Europea ha provveduto ad emanare, nel tempo, i seguenti provvedimenti:

- La Direttiva Uccelli 79/409/C.E.E. emanata dalla Comunità Europea il 2 Aprile 1979, recepita in Italia dalla Legge 157/92
- La Direttiva Habitat 92/43/C.E.E., emanata dalla Comunità europea il 21 maggio 1992, recepita in Italia con D.P.R. 8 settembre 1997, n. 357, modificato successivamente con il D.P.R. n. 12 marzo 2003, n. 120.

La Direttiva Uccelli ha individuato alcune misure fondamentali atte a preservare, mantenere o ristabilire per le specie individuate, una varietà e una superficie sufficiente di habitat in ogni paese membro. In seguito a ciò, gli Stati membri hanno classificato i territori più idonei alla conservazione di tali specie, le cosiddette Zone di Protezione Speciale (ZPS).

La Direttiva Habitat 92/43/C.E.E. è intervenuta prevedendo la istituzione di una serie di siti da proteggere, denominati Siti di Importanza Comunitaria (S.I.C.) destinati a far parte, assieme alle ZPS, di una rete ecologica comunitaria denominata Natura 2000, a cui applicare le necessarie misure per la salvaguardia, il mantenimento ed, eventualmente, il ripristino degli habitat presenti.

Sin dalla fine degli anni '90 la Regione Emilia-Romagna, in collaborazione con le province e i comuni, ha provveduto ad applicare sul proprio territorio le direttive comunitarie "Habitat" e "Uccelli" individuando i perimetri di aree particolarmente rilevanti dal punto di vista naturalistico, o per la presenza di habitat e specie floristiche e faunistiche di interesse comunitario (pSIC) o per la rilevanza dei siti per la migrazione di particolari specie di uccelli (ZPS).

Tali siti vanno a costituire la Rete Natura 2000 regionale; quelli presenti nella provincia di Ravenna derivano dalla Sintesi riepilogativa pubblicata nel marzo 2004 dalla Regione riunendo le Deliberazioni G.R. 1242/02, 1333/02, 1816/03, 2776/03 e nella Determinazione 4171/04.

I due S.I.C.-Z.P.S. presenti nell'area oggetto di studio sono:

- S.I.C.-Z.P.S. n. 4070010 "Pineta di Classe", a Sud della cava La Bosca;
- S.I.C.-Z.P.S. n. 4070009 "Ortazzo, Ortazzino e Foce Bevano" ad Est della cava Stazzona.

Nella Tavola 7 si riporta la carta della vegetazione, costruita tra il 1993 e il 1995, dei due SIC/ZPS. Di seguito si riportano le associazioni vegetali in essi presenti, suddivise per caratteristiche pedologiche.

## vegetazione erbacea delle sabbie

**Am** Vegetazione delle dune vive. Comunità di specie perenni con aspetto di prateria più o meno densa che colonizzano dune embrionali avanzate e dune più arretrate. Caratteristiche: *Eryngium maritimum*, *Calystegia soldanella*, *Ammophila littoralis*, *Echinophora spinosa*. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Ammophiletalia arundinaceae* Br.-Bl. (1931) 1933 em. J. M. Géhu et J. Géhu 1988.

**Ec** Comunità su dune rilevate, dominata da *Ammophila littoralis* associata a *Echinophora spinosa* e poche altre specie comuni al tipo precedente con il quale si trova a contatto. Questo tipo prosegue l'edificazione con conseguente innalzamento delle dune. Nel caso di erosione naturale o per cause antropiche la quota delle dune diminuisce e si creano le condizioni per l'affermazione di *Spartina juncea*, specie a larga valenza ecologica, capace di spingersi anche nelle depressioni interdunali. Comunità frammentaria, in forte regressione. Pregio naturalistico elevato. Sintassonomia: *Echinophoro spinosae-Ammophiletum arundinaceae* Géhu, Riv.-Mart., R. Tx. 1972 in Géhu et al. 1984.

## vegetazione alofila (Comunità costituite da flora specializzata a sopportare elevate concentrazioni di sali nel suolo)

**St** Vegetazione di alofite perenni, pioniere in stazioni soggette a fluttuazioni di marea, con aspetto di prateria dominata da *Spartina maritima*, su suoli limosi o limoso-argillosi sommersi quasi tutto l'anno. Fitocenosi endemica dell'Alto Adriatico, limitata nell'estensione e minacciata per regressione degli ambienti che predilige e la cui originalità è dovuta alla presenza di *Spartina maritima* che nell'area mediterranea compare solo in questa zona. Pregio naturalistico molto elevato. Sintassonomia: *Limonio narbonensis-Spartinetum maritimae* (Pign. 1966) Beeft. et Géhu 1973.

**Hf** Vegetazione di alofite perenni, insediata su barene, dossi e margini di bacini salmastri o salati, costituita da Chenopodiacee succulente, Plumbaginacee e Graminacee specializzate. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Sarcocornietalia fruticosae* (Br.-Bl. 1931) R. Tx. et Oberd. 1958. In determinate condizioni alcune specie diventano dominanti così da rendere possibile la distinzione di due tipi: Sr e Sw.

**Sr** Vegetazione alofila perenne caratterizzata da *Arthrocnemum perenne*, su suoli sabbioso-argillosi in condizioni di marcata igrofilia (margini di barene, barene piatte o poco rilevate). Fitocenosi a distribuzione limitata. Pregio naturalistico elevato. Sintassonomia: *Sarcocornietum deflexae* (Br.-Bl. 1931) Lahondère, Géhu et Paradis 1992.

**Sw** Vegetazione alofila perenne dominata da *Arthrocnemum fruticosum*, insediata a livello bionomico superiore rispetto al tipo precedente. A variazioni di livello del periodo di sommersione del suolo e del tenore salino corrispondono variazioni nella composizione floristica dei popolamenti che presentano ora specie igrofile (*Juncus maritimus*, *Puccinellia palustris*) ora specie meno legate all'acqua (*Arthrocnemum glaucum*, *Halimione portulacoides*). Fitocenosi largamente diffusa e caratteristica delle "valli salse". Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Puccinellio festuciformis-Sarcocornietum fruticosae* (Br.-Bl. (1928) 1952) Géhu 1976.

**Pg** Vegetazione alofila perenne, caratterizzata dalla predominanza di *Arthrocnemum glaucum*, misto a poche altre specie, che si sviluppa su barene e arginelli, in situazioni più rilevate rispetto all'associazione precedente e perciò in condizioni di maggiore aridità estiva. Comunità a prevalente

diffusione mediterranea, rara nel Parco dove è stata osservata solo nelle stazioni meridionali. Pregio naturalistico molto elevato. Sintassonomia: *Puccinellio convolutae-Arthrocnemetum macrostachyi* (Br.-Bl. 1928) Géhu ex Géhu et al. 1984.

**Im** Prati salsi a giunchi e graminacee su suoli a diverso grado di salinità, mai completamente aridi in estate. Formazioni spesso rimaneggiate ed ostacolate nel naturale dinamismo, diffuse sugli argini bassi ed argillosi che separano i bacini salati; le specie più frequenti sono *Juncus maritimus*, *Arthrocnemum fruticosum*, *Limonium serotinum*, *Halimione portulacoides* e *Elytrigia atherica*. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Juncetalia maritimi* Br.-Bl. 1931. Nelle condizioni ottimali si possono distinguere tre tipi (Pp, Pi, Lm).

**Pp** Praterie dominate da *Puccinellia palustris*, su suoli lungamente inondati durante la stagione sfavorevole e umidi in estate. Popolamenti insediati di preferenza nelle sacche e nelle "valli", con corteggio molto povero, costituito di solito da *Aster tripolium*. Fitocenosi rara nel territorio nazionale, particolarmente diffusa sul litorale nord-adriatico. Pregio naturalistico elevato. Sintassonomia: *Limonio narbonensis-Puccinellietum festuciformis* (Pign. 1966) Géhu et Scopp. 1984 in Géhu et al. 1984.

**Pi** Prati salsi a *Juncus maritimus* dominante, accompagnato da *Aster tripolium*, *Limonium serotinum*, *Puccinellia palustris* e poche altre specie alofile o alotolleranti, su suoli inondati o anche umidi, salati o salmastri. Fitocenosi diffusa nelle "valli" e nelle depressioni. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Puccinellio festuciformis-Juncetum maritimi* (Pign. 1966) Géhu et al. 1984.

**Lm** Comunità ad *Artemisia coerulescens* e *Limonium serotinum*; frequenti sono anche *Agropyron elongatum*, *Limonium virgatum* e *Inula crithmoides*, su posizioni rilevate di barena con suolo raramente inondato, arido in estate e un po' nitrofilo. Fitocenosi discontinua nella distribuzione, su superfici modeste. Pregio naturalistico molto elevato. Sintassonomia: *Limonio narbonensis-Artemisietum coerulescentis* (Pign. 1953) Géhu et Scopp. 1984.

### vegetazione sommersa in acque salmastre

**Rp** Praterie sommerse di *Ruppia cirrhosa*, in acque salmastre, su suoli limoso-argillosi. Popolamenti dove la componente algale (*Ulva*, *Enteromorpha*, *Cladophora*) può essere più o meno consistente. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Ruppietalia* J. Tx. 1960. Si può individuare localmente un'associazione (Rv).

**Rv** Praterie sommerse in acque salmastre di *Ruppia cirrhosa*, di solito prive della componente algale, diffuse in acque a debole profondità, talora emergenti durante la stagione secca. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Ruppietum cirrhosae* Ivers. 1934.

**Vs** Vegetazione scarsa o nulla di "valli salse" inondate tutto l'anno.

### vegetazione palustre di acqua salmastra

**Mp** Vegetazione di elofite (canneti, scirpeti) in acque salmastre, alle foci dei fiumi o in bacini dove l'acqua di mare si meschia con l'acqua dolce, in un mosaico non riproducibile alla scala della carta. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Scirpetalia compacti* Hejny in Holub, Moravec et Neuhäusl 1967 em. Riv. Mart. 1980. In condizioni ottimali si possono distinguere due tipi (Pm, Fg).

**Fg** Canneti di taglia elevata, dominati dalla canna di palude (*Phragmites australis*) e da pochissime altre specie alofile che differenziano questi popolamenti dal *Phragmitetum vulgaris* (**Pr**). Si sviluppano in acque salmastre a varia profondità. Fitocenosi a larghissima diffusione, alla foce dei rami del delta e nelle "valli". Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: facies a *Phragmites australis* (*Scirpetalia compacti*).

### **vegetazione dei prati umidi e palustri**

**Mo** Prati umidi dominati da *Molinia arundinacea* con *Genista tinctoria*, *Lythrum salicaria*, *Succisa pratensis*, *Thalictrum simplex* e *T. flavum* su suoli che risentono sempre dell'influsso di falda. Comunità soggette talora a sfalcio periodico, interessanti per la presenza di orchidee. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Molinetalia* Koch 1926.

**Ho** Praterie dense di Ciperacee e Graminacee su suoli prevalentemente sabbiosi, soggetti a influsso di falda durante le stagioni sfavorevoli ma secchi in estate. Le specie più frequenti sono *Schoenus nigricans*, *Holoschoenus romanus*, *Pulicaria dysenterica*, *Tetragonolobus maritimus*, *Eupatorium cannabinum* e *Calamagrostis epigejos*. Fitocenosi non sufficientemente caratterizzate a livello fitosociologico più dettagliato a causa del disturbo. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Holoschoenetalia* Br.-Bl. in Br.-Bl. et al. 1947. In qualche caso è possibile riconoscere un'associazione (Er).

**Er** Praterie a *Erianthus ravennae*, *Schoenus nigricans* e *Juncus litoralis*, in depressioni interdunali, inondate in inverno. Fitocenosi tollerante un moderato tenore salino nel suolo, a diffusione limitata e minacciata di contrazione per alterazioni dell'ambiente. Un tempo assai diffusa lungo i litorali è stata in parte sostituita da pinete litoranee. Pregio naturalistico elevato. Sintassonomia: *Eriantho ravennae-Schoenetum nigricantis* (Pign. 1953) Géhu 1984.

### **vegetazione palustre di acqua dolce**

**Ph** Vegetazione di elofite in acque dolci, canneti, tifeti e cladieti in un mosaico non riproducibile alla scala della carta, diffusa in territori depressi, su suoli perennemente o lungamente inondati ma che possono divenire asciutti d'estate. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Phragmitetalia* Koch 1926. In determinate condizioni è possibile la distinzione di un tipo (Pr).

