

Trivellazioni profonde per la captazione di acqua potabile ed industriale nella Centrale Elettronucleare Garigliano

C. TEDESCHI *

SOMMARIO: Si premette un cenno sul panorama idrogeologico della zona e una descrizione sommaria della Centrale Elettronucleare Garigliano, costruita nel periodo 1959-1964 dalla Società Elettronucleare Nazionale (SENN), che sorge in sponda sinistra dell'omonimo fiume a circa 7 km in linea d'aria dalla sua foce nel golfo di Gaeta sul mare Tirreno. Vengono quindi illustrate, dopo avere riportato i dati riguardanti una trivellazione eseguita durante la costruzione della centrale e di profondità 50 m circa rispetto al piano di campagna, le due trivellazioni eseguite, con il tradizionale metodo a percussione, nella stessa zona nel 1971 e di profondità rispettivamente 102 e 138 m, per la ricerca e la captazione di acqua potabile ed industriale. Si riportano infine sommariamente le principali determinazioni idrauliche effettuate per le varie falde idriche rinvenute in queste ultime trivellazioni, in uno alle caratteristiche fisiche, chimiche e batteriologiche dei campioni d'acqua esaminati.

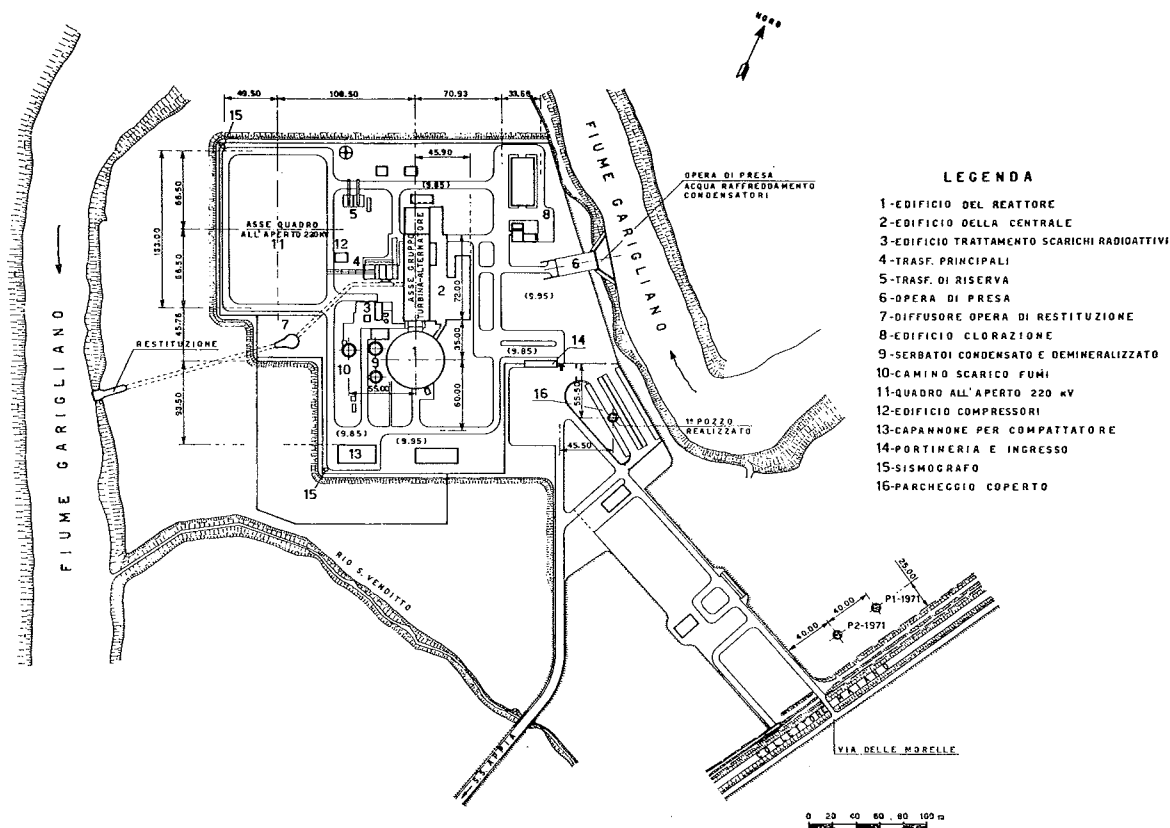


Fig. 1. - Centrale Elettronucleare Garigliano - Planimetria generale con ubicazione trivellazioni profonde - La centrale sorge in un'ansa del corso inferiore del fiume omonimo, a circa 7 km in linea d'aria dalla sua foce nel golfo di Gaeta, sul mare Tirreno.

1. Ubicazione e cenni descrittivi della Centrale Elettronucleare Garigliano

La Centrale Elettronucleare Garigliano, realizzata nel periodo 1959-1964, è ubicata in un'ansa del corso inferiore del fiume omonimo, a circa 7 km in linea d'aria dalla sua foce nel golfo di Gaeta sul mare Tirreno, in territorio del Comune

* Dott. Ing. Cesare TEDESCHI, V. Direttore di *Centro Progettazione e Costruzione*, ENEL, Compartimento di Napoli.

di Sessa Aurunca (CE), circa 5 km a valle della restituzione dell'Impianto Idroelettrico Garigliano-Suio [S.E.N.N., 1961].

La pianura alluvionale, attraverso cui si sviluppa la parte finale del corso del fiume, racchiusa fra le dominanti masse calcaree dei monti Aurunci, l'imponente massiccio vulcanico di Roccamonfina ed il mare Tirreno, costituisce un complesso geologico, analogo a quello della conca partenopea, nelle cui profondità si svolge una intensa circola-

zione idrica anche con caratteristiche termominerali, e possiede i requisiti essenziali necessari per l'installazione di una centrale elettronucleare e cioè:

- facilità di accesso attraverso una notevole rete di strade: infatti la zona prescelta per l'ubicazione dell'impianto è posta a poche centinaia di metri dalla S.S. Appia;
- densità di popolazione non elevata: la zona suddetta dista in effetti dal nucleo abitato più vicino, S. Castrese (CE), 2 km in linea d'aria;
- sufficiente disponibilità di acqua, non essendo la portata minima del fiume mai risultata inferiore a circa 30 m³/s in 10 anni di osservazione nella sezione di controllo esistente in località Suio-S. Caterina; fatto questo di notevole importanza per quanto afferente le varie esigenze funzionali della centrale ed in particolare l'alimentazione del circuito di raffreddamento del condensatore;
- soddisfacente situazione generale meteorologica e geologico-geotecnica, con riferimento ai problemi sismici e statici.

La centrale elettronucleare è equipaggiata con un reattore ad acqua bollente, a doppio ciclo, a circolazione forzata e con un gruppo turbina-alternatore da 160 MW (fig. 1).

