

Ravvenamento di pozzi artesiani e nuova trivellazione profonda per la Centrale Termoelettrica Napoli Levante

C. TEDESCHI *

SOMMARIO: Si illustrano i risultati sperimentali ottenuti per il ravvenamento di alcuni dei pozzi artesiani in esercizio nella Centrale Termoelettrica Napoli Levante sia mediante emungimenti prolungati e ripetuti, con portate variabili e valore massimo gradualmente crescente, sia a mezzo lavaggio, con acqua in pressione, delle prese dalle falde profonde captate. Vengono altresì descritte le caratteristiche principali delle attrezzature realizzate per l'esecuzione delle diverse prove effettuate. Si riportano infine alcuni dati sperimentali riguardanti il pozzo artesiano costruito nel periodo giugno-agosto 1972, impiegando come rivestimento metallico finale la tubazione di manovra, in quanto questo sistema costruttivo appare particolarmente rispondente allo scopo nelle condizioni idrogeologiche del sottosuolo della centrale termoelettrica sopra citata.

1. Ubicazione della Centrale Termoelettrica Napoli Levante e dei pozzi costruiti per il suo approvvigionamento di acqua industriale artesiana

La Centrale Termoelettrica Napoli Levante, che comprende tre sezioni da 150 MW ciascuna, è stata realizzata in due fasi nel periodo 1958-1965 e costituisce l'estremità orientale del complesso Im-

pianti Termici di Napoli, dell'Ente Nazionale per l'Elettricità, che sorge nella zona terminale a levante del porto e comprende la vecchia Centrale Termoelettrica « Maurizio Capuano », costruita circa 60 anni fa ed oggi praticamente in disuso, e quella Vigliena, con due sezioni una da 33 MW e l'altra da 66 MW, completata nel 1952 (fig. 1) [TEDESCHI, 1971a, 1971b].

Nella zona della Centrale Napoli Levante sono state realizzate, nel periodo di tempo intercorrente

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

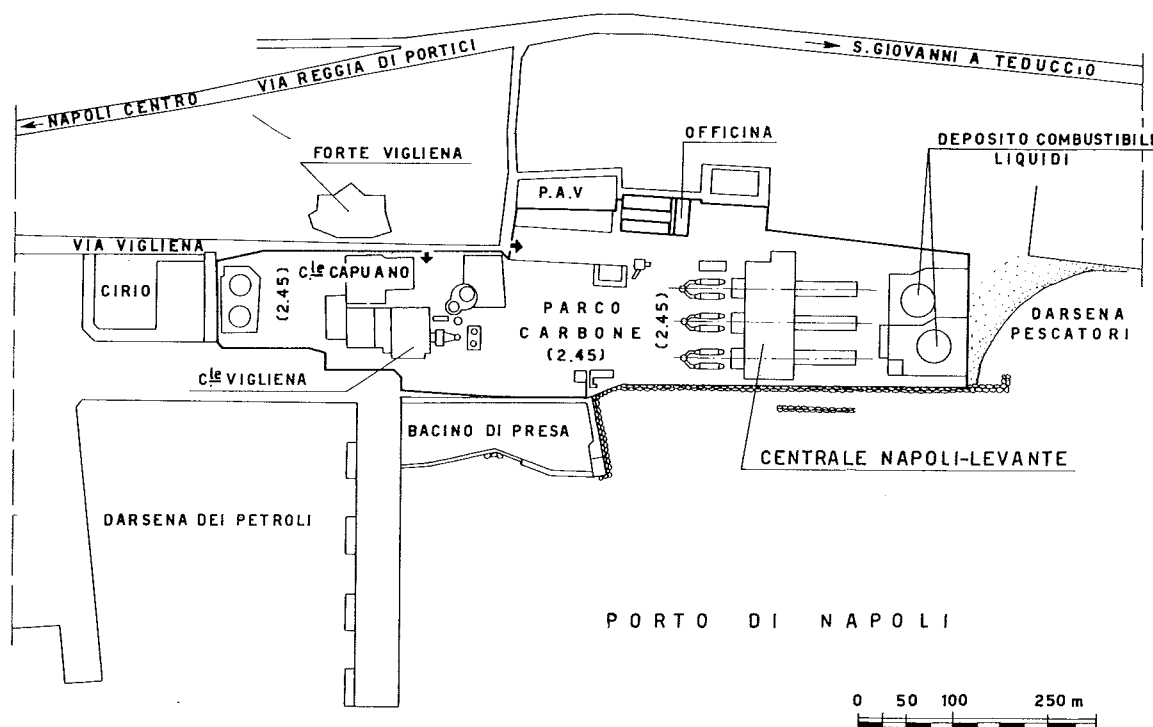


Fig. 1. - Impianti Termici Napoli - Corografia.

