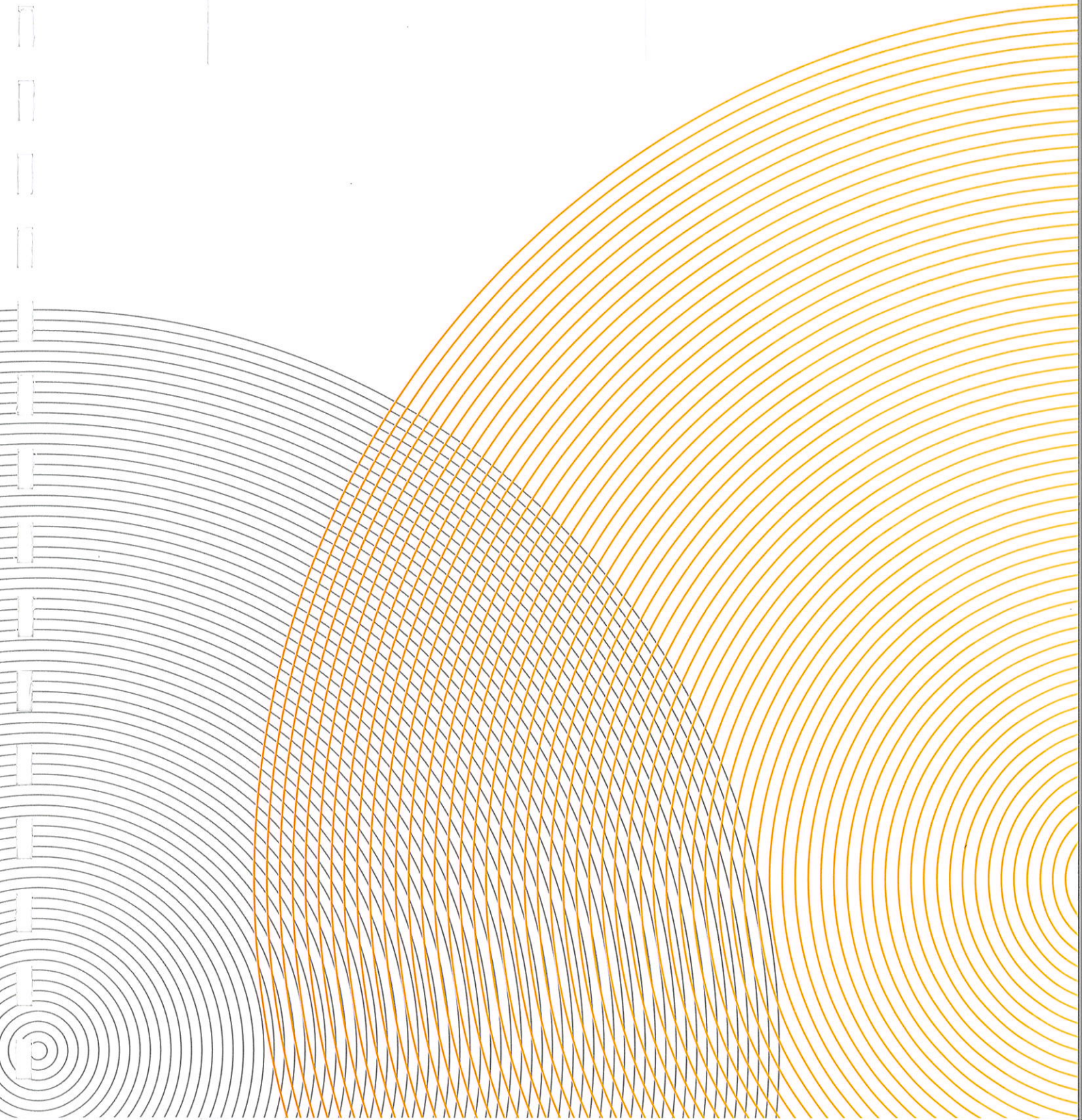




**CTG**  
Italcementi Group

**Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo**  
**DIGA DI CASSIGLIO**  
**ALLEGATO 8**  
Adeguamento sistema drenante e installazioni  
piezometri in fondazione



**Impianto idroelettrico di Olmo al Brembo**

**DIGA DI CASSIGLIO**

**ALLEGATO 8**

Adeguamento sistema drenante e installazione  
piezometri in fondazione

**ITALCEMENTI**

# DIGA DI CASSIGLIO



Allegato B

**Adeguamento sistema drenante  
e installazione piezometri in fondazione**

Sede ed Amministrazione  
Bergamo

**ITALCEMENTI S.p.A.**

**DIGA DI  
CASSIGLIO**

**ADEGUAMENTO SISTEMA DRENANTE  
E INSTALLAZIONE PIEZOMETRI IN  
FONDAZIONE**

**Bergamo 1989**

Bergamo, 10 5 1989.

GEO./ d. ROV.

## DIGA CASSIGLIO

### NUOVO SISTEMA DRENANTE

#### CAMPIONATURE SU CALCESTRUZZO DIGA E ROCCIA DI FONDAZIONE

Il sistema drenante realizzato all' origine, oltre non soddisfare la normativa vigente, era quasi completamente ostruito da concrezioni calcaree e non convenientemente ripristinabile, si è provveduto perciò all' impianto di un nuovo sistema drenante sia in corpo diga sia in fondazione.

#### OPERAZIONI SVOLTE.

Sulla base del progetto di intervento predisposto dall' Ufficio Genio Civile sono state eseguite N° 23 perforazioni con impiego di martello a fondo foro realizzando elementi drenanti diametro  $\emptyset = 125$  mm in corpo diga e diametro  $\emptyset = 215$  mm in fondazione.

In corrispondenza dei giunti della soglia sfiorante sono stati eseguiti N° 2 dreni diametro  $\emptyset = 215$  mm in fondazione operando con attrezzatura leggera direttamente da cunicolo.

Le perforazioni in fondazione sono state spinte all' interno della roccia di base per ottemperare alla richiesta pervenuta dal Servizio Dighe, tramite l' Ufficio Impianti Elettrici, in concomitanza con l' inizio delle operazioni.

Su N° 4 postazioni, prima di procedere all' impianto del drenaggio con i diametri di normativa sopra indicati, è stato eseguito un carotaggio continuo per il prelievo di campioni di calcestruzzo e roccia da sottoporre ad esami fisici e meccanici in laboratorio.

I campioni, diametro  $\emptyset = 72$  mm. prelevati con l' impiego di doppio carotiere e corona diamantata, sono a disposizione del Laboratorio Chimico Centrale che sta procedendo all' esecuzione delle prove come da programma predisposto dall' Ufficio Genio Civile.

Dato il tipo di diga, a sfioratore centrale con manufatto di sovrappasso solo pedonabile, per la maggior parte delle perforazioni ( 17 su 21 ) si è dovuta impiegare un' attrezzatura costituita dalla solo testa di perforazione, montata su carrello leggero, azionata da collegamenti volanti con i

circuiti idraulici dell' unità di perforazione principale collocata in spalla destra prima del manufatto di coronamento.

Questo fatto, pur previsto, ha determinato un rallentamento della produzione in perforazione soprattutto nelle operazioni di carotaggio.

I drenaggi eseguiti dal coronamento in corrispondenza della soglia sfiorante sono stati successivamente chiusi e sigillati per un tratto di due metri nella parte sommitale.

Per l'ecuzione dei drenaggi di sottopressione A e B, spalla sinistra, è stata eseguita la perforazione del giunto dal coronamento al cunicolo, richiusa in corrispondenza del drenaggio A mentre è stata lasciata aperta quella in corrispondenza del drenaggio B per la presenza di una consistente venuta d' acqua.

Lo schema dei nuovi drenaggi realizzati è riportato nella sezione allegata dove sono pure indicati: il contatto roccia calcestruzzo, i carotaggi eseguiti ed i punti delle venute d' acqua concentrate.

## ELEMENTI SIGNIFICATIVI EMERSI NEL CORSO DELLE PERFORAZIONI.

### CAROTAGGI.

Il materiale recuperato, di cui si allega la documentazione fotografica, è descritto nelle stratigrafie di seguito riportate.

Nei carotaggi si è sempre ottenuto il recupero totale senza riscontrare vuoti tranne nel dreno N° 8 in corrispondenza del contatto roccia calcestruzzo.

Immediatamente sotto il calcestruzzo di fondazione, alcuni decimetri di materiale, sfatto e terroso, sono sfuggiti al campionamento rifluendo completamente dal carotiere.

### PERFORAZIONI A DISTRUZIONE.

Le perforazioni eseguite con martello a fondo foro pur non permettendo una valutazione diretta, anche se visiva, del materiale hanno comunque fornito alcune indicazioni che sembra utile riportare:

-in nessun caso nei fori eseguiti si sono riscontrati cavità o vuoti tali da provocare l' incaglio dell' atrezzo di perforazione

-solo sporadicamente locali tratte disgregate e con presenza

di ritenute d' acqua hanno reso necessario aiutare la stabilità del foro e l' avanzamento con l' impiego di schiuma.

-il contatto roccia calcestruzzo è sempre stato netto e continuo, ben rilevabile dal comportamento dell' atrezzo di perforazione.

#### VENUTE D' ACQUA.

Le venute d'acqua in corpo diga si manifestano sotto forma di stillicidi lungo la maggior parte delle canne drenanti e di trabocchi dai fori di sottopressione.

Il drenaggio N° 7 ha manifestato alla sua apertura una copiosa venuta d' acqua intorno alla quota -15.5 m dal coronamento, apporti non della medesima entità, ma comunque rilevanti si sono avuti anche in corrispondenza della canna N° 8 sempre alla medesima quota.

Allo scopo di delimitare la zona interessata dalle percolazioni è stato forato e lasciato aperto il giunto B lungo cui si è manifestata una nuova più modesta via d' acqua.

Successivamente, circa tre settimane dopo il termine delle perforazioni, per permettere una stabilizzazione dei regimi idrici, sono state effettuate misure di portata su 6 fori di sottopressione ed in corrispondenza delle canne drenanti in corpo diga dove si erano riscontrate le maggiori venute d' acqua

Le portate dei dreni di sottopressione sono risultate comprese tra 0.007 litri/min' dreno N° 2, e 0.044 litri/min' dreno N° 18.

Dalle canne drenanti in corpo diga si sono misurate le seguenti portate:

-Dreno N° 7 portata 0.67 l/sec

-Dreno N° 8 portata 0.033 l/sec

-Giunto B (dal corpo diga) portata 0.0095 l/sec

Le portate sopra indicate sono da ritenere indicative, in quanto determinate da una sola misura, e non vogliono costituire una valutazione dei regimi di percolazione della diga, ma solo contribuire ad una più facile lettura dell' indagine svolta.

#### CONCLUSIONI.

Basandosi sulle risultanze acquisite in situ, e senza voler entrare in analisi non di competenza, per cui sono in corso prove ed esami, può essere evidenziato che:

- infiltrazioni e percolazioni in corpo diga, prescindendo dagli stillicidi, sono concentrate in una zona limitata compresa tra i drenaggi N° 6 e N° 10 ed intorno ad una quota di 15 - 16 m dal coronamento.
- i dreni di sottoppressione, pur tenendo conto del carico idrostatico ridotto, hanno portate limitate, le perdite sono per trabocco lento dal foro senza regimi turbolenti.
- il contatto roccia fondazione è, di norma chiuso e ben collegato, fa eccezione l'area nell'intorno dei dreni N° 8 e N° 9, dove si è svolta anche l'indagine diretta I.S.M.E.S.
- lo stato del calcestruzzo, fatti salve i necessari esami e prove in corso, si presenta ad un esame visivo, generalmente in buono stato, tenuto conto anche dell'età dell'opera, e con le eccezioni rilevate nelle stratigrafie in particolare in corrispondenza dei carotaggi N° 8 e N°9.