### **prati aridi e semiaridi submediterranei**

**Br** Vegetazione caratterizzata da *Bromus erectus*, *Galium verum*, *Euphorbia cyparissias*, *Salvia pratensis* e altre specie erbacee, che si sviluppa nelle radure sabbiose caratterizzate da elevata aridità estiva. Rientrano in questa tipologia anche le fasce retrodunali più o meno consolidate con *Fumana procumbens*, *Helianthemum apenninum*, *H. nummularium* e *Sanguisorba minor*. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Brometalia erecti* Br.-Bl. 1936. Localmente è possibile individuare un'associazione (Bn).

**Bn** Prati dominati da *Chrysopogon gryllus* e *Schoenus nigricans*, associati ad altre specie che evidenziano l'affinità con la categoria precedente. Comunità rara e localizzata su sabbie di dune fossili erose e livellate, con falda superficiale nelle stagioni piovose. Pregio naturalistico molto elevato. Sintassonomia: *Schoeneto-Chrysopogonetum grylli* Pign. 1953.

## vegetazione arbustiva

**Ps** Arbusteti, siepi e macchie con *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Coronilla emerus*, *Rhamnus catharticus*, *Rubus* sp.pl., *Rosa* sp.pl., *Euonymus europaeus*. Fitocenosi abbastanza evolute che precedono dinamicamente i boschi o che ne rappresentano stadi di degradazione. Il disturbo rende problematica la tipizzazione a livello più dettagliato. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Prunetalia spinosae* R. Tx. 1952. Talora è riconoscibile un'associazione in zone retrodunali (Hi).

**Hi** Vegetazione arbustiva a *Juniperus communis* e *Hippophae rhamnoides* ssp. *fluviatilis* accompagnate da specie mediterranee e eurosiberiane, insediata su dune arretrate. Comunità endemica dell'alto Adriatico, in regressione a causa di impianti di pinete e di sbancamenti. Pregio naturalistico molto elevato. Sintassonomia: *Junipero communis-Hippophaetum fluviatilis* Géhu et Scopp. 1984.

## boschi paludosi

**Aq** Boschi caratterizzati da pioppo bianco (*Populus alba*), frangola (*Frangula alnus*), olmo campestre (*Ulmus minor*), pioppo nero (*P. nigra*), ontano nero (*Alnus glutinosa*) e altre specie vincolate a suoli con falda freatica elevata, in stazioni depresse. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: *Alnetalia glutinosae* Tx. 1937 em. Müller et Görs 1958.

## boschi termofili submediterranei a querce sempreverdi

**Oq** Macchie e boschi di sempreverdi xerofili, dominati dal leccio (*Quercus ilex*) e caratterizzati inoltre da *Phillyrea angustifolia*, *Asparagus acutifolius*, *Clematis flammula*, *Rubia peregrina*, *Ruscus aculeatus*, *Osyris alba* e *Rosa sempervirens*, miste a specie mesofile. Comunità a carattere relitto e impoverito di specie mediterranee, residuo di boschi ben più estesi, favoriti da condizioni climatiche diverse da quelle attuali. Pregio naturalistico molto elevato. Sintassonomia: *Quercion ilicis* Br.-Bl. ex R. Molinier em. Riv.-Mart. 1975.

## boschi termofili di caducifoglie

**Qp** Boschi termofili a prevalenza di farnia (*Quercus robur*) e roverella (*Quercus pubescens*), accompagnate da specie termofile e specie mesofile. Comunità da considerare come stadio tendente ad evolvere verso la foresta climacica padana. Diffusi nel settore meridionale del territorio e soggetti ad antichi rimboschimenti a pino da pinoli (*Pinus pinea*). Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: aggruppamento a *Quercus robur* e *Q. pubescens* Piccoli, Gerdol et Ferrari 1991.

**Qr** Boschi termofili di caducifoglie a prevalenza di farnia (*Quercus robur*), carpini bianco e orientale (*Carpinus betulus* e *C. orientalis*) e leccio (*Quercus ilex*), accompagnati da specie termofile e specie mesofile. Comunità da considerare come stadio evolutivo tendente a costituire la foresta climacica padana. Pregio naturalistico medio. Sintassonomia: aggruppamento a *Quercus robur* e *Carpinus betulus* Piccoli, Gerdol et Ferrari 1991.

## vegetazione di specie avventizie e naturalizzate

**Ne** Popolamenti di neofite erbacee (*Spartina juncea*, *Ambrosia* sp. pl., ecc.). Pregio naturalistico molto scarso.

### **vegetazione di origine antropica**

**Ba** Boschi di conifere adulte. Pregio naturalistico molto scarso.

**Rm** Rimboschimenti misti di conifere e latifoglie. Pregio naturalistico scarso.

### **Colture**

**Se** Seminativi. Pregio naturalistico molto scarso.

**Vi** Vigneti. Pregio naturalistico molto scarso.

**Fr** Frutteti. Pregio naturalistico molto scarso.

Nella tabella seguente sono riportate le estensioni delle classi di vegetazione sopra elencate

**Tabella 5.1 – Superfici delle classi vegetazionali delle due aree SIC/ZPS**

Sigla	Vegetazione	Oratazzo Ortazzino Foce del Bevano (ha)	Oratazzo Ortazzino Foce del Bevano (%)	Pineta di Classe (ha)	Pineta di Classe (%)
Am	Vegetazione delle dune vive	19,2	2,70	0	0
Aq	Boschi paludosi	0	0	15,3	1,43
Ba	Boschi di conifere adulte. Pregio naturalistico molto scarso.	83,5	11,76	44,1	4,13
Bn	Prati dominati da <i>Chrysopogon gryllus</i> e <i>Schoenus nigricans</i>	0	0	2	0,19
Br	Vegetazione caratterizzata da <i>Bromus erectus</i> , <i>Galium verum</i> , <i>Euphorbia cyparissias</i> , <i>Salvia pratensis</i>	18,5	2,61	99,2	9,30
Ec	Comunità su dune rilevate, dominata da <i>Ammophila littoralis</i> e da <i>Echinophora spinosa</i>	0,7	0,10	0	0
Er	Praterie a <i>Erianthus ravennae</i> , <i>Schoenus nigricans</i> e <i>Juncus littoralis</i>	4,4	0,62	0	0
Fg	Canneti di taglia elevata, dominati dalla canna di palude ( <i>Phragmites australis</i> )	3,2	0,45	0	0
Fr	Frutteti. Pregio naturalistico molto scarso.	0	0	11,2	1,05
Hf	Vegetazione di alofite perenni	5,5	0,77		
Hi	Vegetazione arbustiva a <i>Juniperus communis</i> e <i>Hippophae rhamnoides ssp. fluviatilis</i>	92,9	13,09		
Ho	Praterie dense di Ciperacee e Graminacee	72,5	10,21		
Im	Prati salsi a giunchi e graminacee	76,3	10,75	8,2	0,77
Lm	Comunità ad <i>Artemisia coerulescens</i> e <i>Limonium serotinum</i>	0,6	0,08	70,8	6,64
Mo	Vegetazione dei prati umidi			4,3	0,40
Mp	Vegetazione di elofite (canneti, scirpeti)	1,4	0,20	3	0,28
Ne	Popolamenti di neofite erbacee ( <i>Spartina juncea</i> , <i>Ambrosia</i> sp. pl., ecc.)	2,9	0,41		
Oq	Macchie e boschi di sempreverdi xerofili, dominati dal leccio ( <i>Quercus ilex</i> )	0,1	0,01	180,3	16,90
Pg	Vegetazione alofila perenne, caratterizzata dalla predominanza di <i>Arthrocnemum glaucum</i>	5,6	0,79		
Ph	Vegetazione di elofite in acque dolci			3,5	0,33
Pi	Prati salsi a <i>Juncus maritimus</i>	35,3	4,97	0,3	0,03
Pp	Praterie dominate da <i>Puccinellia palustris</i>	0,9	0,13		
Ps	Arbusteti, siepi e macchie	34,5	4,86	122,5	11,48
Qp	Boschi termofili a prevalenza di farnia ( <i>Quercus robur</i> ) e roverella ( <i>Quercus pubescens</i> ),			417,1	39,09
Qr	Boschi termofili di caducifoglie a prevalenza di farnia, carpini bianco e orientale e leccio			2,5	0,23
Rm	Rimboschimenti misti di conifere e latifoglie. Pregio naturalistico scarso.	1,1	0,15	4,7	0,44
Rp	Praterie sommerse di <i>Ruppia cirrhosa</i>	38,1	5,37		
Rv	Praterie sommerse in acque salmastre di <i>Ruppia cirrhosa</i>	1,4	0,20		
Se	Seminativi. Pregio naturalistico molto scarso.	142,9	20,13	78	7,31
Sr	Vegetazione alofila perenne caratterizzata da <i>Arthrocnemum perenne</i>	0,4	0,06		
St	Vegetazione di alofite perenni	3,4	0,48		
Sw	Vegetazione alofila perenne dominata da <i>Arthrocnemum fruticosum</i>	5,4	0,76		
Vi	Vigneti. Pregio naturalistico molto scarso.	0,5	0,07		
Vs	Vegetazione scarsa o nulla	58,6	8,26		
<b>TOTALE</b>		<b>710</b>	<b>100</b>	<b>1.067</b>	<b>100</b>

## 5.2. PINETA DI CLASSE

La Pineta di Classe è un Sito di interesse comunitario (SIC IT 4070010) individuato sulla base della Direttiva CE 43/92 "Habitat".

Gli habitat di interesse comunitario individuati nella Pineta di Classe sono riportati nella tabella 5.2.

**Tabella 5.2 - Habitat di interesse comunitario presenti all'interno del SIC "Pineta di Classe"**

All. 1 Dir. CE 43/92 Codice habitat	Prioritario	Denominazione
2130	*	Dune fisse a vegetazione erbacea (dune grigie)
2250	*	Perticaia costiera di ginepri ( <i>Juniperus</i> spp.)
2270	*	Foreste dunari di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i>
3270		Fiumi con argini melmosi con vegetazione del <i>Chenopodietum rubri</i> p.p. e <i>Bidention</i> p.p.
6220	*	Percorsi substepnici di graminacee e piante annue dei <i>Thero-Brachypodietea</i>
6410		Praterie in cui è presente la Molin su terreni calcarei e argillosi (Eu-Molinion)
91F0		Boschi misti di quercia,olmo e frassino di grandi fiumi
9340		Foreste di <i>Quercus ilex</i>

In particolare le associazioni dominanti presenti nel sito sono:

- Boschi termofili a prevalenza di farnia (*Quercus robur*) e roverella (*Quercus pubescens*), accompagnate da specie termofile e specie mesofile. Comunità da considerare come stadio tendente ad evolvere verso la foresta climacica padana. Diffusi nel settore meridionale del territorio e soggetti ad antichi rimboschimenti a pino da pinoli (*Pinus pinea*). Pregio naturalistico molto elevato.
- Macchie e boschi di sempreverdi xerofili, dominati dal leccio (*Quercus ilex*) e caratterizzati inoltre da *Phillyrea angustifolia*, *Asparagus acutifolius*, *Clematis flammula*, *Rubia peregrina*, *Ruscus aculeatus*, *Osyris alba* e *Rosa sempervirens*, miste a specie mesofile. Comunità a carattere relitto e impoverito di specie mediterranee, residuo di boschi ben più estesi, favoriti da condizioni climatiche diverse da quelle attuali. Pregio naturalistico molto elevato.
- Arbusteti, siepi e macchie con *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Coronilla emerus*, *Rhamnus catharticus*, *Rubus sp.pl.*, *Rosa sp.pl.*, *Euonymus europaeus*. Fitocenosi abbastanza evolute che precedono dinamicamente i boschi o che ne rappresentano stadi di degradazione. Pregio naturalistico medio.
- Vegetazione arbustiva a *Juniperus communis* e *Hippophae rhamnoides* ssp. *fluviatilis* accompagnate da specie mediterranee e eurosiberiane, insediata su dune arretrate. Comunità endemica dell'alto Adriatico, in regressione a causa di impianti di pinete e di sbancamenti. Pregio naturalistico molto elevato.
- Vegetazione caratterizzata da *Bromus erectus*, *Galium verum*, *Euphorbia cyparissias*, *Salvia pratensis* e altre specie erbacee, che si sviluppa nelle radure sabbiose caratterizzate da elevata aridità estiva. Rientrano in questa tipologia anche le fasce retrodunali più o meno consolidate con *Fumana procumbens*, *Helianthemum apenninum*, *H. nummularium* e *Sanguisorba minor*. Pregio naturalistico medio.
- Prati dominati da *Chrysopogon gryllus* e *Schoenus nigricans*, associati ad altre specie che evidenziano l'affinità con la categoria precedente. Comunità rara e localizzata su sabbie di dune fossili erose e livellate, con falda superficiale nelle stagioni piovose. Pregio naturalistico molto elevato.