La sezione nucleare è racchiusa, per ovvie ragioni di sicurezza, in un grande contenitore sferico di acciaio, di diametro 48,80 m, realizzato con lamiere di acciaio di spessore 21,5 ÷ 24 mm ed i necessari adatti profilati, di peso complessivo 1.500 tonnellate (fig. 2).

In detto contenitore metallico sono alloggiati, su idonee strutture in calcestruzzo di cemento, arma-

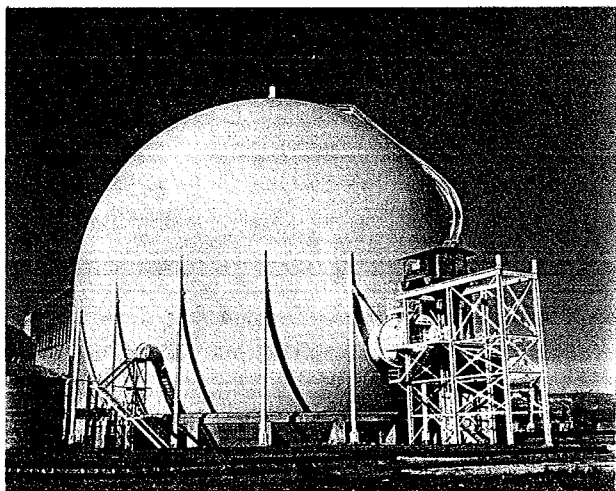


Fig. 2. - Contenitore sferico in acciaio, di diametro 48,80 m, in cui è racchiusa la sezione nucleare: il reattore ad acqua bollente, i 2 generatori di vapore secondario, i sistemi ausiliari della parte nucleare e le attrezzature per il maneggio e la ricarica del combustibile nucleare.

to, di particolari caratteristiche tecnologiche e costruttive:

- il reattore ad acqua bollente, che contiene 52 t di UO₂ con arricchimento $2 \pm 0,1 \%$;
- i due generatori di vapore secondario;
- i sistemi ausiliari della parte nucleare e tutte le attrezzature ed apparecchiature per il maneggio e la ricarica del predetto combustibile.

Il carico complessivo trasmesso alla relativa palificata di fondazione, realizzata con 751 pali Franki di diametro 0,50 m e lunghezza utile 15 m circa, è dell'ordine delle 50.000 tonnellate.

L'edificio della centrale propriamente detto, che copre una superficie di 4.400 m², è formato da due parti nettamente distinte in una delle quali, sala macchine di dimensioni 72,00 m × 20,25 m × 33,15 m (h), è installato il macchinario convenzionale (fig. 3) mentre nell'altra trovano posto

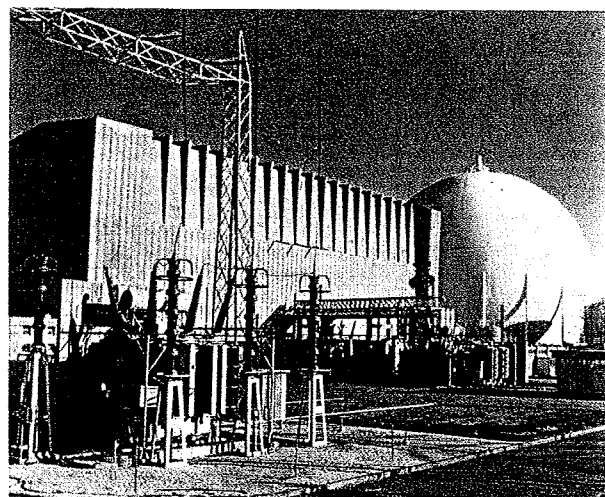


Fig. 3 a. - Sala macchine, in cui è installato il gruppo turbina alternatore di potenza continua 160 MW - Vista dal lato quadro all'aperto 220 kV, con le facciate in calcestruzzo di cemento non intonacate - A destra il contenitore sferico.

i locali per i quadri di comando, muniti d'impianto di regolazione termo-igrometrica estivo-invernale atto a mantenere costanti le relative condizioni d'esercizio, nonché i locali per gli uffici ed i servizi.

Nella sala macchine suddetta, collegata al contenitore sferico di cui sopra mediante apposito viadotto, è installato, con l'asse nel senso longitudinale, il gruppo turbina-alternatore, del peso di 1.330 t circa, avente potenza continua 160 MW e che compie 1.500 giri al minuto primo.

Alla turbina, costituita da un corpo di alta, uno di media ed uno di bassa pressione, perviene, alla pressione di 67,8 atm ed alla temperatura di 283 °C, il vapore proveniente dal corpo cilindrico, con rivestimento interno in acciaio inossidabile, in cui

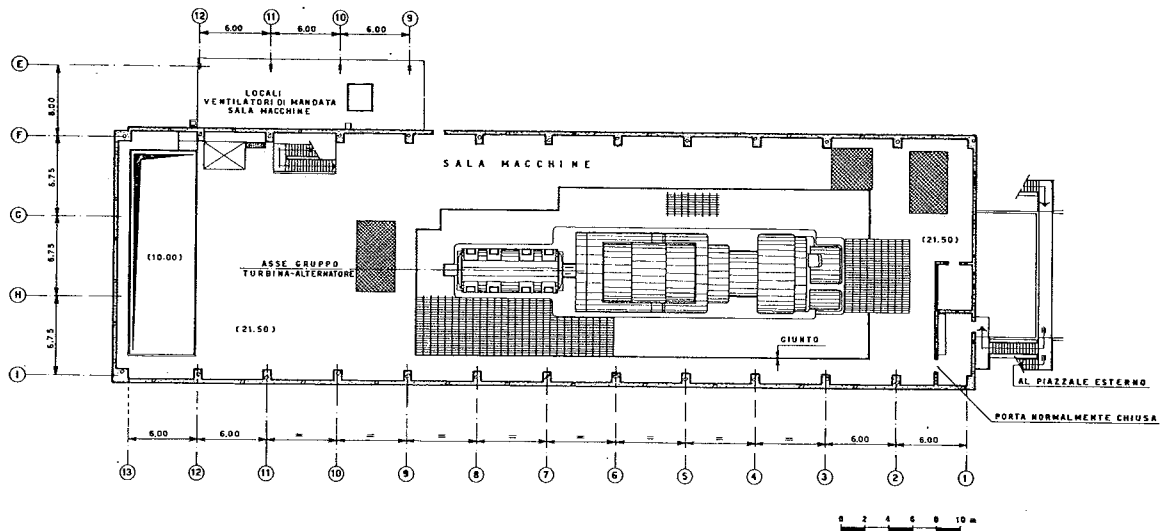


Fig. 3 b. - Sala macchine, in cui è installato il gruppo turbina-alternatore di potenza continua 160 MW - Pianta.