Franco Rovaris  
**ORDINE NAZIONALE DEI GEOLOGI**

Dott. Francesco Rovaris - Aranchini

Iscritto all'Albo col N. 2019

*Franco Rovaris*



METODO DI PERFORAZIONE CAROTAGGIO CONTINUO

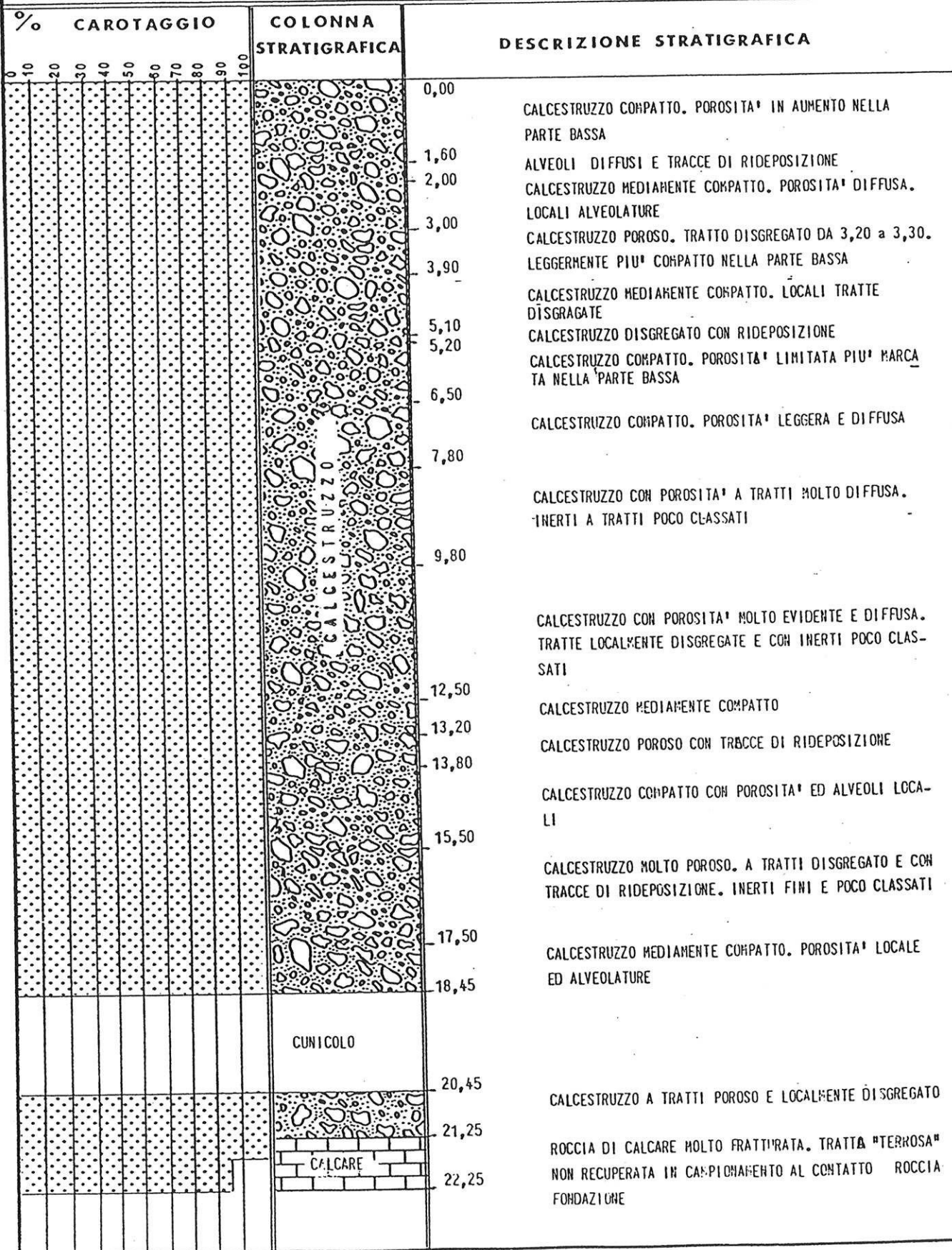
TIPO DI CORONA DIAMANTATA

ATTREZZI DI PERFORAZIONE CAROTIERE DOPPIO T2 -  $\phi$  86

$\phi$  CAROTA mm 72

FLUIDO DI PERFORAZIONE ACQUA

DATA: inizio 07.04.89 ultimaz. 11.04.89



METODO DI PERFORAZIONE CAROTAGGIO CONTINUO

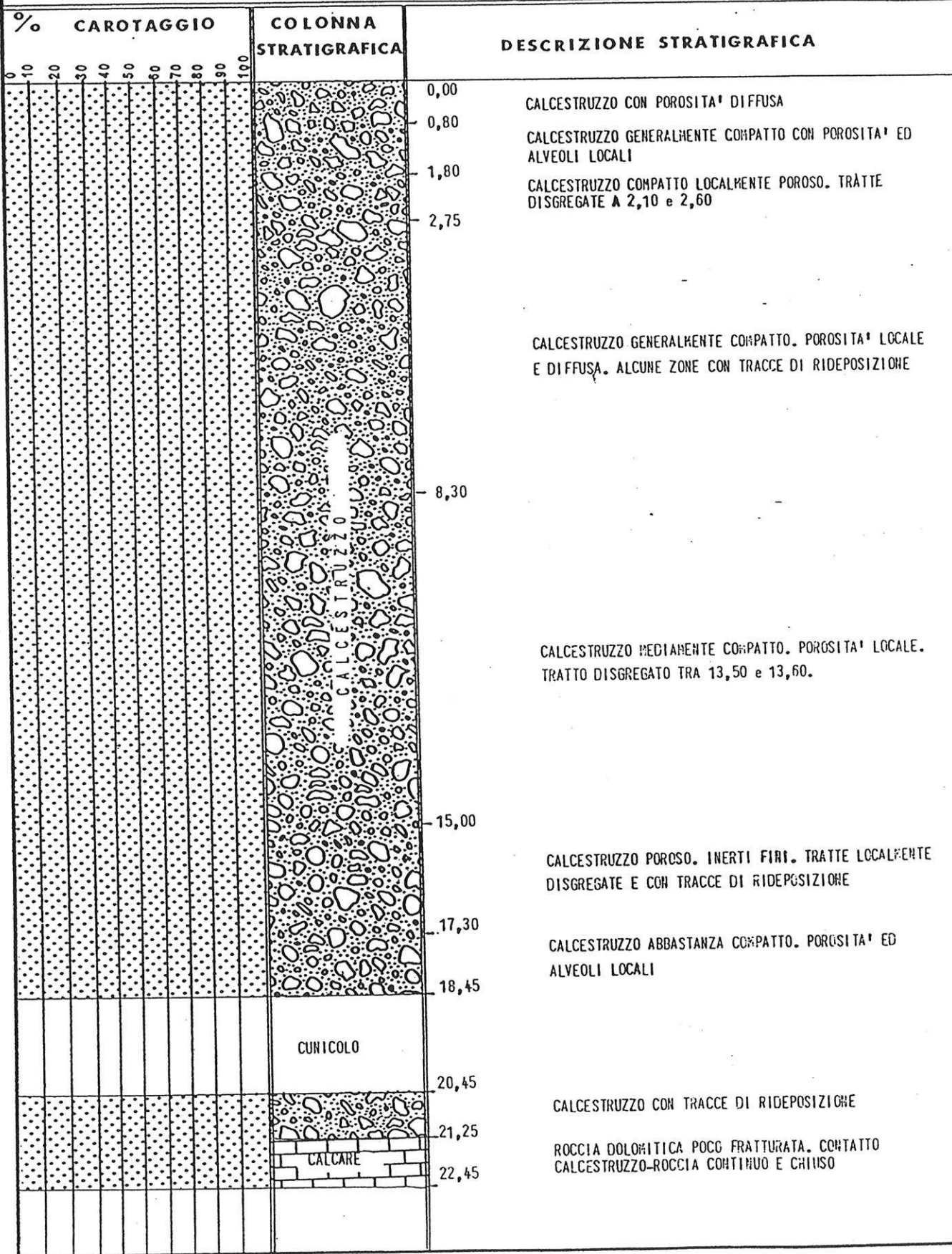
TIPO DI CORONA DIAMANTATA

ATTREZZ. DI PERFORAZIONE CAROTIERE DOPPIO T2 -  $\phi$  86

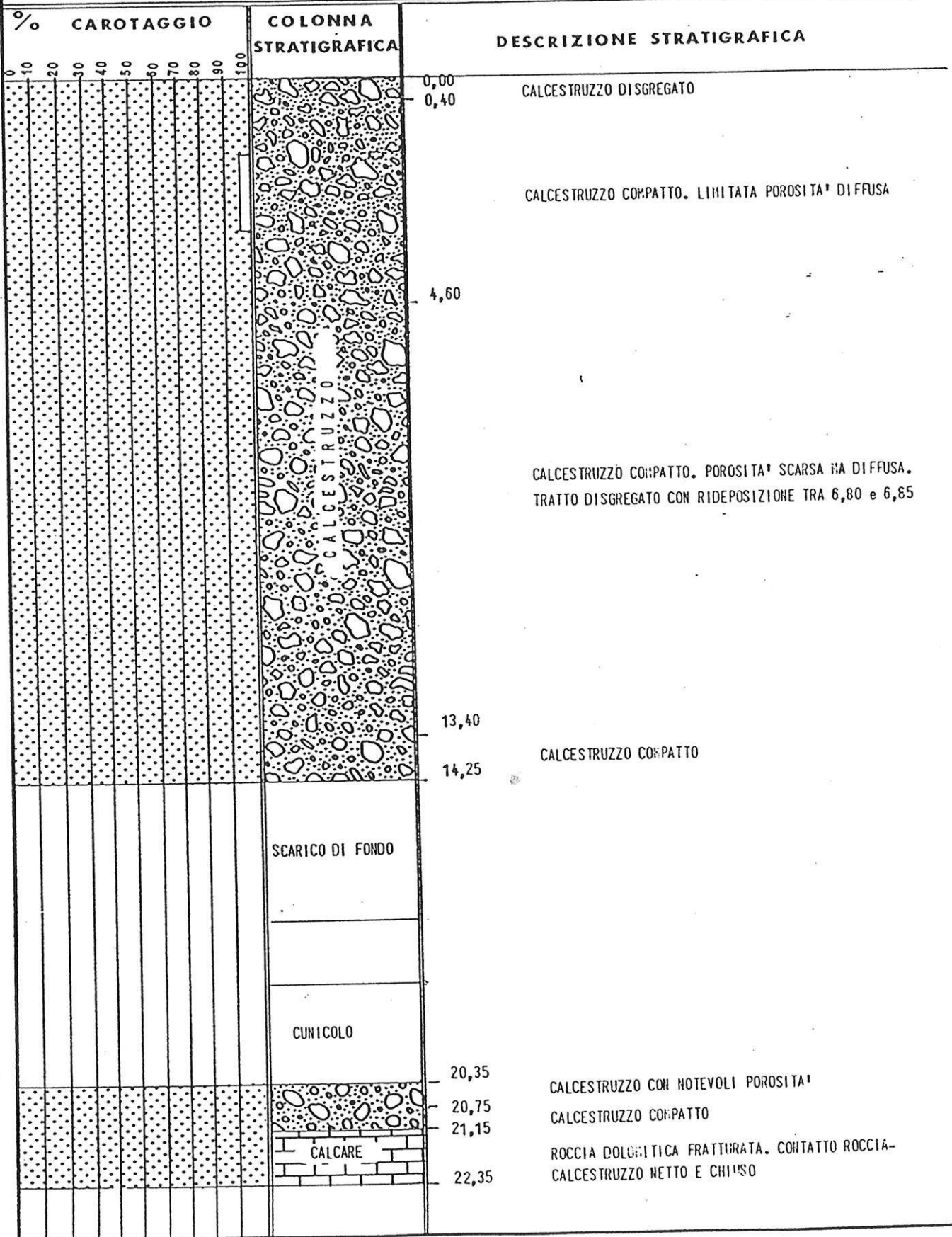
$\phi$  CAROTA mm 72

FLUIDO DI PERFORAZIONE ACQUA

DATA: inizio 28.02.89 ultimaz. 06.03.89.



METODO DI PERFORAZIONE	CAROTAGGIO CONTINUO	TIPO DI CORONA	DIAMANTATA
ATTREZZ. DI PERFORAZIONE	CAROTIERE DOPPIO T2 - $\phi$ 86	$\phi$ CAROTA mm	72
FLUIDO DI PERFORAZIONE	ACQUA	DATA, inizio	23.02.89 ultimax. 25.02.89