Fra le specie animali si riscontrano:

- Rettili: testuggine palustre (*Emys orbicularis*) è presente nei bacini artificiali, nelle bassure allagate e nei canali interni della pineta. Il nucleo di Testuggine di Hermann (*Testudo hermanni*) risulta in grave pericolo a causa dei prelievi effettuati da frequentatori del bosco.
- Anfibi : Tritone crestato (*Triturus carnifex*).
- Invertebrati: Cinque specie di Insetti: i Lepidotteri *Lycaena dispar*, legato agli ambienti palustri, il raro Lasiocampide forestale *Eriogaster catax*, *Euplagia quadripuntaria*. I Coleotteri forestali: *Lucanus cervus* e *Cerambix cerdo*.

### 5.2.1. STATO DELLA VEGETAZIONE RISCONTRATO

Dai sopralluoghi effettuati si è rilevato che la vegetazione della Pineta versa mediamente in buono stato di conservazione. In base ai dati raccolti e a quelli reperiti in letteratura si è voluto anche valutare la tollerabilità delle specie vegetali alle variazioni dei livelli della tavola d'acqua sotterranea e del suo grado di salinità.

I dati relativi alle freatimetrie sono stati ricavati dalla Relazione relativa ai settori: Climatologia, idrogeologia, idrologia e pedologia, redatta nel 1996 da Georgios Georgiou nell'ambito del Progetto per il risanamento e la gestione naturalistica della Pineta di Classe. Essendo le due categorie di dati relative allo stesso orizzonte temporale è possibile pertanto correlare i dati freatimetrici a quelli vegetazionali.

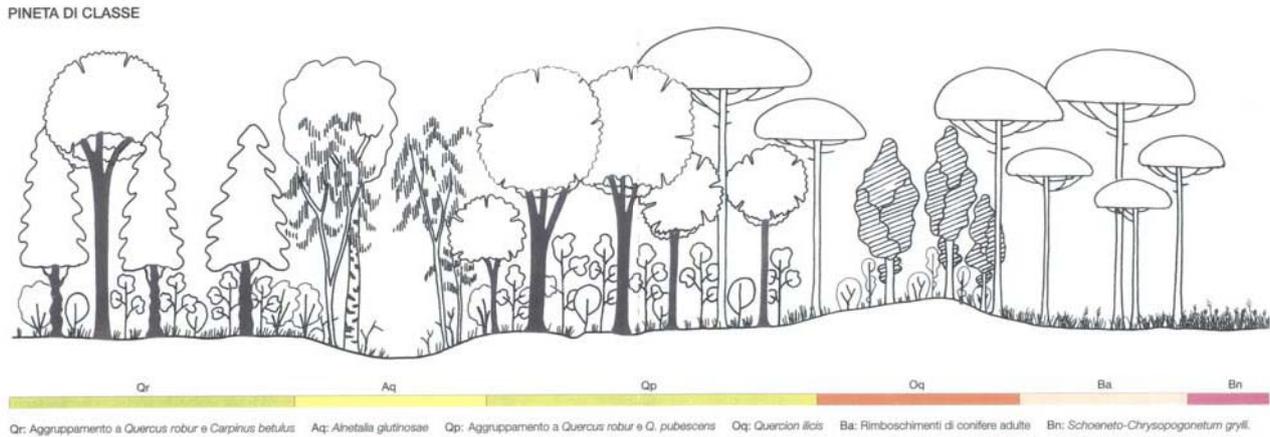
La Pineta di Classe è impostata su una serie di cordoni sabbiosi litoranei fossili subparalleli che, sebbene spianati dall'azione degli agenti meteorici, determinano differenti situazioni stazionali e conseguentemente l'insediamento di differenti tipi vegetazionali. Il dilavamento delle sommità dunali porta ad un accumulo di sali nelle depressioni interdunali, nelle quali inoltre, veicolata dalla pioggia, si accumula maggiormente la sostanza organica. Le caratteristiche del suolo influenzano anche le tipologie vegetazionali che possono essere ricondotte alle seguenti categorie:

- Im *Vegetazione alofila*
- Mp *Vegetazione palustre di acqua salmastra*
- Mo *Vegetazione dei prati umidi e palustri*
- Ph *Vegetazione palustre di acqua dolce*
- Br *Prati aridi e semiaridi mediterranei*
- Bn *Prati aridi e semiaridi submediterranei*
- Ps *Vegetazione arbustiva*
- Aq *Boschi paludosi*
- Oq *Boschi termofili submediterranei a querce sempreverdi*
- Qp *Boschi termofili di caducifoglie*
- Qr *Boschi termofili di caducifoglie*

- Ba *Boschi di conifere adulte*
- Rm *Rimboschimenti recenti di conifere*

Alcune di queste associazioni vegetali rilevate sono riportate nella galleria fotografica dell'Allegato 3, mentre in figura 5.1 è riportata una rappresentazione schematica della vegetazione arborea.

**Figura 5.1 – Rappresentazione schematica della vegetazione arborea della Pineta di Classe**



Facendo riferimento alle fonti indicate si è proceduto ad individuare la tipologia vegetazionale di appartenenza per ognuno dei punti freaticometrici situati all'interno della pineta e riportati in Tavola 7.

Nelle aree occupate da bosco termofilo a *Quercus robur* e *Q. pedunculata* (Qp) sono presenti i freaticometri 5, 34 e 44. Dai dati raccolti tra aprile '94 e febbraio '96 si rileva una soggiacenza compresa tra -0,53 m e -3,70 m, con un valor medio di -2,43 m. La variazione della conducibilità è compresa tra 900 e 3.680  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con un valor medio di 2.996  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . Ad una minore escursione della falda è associata anche la minore variazione di conducibilità; uguale comportamento si osserva per le maggiori variazioni.

Nelle aree occupate da bosco termofilo a *Quercus robur* e *Q. pedunculata* associato a *Pinus pinea* (Qp Ba) sono presenti i freaticometri 32, 38, 41 e 43. Si rileva una soggiacenza variabile da -0,40 m a -1,95 m, con un valor medio di -1,24 m. La conducibilità varia tra 942 e 30.800  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Nelle aree ad arbusteti e macchie (afferenti ai *Prunetalia spinosae*) associati al *Pinus pinea* (Ps Ba) sono presenti solo i due freaticometri 35 e 45, posizionati in due stazioni abbastanza differenti. La soggiacenza varia da -0,40 m a -1,5 m; la conducibilità varia da 1.365 a 8.900  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

Nelle aree a macchie e boschi di sempreverdi xerofili associati a *Pinus pinea* (Oq Ba) sono posizionati i freaticometri 33, 39 e 42. La soggiacenza varia da -0,7 a -3,8 m, la variazione della conducibilità è compresa tra 558 e 1.400  $\mu\text{S}/\text{cm}$ . La soggiacenza media della falda è di -1,24 m.

Un solo freaticometro, il 31, è posizionato su Prati aridi e semiaridi submediterranei (Br Ps), con soggiacenza media di -3,18 m. La conducibilità media è di 1.156  $\mu\text{S}/\text{cm}$ .

### 5.2.1.1. Predittività delle variazioni nello stato della vegetazione

Sulla base dei dati raccolti e delle corrispondenze tra questi e le tipologie vegetazionali è possibile individuare le relazioni esistenti tra tipologia vegetazionale e condizioni della falda (soggiacenza e conducibilità). A tale scopo sono stati analizzati i dati rilevati in ogni punto di misura, raggruppandoli per ognuna delle tipologie individuate. Si è calcolata la media e la deviazione standard delle misure. Il campo di esistenza che si può costruire sulla base dell'associazione "vegetazione riconosciuta/misure effettuate" è stato costruito prendendo, per ogni tipologia vegetazionale, la media delle misure e sommando ad essa la deviazione standard del freatimetro a valore medio più alto; alla media delle misure del freatimetro a valore medio più basso è stata sottratta la deviazione standard delle misure. Gli intervalli di soggiacenza e di conducibilità sono stati riportati, per ogni tipologia vegetazionale, nella figura 5.2.

Per una migliore comprensione si descrive il procedimento, prendendo ad esempio la tipologia vegetazionale Qp, i cui rapporti falda / vegetazione sono descrivibili dai dati dei freatimetri 5, 34, 44.

**Tabella 5.3 – Esempio di calcolo degli estremi di intervalli di soggiacenza e conducibilità**

freatimetro	soggiacenza media	deviazione standard	conducibilità media	deviazione standard	valore calcolato
5	- 2,61	0,13	1436	288	$1436 - 288 = 1148$
34	- 1,20	0,35	3398	1334	$- 1,20 + 0,35 = - 0,85$
44	- 3,46	0,28	4155	807	$- 3,46 - 0,28 = - 3,74$ $4155 + 807 = 4962$

Tale metodo applicato per tutte le varie tipologie vegetazionali, ha permesso di individuare gli intervalli relativi di soggiacenza e conducibilità

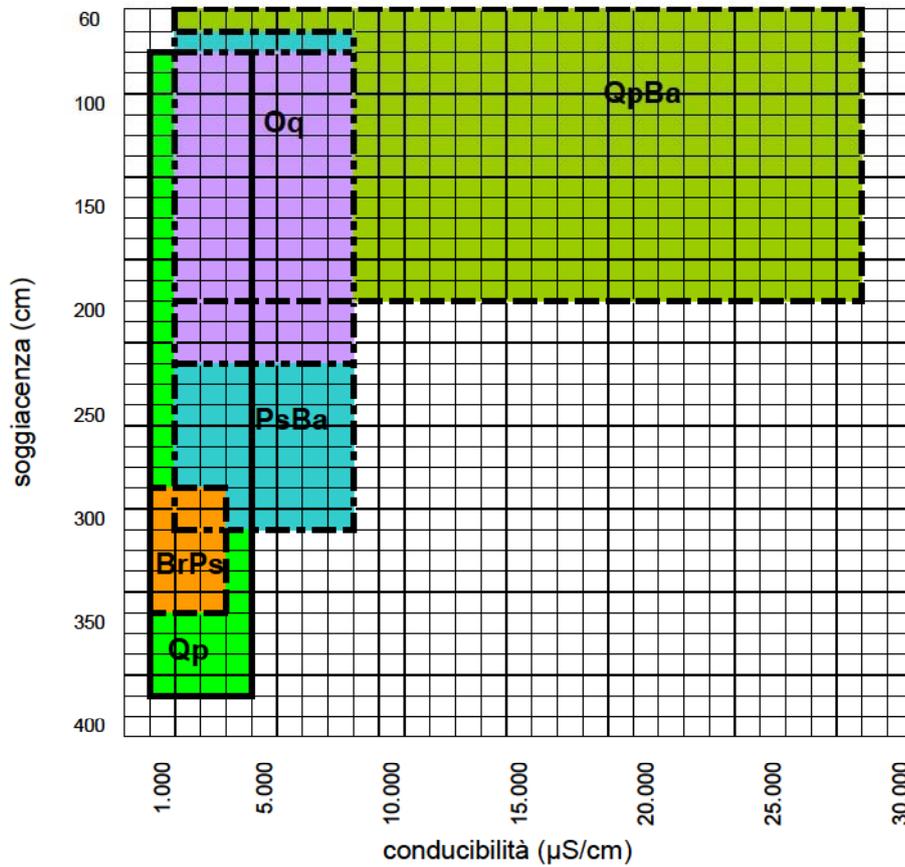
**Tabella 5.4 – Intervalli di soggiacenza e conducibilità per classe vegetazionale**

Tipologia vegetazionale	Soggiacenza [m]		Conducibilità [ $\mu$ S/cm]	
	minima	massima	minima	massima
Qp	- 0,85	- 3,74	1.148	4.962
Qp Ba	- 0,66	- 1,93	1.213	28.858
Ps Ba	- 0,73	- 3,04	1.423	7.981
Oq Ba	- 0,84	- 2,20	1.012	8.765
Br Ps	- 2,97	- 3,39	1.074	1.238

Come si può notare la tipologia Qp Ba risulta essere molto tollerante nei confronti della salinità, mentre, tra le formazioni boschive, è quella avente una minore ampiezza di soggiacenza della falda. La tipologia Qp, invece è quella che ha la maggiore tolleranza relativamente alla profondità della falda, ma lo è meno nei confronti della conducibilità. Tra le formazioni boschive Oq mostra minore tolleranza sia riguardo la profondità, sia riguardo la salinità.

La vegetazione ad ampiezza ecologica minore risulta essere Br Ps, legata a falda superficiale relativamente profonda. Questa tipologia potrebbe essere favorita nella sua espansione, nel caso di un incremento dell'attività di drenaggio della parte sud orientale del bosco.