è avvenuta la separazione delle due fasi della miscela acqua-vapore salita in esso dal reattore. L'acqua, costituente la seconda di queste due fasi, viene aspirata da due elettropompe a rotore blindato, aventi ognuna portata 4.150 m³/ora e prevalenza totale 30 m, e rientra nel reattore dopo avere attraversato i due generatori di vapore secondario (fig. 4).

Il condensatore principale è del tipo orizzontale a semplice flusso, a casse d'acqua separate, con pozzo caldo di tipo degassante. Esso viene refrigerato con acqua derivata dal fiume a mezzo di opportuna opera di presa, a valle della quale la necessaria portata, pari a circa 10 m³/s, viene immessa nell'apposito circuito di raffreddamento a mezzo sollevamento effettuato da due elettropompe verticali, aventi prevalenza totale 13,50 metri, e quindi, dopo avere attraversato il suddetto condensatore, viene restituita in fiume mediante idonea opera di scarico, munita di dissipatore.

La Centrale è completata da una stazione di

trasformazione all'aperto a 220 kV, collegata alle latitanti grandi linee di trasporto nazionali.

Si descrivono ora di seguito le trivellazioni profonde, eseguite all'epoca della costruzione dell'impianto e successivamente nel 1971 per la captazione di acque artesiane atte ad assicurare il fabbisogno di esercizio di acqua industriale e potabile.

2. Trivellazioni profonde per la captazione di acqua artesiane, potabile ed industriale, per gli usi di centrale

Per l'approvvigionamento dell'acqua industriale occorrente per le esigenze funzionali della centrale venne utilizzata, fin dall'epoca della relativa costruzione, quella emunta dal pozzo artesiano sopra menzionato, proveniente dalle falde idriche poste alle profondità sotto il piano di campagna di 23 e 35 m circa e che risultò non idonea ad usi potabili

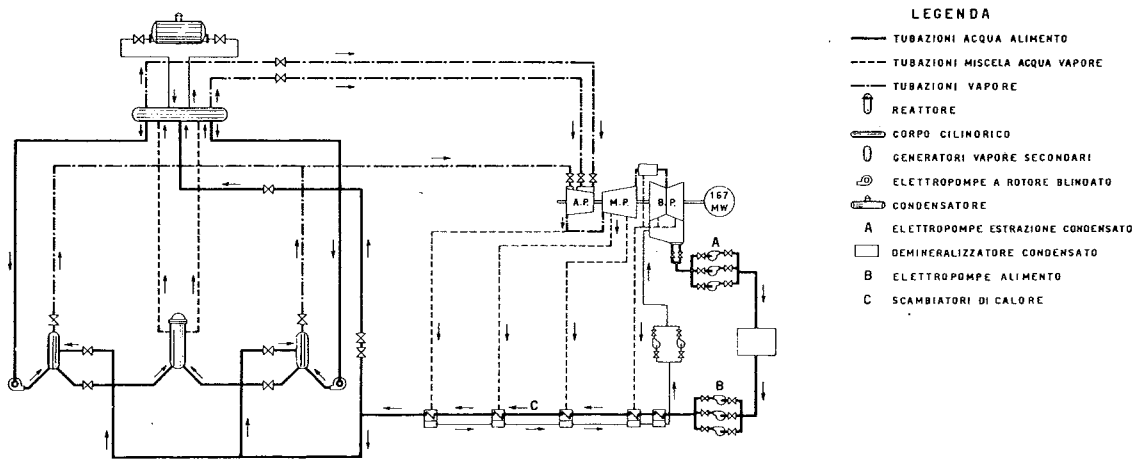


Fig. 4. - Ciclo acqua-vapore (V. SENN - Centrale del Garigliano - ILTE Torino).

agli esami chimici e batteriologici all'epoca effettuati.

Persistendo ancora verso la fine del 1970 la impossibilità di allacciamento ad un acquedotto consortile o comunale venne deciso di procedere alla costruzione di due nuovi pozzi artesiani per realizzare, se possibile, anche l'approvvigionamento di acqua potabile in aggiunta al raggiungimento, in relazione ad una opportuna ubicazione, di una notevole garanzia che gli emungimenti, sia pure alquanto notevoli e prolungati nel tempo, non potessero influire sensibilmente sui cedimenti delle opere di fondazione principali dell'impianto costituite da pali Franki di tipo sospeso e di lunghezza utile dell'ordine di 15 metri che attingono pertanto la q. — 15 all'incirca, che è alquanto superiore a quella iniziale del banco di sabbia e ghiaia attraverso cui defluisce la falda artesianiana più alta captata per il primo pozzo, realizzato, come sopra detto, durante la costruzione dell'impianto.

Nella fig. 5 sono riportati la stratigrafia del sopra menzionato pozzo, il numero e le quote di rinvenimento delle falde profonde incontrate durante la trivellazione, le caratteristiche delle tubazioni metalliche di manovra e di quella di rivestimento finale impiegate, con precisati per quest'ultima i tratti sfinestrati con filtro interno, costituiti dall'intercapedine, realizzata disponendo un opportuno controtubo anch'esso d'acciaio, riempita con ghiaietto calibrato come l'intercapedine esterna fra rivestimento metallico e terreno in posto.

Tenuti presenti gli elementi sopra citati, il panorama geomorfologico già menzionato, la già nota presenza lungo la parte terminale del Gari-gliano di un notevole numero di pozzi artesiani, molti dei quali forniscono di acqua i numerosi stabilimenti termali che sorgono nella zona di Suio, nota per le sue caratteristiche fin dall'epoca romana, si decise di realizzare i due pozzi di cui sopra nella zona in sinistra del collettore Maiano, in prossimità dei capannoni adibiti a deposito della centrale ed a una distanza in linea d'aria da quest'ultima di oltre 400 m, più che doppia di quella del pozzo preesistente.

Come risulta dalla fig. 1 i nuovi pozzi vennero contrassegnati P1 e P2 in relazione all'ordine cronologico di esecuzione e si stabilì di eseguire il primo, anche a titolo sperimentale, di circa 100 m sotto il piano di campagna, posto a q. 7.34 m s.m.

La trivellazione venne iniziata nel febbraio 1971 con idonea attrezzatura a percussione e predisposta per raggiungere la profondità massima suddetta.