METODO DI PERFORAZIONE CAROTAGGIO CONTINUO

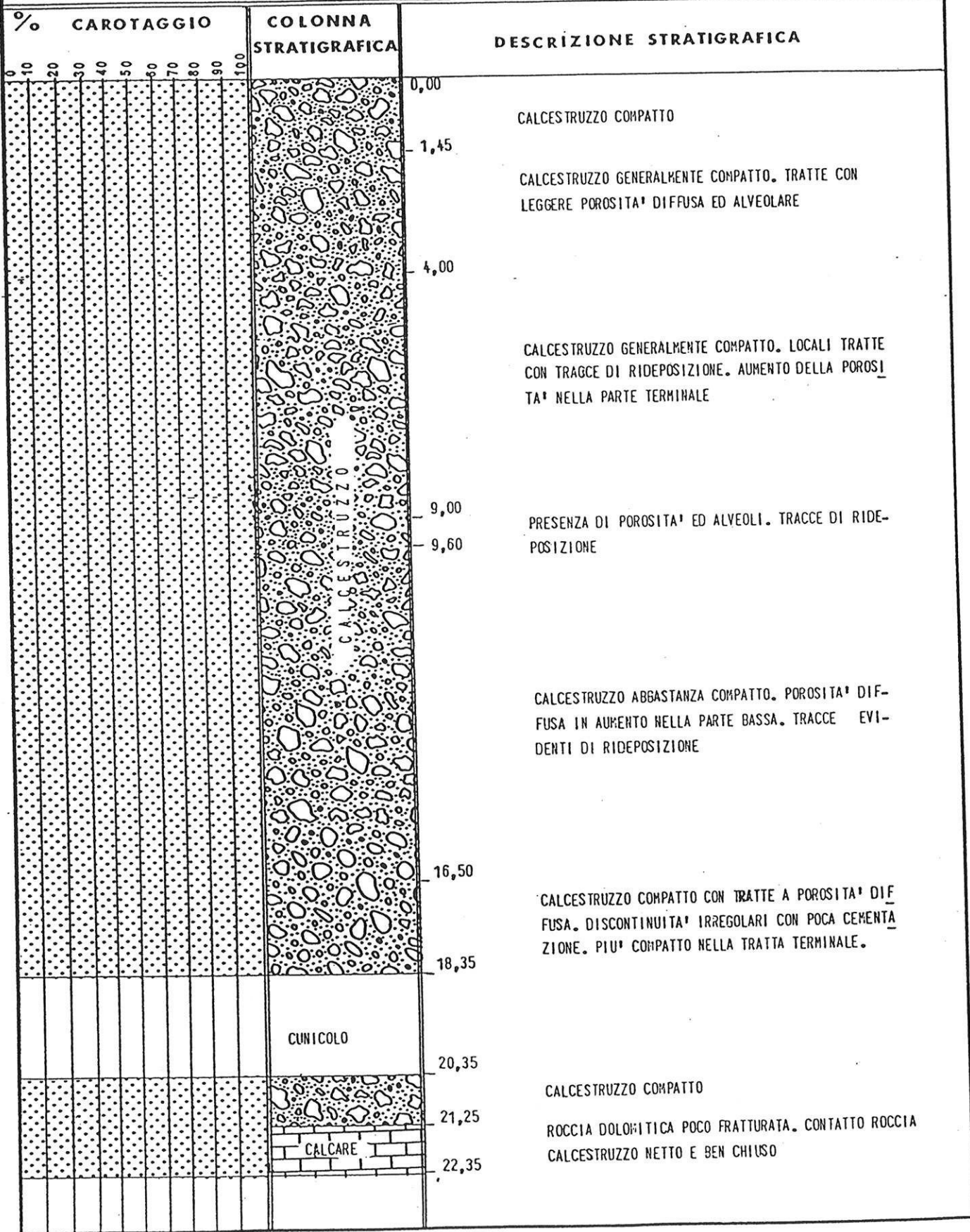
TIPO DI CORONA DIAMANTATA

ATTREZZ. DI PERFORAZIONE CAROTIERE DOPPIO T2 - Ø 86

φ CAROTA mm 72

FLUIDO DI PERFORAZIONE ACQUA

DATA: inizio 20.02.89 ultimaz. 22.02.89



METODO DI PERFORAZIONE CAROTAGGIO CONTINUO

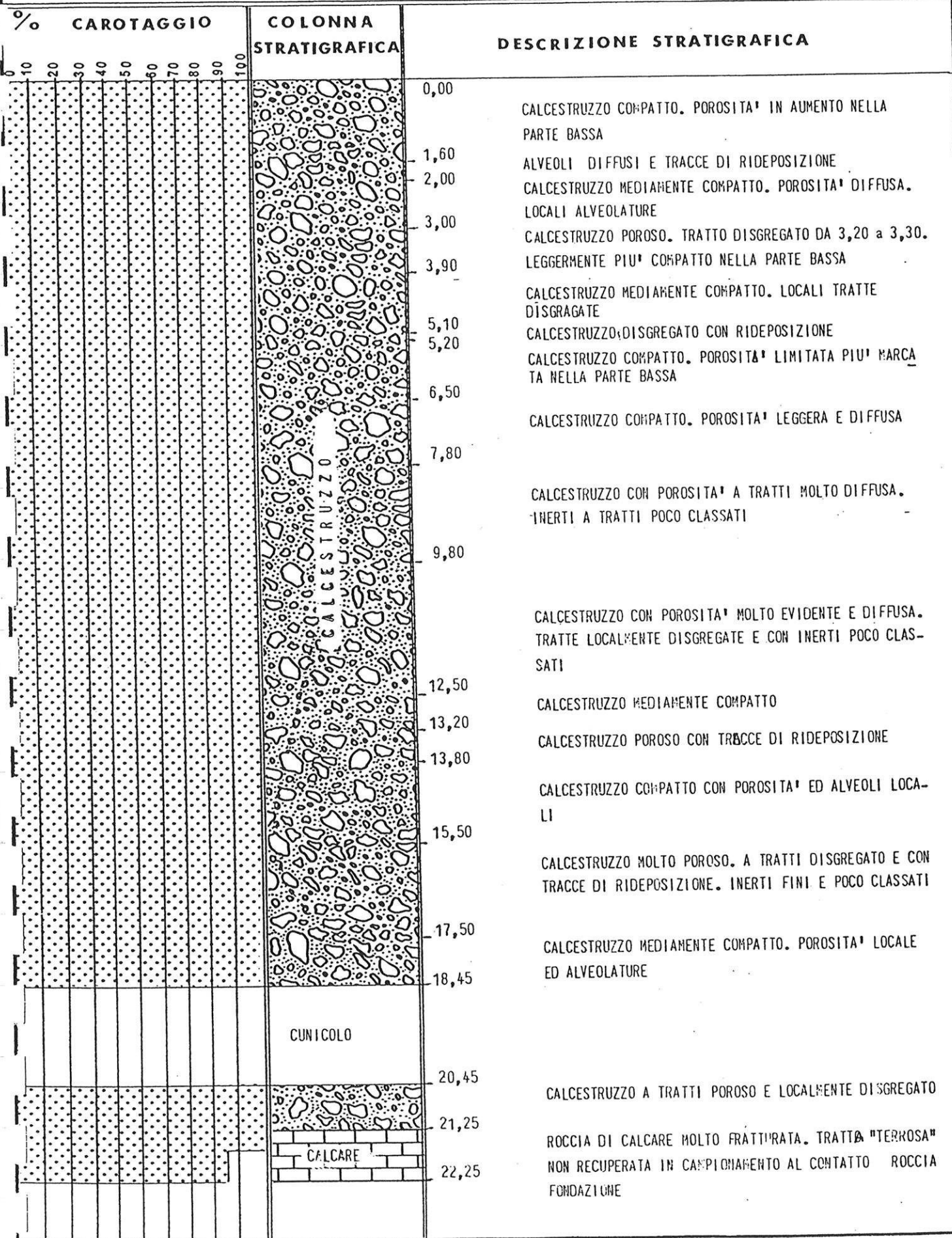
TIPO DI CORONA DIAMANTATA

ATTREZZ. DI PERFORAZIONE CAROTIERE DOPPIO T2 -  $\phi$  86

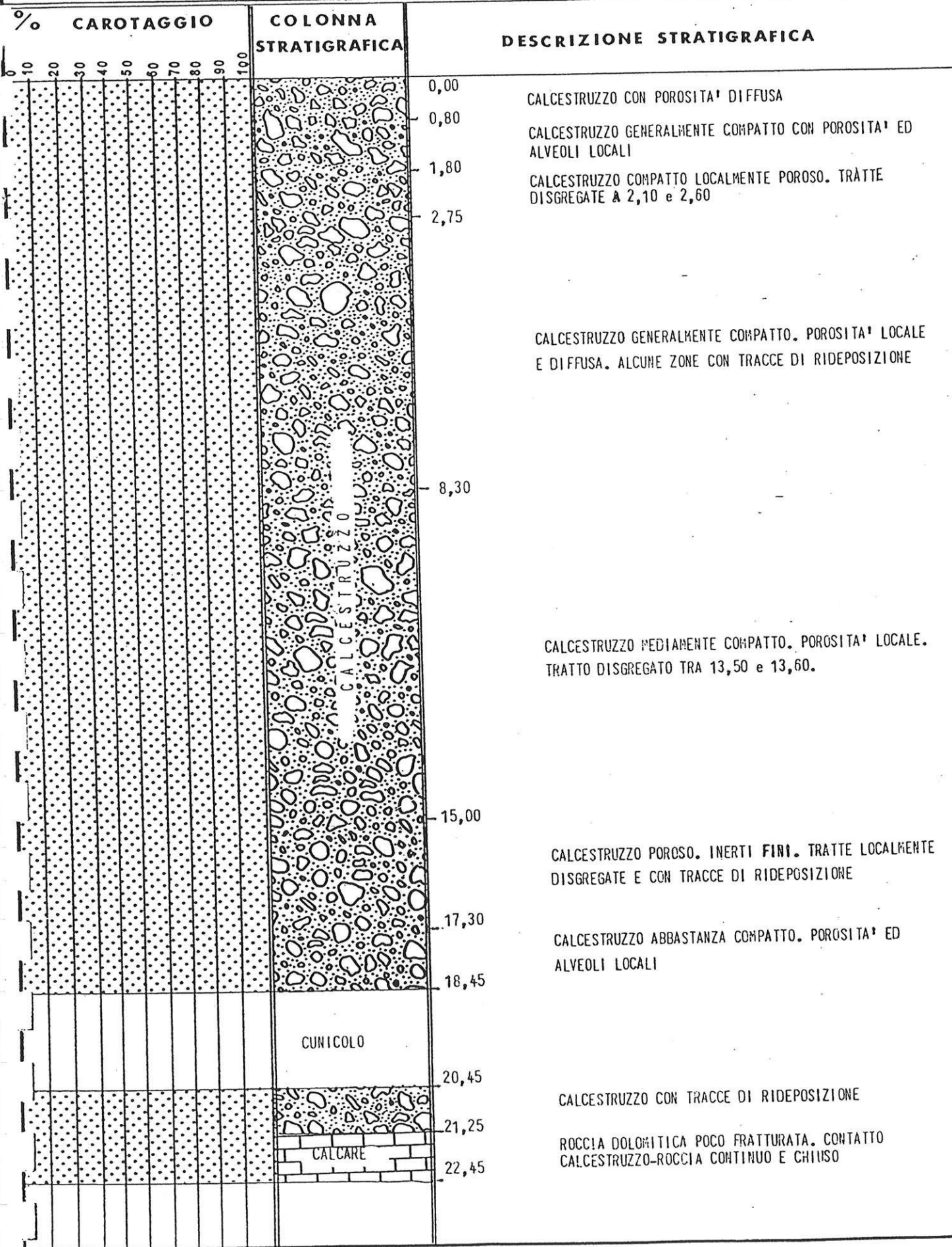
$\phi$  CAROTA mm 72

FLUIDO DI PERFORAZIONE ACQUA

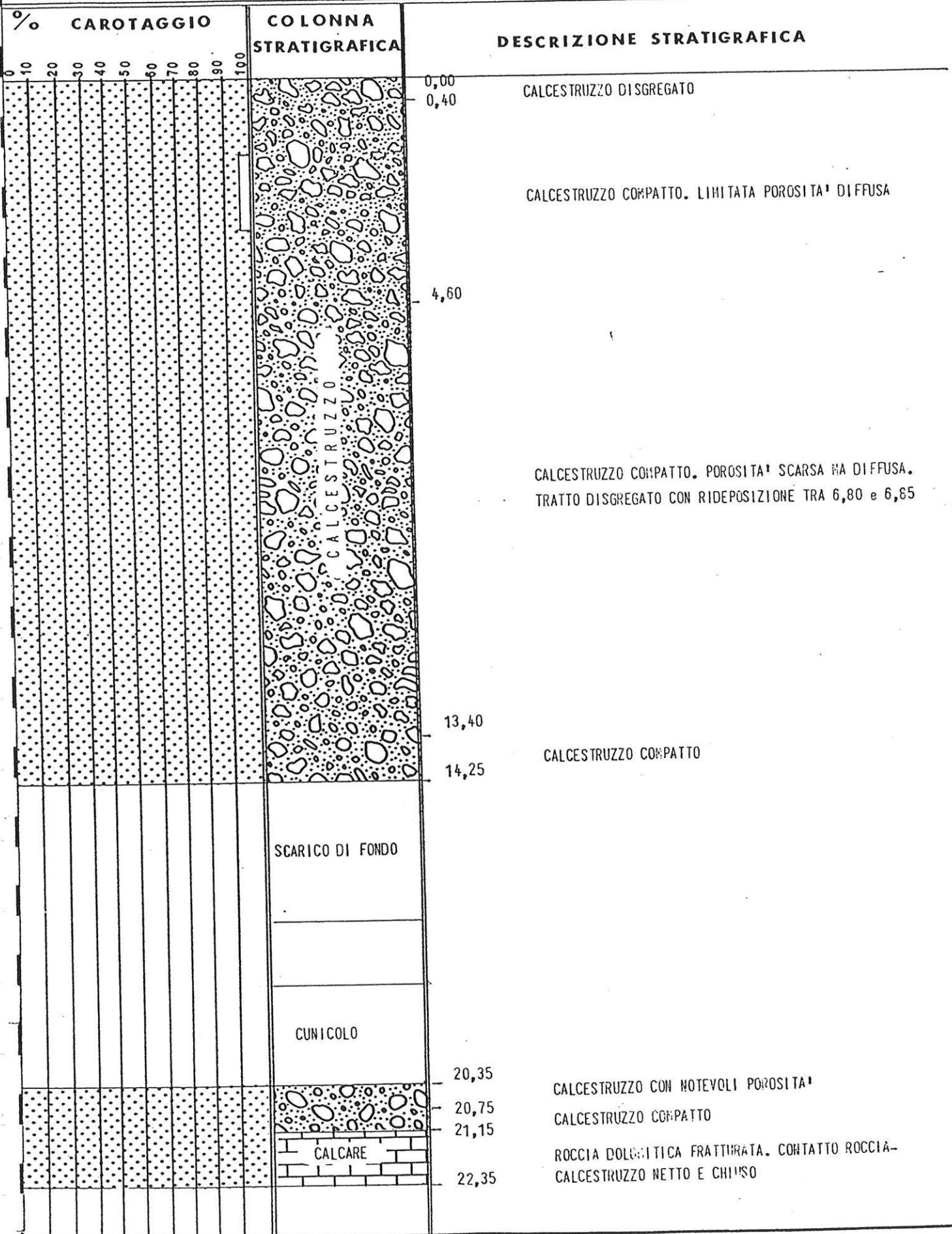