**Figura 5.2 – Campo di variazione dei parametri di soggiacenza e conducibilità per tipi vegetazionali rilevati nella Pineta di Classe**



### 5.2.2. POSSIBILI EFFETTI DELLE VARIAZIONI DEL LIVELLO DI FALDA SULLA VEGETAZIONE

In conclusione, dai risultati ricavati dall'analisi della tollerabilità delle associazioni vegetali e da quelli ricavati dalla modellistica per prevedere le variazioni piezometriche, emerge che le tipologie di vegetazione xerofila potrebbero vedere ampliato il loro range di distribuzione. Per le tipologie più mesofile si ritiene che le variazioni previste rientrino nel campo della variabilità sopportata naturalmente da queste vegetazioni. E' inoltre da evidenziare come il suolo della Pineta presenti continuamente una variazione di microambiente poiché è un continuo susseguirsi di alture e bassure che già di per sé caratterizzano fortemente i microambienti e sottopongono le medesime specie a condizioni microclimatiche diverse.

### 5.3. ORTAZZO, ORTAZZINO E FOCE DEL BEVANO

Si tratta di un sito costiero ad elevata diversità ambientale, attorno alla foce del Torrente Bevano, ultima foce dell'alto Adriatico libera di evolvere naturalmente. Cinque chilometri di intatte dune costiere attive e il tratto antistante di mare, con alle spalle la pineta litoranea a *Pinus pinaster* e il sistema di zone umide salmastre dell'Ortazzino e dell'Ortazzo. Il sito comprende anche la fascia marina costiera per un'estensione di circa 300 m.

All'interno del sito sono presenti dodici habitat Natura 2000, dei quali quattro prioritari, coprono l'87% della superficie del sito. Si tratta di uno dei siti costieri a naturalità più elevata e a maggiore biodiversità. In esso si mantiene intatta la naturale successione dal mare all'entroterra, senza insediamenti balneari e manomissioni antropiche. Tutti gli habitat di interesse sono eccellenti condizioni di conservazione.

Il grande pregio naturalistico di questo sito risiede nella presenza della naturale successione di habitat dal mare alle paludi dell'entroterra, con dune attive e dune consolidate (su cui è stata impiantata la pineta di Pino marittimo), una foce meandrizata in libera e naturale evoluzione, bassure retrodunali e una palude salmastra. Questa grande diversità ambientale porta ad una notevole diversità faunistica.

Del tutto inferiore alle potenzialità, invece, la situazione per il sistema di dune naturali a causa dell'eccessivo disturbo antropico causato dai numerosissimi bagnanti che frequentano le spiagge e le dune. Soltanto il Fraticello è presente con una discreta popolazione, mentre le altre specie potenziali (Beccaccia di mare, Fraticello, Sterna comune) disertano l'area poiché non sono in grado di tollerare una così elevata ed invadente presenza umana sulla battigia e, in particolare, tra la vegetazione delle dune.

Gli habitat di questo sito di interesse comunitario (SIC IT 407 0009) sono riportati nella tabella seguente.

**Tabella 5.5 – Habitat di interesse comunitario presenti all'interno del SIC “Ortazzo, Ortazzino e foce del Bevano**

All. 1 Dir. CE 43/92 Codice habitat	Prioritario	Denominazione
1130		Estuari
1150	*	Lagune
1210		Vegetazione annua delle linee di deposito marina
1320		Prati di <i>Spartina</i> ( <i>Spartinion</i> )
1410		Pascoli inondati mediterranei ( <i>Juncetalia maritimi</i> )
1510	*	Steppe salate ( <i>Limonietalia</i> )
2110		Dune mobili embrionali
2120		Dune mobili del cordone litorale con presenza di <i>Ammophila arenaria</i> “dune bianche”
2130	*	Dune fisse a vegetazione erbacea “dune grigie”
2210		Dune fisse del litorale di <i>Crucianellion maritima</i>
2230		Prati dunali di <i>Malcolmietalia</i>
2250	*	Perticaia costiera di ginepri ( <i>Juniperus</i> spp.)
2270	*	Foreste dunari di <i>Pinus pinea</i> e/o <i>Pinus pinaster</i>
6420		Praterie mediterranee con piante erbacee alte e giunchi ( <i>Molinion-Holoschoenion</i> )

In particolare le associazioni vegetali presenti sono:

- Arbusteti, siepi e macchie con *Prunus spinosa*, *Crataegus monogyna*, *Ligustrum vulgare*, *Cornus sanguinea*, *Coronilla emerus*, *Rhamnus catharticus*, *Rubus* sp.pl., *Rosa* sp.pl., *Euonymus europaeus*. Fitocenosi abbastanza evolute che precedono dinamicamente i boschi o che ne rappresentano stadi di degradazione. Il disturbo rende problematica la tipizzazione a livello più dettagliato. Pregio naturalistico medio.
- Vegetazione arbustiva a *Juniperus communis* e *Hippophae rhamnoides* ssp. *fluviatilis* accompagnate da specie mediterranee e eurosiberiane, insediata su dune arretrate. Comunità endemica dell'alto Adriatico, in regressione a causa di impianti di pinete e di sbancamenti. Pregio naturalistico molto elevato.
- Praterie dense di Ciperacee e Graminacee su suoli prevalentemente sabbiosi, soggetti a influsso di falda durante le stagioni sfavorevoli ma secchi in estate. Le specie più frequenti sono *Schoenus nigricans*, *Holoschoenus romanus*, *Pulicaria dysenterica*, *Tetragonolobus maritimus*, *Eupatorium cannabinum* e *Calamagrostis epigejos*. Pregio naturalistico medio.
- Praterie a *Erianthus ravennae*, *Schoenus nigricans* e *Juncus litoralis*, in depressioni interdunali, inondate in inverno. Fitocenosi tollerante un moderato tenore salino nel suolo, a diffusione limitata e minacciata di contrazione per alterazioni dell'ambiente. Un tempo assai diffusa lungo i litorali è stata in parte sostituita da pinete litoranee. Pregio naturalistico elevato.
- Praterie dominate da *Puccinellia palustris*, su suoli lungamente inondati durante la stagione sfavorevole e umidi in estate. Popolamenti insediati di preferenza nelle sacche e nelle "valli", con corteggio molto povero, costituito di solito da *Aster tripolium*. Fitocenosi rara nel territorio nazionale, particolarmente diffusa sul litorale nord-adriatico. Pregio naturalistico elevato.
- Prati salsi a giunchi e graminacee su suoli a diverso grado di salinità, mai completamente aridi in estate. Formazioni spesso rimaneggiate ed ostacolate nel naturale dinamismo, diffuse sugli argini bassi ed argillosi che separano i bacini salati; le specie più frequenti sono *Juncus maritimus*, *Arthrocnemum fruticosum*, *Limonium serotinum*, *Halimione portulacoides* e *Elytrigia atherica*. Pregio naturalistico medio.
- Vegetazione erbacea a prevalenza di specie annuali a sviluppo primaverile, insediata su sabbie aride retrodunali. La composizione floristica è caratterizzata da *Silene colorata*, *Vulpia membranacea* e poche altre specie, alcune delle quali a carattere nitrofilo. Pregio naturalistico elevato.
- Vegetazione alofila perenne, caratterizzata dalla predominanza di *Arthrocnemum glaucum*, misto a poche altre specie, che si sviluppa su barene e arginelli, in situazioni più rilevate rispetto all'associazione precedente e perciò in condizioni di maggiore aridità estiva. Comunità a prevalente diffusione mediterranea, rara nel Parco dove è stata osservata solo nelle stazioni meridionali. Pregio naturalistico molto elevato.
- Vegetazione alofila perenne caratterizzata da *Arthrocnemum perenne*, su suoli sabbioso-argillosi in condizioni di marcata igrofilia (margini di barene, barene piatte o poco rilevate). Fitocenosi a distribuzione limitata. Pregio naturalistico elevato.
- Vegetazione di alofite perenni, pioniere in stazioni soggette a fluttuazioni di marea, con aspetto di prateria dominata da *Spartina maritima*, su suoli limosi o limoso-argillosi sommersi quasi tutto l'anno. Fitocenosi endemica dell'Alto Adriatico, limitata nell'estensione e minacciata per regressione degli ambienti che predilige e la cui originalità è dovuta alla presenza di *Spartina maritima* che nell'area mediterranea compare solo in questa zona. Pregio naturalistico molto elevato.
- Comunità di alofite annuali pioniere a predominanza di *Salicornia veneta*, specie endemica nordadriatica, su suoli limosi lungamente inondati durante l'anno e con breve periodo di disseccamento estivo. Sono presenti pochissime altre specie annuali con valori di copertura

trascurabili. Fitocenosi di elevato interesse biogenetico a livello nazionale per l'esigua area di distribuzione. Pregio naturalistico molto elevato.

- Comunità ad *Artemisia coerulescens* e *Limonium serotinum*; frequenti sono anche *Agropyron elongatum*, *Limonium virgatum* e *Inula crithmoides*, su posizioni rilevate di barena con suolo raramente inondato, arido in estate e un po' nitrofilo. Fitocenosi discontinua nella distribuzione, su superfici modeste. Pregio naturalistico molto elevato.
- Canneti di bassa taglia dominati da *Scirpus maritimus* subsp. *compactus* accompagnati da poche specie alofile, di solito inondati durante tutto l'anno da acque salmastre. Fitocenosi diffusa su superfici modeste. Pregio naturalistico elevato.

Fra le specie animali si riscontrano:

- Uccelli: numerosissima l'avifauna che conta 39 specie di interesse comunitario, un terzo delle quali nidifica più o meno regolarmente nell'area. Tra queste: due specie di averle (Averla piccola, Averla cenerina), rapaci diurni (Albanella minore, Falco di palude), diverse specie di uccelli acquatici coloniali (Cavaliere d'Italia, Avocetta, Fratino, Pettegola, Gabbiano roseo, Gabbiano comune, Sterna zampenere, Fraticello, Sterna comune) e specie tipiche degli ambienti dunosi ed aperti (Calandro, Succiacapre), di siepe ed ecotono (Ortolano). Particolarmente numerose le specie acquatiche (Anatidi, Ardeidi e altri Ciconiformi, Caradridi, Laridi e Sternidi), Passeriformi di canneto (Acrocefalini), anche durante il periodo di migrazione e di svernamento. Rilevante la presenza di Tarabuso (*Botaurus stellaris*) e Occhione (*Burhinus oedicmeus*). In fase di espansione la Volpoca (*Tadorna tadorna*), occasionalmente nidificanti Marzaiola e Alzavola.
- Rettili: Testuggine palustre (*Emys orbicularis*).
- Pesci: Cheppia (*Alosa fallax*), Nono (*Aphanius fasciatus*) e due specie di ghiozzi (*Pomatoschistus canestrini*, *Padogobius* (*Knipowitschia*) *panizzae*) tipiche di acque salmastre degli ambienti lagunari ed estuari.
- Invertebrati: Il Lepidottero Ropalocero *Lycaena dispar*.