La stratigrafia dei terreni attraversati dalla per-

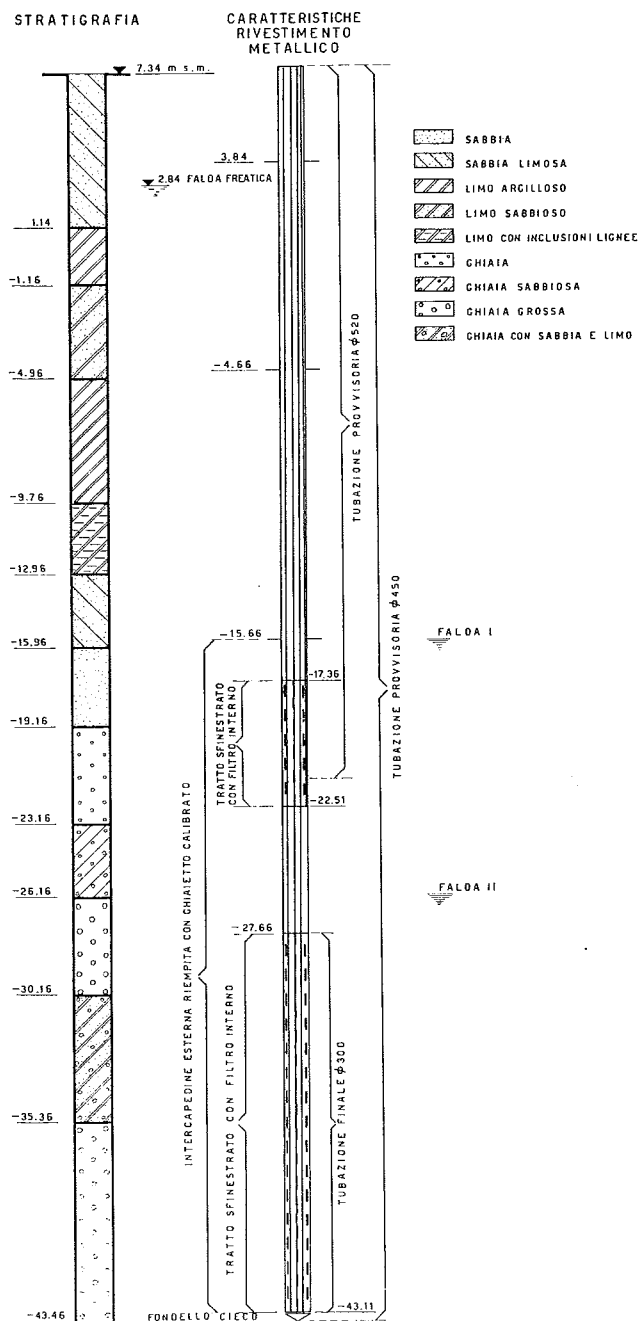


Fig. 5. Trivellazione profonda realizzata durante la costruzione della centrale. - Stratigrafia del terreno e dati costruttivi e idraulici.

forazione è riportata nella fig. 6 e risulta praticamente corrispondente, per i primi 50 m circa, a quella indicata in fig. 5 per il pozzo già esistente: al disotto di questa profondità, a partire cioè circa dalla q. — 40 m s.m., è stato rinvenuto uno strato di argilla grigia compatta della potenza di 9 m a muro del quale si è manifestata una nuova venuta d'acqua proveniente da uno strato di ghiaia di media pezzatura leggermente sabbiosa, di spessore 4 m, sovrastante una successione di strati argillosi al disotto dei quali venne incontrata una formazione di arenaria grigio-giallastra di varia

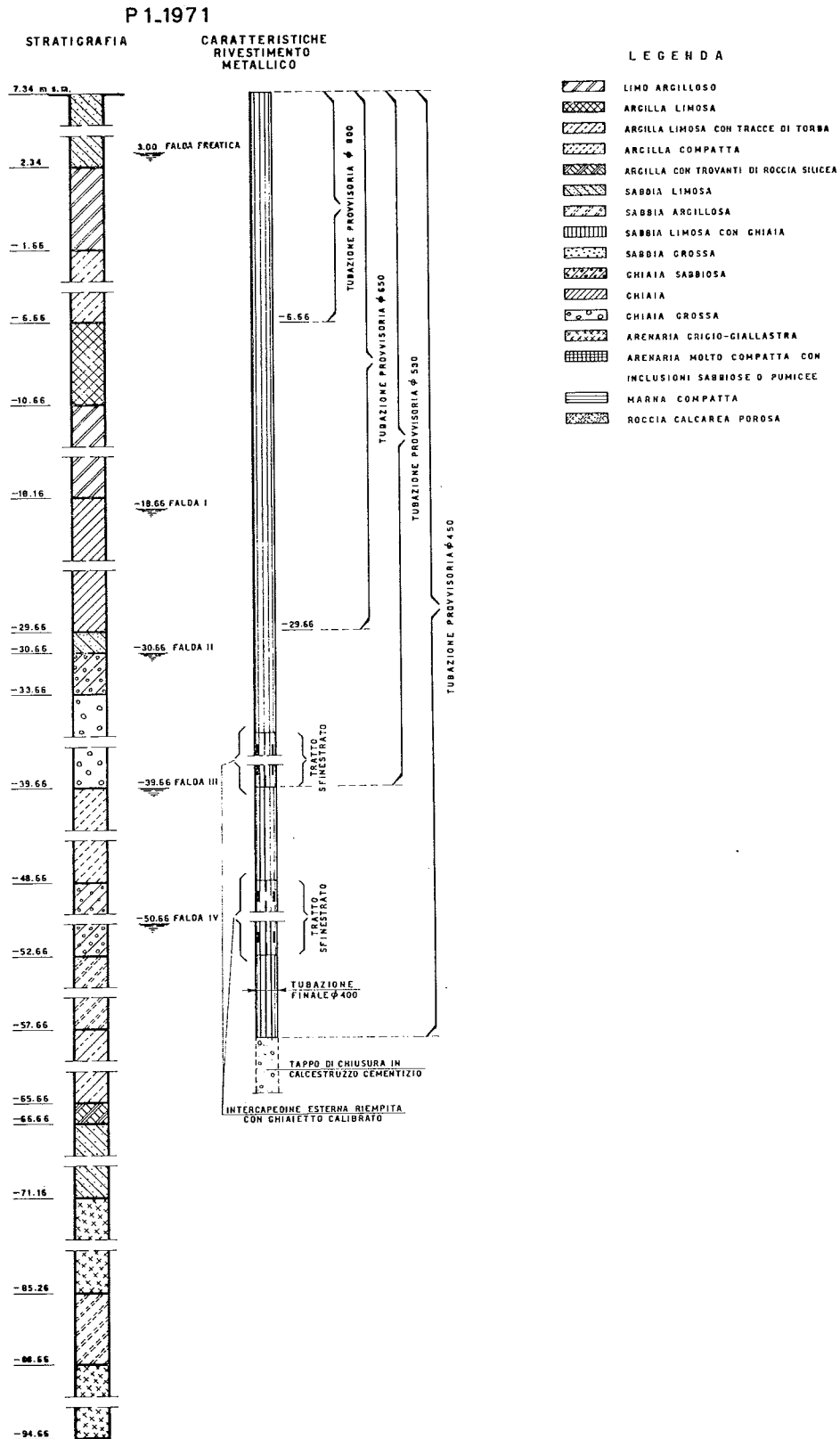


Fig. 6 a. - Trivellazione profonda P1 - 1971 - Stratigrafia del terreno e dati costruttivi e idraulici.

consistenza, estesa fino alla profondità massima raggiunta dalla trivellazione, corrispondente a circa q. — 95 m s.m., nella quale non si manifestò alcuna venuta d'acqua. Non consentendo il dispo-

sitivo utilizzato di proseguirla convenientemente, la trivellazione venne interrotta, conformemente alle previsioni iniziali.