DATA: inizio 07.04.89 ultimaz. 11.04.89



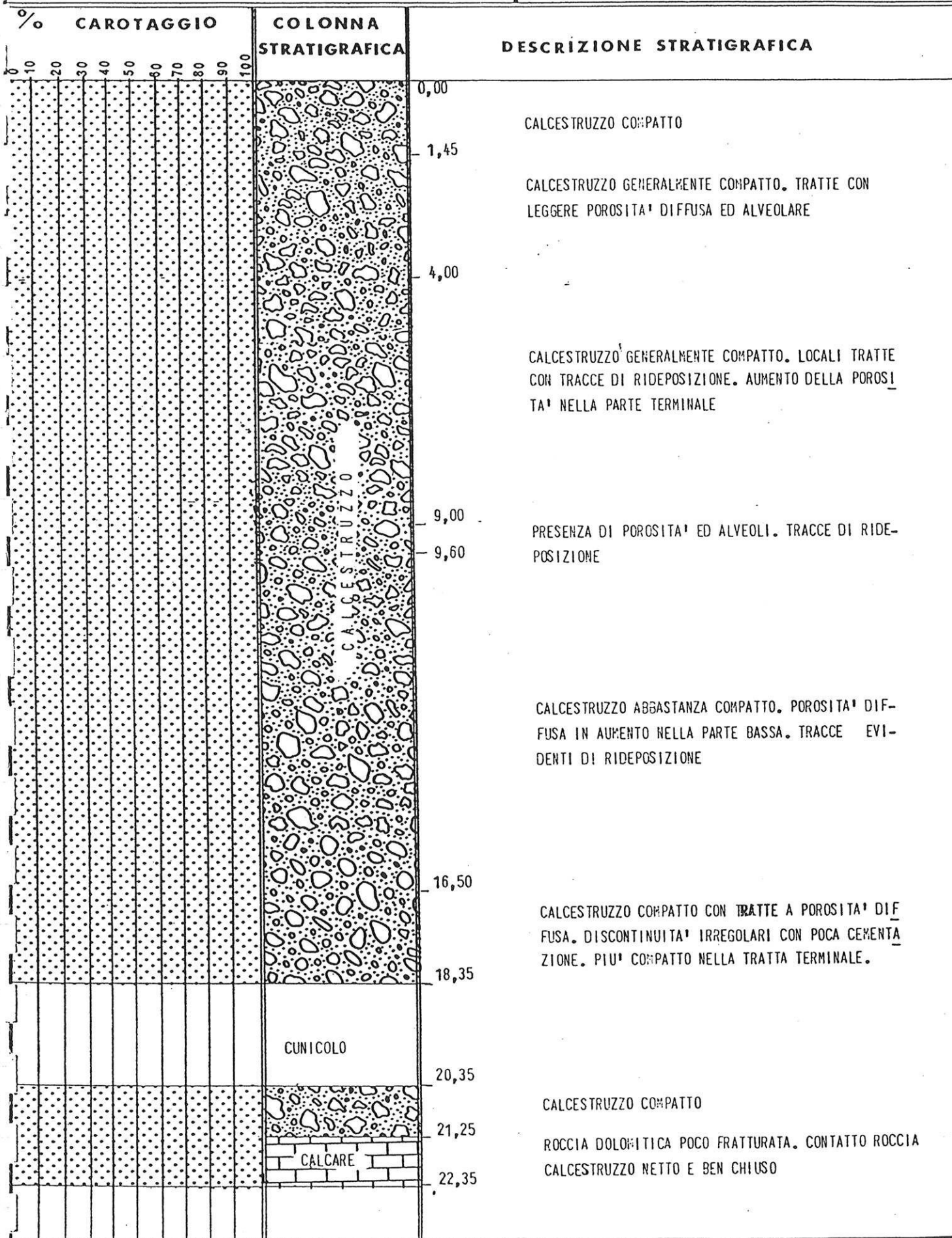
METODO DI PERFORAZIONE	CAROTAGGIO CONTINUO	TIPO DI CORONA	DIAMANTATA
ATTREZZ. DI PERFORAZIONE	CAROTIERE DOPPIO T2 - $\phi$ 86	$\phi$ CAROTA mm	72
FLUIDO DI PERFORAZIONE	ACQUA	DATA: inizio	28.02.89 ultimaz. 06.03.89



METODO DI PERFORAZIONE	CAROTAGGIO CONTINUO	TIPO DI CORONA	DIAMANTATA
ATTREZZ. DI PERFORAZIONE	CAROTIERE DOPPIO T2 - $\phi$ 86	$\phi$ CAROTA mm	72
FLUIDO DI PERFORAZIONE	ACQUA	DATA: inizio	23.02.89 ultimaz. 25.02.89

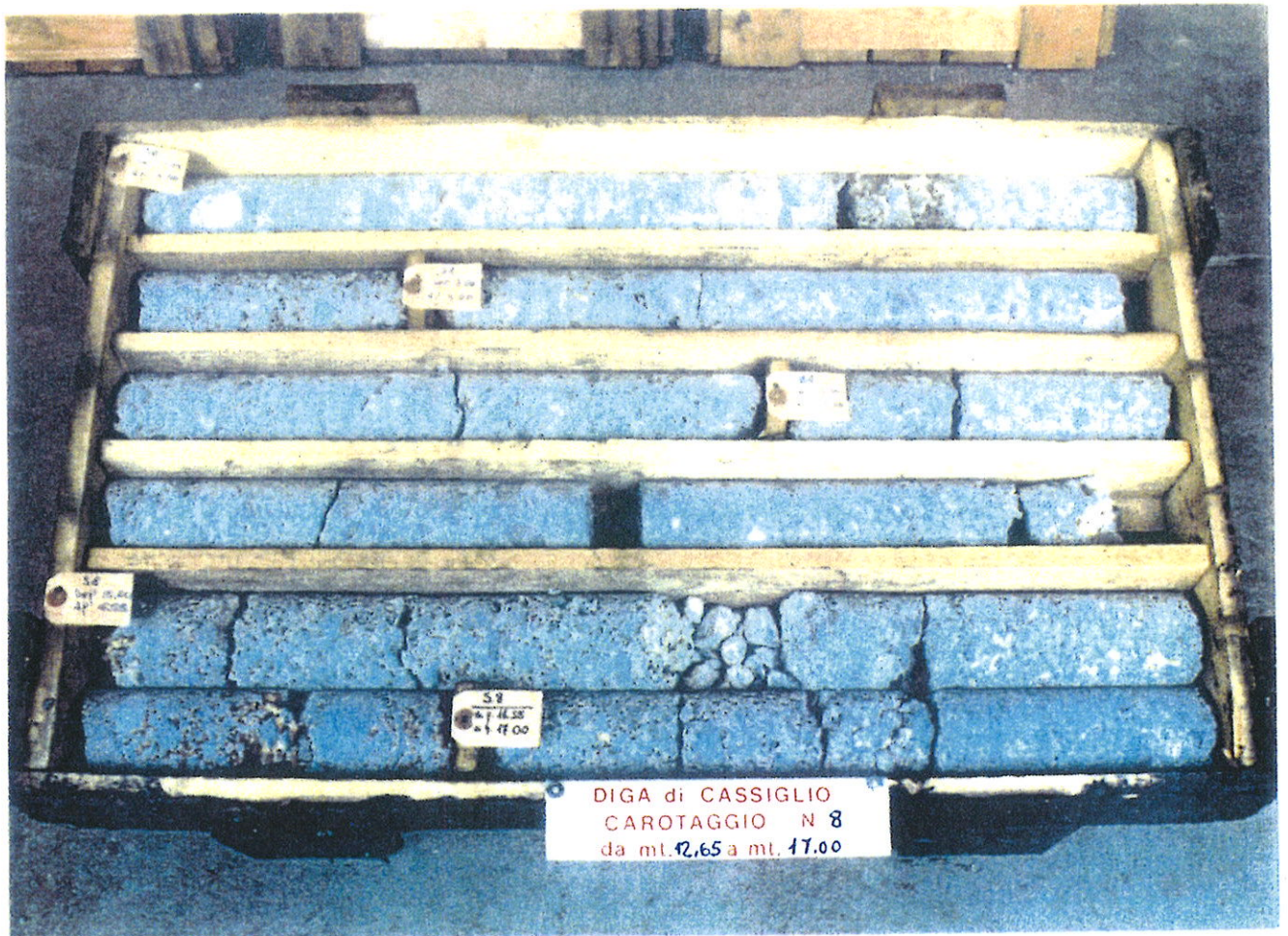
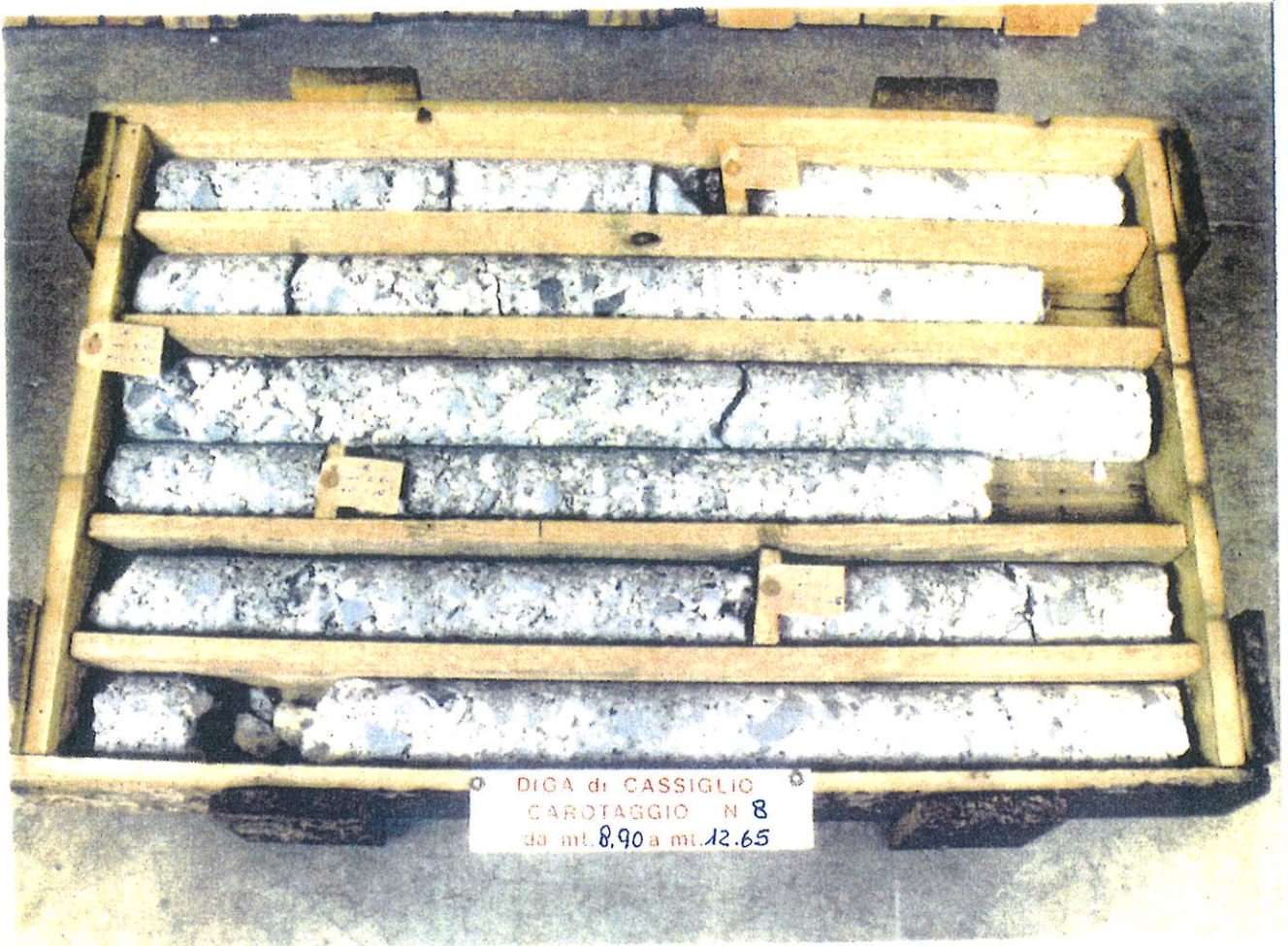