### **5.3.1. POSSIBILI EFFETTI DELLE VARIAZIONI DEL LIVELLO DI FALDA SULLA VEGETAZIONE**

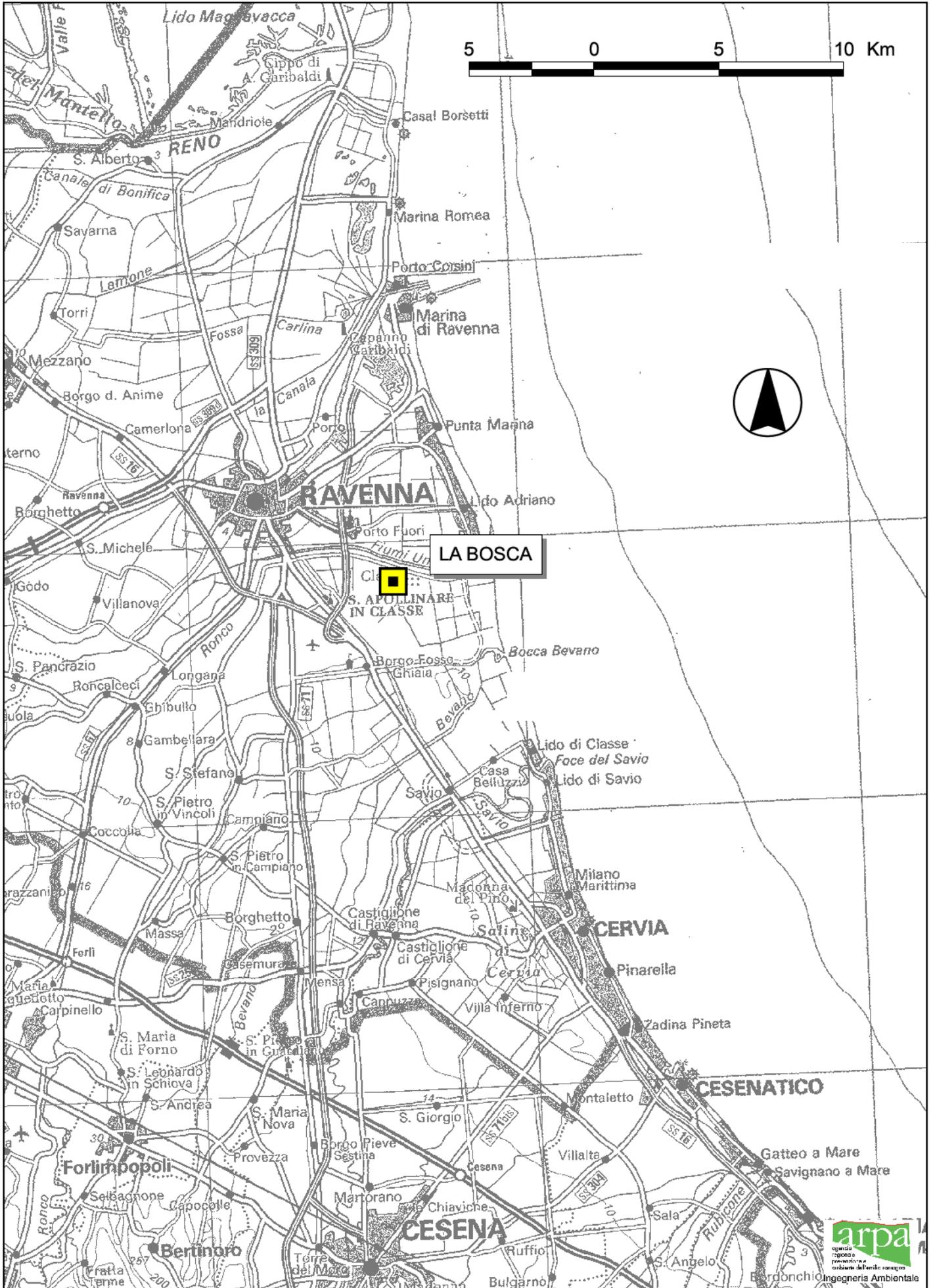
Considerando che la vegetazione più sensibile di questo SIC/ZPS, costituita da specie arboree ad alto fusto, è collocata nella fascia costiera delimitata dallo scolo Pergami a circa 750 m dai confini della cava Stazzona, e considerando che gli innalzamenti previsti in questa zona sono inferiori ai 7 cm, si ritiene che gli effetti del tombamento siano del tutto trascurabili.

Nella zona di monte della cava Stazzona fino allo scolo Pergami, la vegetazione dominante è costituita da seminativi e da incolti con pregio naturalistico scarso e da prati aridi e semi aridi, che non risentono delle variazioni di livello della falda che in questa zona si attestano sui 20 cm.

ALLEGATO 1

TAVOLE CARTOGRAFICHE

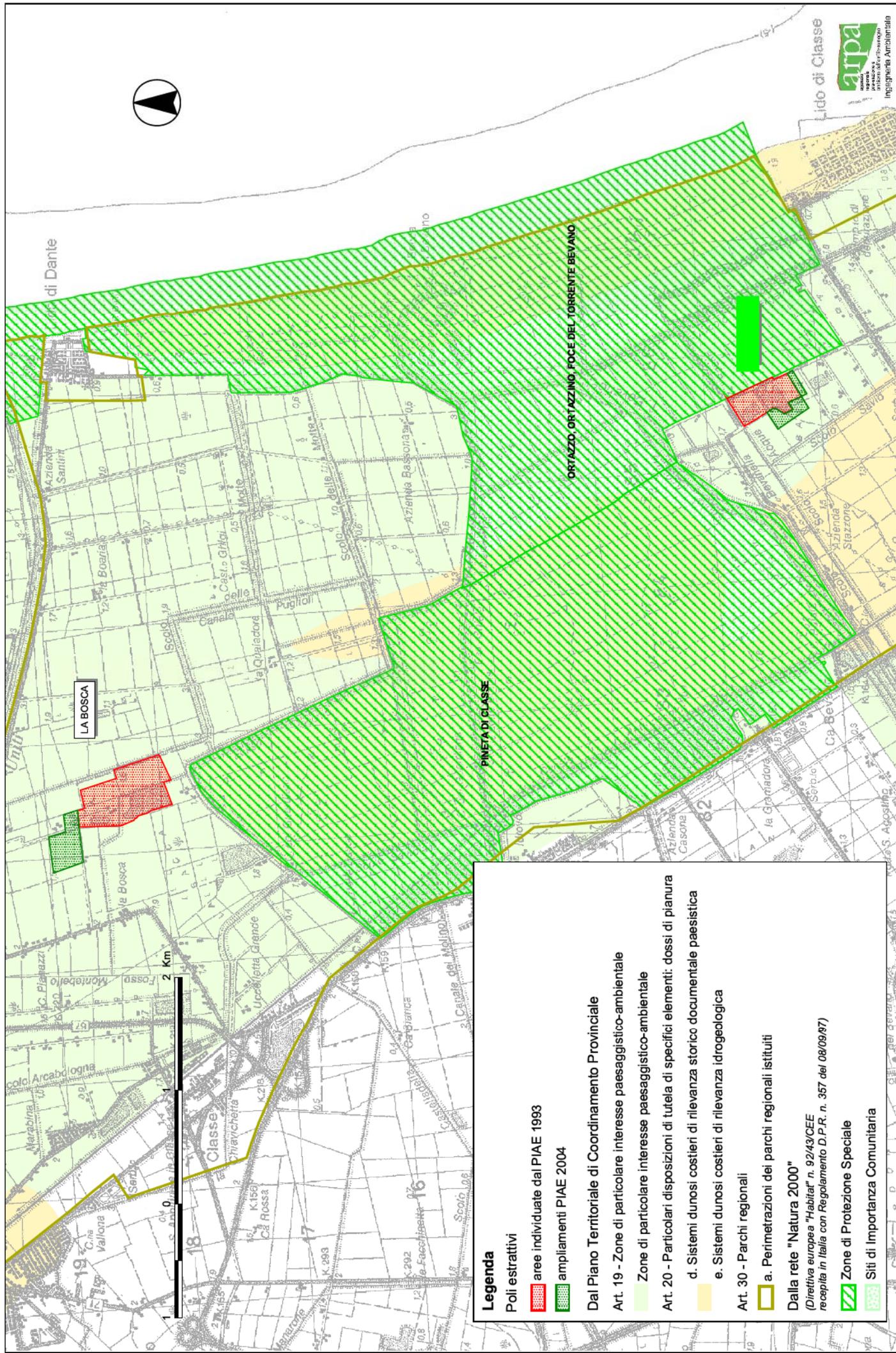
# Tavola 1: ubicazione cave



Elaborazione a cura del Centro Cartografico di Ingegneria Ambientale



Tavola 2: vincoli territoriali



**Legenda**

Poli estrattivi

- aree individuate dal PIAE 1993
- ampliamenti PIAE 2004

Dal Piano Territoriale di Coordinamento Provinciale

Art. 19 - Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale

- Zone di particolare interesse paesaggistico-ambientale

Art. 20 - Particolari disposizioni di tutela di specifici elementi: dossi di pianura

- d. Sistemi dunosi costieri di rilevanza storico documentale paesistica
- e. Sistemi dunosi costieri di rilevanza idrogeologica

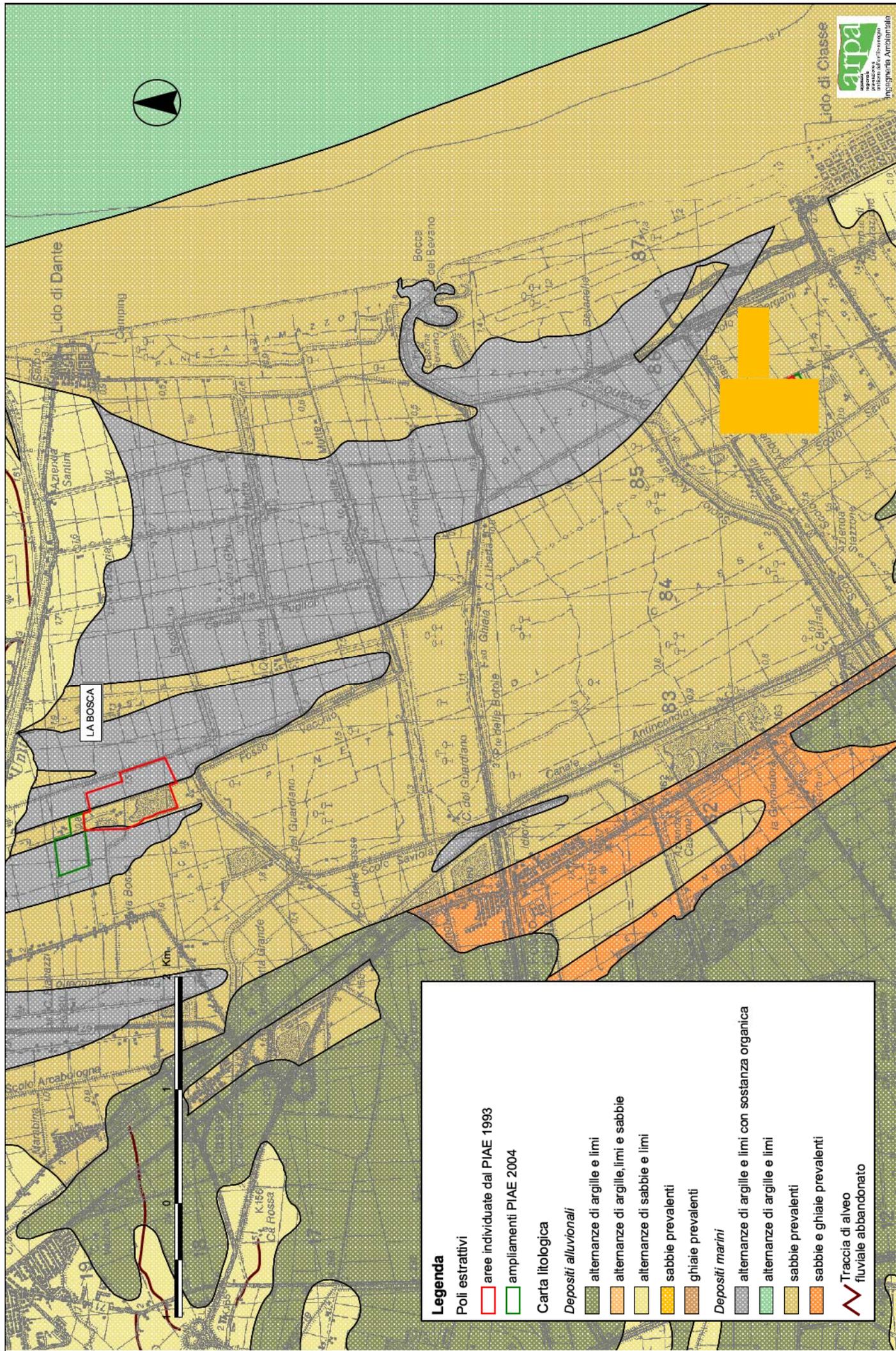
Art. 30 - Parchi regionali

- a. Perimetrazioni dei parchi regionali istituiti

Dalla rete "Natura 2000"  
(Direttiva europea "Habitat" n. 92/43/CEE recepita in Italia con Regolamento D.P.R. n. 357 del 08/09/87)