Nella suddetta fig. 6, sono riportati, oltre la sopra

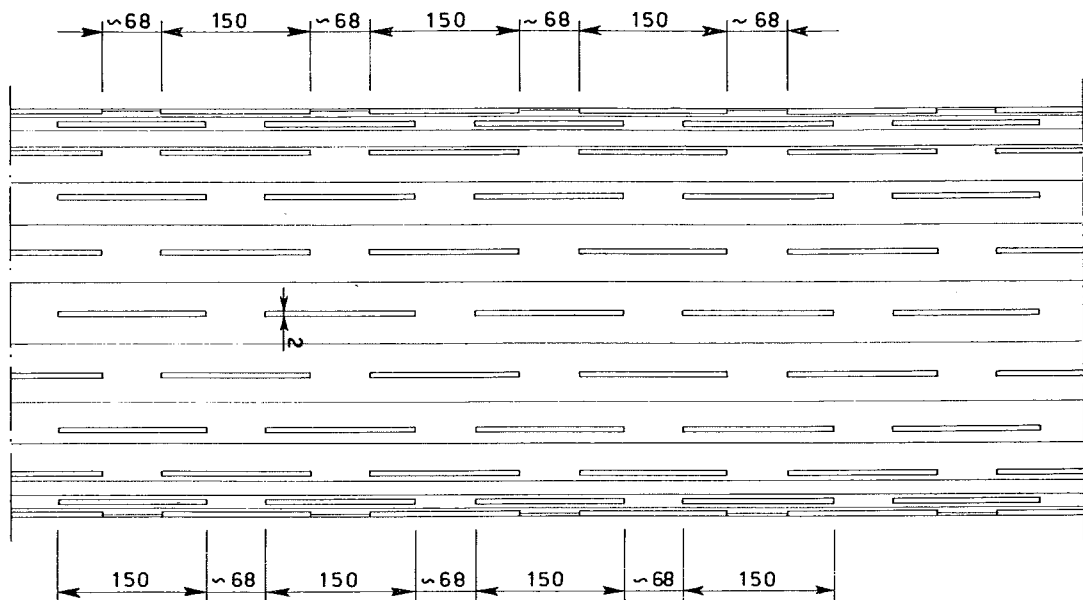


Fig. 6 b. - Trivellazione profonda P1 - 1971 - Rivestimento metallico finale - Particolare sfinestrature, disposte su generatrici aventi interasse circa 68 mm.

menzionata stratigrafia, il numero e le quote di rinvenimento delle falde risalenti incontrate, le caratteristiche delle tubazioni metalliche di manovra e di quella di rivestimento finale impiegata con precisati per quest'ultima, i tratti sfinestrati, con filtro soltanto esterno.

Dall'esame di questa figura si può dedurre che le prime tre falde artesiane incontrate corrispondono all'incirca a quelle alimentanti il pozzo preesistente e indicate in fig. 5 e che quella contrassegnata « falda IV » e posta a maggiore profondità si può considerare come una nuova venuta d'acqua.

In vista dell'utilizzazione delle falde riscontrate per gli usi di centrale vennero eseguite per ciascuna di esse:

— le prove di emungimento a portate crescenti per l'osservazione dell'andamento delle relative depressioni ed a portate costanti, opportuna-

mente prescelte, con durata mai inferiore a 24 ore, secondo un procedimento già sperimentato in analoghe condizioni [TEDESCHI, 1971]. Queste ultime prove avevano lo scopo di consentire la determinazione della portata utilizzabile più conveniente in base ad indicazioni sufficientemente orientative sulla abbondanza o meno della falda in esame (fig. 7);

— le determinazioni delle caratteristiche fisiche, chimiche e batteriologiche per definire con sicurezza i possibili impieghi delle acque. I principali risultati forniti dalle analisi chimiche⁽¹⁾ sono riuniti nella tabella 1: in base ad essi si poté stabilire che l'acqua fornita dalle falde suddette, della quale peraltro non sembrava

⁽¹⁾ Analisi eseguite dal Laboratorio d'Igiene e Profilassi dell'Amministrazione della provincia di Caserta, diretto dal chiar.mo Prof. Marcello MORGANTINI.

TABELLA 1

POZZO E DATA PRELIEVO	FALDA ARTESIANA	PH	COND. ELETTRICA A 18°C	RESIDUO FISICO A 105°C	TEMP. ACQUA °C	NH ₃	NITRITI	NITRATI	SOLFATI	FOSFATI	CLORURI (IN Cl) mg/l	DUREZZA TOTALE IN GRADI FRANCESI	COLONIE SVILUPPATE IN AGAR		
													a 37 °C in 3 g. per 1 cm ³ di acqua	a 20 °C in 5 g. per 1 cm ³ di acqua	COLIFORMI M.P.N. per 100 cm ³
P1 - 2/4/1971	I	7.7	000047	0.3644	21.0	t.l.	t.ii.	t.l.	a	a	26.2	14.4	52	520	—
P1 - 5/4/1971	II	7.7	000049	0.3604	22.5	a	t.ii.	t.ii.	a	a	25.5	14.4	36	380	< 3
P1 - 7/4/1971	III	7.8	000049	0.3596	22.0	a	t.ii.	t.l.	a	a	27.6	14.4	21	290	< 3
P2 - 7/7/1971	IV	7.2	000068	0.4692	18.0	t	t.l.	t	a	a	25.5	18.0	15	130	< 3