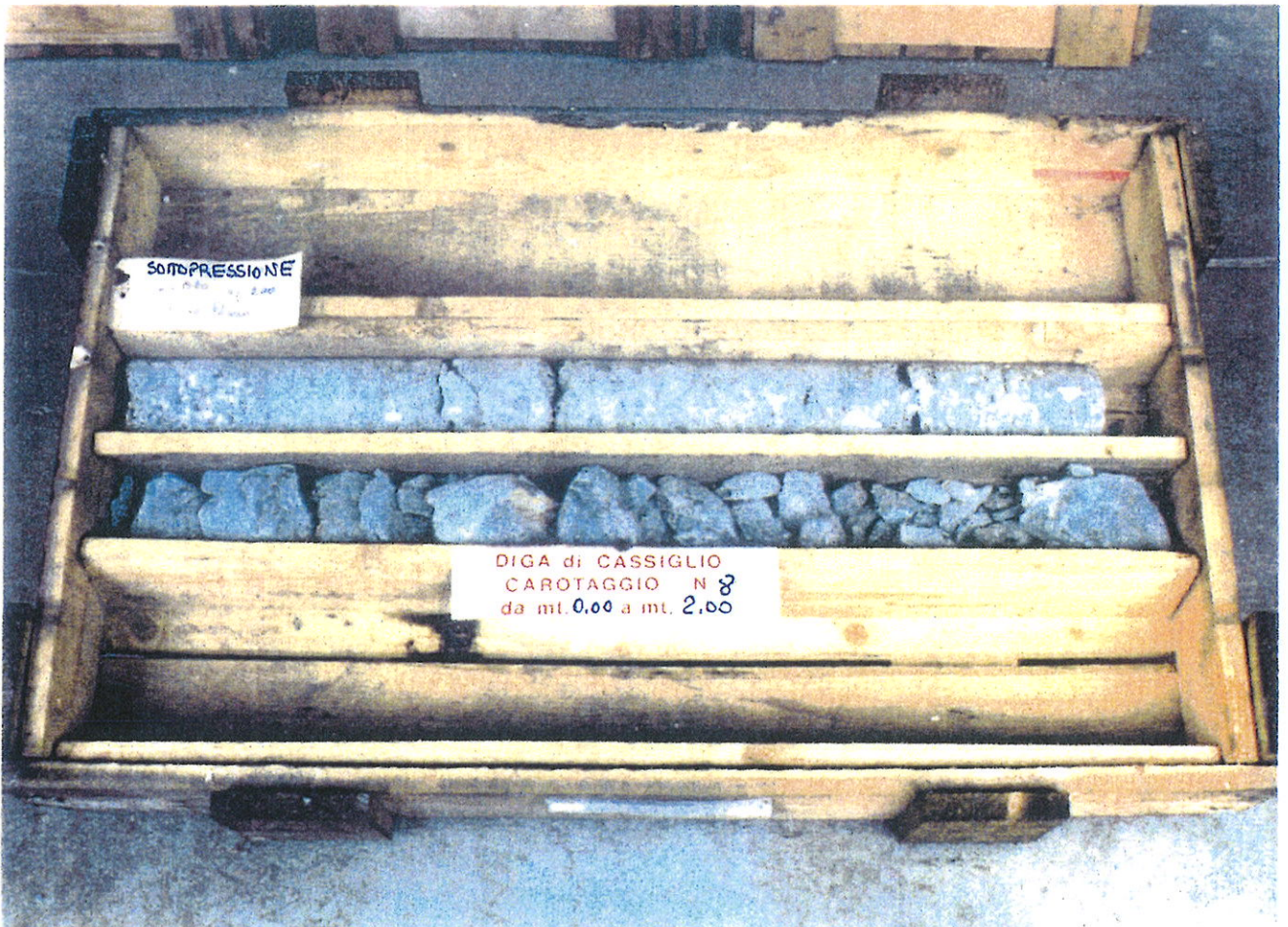
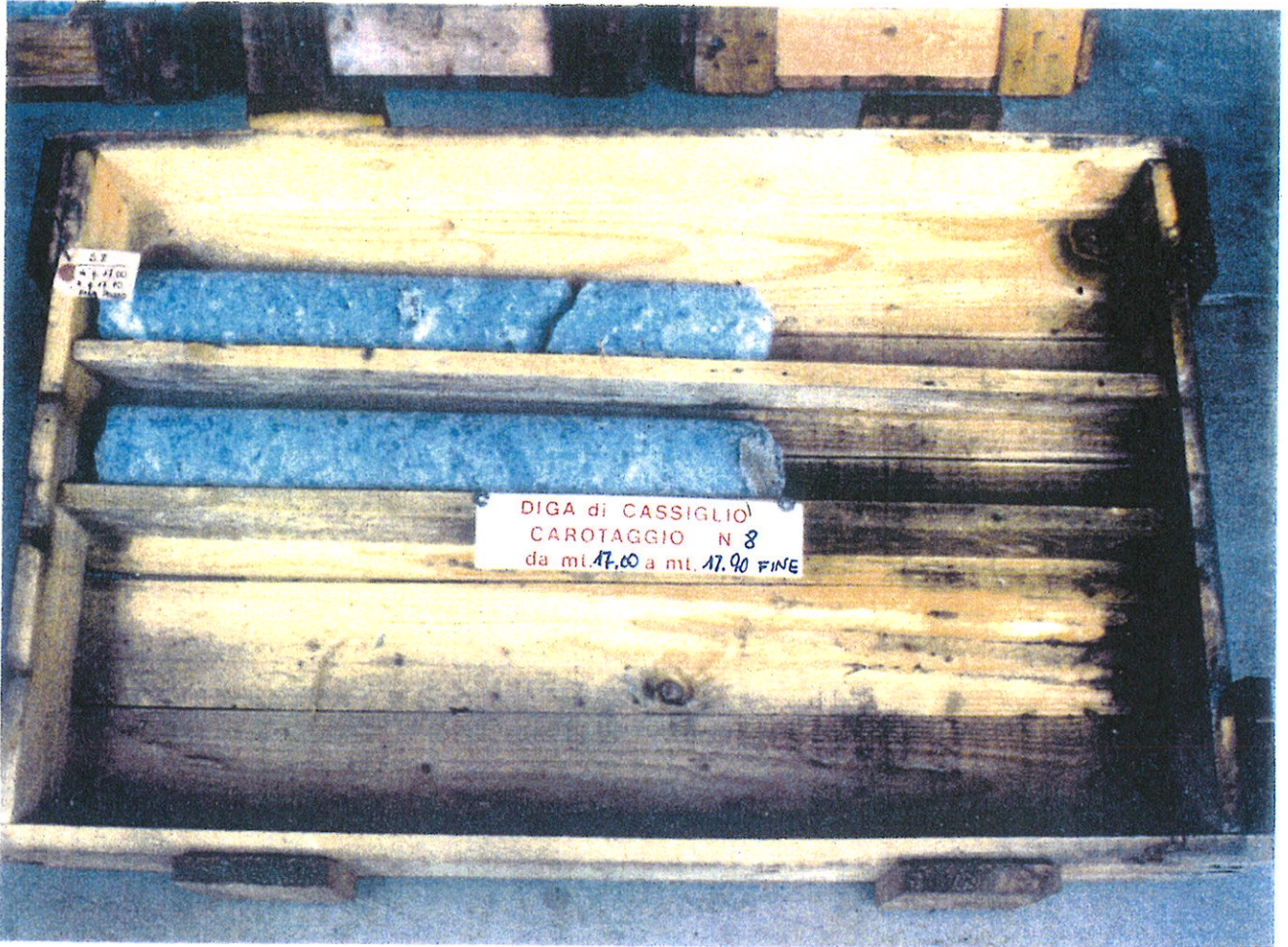
METODO DI PERFORAZIONE	CAROTAGGIO CONTINUO	TIPO DI CORONA	DIAMANTATA
ATTREZZ. DI PERFORAZIONE	CAROTIERE DOPPIO T2 - $\phi$ 86	$\phi$ CAROTA mm	72
FLUIDO DI PERFORAZIONE	ACQUA	DATA: inizio	20.02.89 ultimaz. 22.02.89