- Zone di Protezione Speciale
- Siti di Importanza Comunitaria

Tavola 3: carta litologica



# Tavola 4: cava La Bosca e idrografia superficiale

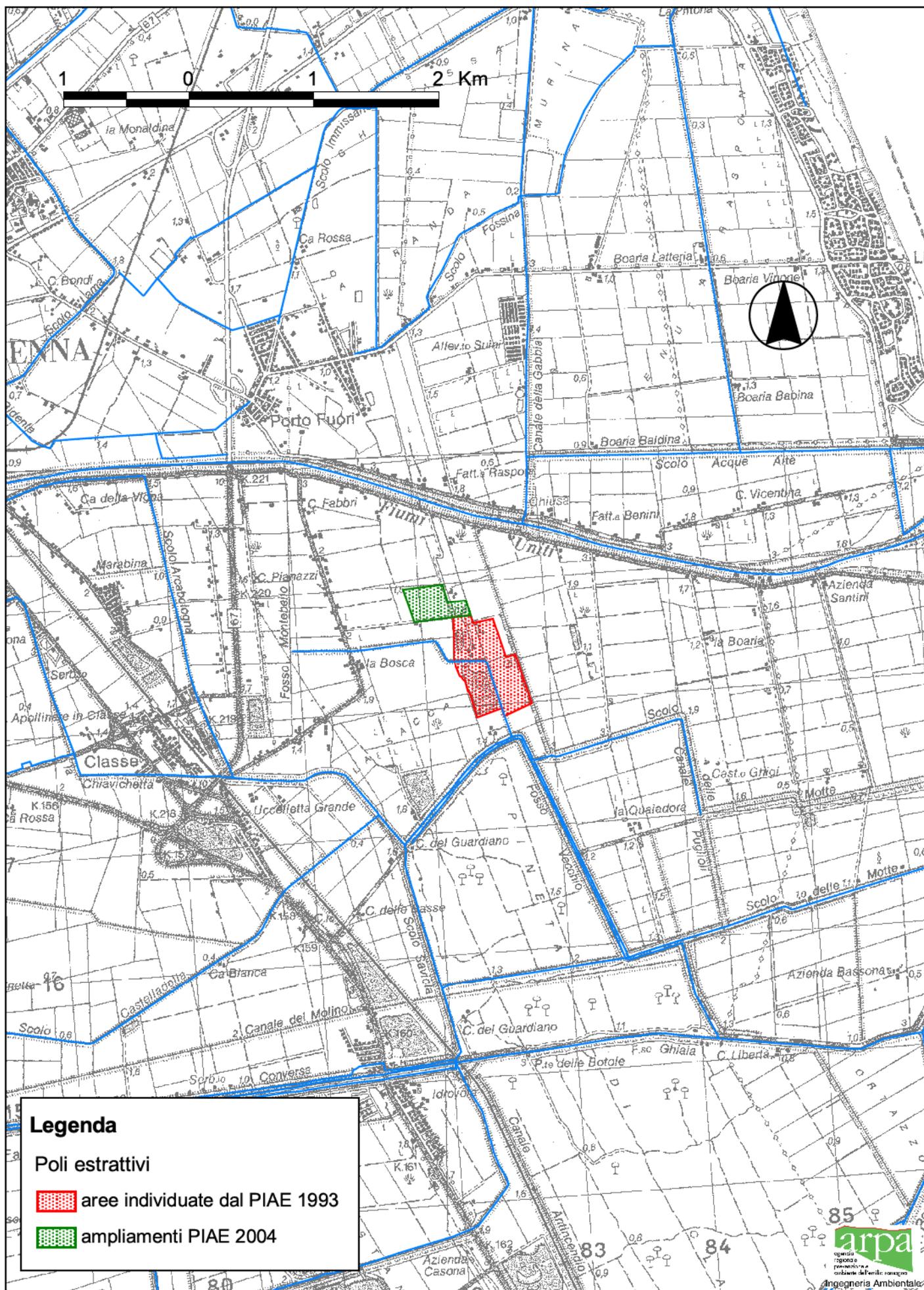
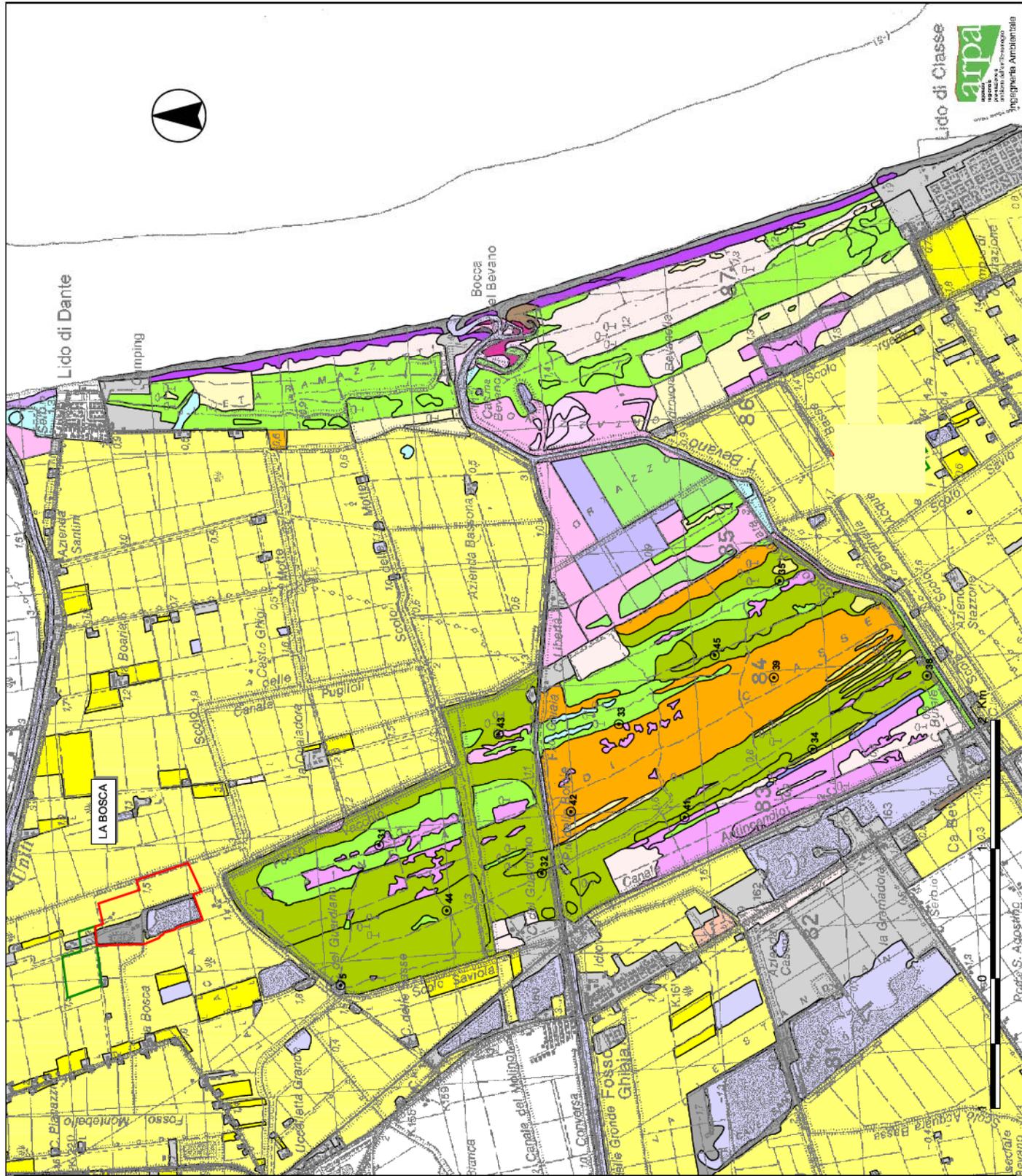


Tavola 7: carta della vegetazione



**Legenda**

Poli estrattivi

▭ aree individuate dal PIAE 1993

▭ ampliamenti PIAE 2004

⊙ Piezometri (1996)

**Carta della vegetazione**

Vegetazione erbacea delle sabbie

Cx

Am

Ec

Eb

Vegetazione alofila

Sv

Sh

H

Sw

Pg

Im

Pp

Pl

Lm

Vegetazione sommersa in acque salmastre

Rp

Rv

Vs

Vegetazione palustre di acqua salmastra

Mp

Ph

Fg

Mo

Ho

Er

Vegetazione dei prati umidi e palustri

Ph

Pr

Vegetazione palustre di acqua dolce

Br

Bn

Prati aridi e semiaridi submediterranei

Bn

Vegetazione nitrofila e rudale

Sd

Vegetazione arbustiva

Ps

H

Boschi paludosi

Aq

Boschi termofili submediterranei a querce sempreverdi

Oq

Boschi termofili di caducifoglie

Op

Or

Vegetazione di specie avventizie e naturalizzate

Ne

Rr

Vegetazione di origine antropica

Ba

Rm

Ri

Culture

Se

Vi

Fr

Op

Corpi idrici

Al

La

Aree urbanizzate

Au

Iv

Aree senza vegetazione

Tn

Tu

Zc

## ALLEGATO 2

### LOG STRATIGRAFICI DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

## Cava La Bosca, Sondaggio n.1

	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-bottom: 5px;">m dal p.c.</div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px;">scala 1:125</div> </div>		-3,1 	<p>Sabbia sciolta fine e media con resti vegetali</p> <p>Sabbia fine limosa o debolmente limosa grigia</p> <p>Sabbia fine limosa grigia con livelletti argilloso limosi</p> <p>Sabbia fine debolmente limosa grigia</p> <p>Limo sabbioso argilloso grigio molle</p> <p>Sabbia limosa argillosa grigia sciolta</p> <p>Sabbia fine debolmente limosa grigia con livelletti conchigliari</p> <p>Argilla sabbioso limosa grigia molle</p> <p>Sabbia fine limosa grigia</p> <p>Argilla sabbioso limosa grigia molle</p> <p>Argilla abbondantemente limoso sabbiosa nocciola</p> <p>Argilla limosa e debolmente limosa grigio azzurra e nocciola</p> <p>Sabbia fine limosa nocciola giallastra</p>
<b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.n.c. <b>Comune:</b> Ravenna <b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe <b>Data:</b> Novembre 1987 <b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione <b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm <b>Profondità sondaggio (m):</b> 25 <b>Livello falda dal p.c. (m):</b> 3,1			

### Cava La Bosca, Sondaggio n.2

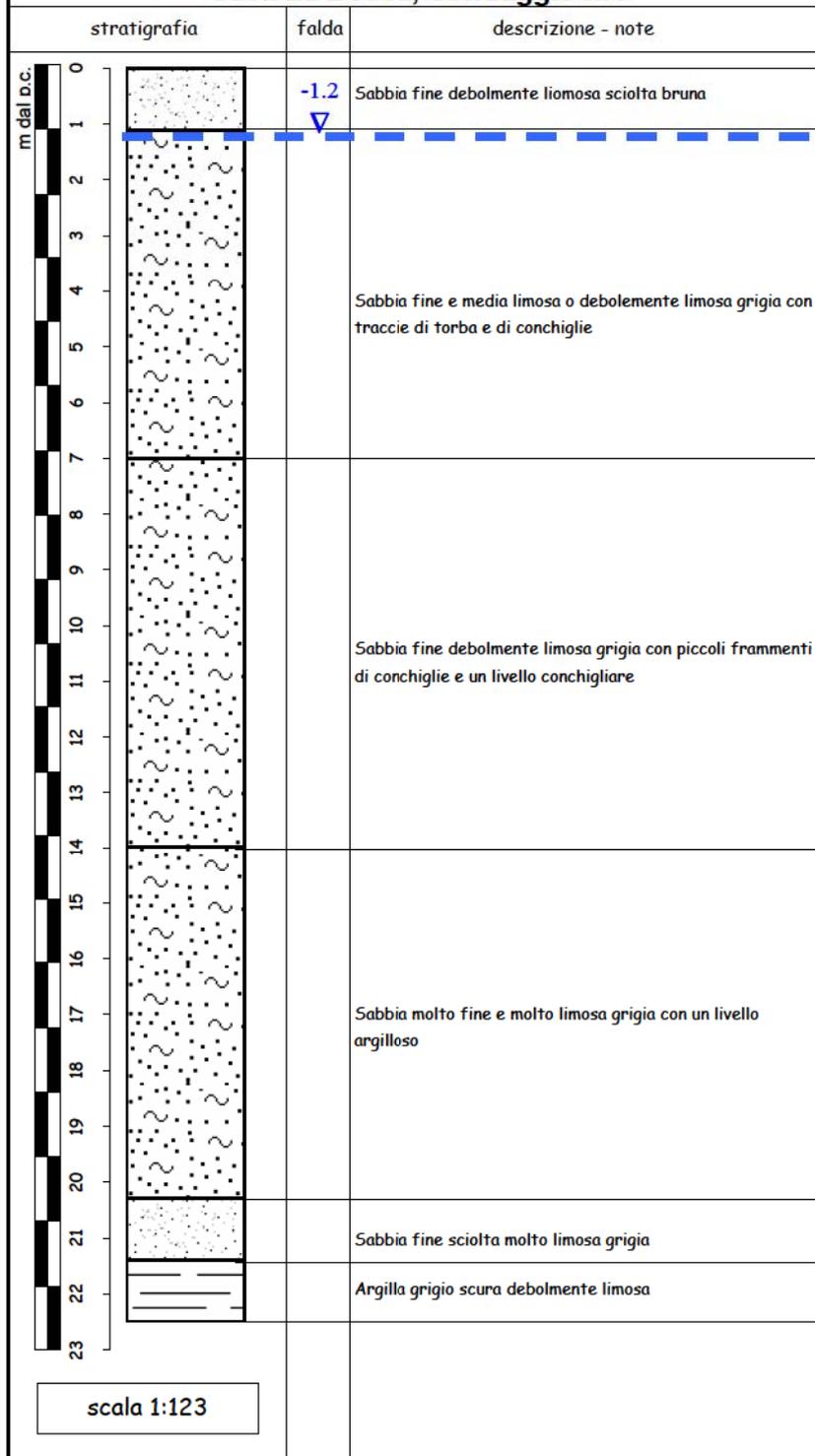
	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-right: 5px;">m dal p.c.</div> </div>		-1.1 	
			Sabbia fine e media sciolta bruno giallastra
			Sabbia fine grigia con livelletti argillosi
			Sabbia fine grigia debolmente limosa
			Argilla limosa debolmente sabbiosa molle grigia
			Sabbia fine limosa grigia
			Sabbia fine limosa argillosa con livelletti argilloso limosi colore grigio
			Argilla limosa sabbiosa molle grigia con frequenti livelletti sabbioso limosi
			Sabbia fine limosa grigia
			Sabbia fine limosa grigia con livelletti argillosi e livelletti ricchi di frammenti di conchiglie
			Argilla limosa molle grigia con livelletti sabbiosi
			Sabbia fine limosa grigia
			Limo argilloso sabbioso grigio molle
			Sabbia fine limosa grigia con un livello conchigliare in basso
			Sabbia fine e media debolmente limosa bruno giallastra
			Argilla e argilla debolmente limosa di media consistenza grigio azzurra e nocciola
	scala 1:135		
<b>Committente:</b> <b>Comune:</b> <b>Località:</b> <b>Data:</b> <b>Metodo di perforazione:</b> <b>Attrezzo di perforazione:</b> <b>Profondità sondaggio (m):</b> <b>Livello falda dal p.c. (m):</b>		CAVA LA BOSCA s.n.c. Ravenna Cava La Bosca, Classe Novembre 1987 Carotaggio continuo con sonda a rotazione Carotiere semplice, diametro 127 mm 27 1,1	