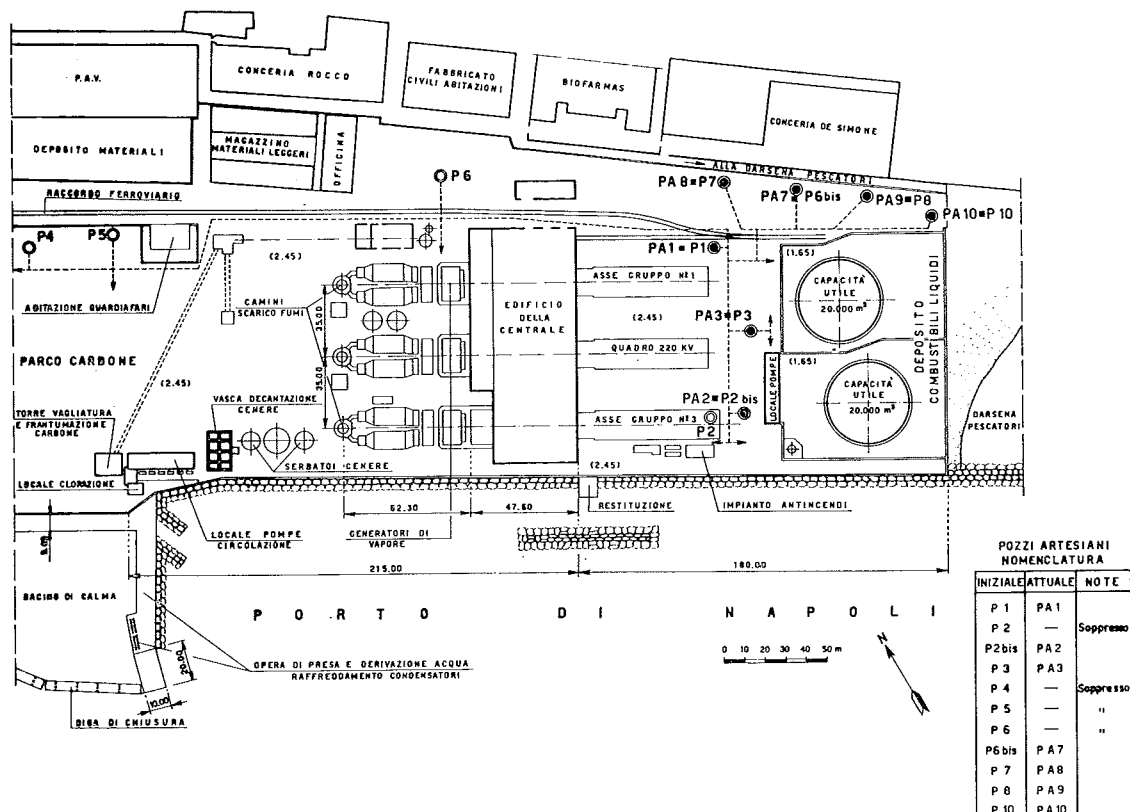


Fig. 2. - C.le Termoelettrica Napoli Levante - Planimetria generale con ubicazione pozzi artesiani per acqua industriale, in servizio o soppressi all'agosto 1972.

dalla relativa costruzione fino al febbraio 1972, 10 trivellazioni, con quota inferiore variabile da — 84,75 a — 100,30 m s.m., con un massimo per il P8 = PA9 a q. — 178,50, per la captazione di acqua industriale artesiaiana per gli usi di centrale [TEDESCHI, 1971b]. La relativa ubicazione è precisata in fig. 2, nella quale è anche riportata la posizione della più recente trivellazione PA10, eseguita nel periodo giugno-agosto 1972, di seguito illustrata.

2. Efficienza dei sopra citati pozzi artesiani all'inizio del 1972

All'inizio del 1972 la situazione reale, dal punto di vista dell'utilizzazione per i servizi di centrale, dei sopra citati 10 pozzi artesiani era la seguente:

- n. 4, inizialmente contrassegnati P2, P4, P5 e P6, abbandonati completamente perché incapaci di fornire ulteriormente apprezzabili portate idriche;
- n. 3, inizialmente contrassegnati P1, P2 bis e P3, non utilizzabili completamente se non per particolari usi ed in caso di emergenza, sia perché le caratteristiche delle acque emunte

andavano progressivamente peggiorando sia perché si verificavano, in maniera analoga, imponenti fenomeni d'invecchiamento, [TEDESCHI, 1971b] intesi come una riduzione del rendimento abbastanza rapida, corrispondente ad un notevole incremento delle depressioni o perdite a parità di portata;

- n. 3, inizialmente contrassegnati P6 bis, P7 e P8, presentavano, particolarmente il P7, una certa carenza nella disponibilità idrica.

In relazione, per superare questa situazione di disagio, venne deciso di intervenire procedendo sia alla costruzione di un ulteriore pozzo artesiaiano, ubicato in prossimità del P8, sia al miglioramento, per quanto possibile, delle prestazioni dei pozzi tuttora utilizzabili, anche parzialmente.