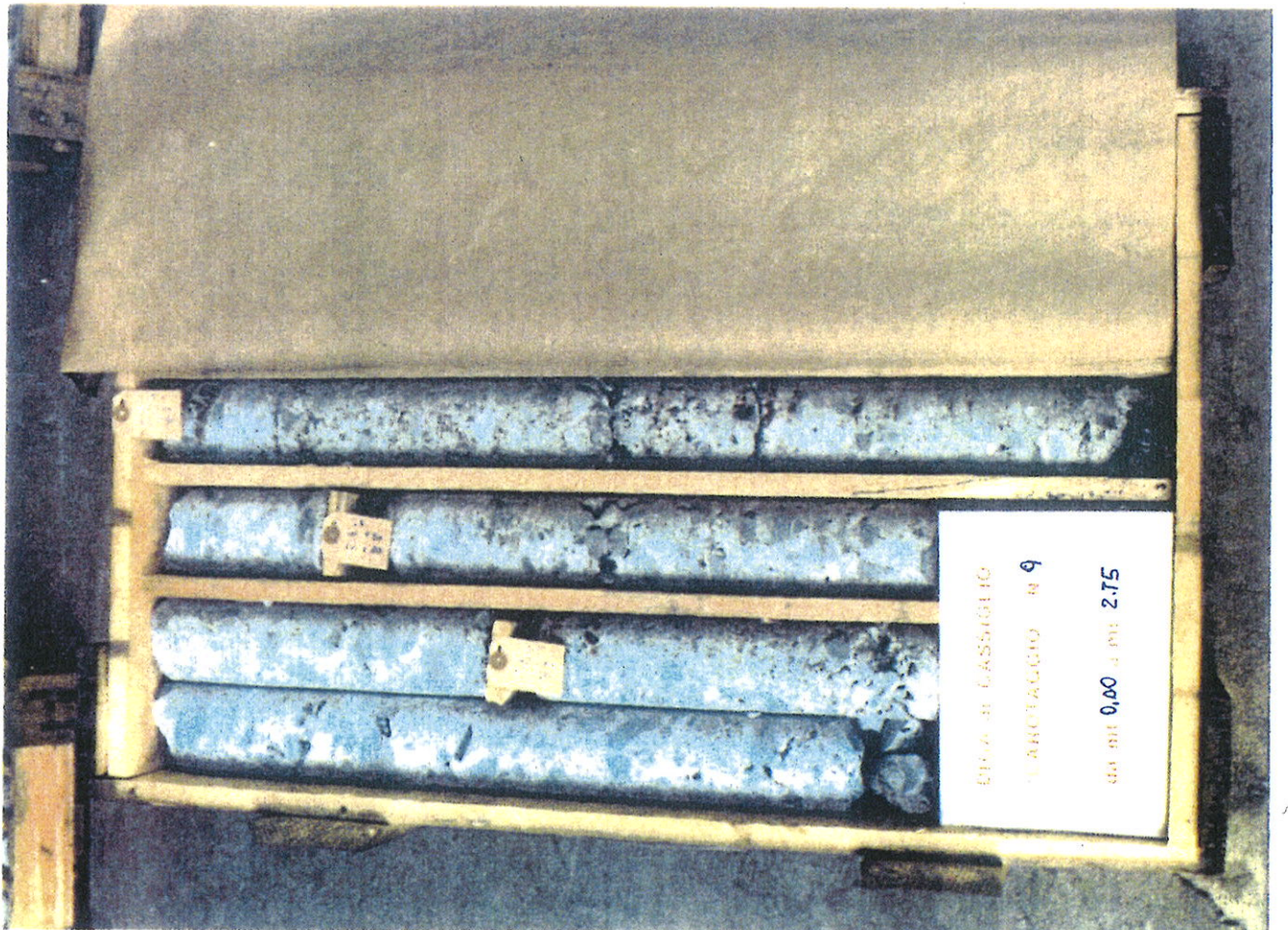


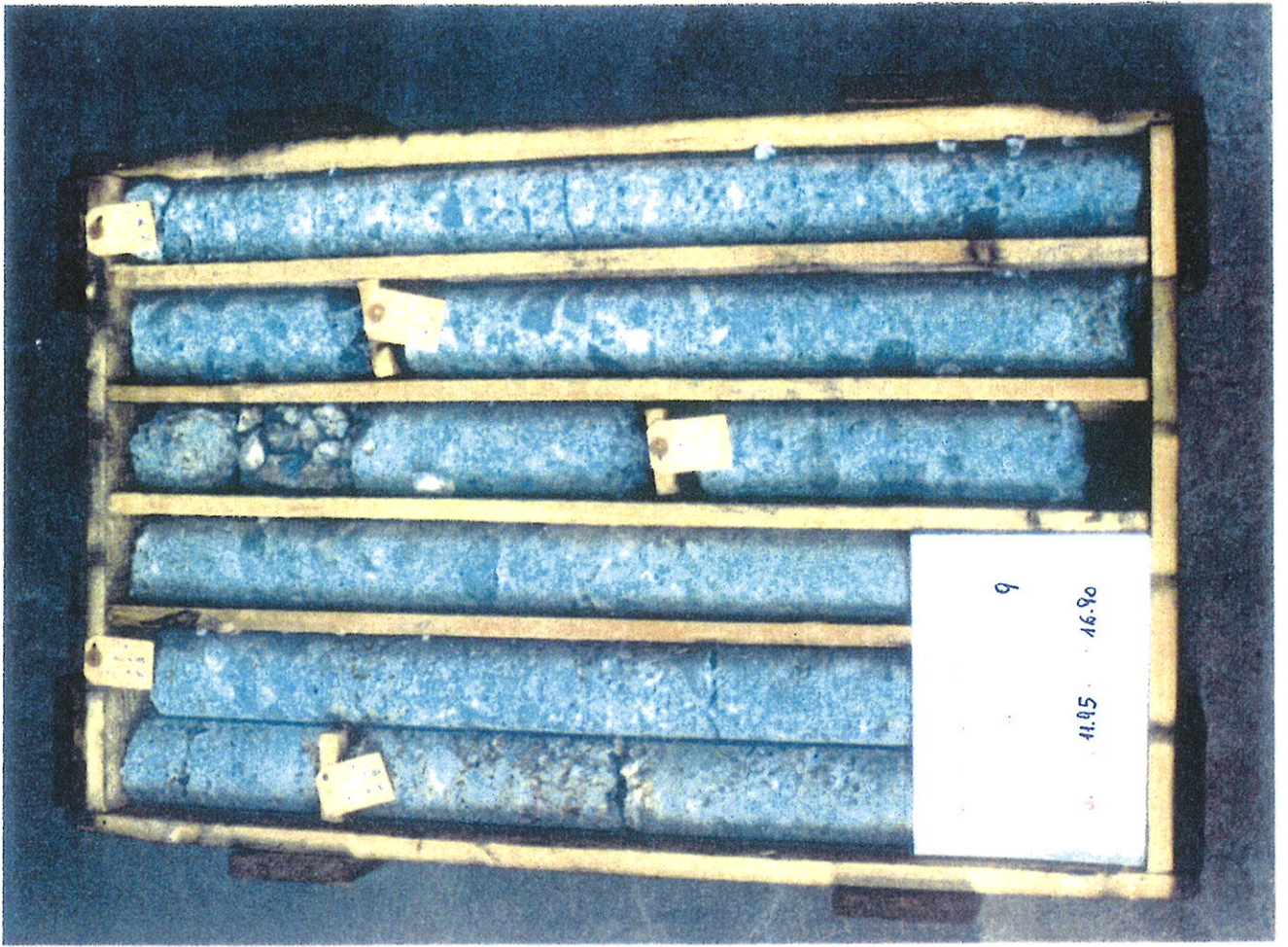




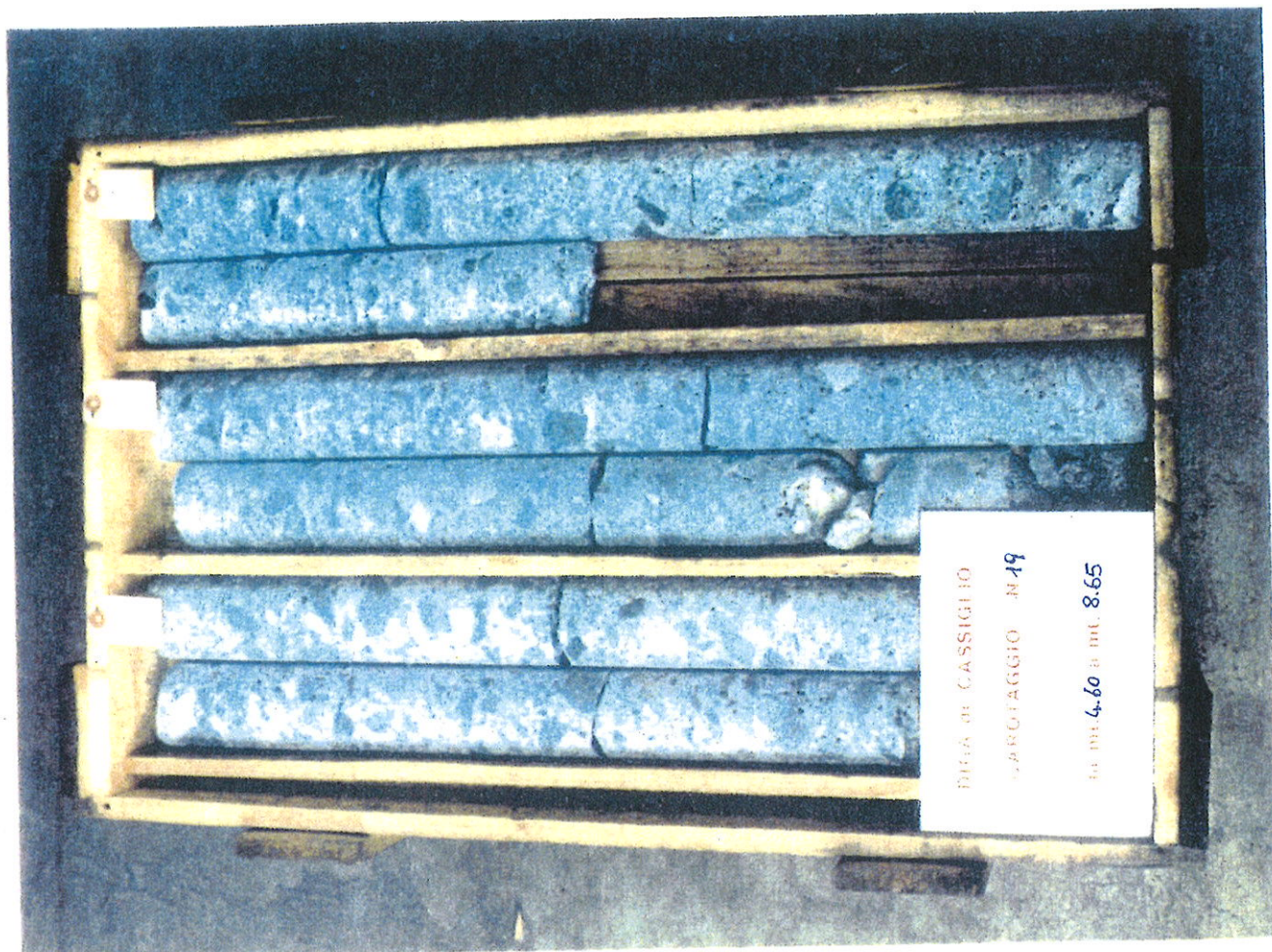


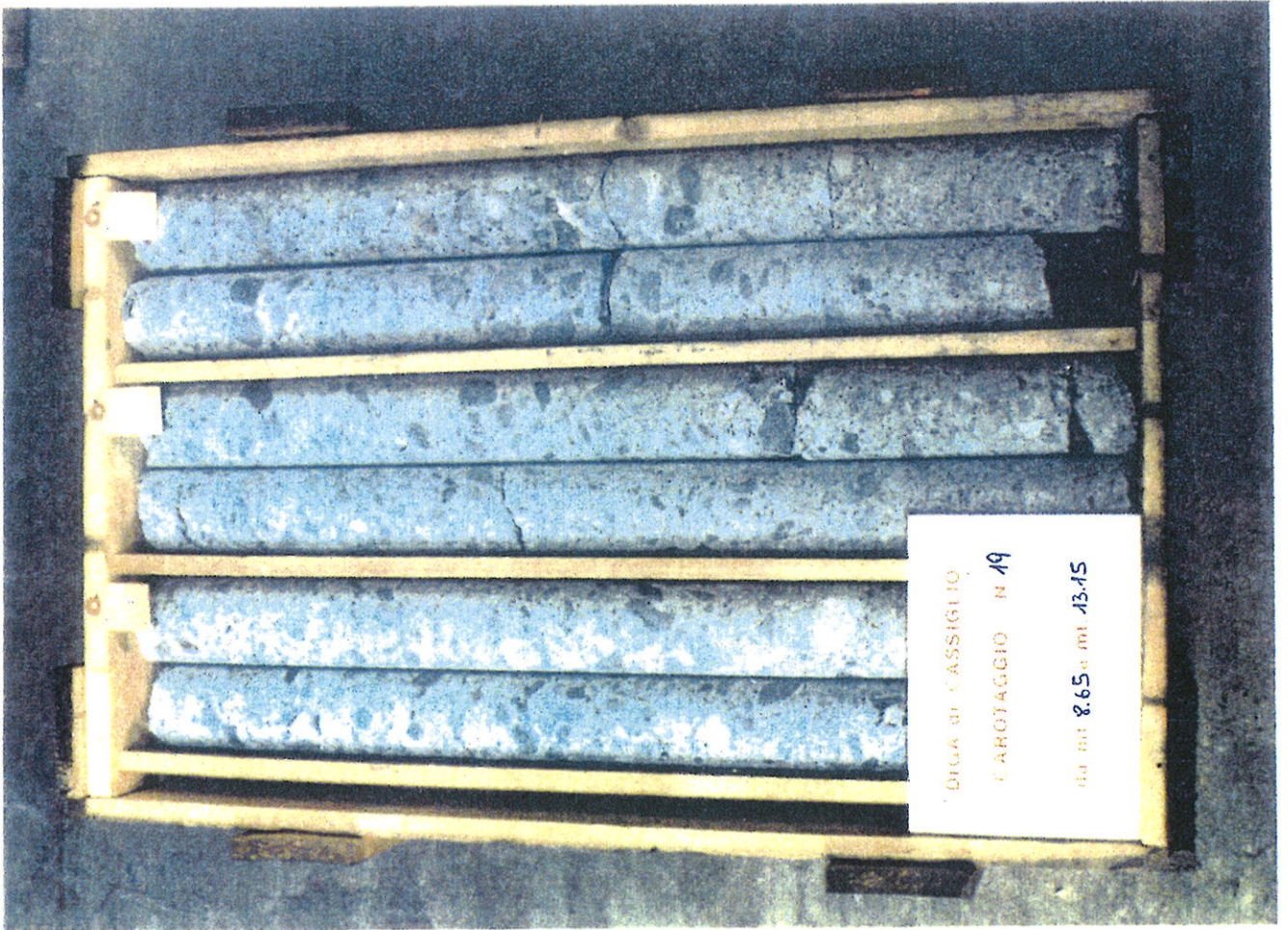
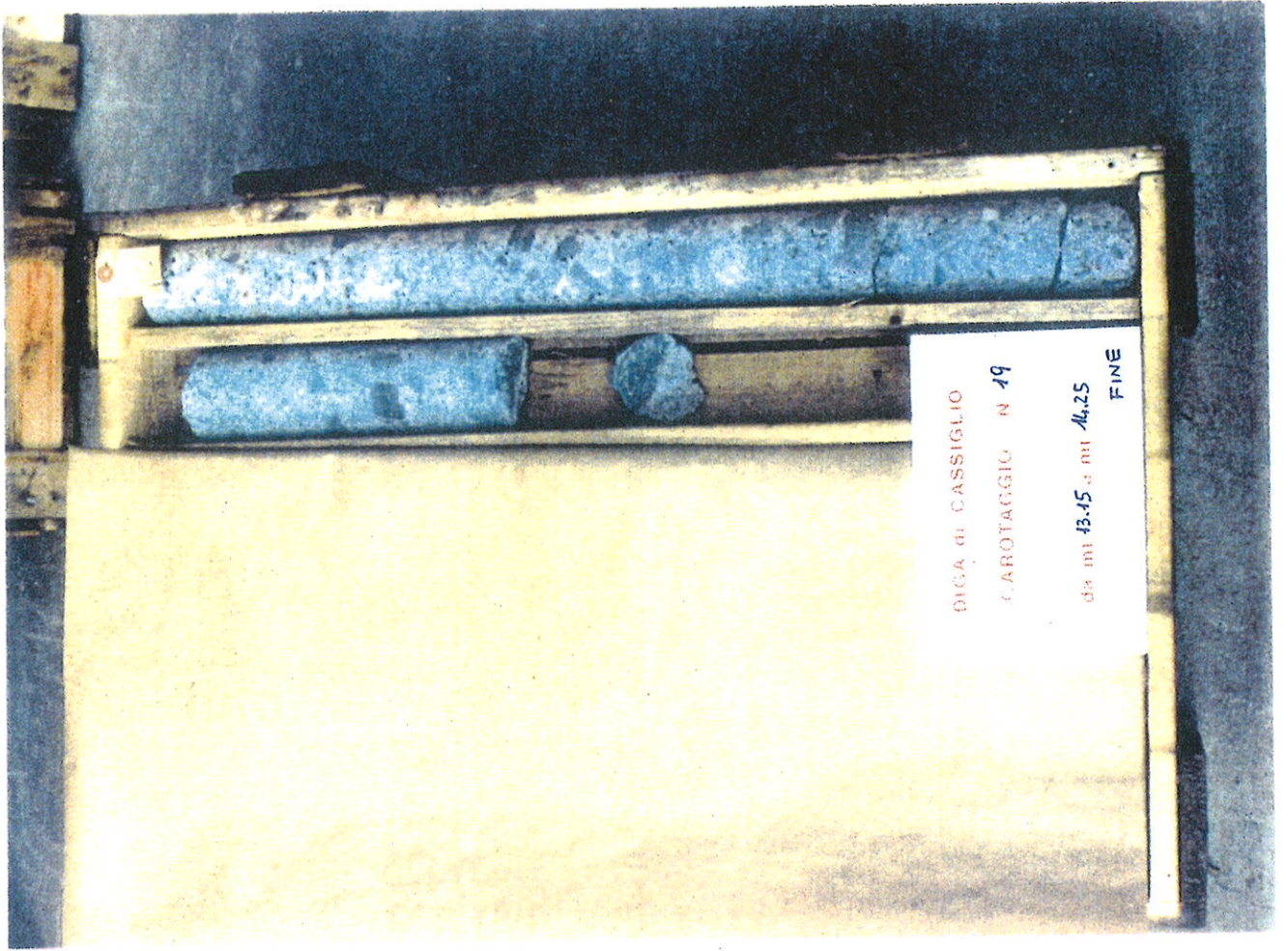