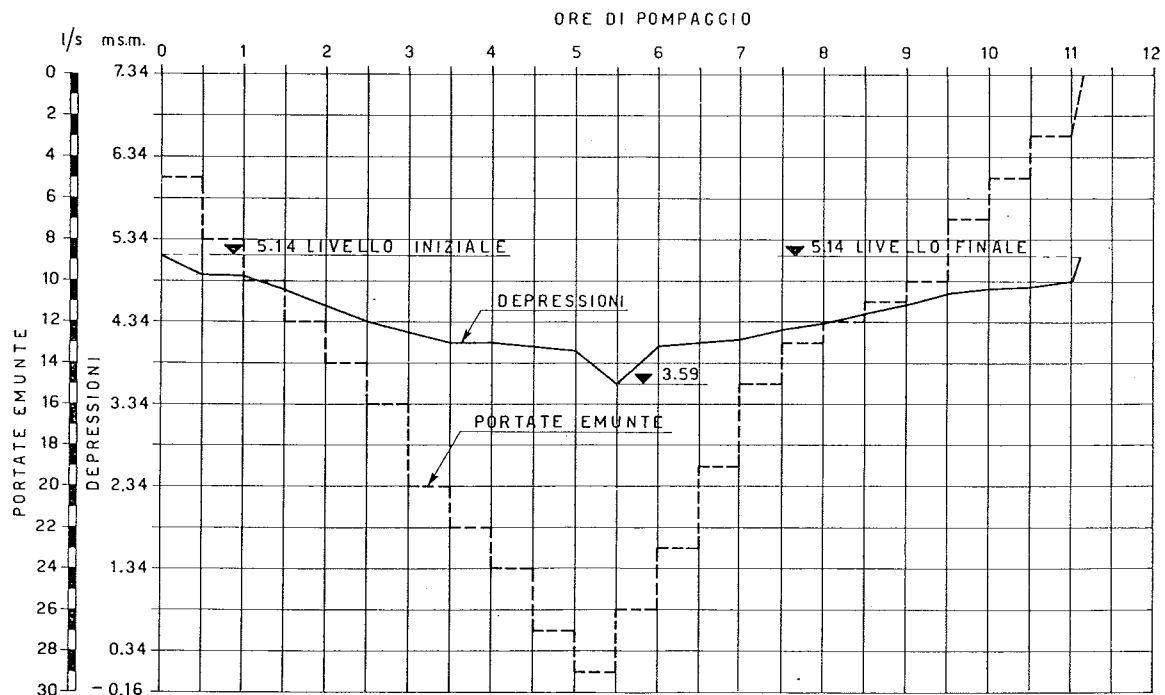
NOTA: Per tutti i campioni: reazione neutra al tornasole

LEGENDA: a=assente, t=tracce, t.l.=tracce lievi, t.ii.=tracce lievissime

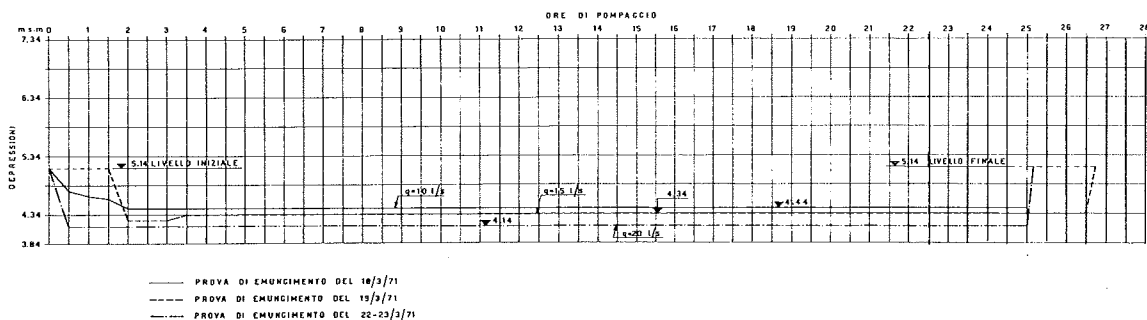
Caratteristiche fisiche, chimiche e batteriologiche delle acque artesiane.

opportuno un impiego continuo, doveva essere utilizzata a soli scopi industriali non essendone consigliabile l'uso potabile, anche previo i necessari trattamenti epurativi, non essendo stati sufficientemente favorevoli i risultati forniti dalle analisi batteriologiche effettuate.

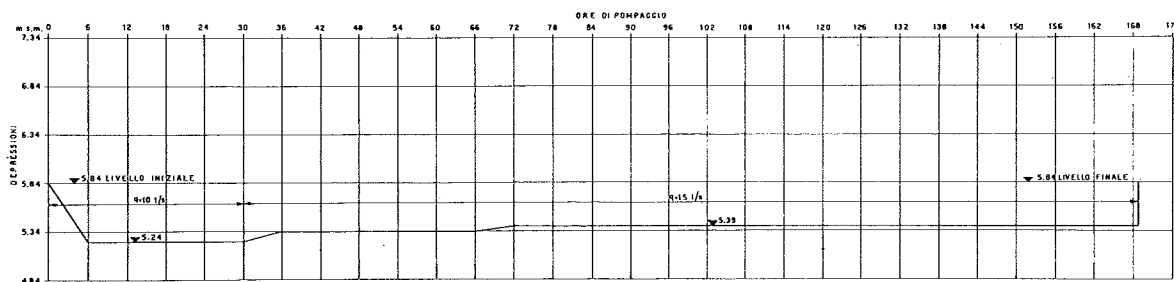
In relazione a quanto sopra venne deciso di captare le falde III e IV, trascurando le falde I e II perché poste a scarsa profondità e quindi più facilmente inquinabili e stabilendo in 10 l/s la portata massima da emungere con continuità in conformità dei risultati sperimentali riportati nella fig. 7.



a



b



c

Fig. 7. - Trivellazione profonda P1-1971 - Falda artesianica a q. — 50,66 m s. m. - Prove di emungimento. — a. con portate emunte crescenti, eseguita il 5-3-1971. — b. con portate emunte costanti, eseguite il 18, 19 e 22/23-3-1971. — c. finale, di durata, con portate emunte costanti, eseguita dall' 1 all' 8-4-1971.

Completata la sistemazione in opera del rivestimento metallico definitivo del P1, di diametro interno 0.40 m, costituito da elementi di lunghezza 4 m e con spessore 6 mm, collegati fra loro mediante saldatura elettrica e protetti internamente ed esternamente con manto protettivo anticorrosivo costituito da vernice a base di resine epossidiche applicato previo sabbiatura di tipo commerciale, cementate le prime due falde e formati con ogni cura a mezzo ghiaietto calibrato i filtri esterni in corrispondenza dei tratti sfinestrati precisati in fig. 6, venne iniziata nel maggio 1971 la trivellazione del P2 con l'attrezzatura a percussione già impiegata.

Le attrezzature vennero predisposte per potere attingere agevolmente la profondità di 140 m sotto il piano di campagna, corrispondente all'incirca a q. — 133 m s.m., alla quale si presumeva di poter incontrare una nuova falda idrica meglio rispondente allo scopo prefisso e che presentasse una notevole maggiore garanzia di sicurezza contro eventuali inquinamenti nel caso d'impiego per usi potabili.