### Cava la Bosca, Sondaggio n.3

	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small;">m dal p.c.</div> </div>		<p style="font-size: small;">-1.0</p>	
			Sabbia sciolta fine e media bruno giallastra
			Sabbia media grigia
			Sabbia fine limosa o debolmente limosa grigia con piccoli frammenti di conchiglie e rare tracce di torba
			Sabbia fine debolmente limosa grigia con piccoli frammenti di conchiglie
			Limo sabbioso argilloso molle con livelli di sabbia limosa e conchiglie colore grigio
			Sabbia fine limosa o debolmente limosa grigia con livelletti conchigliari
			Argilla limosa sabbiosa grigia con frequenti livelli sabbiosi
			Sabbia fine limosa grigia
			Limo sabbioso argilloso grigio
			Sabbia fine limosa grigia
			Argilla grigio scura di media consistenza
			Argilla debolmente limosa compatta grigio azzurra
			Limo argilloso passante ad argilla limosa di colore grigio
			Argilla debolmente limosa compatta
	scala 1:125		

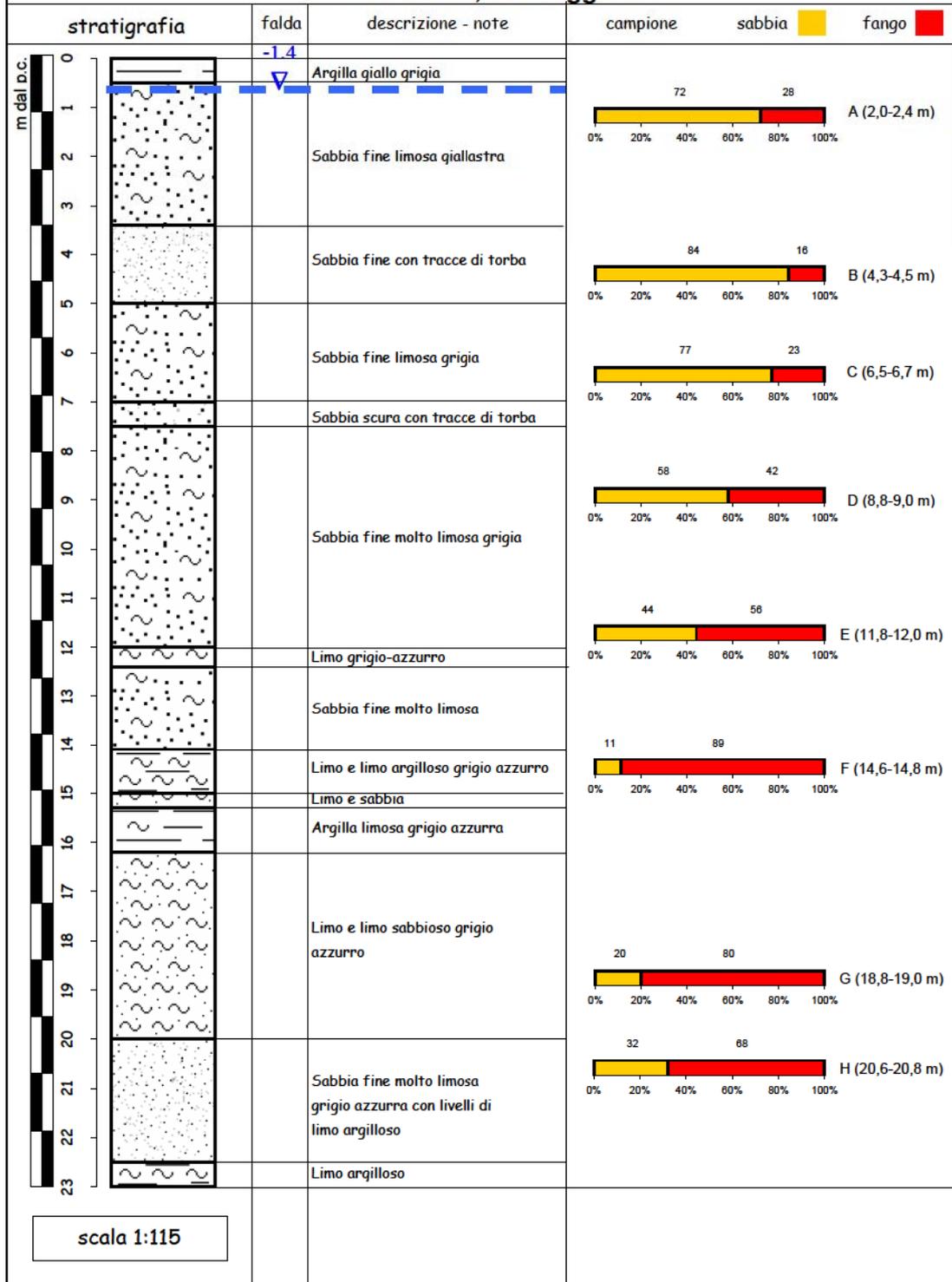
<b>Committente:</b>	CAVA LA BOSCA s.n.c.
<b>Comune:</b>	Ravenna
<b>Località:</b>	Cava La Bosca, Classe
<b>Data:</b>	Novembre 1987
<b>Metodo di perforazione:</b>	Carotaggio continuo con sonda a rotazione
<b>Attrezzo di perforazione:</b>	Carotiere semplice, diametro 127 mm
<b>Profondità sondaggio (m):</b>	24,5
<b>Livello falda dal p.c. (m):</b>	1

### Cava La Bosca, Sondaggio n.4



<b>Committente:</b>	CAVA LA BOSCA s.n.c.
<b>Comune:</b>	Ravenna
<b>Località:</b>	Cava La Bosca, Classe
<b>Data:</b>	Novembre 1987
<b>Metodo di perforazione:</b>	Carotaggio continuo con sonda a rotazione
<b>Attrezzo di perforazione:</b>	Carotiere semplice, diametro 127 mm
<b>Profondità sondaggio (m):</b>	22,5
<b>Livello falda dal p.c. (m):</b>	1,2