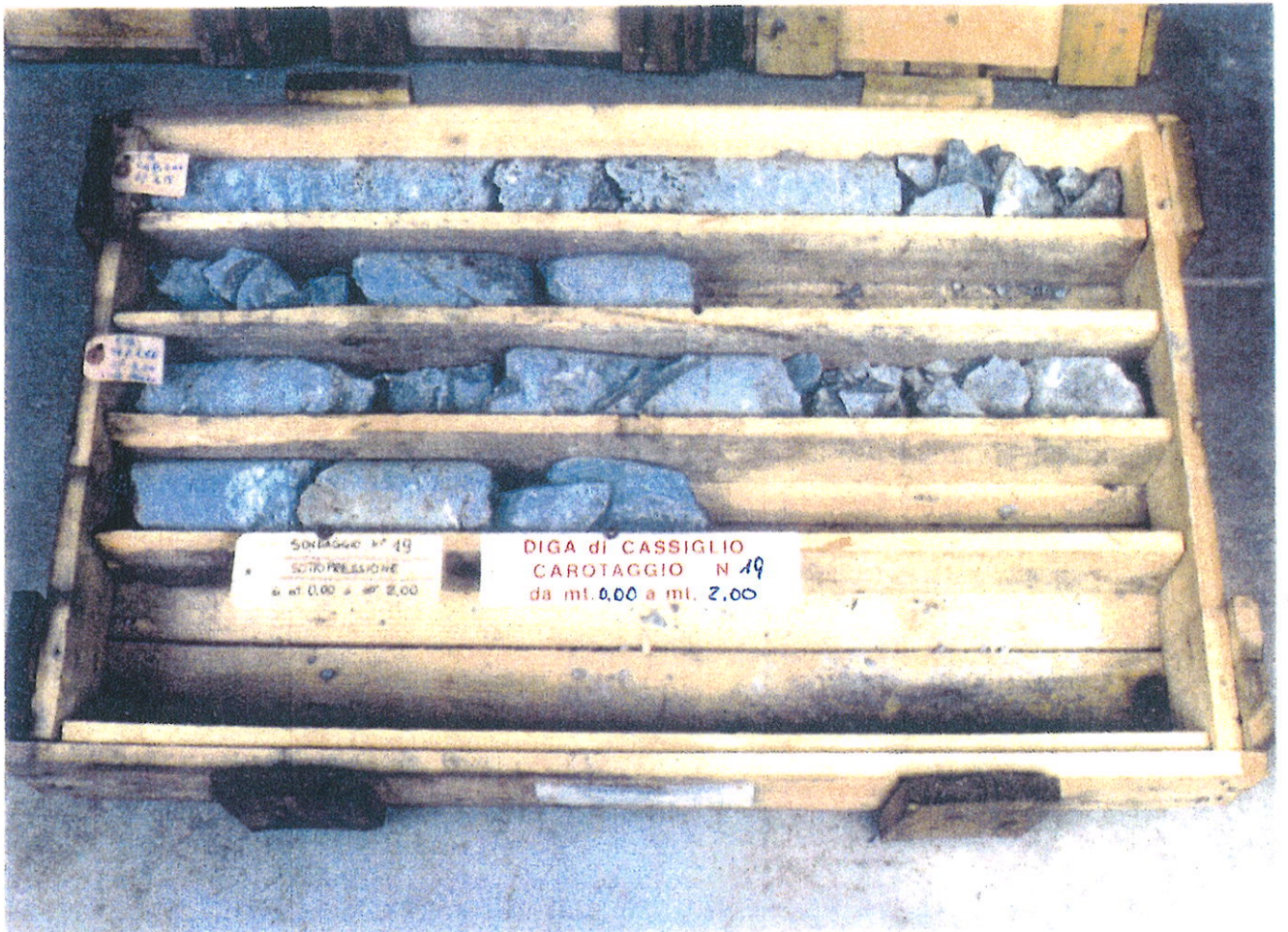






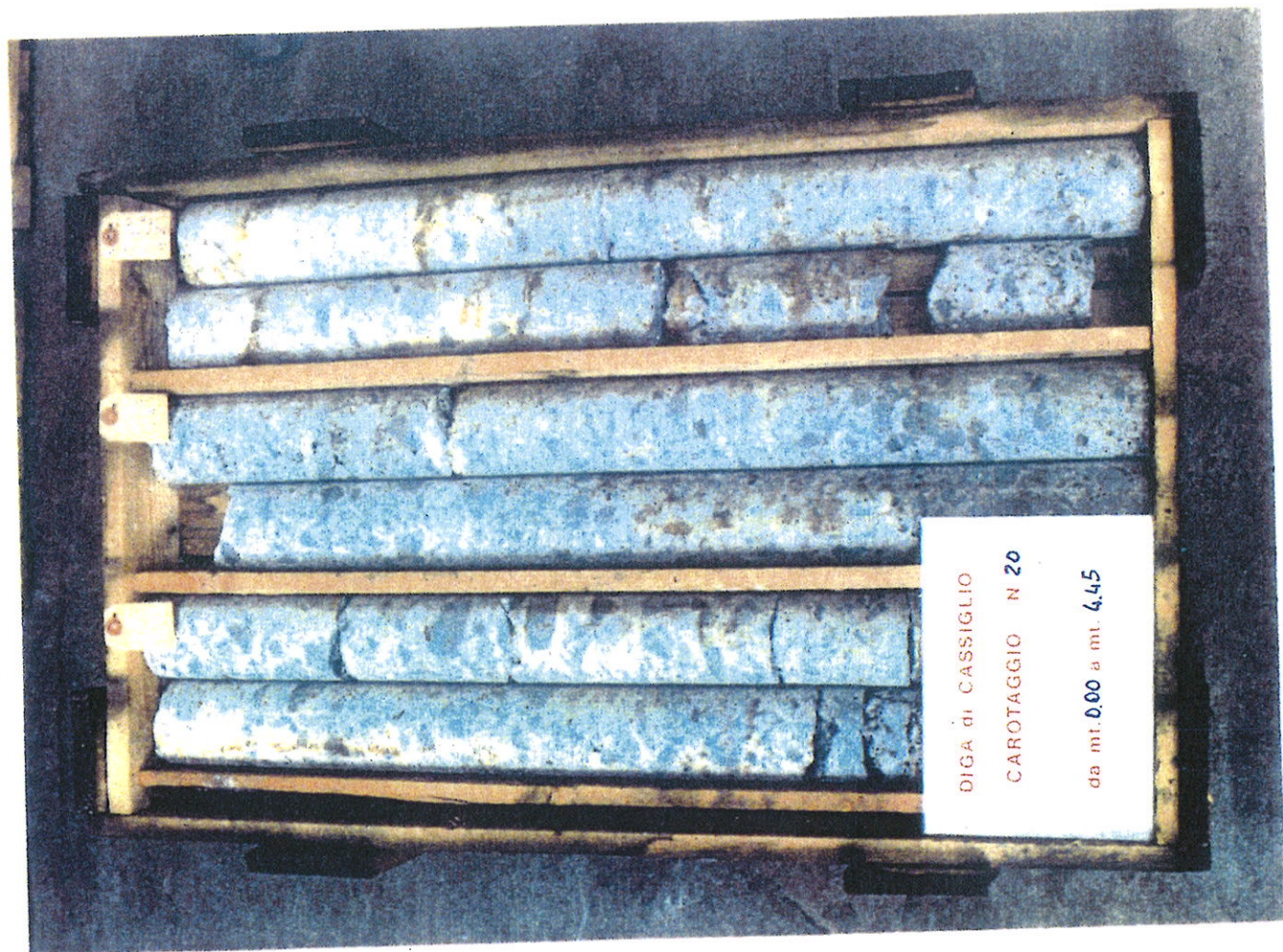
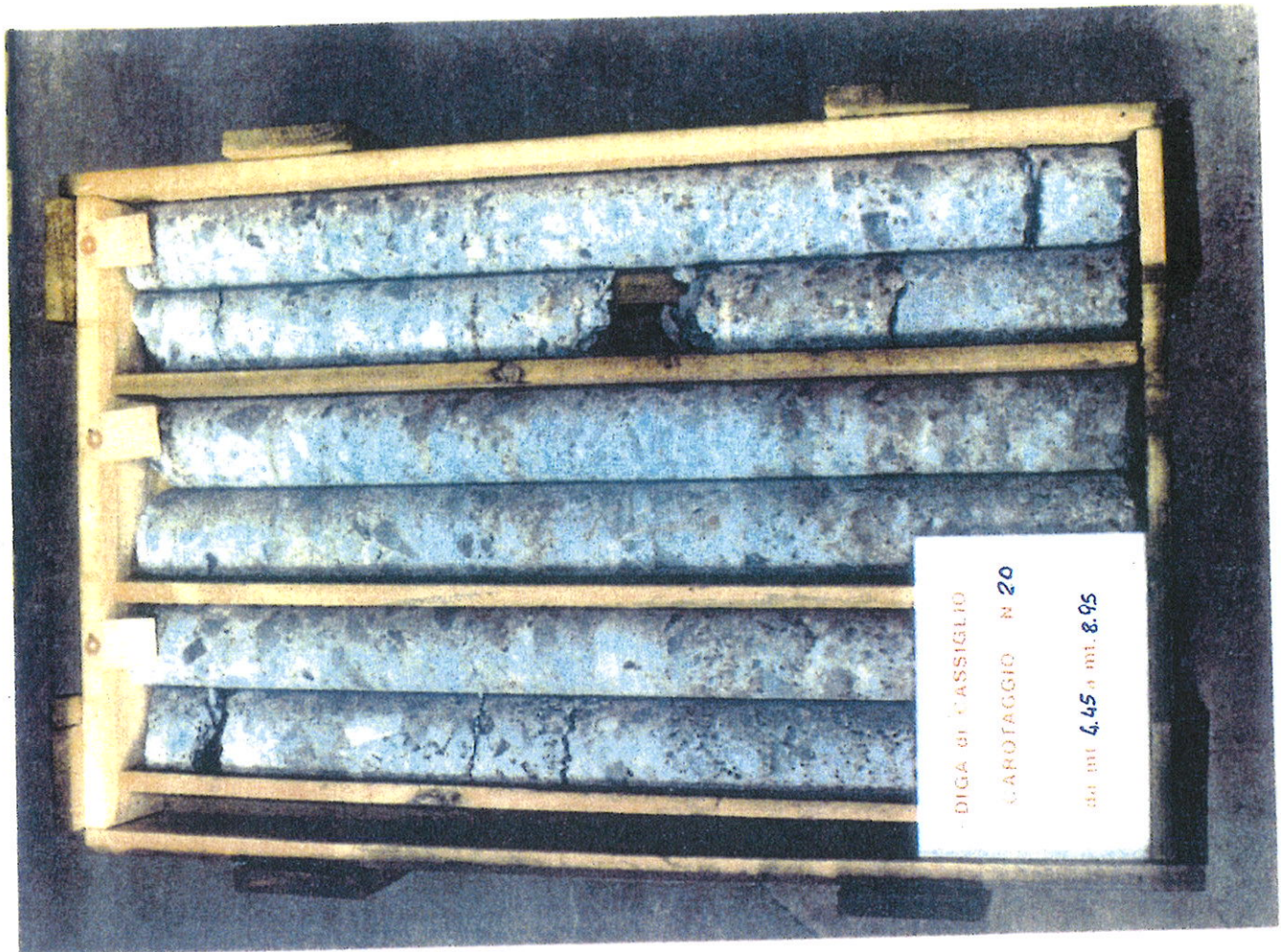


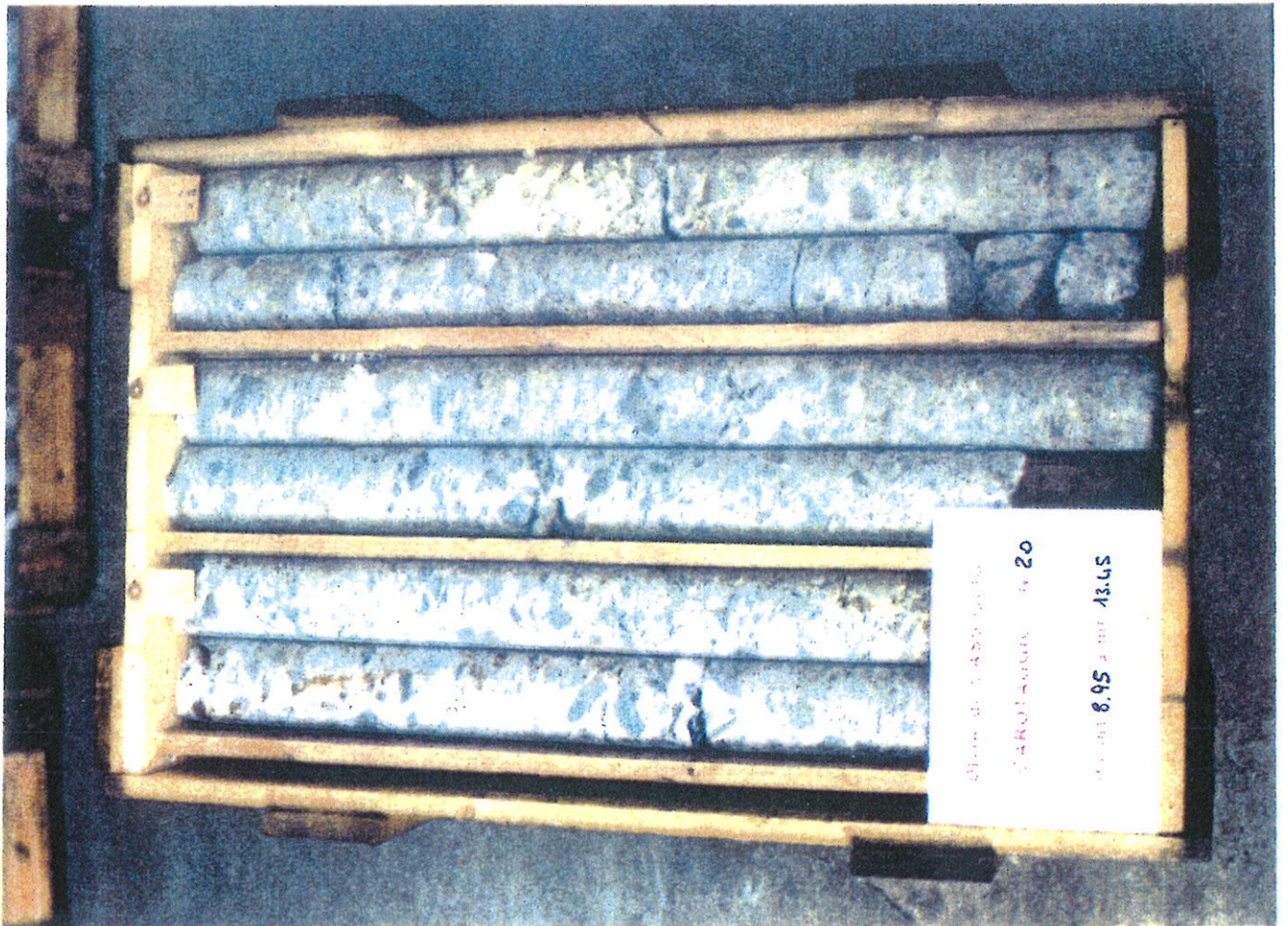
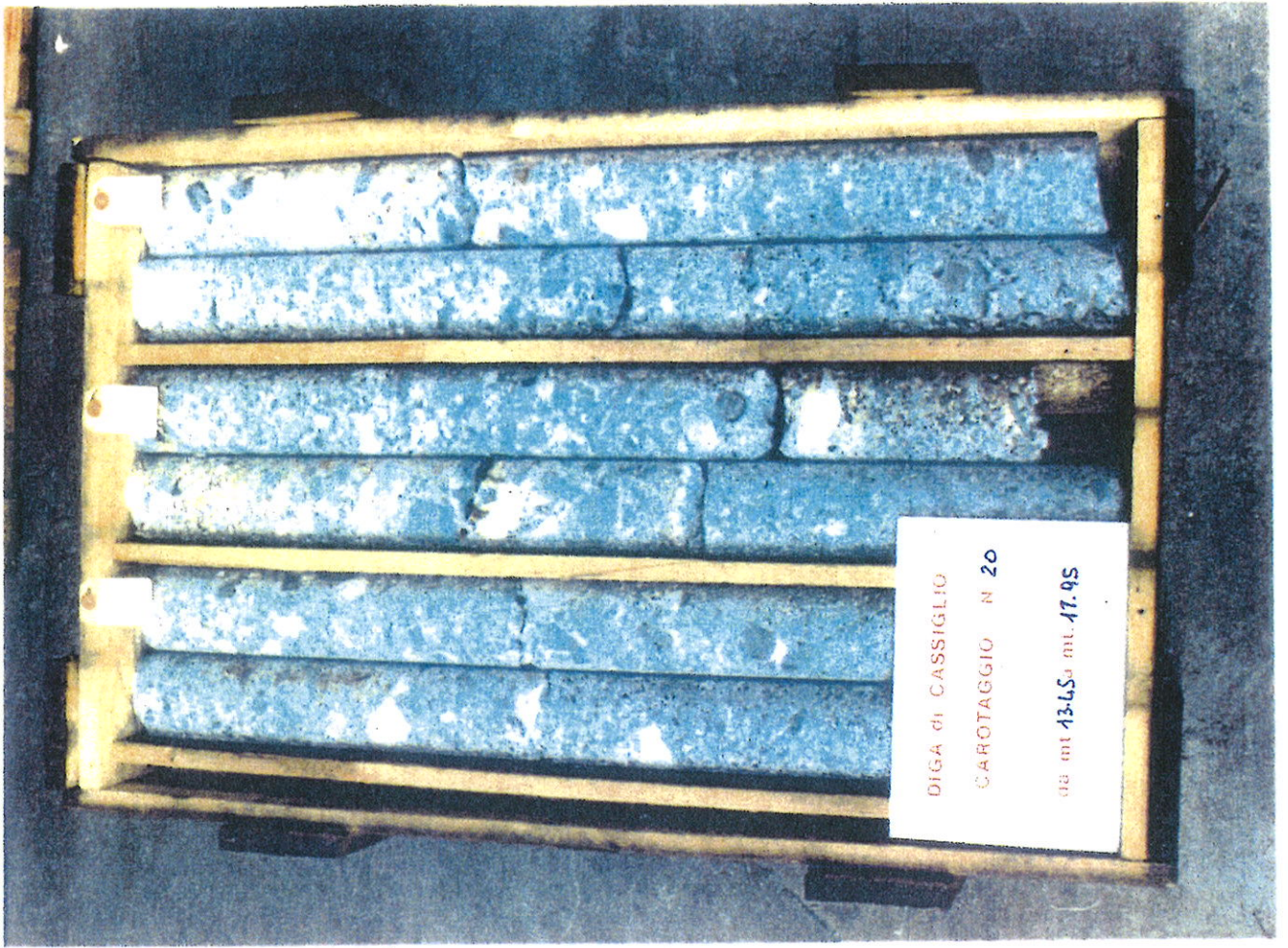