La stratigrafia dei terreni attraversati è riportata nella fig. 8 ed è praticamente identica fino alla profondità di 100 m circa a quella della precedente trivellazione P1: a partire da questa profondità e fino a quella di 118 m, corrispondente a circa q. — 111 m s.m. è stata rinvenuta una formazione di arenaria molto compatta con modeste inclusioni sabbiose o di materiali pumicei. Ad essa fa seguito uno strato di sabbia argillosa molto consistente, di potenza 8 m circa, sovrastante un banco di sabbia limosa dello spessore di 6 m al disotto del quale è stata incontrata una formazione di roccia calcarea porosa attraverso la quale si è manifestata una venuta d'acqua notevole e certamente diversa da quelle sovrastanti precedentemente individuate. La trivellazione che aveva raggiunto la profondità di 138 m, corrispondente all'incirca a q. — 131 m s.m., venne pertanto interrotta.

Nella sopra citata fig. 8 sono riportati tutti i dati afferenti questa trivellazione P2, come fatto nei casi analoghi precedenti.

Essendo le falde incontrate fino a q. — 51.20 in questa trivellazione quelle analoghe del P1 non si ritenne necessario effettuare su di esse né le prove di emungimento né la determinazione delle caratteristiche fisiche, chimiche e batteriologiche.

Queste prove e determinazioni vennero invece effettuate, come nel caso analogo sopra citato, per la falda IV rinvenuta alla profondità di circa 135 m, corrispondente a q. — 128 m s.m. circa.

I relativi risultati sono precisati nella fig. 9 e nella tabella 1, già citata.

Le determinazioni batteriologiche definitive vennero eseguite su campioni prelevati dopo quattro interi giorni di emungimento a portata costante

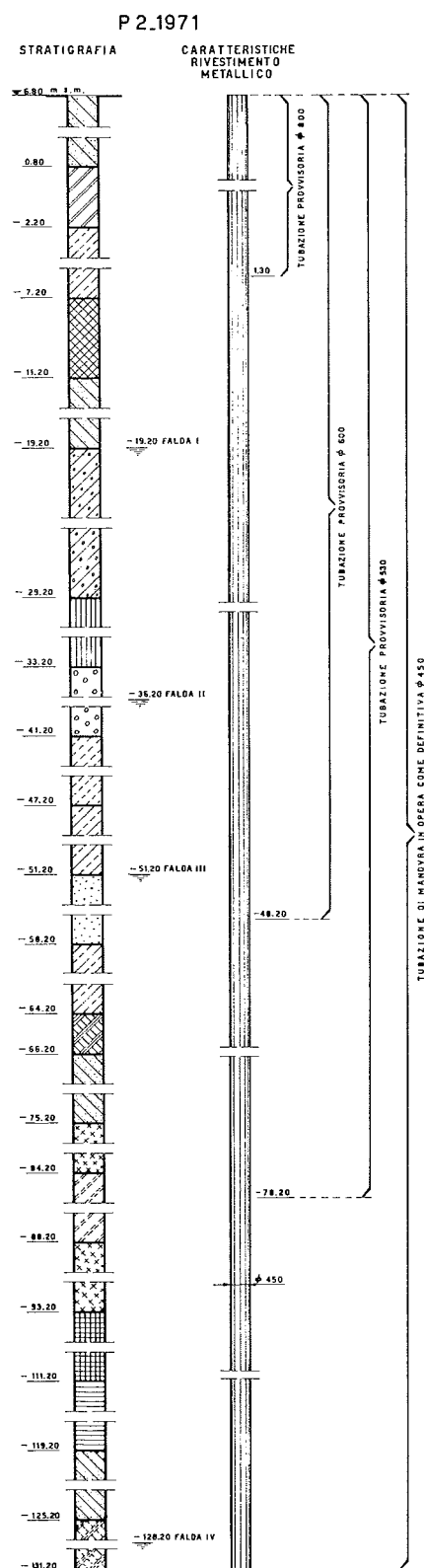
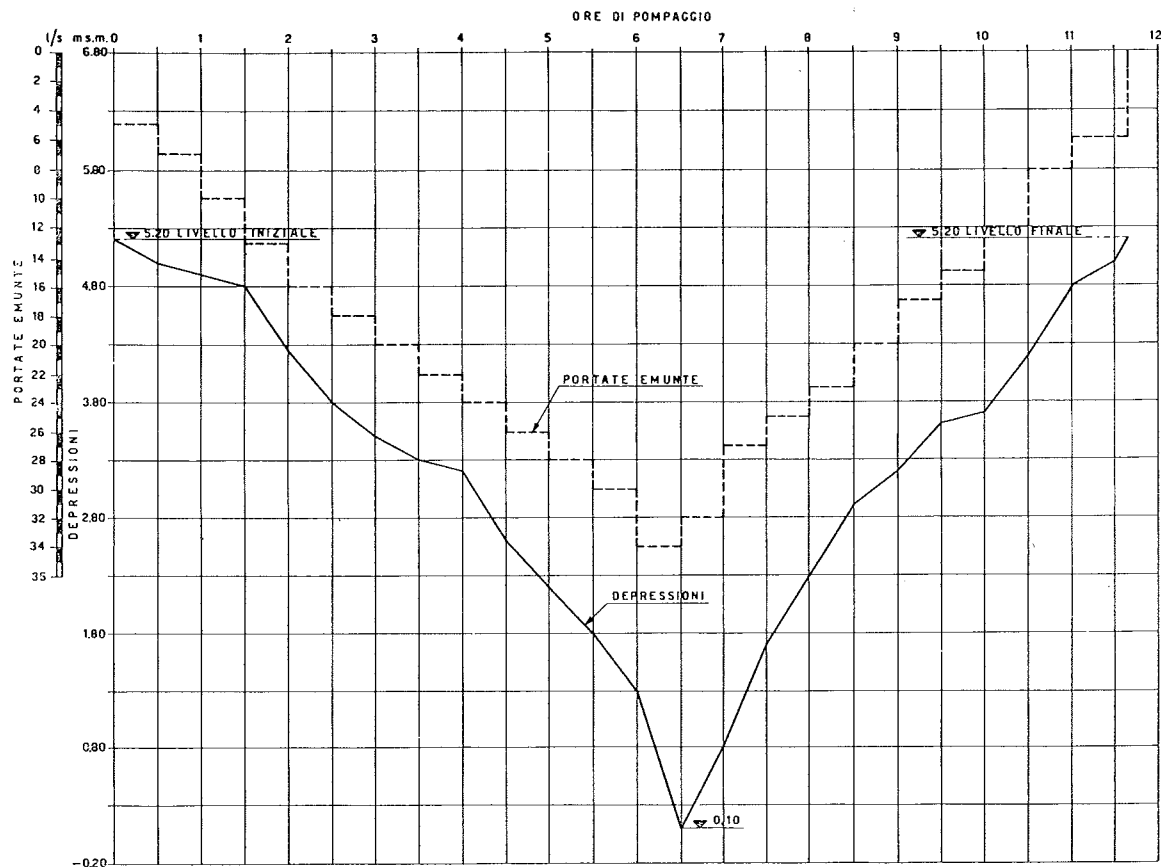
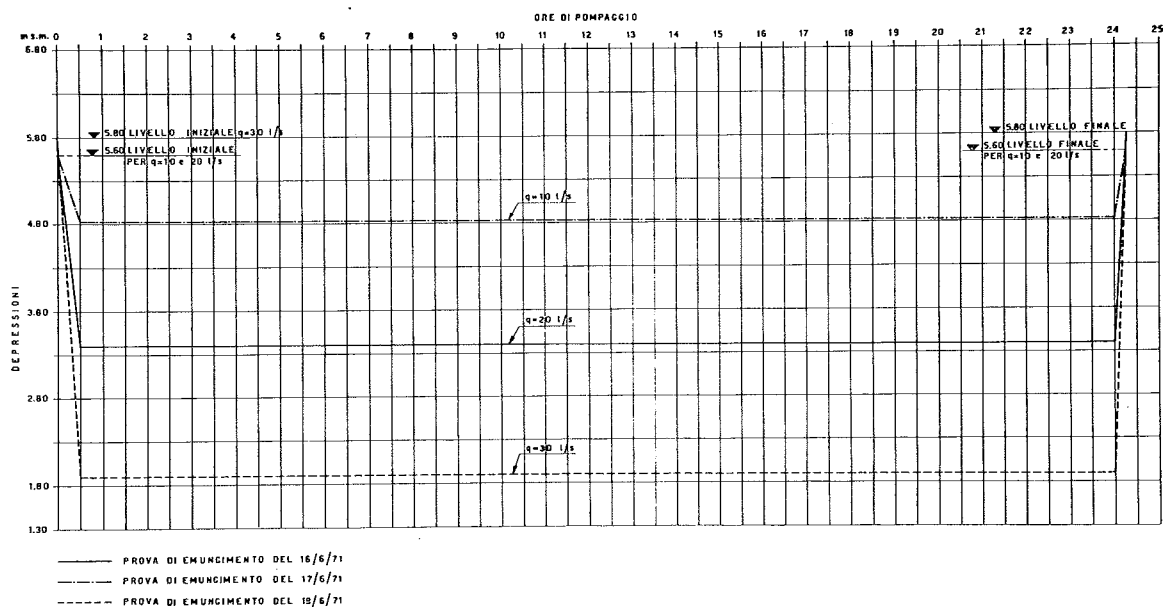