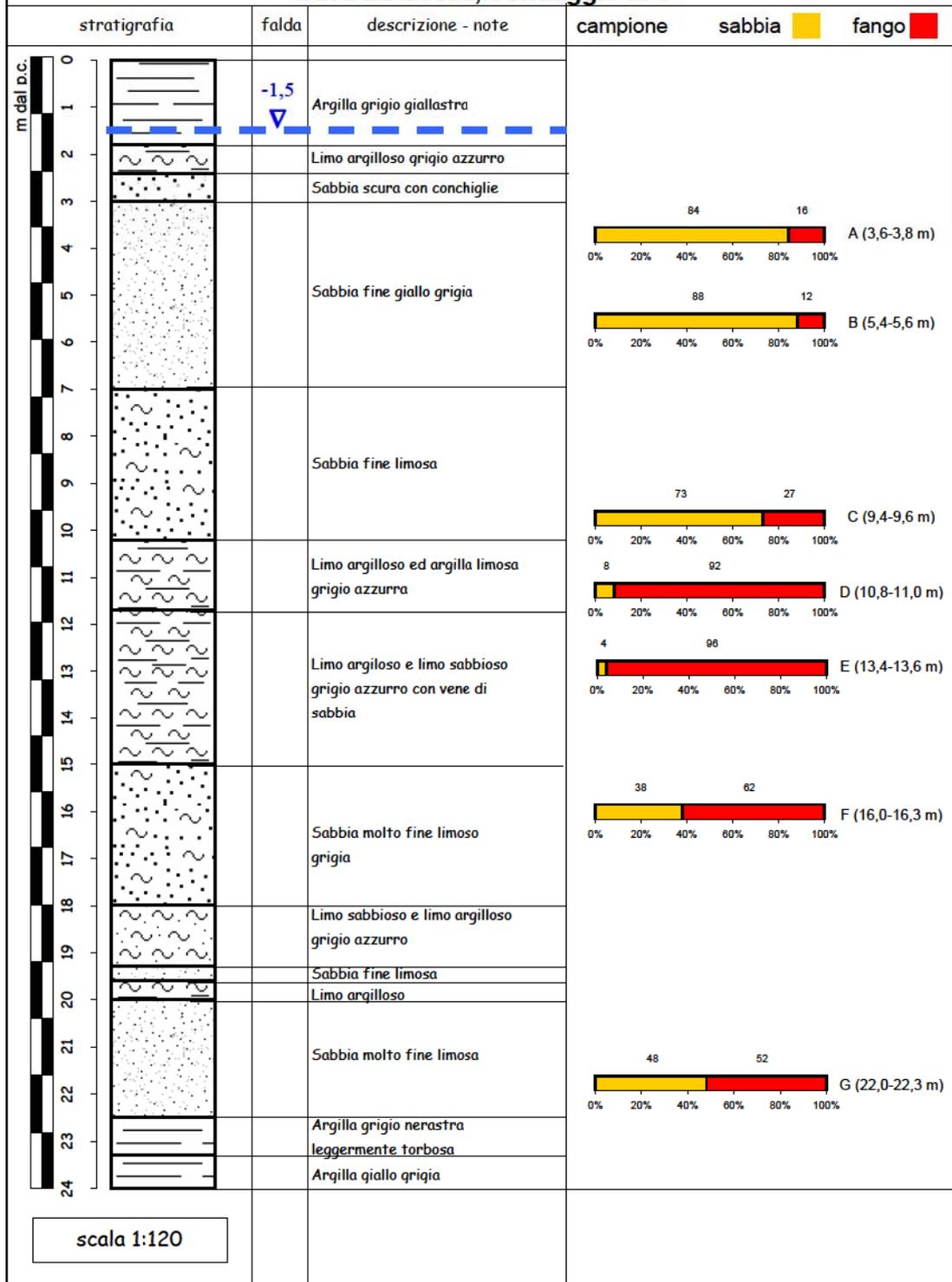
## Cava La Bosca, Sondaggio n. 5



scala 1:115

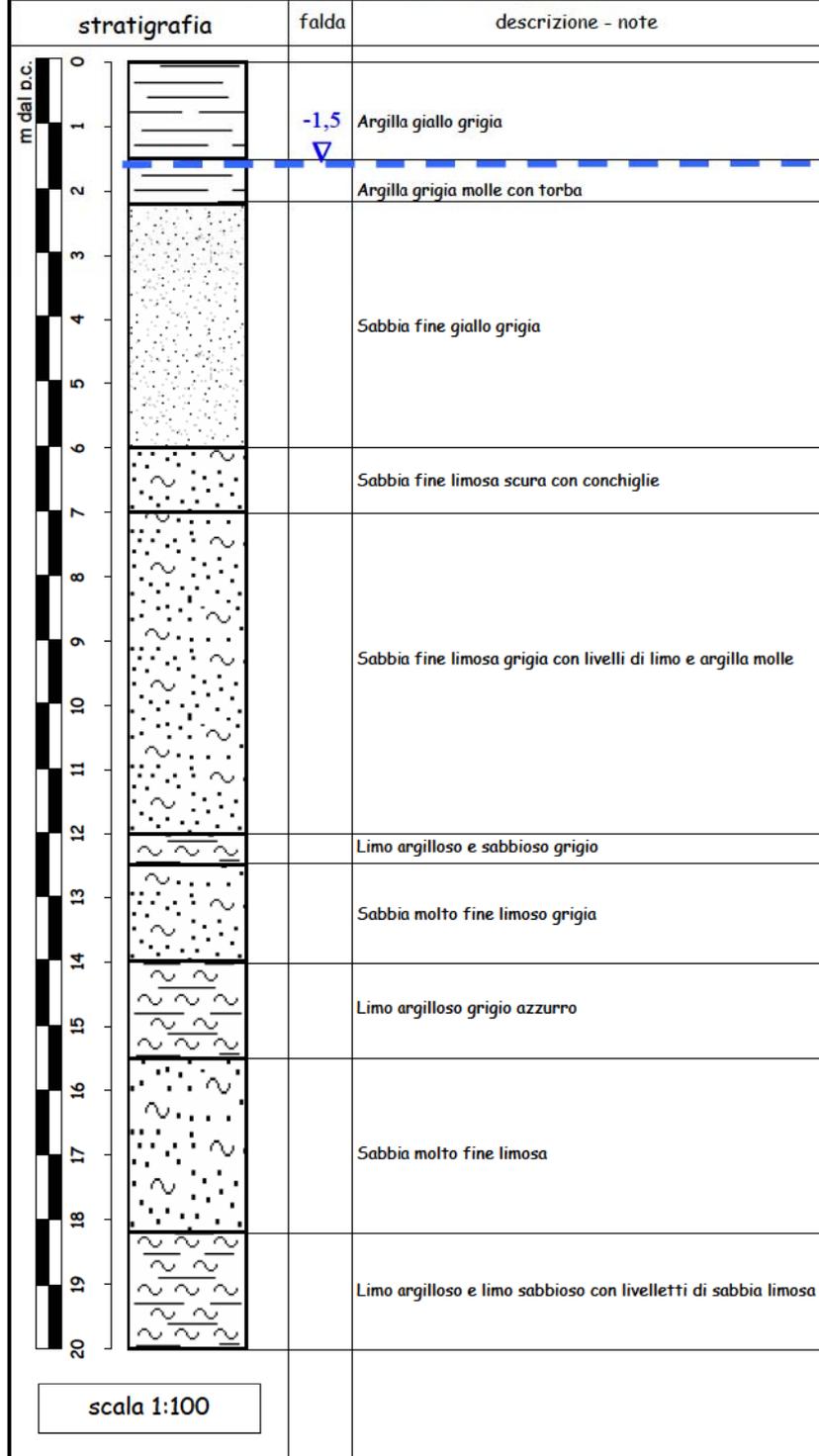
<b>Committente:</b>	CAVA LA BOSCA s.r.l.
<b>Comune:</b>	Ravenna
<b>Località:</b>	Cava La Bosca, Classe
<b>Data:</b>	5 Aprile 1993
<b>Metodo di perforazione:</b>	Carotaggio continuo con sonda a rotazione
<b>Attrezzo di perforazione:</b>	Carotiere semplice, diametro 127 mm
<b>Profondità sondaggio (m):</b>	23
<b>Livello falda dal p.c. (m):</b>	1,4

## Cava La Bosca, Sondaggio n. 6



<b>Committente:</b>	CAVA LA BOSCA s.r.l.
<b>Comune:</b>	Ravenna
<b>Località:</b>	Cava La Bosca, Classe
<b>Data:</b>	6 Aprile 1993
<b>Metodo di perforazione:</b>	Carotaggio continuo con sonda a rotazione
<b>Attrezzo di perforazione:</b>	Carotiere semplice, diametro 127 mm
<b>Profondità sondaggio (m):</b>	24
<b>Livello falda dal p.c. (m):</b>	1,5

## Cava La Bosca, Sondaggio n. 7



<b>Committente:</b>	CAVA LA BOSCA s.r.l.
<b>Comune:</b>	Ravenna
<b>Località:</b>	Cava La Bosca, Classe
<b>Data:</b>	8 Aprile 1993
<b>Metodo di perforazione:</b>	Carotaggio continuo con sonda a rotazione
<b>Attrezzo di perforazione:</b>	Carotiere semplice, diametro 127 mm
<b>Profondità sondaggio (m):</b>	20
<b>Livello falda dal p.c. (m):</b>	1,5

### Cava La Bosca, Sondaggio n. 8

	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-right: 5px;">m dal b.c.</div> </div>		<p style="color: blue; font-weight: bold;">-1,4</p>	<p>Argilla giallo grigia compatta</p> <hr style="border-top: 1px dashed blue;"/> <p>Argilla scura molle con torba</p>
			<p>Sabbia fine limosa grigia</p>
			<p>Sabbia molto fine limosa con molti livelli limoso argillosi molli</p>
			<p>Limo argilloso grigio azzurro</p>
			<p>Sabbia fine limosa con conchiglie</p>
			<p>Limo sabbioso e limo argilloso grigio azzurro</p>
			<p>Sabbia fine molto limosa grigia</p>
	<div style="border: 1px solid black; padding: 2px; display: inline-block;">scala 1:100</div>		
<p><b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.r.l.</p> <p><b>Comune:</b> Ravenna</p> <p><b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe</p> <p><b>Data:</b> 8 Aprile 1993</p> <p><b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione</p> <p><b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm</p> <p><b>Profondità sondaggio (m):</b> 20</p> <p><b>Livello falda dal p.c. (m):</b> 1,4</p>			

### Cava La Bosca, Sondaggio n. 9

	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-bottom: 5px;">m dal b.c.</div> </div>			<p>Argilla giallo bruna</p> <p>Argilla grigia con vene di sabbia e tracce di torba</p> <p>Sabbia con limo e livelli di argilla e livelli di torba</p> <p>Limo con sabbia debolmente torbosa</p> <p>Argilla molle</p> <p>Sabbia limosa con livelli di limo gialla e grigia scura</p>
<div style="border: 1px solid black; padding: 5px; display: inline-block;">scala 1:50</div>			
<b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.r.l. <b>Comune:</b> Ravenna <b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe <b>Data:</b> Marzo 1995 <b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione <b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm <b>Profondità sondaggio (m):</b> 5 <b>Livello falda dal p.c. (m):</b> Dato non disponibile			

### Cava La Bosca, Sondaggio n. 10

	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-bottom: 5px;">m dal b.c.</div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px 5px; font-size: small;">scala 1:50</div> </div>			<p>Argilla giallo bruna</p> <hr/> <p>Torba</p> <p>Limo e sabbia limosa grigia</p> <hr/> <p>Torba</p> <p>Sabbia limosa grigia</p> <hr/> <p>Sabbia limosa gialla con livelli di sabbia torbosa gialla scura</p>
<b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.r.l. <b>Comune:</b> Ravenna <b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe <b>Data:</b> Marzo 1995 <b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione <b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm <b>Profondità sondaggio (m):</b> 5 <b>Livello falda dal p.c. (m):</b> Dato non disponibile			

### Cava La Bosca, Sondaggio n. 11

	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-bottom: 5px;">m dal b.c.</div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px;">scala 1:50</div> </div>			<p>Argilla gialla</p> <hr/> <p>Argilla grigia</p> <hr/> <p>Sabbia fine grigia</p> <hr/> <p>Alternanza di livelli di limo argilloso con livelli di sabbia</p> <hr/> <p>Sabbia fine limosa con livelli di limo</p>
<b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.r.l. <b>Comune:</b> Ravenna <b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe <b>Data:</b> Marzo 1995 <b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione <b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm <b>Profondità sondaggio (m):</b> 5 <b>Livello falda dal p.c. (m):</b> Dato non disponibile			

### Cava La Bosca, Sondaggio n. 12

STRATIGRAFIA	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-right: 5px;">m dal D.C.</div> </div>		
		Argilla gialla
		Sabbia limosa debolmente torbosa
		Torba e limo
		Sabbia limosa debolmente torbosa
		Limo e sabbia con livelli di limo argilloso
scala 1:50		
<b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.r.l. <b>Comune:</b> Ravenna <b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe <b>Data:</b> Marzo 1995 <b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione <b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm <b>Profondità sondaggio (m):</b> 5 <b>Livello falda dal p.c. (m):</b> Dato non disponibile		

### Cava La Bosca, Sondaggio n. 13

	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-bottom: 5px;">m dal b.c.</div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px;">scala 1:50</div> </div>			<p>Argilla gialla</p> <hr/> <p>Argilla limosa molle con tracce di torba</p> <hr/> <p>Alternanza di livelli di torba con livelli di limo e sabbia</p> <hr/> <p>Limo e sabbia</p> <hr/> <p>Sabbia limosa grigia scura con qualche livelletto di limo e torba</p>
<p><b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.r.l.</p> <p><b>Comune:</b> Ravenna</p> <p><b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe</p> <p><b>Data:</b> Marzo 1995</p> <p><b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione</p> <p><b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm</p> <p><b>Profondità sondaggio (m):</b> 5</p> <p><b>Livello falda dal p.c. (m):</b> Dato non disponibile</p>			

### Cava La Bosca, Sondaggio n. 14

	stratigrafie	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; flex-direction: column; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-bottom: 5px;">m dal b.c.</div> <div style="margin-top: 10px; border: 1px solid black; padding: 2px 5px;">scala 1:50</div> </div>			<p>Argilla gialla</p> <hr/> <p>Argilla grigia scura molle con tracce di torba</p> <hr/> <p>Sabbia limosa scura debolmente torbosa</p> <hr/> <p>Argilla limosa e limo argilloso con torba</p> <hr/> <p>Limo e sabbia grigio e gialla</p>
<b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.r.l. <b>Comune:</b> Ravenna <b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe <b>Data:</b> Marzo 1995 <b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione <b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm <b>Profondità sondaggio (m):</b> 5 <b>Livello falda dal p.c. (m):</b> Dato non disponibile			

### Cava La Bosca, Sondaggio n. 15

	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-right: 5px;">m dal D.C.</div> </div>			Argilla limoso sabbiosa gialla
			Sabbia fine e sabbia limosa con livelletti di limo
			Argilla limosa molle con livelletti di sabbia e limo
			Sabbia molto fine
			Argilla limoso fine
			Sabbia fine con diversi livelli di argilla e limo di 20-30 cm di spessore
			Argilla molle e limo
			Sabbia molto fine
			Limo e sabbia
	scala 1:100		
<b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.r.l. <b>Comune:</b> Ravenna <b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe <b>Data:</b> Marzo 1995 <b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione <b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm <b>Profondità sondaggio (m):</b> 20 <b>Livello falda dal p.c. (m):</b> Dato non disponibile			

### Cava La Bosca, Sondaggio n. 16

	stratigrafia	falda	descrizione - note
<div style="display: flex; align-items: center;"> <div style="writing-mode: vertical-rl; transform: rotate(180deg); font-size: small; margin-right: 5px;">m dal D.C.</div> </div>			<p>0 - 1 m: Argilla limoso sabbiosa gialla compatta</p> <p>1 - 2 m: Argilla grigia scura molle con torba</p> <p>2 - 3 m: Argilla torbosa con vene di sabbia</p> <p>3 - 10 m: Sabbia fine limosa</p> <p>10 - 13 m: Limo argilla molle con livelli di sabbia</p> <p>13 - 14 m: Sabbia</p> <p>14 - 17 m: Limo e argilla molle con livelletti di sabbia</p> <p>17 - 20 m: Sabbia</p>
	scala 1:100		
<b>Committente:</b> CAVA LA BOSCA s.r.l. <b>Comune:</b> Ravenna <b>Località:</b> Cava La Bosca, Classe <b>Data:</b> Marzo 1995 <b>Metodo di perforazione:</b> Carotaggio continuo con sonda a rotazione <b>Attrezzo di perforazione:</b> Carotiere semplice, diametro 127 mm <b>Profondità sondaggio (m):</b> 20 <b>Livello falda dal p.c. (m):</b> Dato non disponibile			