Sondaggio n° 19  
SOTTO PRESSIONE  
da mt. 0,00 a mt. 2,00

DIGA di CASSIGLIO  
CAROTAGGIO N° 19  
da mt. 0,00 a mt. 2,00

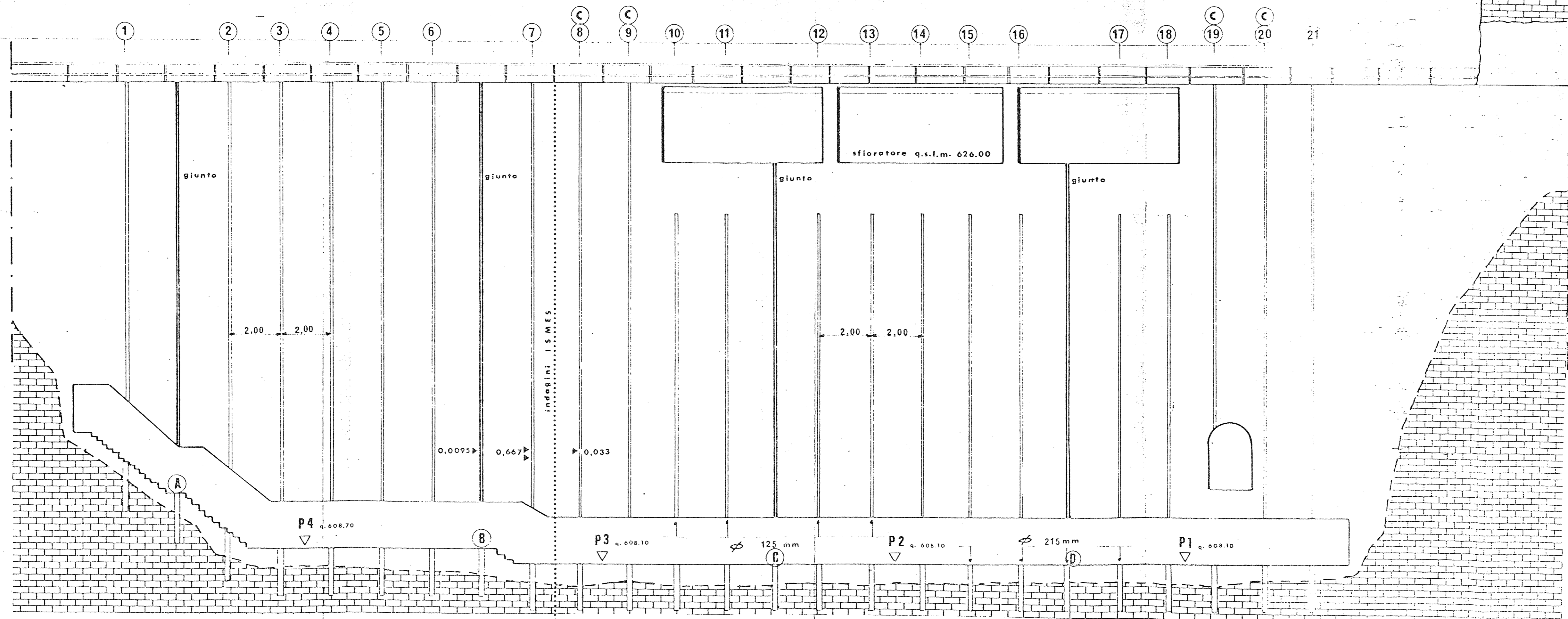






DIGA DI CASSIGLIO  
CAROTAGGIO N 20  
da mt 47.95 a mt 48.35  
FINE

# SEZIONE DIGA (vista da monte)



- ⊙ = CAROTAGGI
- ▶ = INFILTRAZIONI (portata litri secondo)
- ▽ = PIEZOMETRI ELETTRICI (2-1990)

ITALCEMENTI - Bergamo UFFICIO GEOLOGICO	
COMUNE CEMENT	DISTRETTO PROVINCIA
DIGA DI CASSTELLE NUOVO SISTEMA PERMANENTE E UBICAZIONE PIEZOMETRI ELETTRICI	
Data Aprile 1955	Scala 1:100
Rievato	Disegn. More
Dis. No. 41 GEO D.50	

## MISURA DELLE SOTTOPRESSIONI IN FONDAZIONE

Dopo l'adeguamento del sistema drenante e successivamente all'esecuzione dell'intervento in fondazione si è installato un sistema di misura delle sottopressioni in fondazione.

In appositi fori, realizzati in punti significativi del manufatto, sono state installate N° 4 celle piezometriche nella roccia di base in vicinanza del contatto con il calcestrutto di fondazione; l'ubicazione e le quote s.l.d.m. delle celle piezometriche sono riportate nella sezione schematica allegata, sempre in allegato è riportato lo schema d'installazione delle celle di misura.

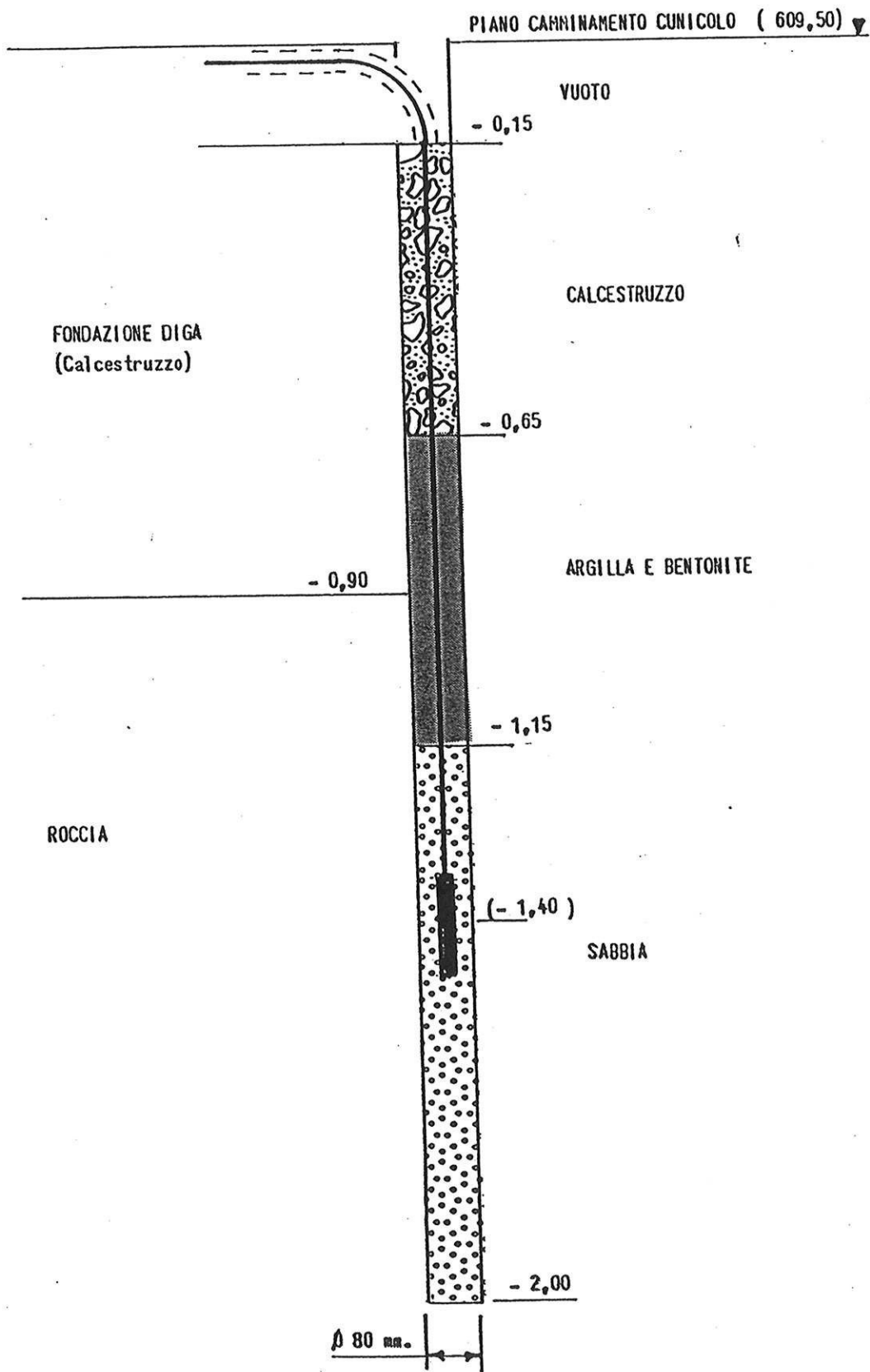
Dato il tipo di diga, a soglia sfiorante centrale, dovendo installare due celle sotto la zona sfiorante, non si è potuto utilizzare lo stesso tipo di celle piezometriche a tubo aperto fino al coronamento.

Sono state pertanto installate celle piezometriche elettriche a corda vibrante riportando i cavi di collegamento delle stesse attraverso un drenaggio del corpo diga, fuori dalla zona di sfioro, ad un quadro di collegamento nel locale di guardia.

Le letture dei valori delle sottopressioni sono effettuate in modo diretto a mezzo di centralina appositamente dedicata.

DIGA DI "CASSIGLIO"

PIEZOMETRI ELETTRICI - SCHEMA DI INSTALLAZIONE



1

0 (Q.s.l.m. +609,50)

CALCESTRUZZO

1,00

ROCCIA NERASTRA COMPATTA E A  
TRATTI FRATTURATA

2,10

2

0 (Q.s.l.m. + 609,50)

CALCESTRUZZO

0,95

ROCCIA NERASTRA FRATTURATA E IN PARTE  
COMPATTA

1,95

3

0 ( Q.s.l.m. + 609,50)

CALCESTRUZZO

0,90

ROCCIA NERASTRA IN PARTE FRATTURATA  
E IN PARTE COMPATTA, PARTI BIANCASTRE

1,95

4

Q ( Q.s.l.m. + 610,10)

CALCESTRUZZO

0,90

ROCCIA NERASTRA A TRATTI MOLTO FRATTURA  
ULTIMI 10 cm. SACCA ARGILLOSA GIALLASTRA

1,90



NOTE:

- PERFORAZIONE A CAROTAGGIO Ø 80 mm. , ESEGUITA CON CAROTATRICE ELETTRICA DEL LABORATORIO CHIMICO DI VIA VIVALDI

(29.01.90 / 02.02.90)

- INSTALLAZIONE PIEZOMETRI ELETTRICI (TRASDUTTORI mod. SIS P252/R) COMPLETI DI CAVI DI PROLUNGA E QUADRO TERMINALE  
POSIZIONATO NELLA CABINA DI COMANDO (27 e 28.02.90)