Fig. 8. - Trivellazione profonda P2-1971 - Stratigrafia del terreno e dati costruttivi e idraulici - Essendo stata utilizzata la tubazione di manovra come rivestimento finale, l'acqua artesianica viene captata solo dal fondo della perforazione.



a



b

Fig. 9. - Trivellazione profonda P2 - 1971 - Falda artesianica a $q = 128,20 \text{ m s. m.}$ - Prove di emungimento. — a. con portate emunte crescenti, eseguita il 15-6-1971. — b. con portate emunte costanti, eseguite il 16, 17, 18-6-1971.

di 20 l/s, corrispondente a quella che presumibilmente il P2 è in grado di dare con continuità senza che si debbano temere dannosi fenomeni di invecchiamento, come indicano la modestia della

depressione riscontrata nella prova del 17-6-1971 e nell'emungimento prolungato sopra citato e nella costante rapidità di ravvenamento del pozzo in ogni pompaggio effettuato.

Le determinazioni delle caratteristiche fisiche e chimiche, eseguite su campioni prelevati da questa falda, fornirono i risultati, riportati nella già menzionata tabella 1, praticamente corrispondenti a quelli delle determinazioni precedenti con una variazione alquanto importante e cioè una diminuzione della temperatura di circa 6-7 °C.

Poiché anche le caratteristiche batteriologiche risultarono sensibilmente più favorevoli di quelle precedentemente riscontrate (tab. 1) si decise, tenuto debito conto del parere espresso dal già menzionato Laboratorio d'Igiene e Profilassi dell'Amministrazione della Provincia di Caserta, di utilizzare a scopi potabili l'acqua di questa falda, previa adeguata clorazione.

In conseguenza si ritenne necessario non modificare minimamente le condizioni effettive nelle quali erano stati prelevati i campioni sottoposti ad analisi e venne pertanto utilizzata, come rivestimento metallico definitivo del pozzo, la tubazione finale di manovra di diametro interno 0.45 m e spessore 11 mm: il pozzo preleva quindi l'acqua dalla falda soltanto attraverso il suo fondo.

Per evitare, per quanto possibile, eventuali infiltrazioni di acque provenienti da falde più superficiali, detto rivestimento metallico è stato accuratamente cementato all'esterno con impiego di malta di cemento normale, dosata a 10 q/m³, con aggiunta di additivo antiritiro nella proporzione del 2 % del peso di cemento.

3. Conclusioni

Si ritiene di un certo interesse osservare subito che la terza trivellazione profonda di cui sopra ha confermato l'esistenza intorno alla q. — 134 di una falda idrica abbondante, utilizzabile agevolmente a scopo potabile.

Inoltre il complesso dei dati geognostici forniti dalle tre trivellazioni eseguite e le caratteristiche fisiche, chimiche e batteriologiche desunte dai campioni d'acqua esaminati costituiscono un complesso di elementi orientativi per eventuali future captazioni di acqua di falde profonde ad uso industriale o potabile: fra essi assume, come già detto, particolare importanza la differenza di temperatura riscontrata fra l'acqua proveniente dalla più profonda falda rinvenuta e quella delle altre.

Tenendo presente questa caratteristica e la notevole sicurezza contro eventuali inquinamenti offerta dalla maggiore profondità si considerò possibile utilizzare, come già precisato, le acque di questa falda anche a scopo potabile.

BIBLIOGRAFIA

- SOCIETÀ ELETTRONUCLEARE NAZIONALE (SENN) (1961) - *Centrale del Garigliano*. ILTE, Torino.
- TEDESCHI C. (1971) - *Trivellazioni profonde per captazione acqua industriale per la Centrale Termoelettrica Napoli Levante*. Rivista Italiana di Geotecnica, n. 4 bis.

SUMMARY

Deep wells for water supply to the Garigliano nuclear power plant

After a short outline of the main hydrogeological features of the site of the Garigliano nuclear power plant, Author reports on the characteristics of a system of deep

wells, bored to supply the plant with industrial and potable water.

The characteristics of the wells, getting down to 140 m below ground level, are described together with the results of hydraulic tests and physical, chemical and bacteriological investigations of the water.