Per questi ultimi si prevede pertanto di verificare:

- lo stato di intasamento della parte inferiore;
- il grado d'invecchiamento, inteso come sopra specificato;
- le caratteristiche fisico-chimiche dell'acqua emunta, con esami effettuati su campioni provenienti da ogni singola falda captata, in quanto in tutti i pozzi, escluso il P8, sono state utilizzate due falde profonde.

PA3 = P3

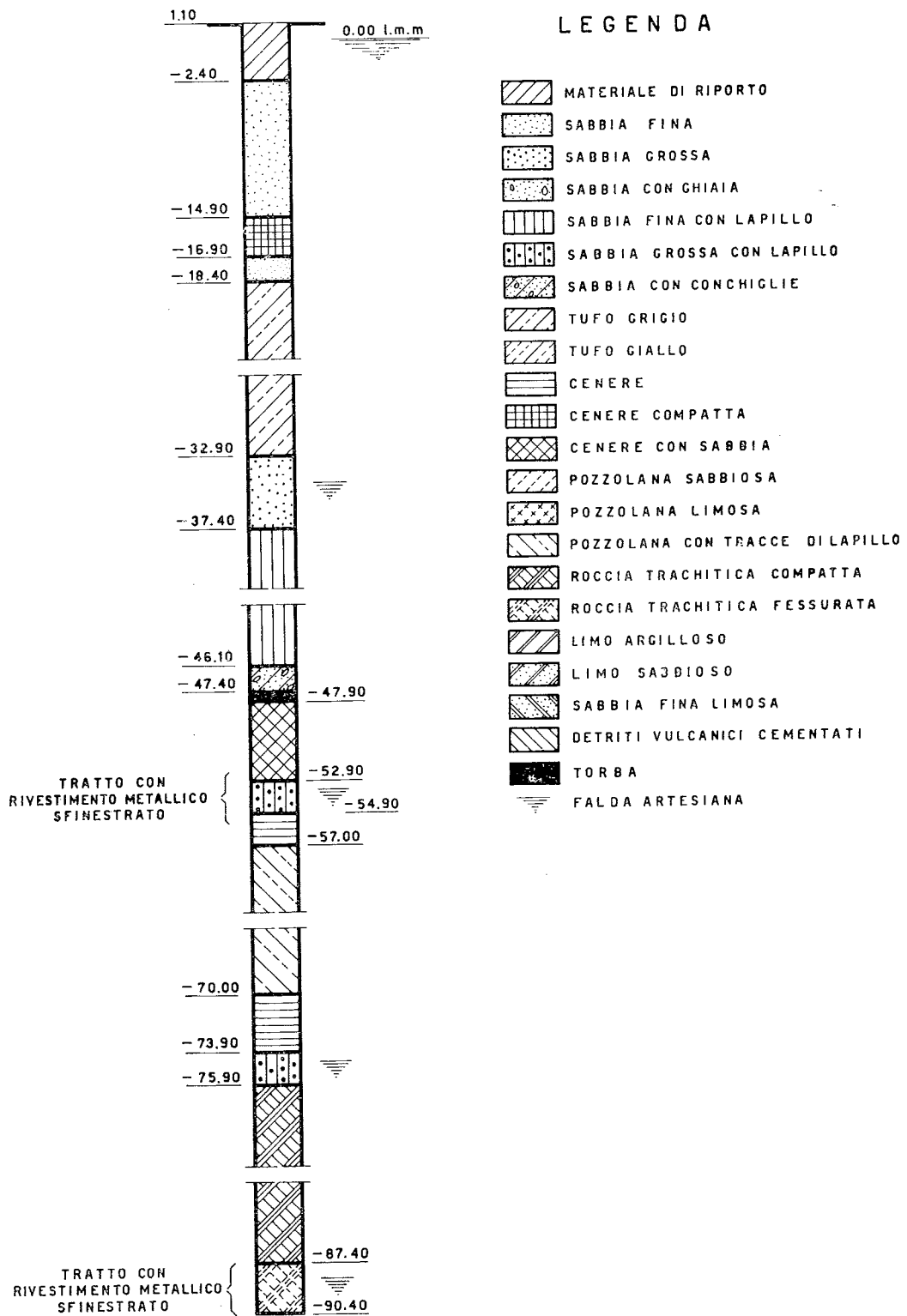


Fig. 3. - C.le Termoelettrica Napoli Levante - Pozzo artesiano PA3 = P3 - Stratigrafia con indicazione delle falde artesiane rinvenute e di quelle captate con l'inserzione di tratti opportunamente sfinestrati nel rivestimento metallico.

Non essendo disponibili per ragioni contingenti i pozzi P1, P2 bis P6 bis e P8 il complesso di determinazioni sopra elencato venne effettuato soltanto per quelli P3 e P7.

3. Prove sperimentali eseguite al PA3 = P3

La verifica dello stato d'intasamento della parte inferiore del P3 (fig. 3) consentì di riscontrare che

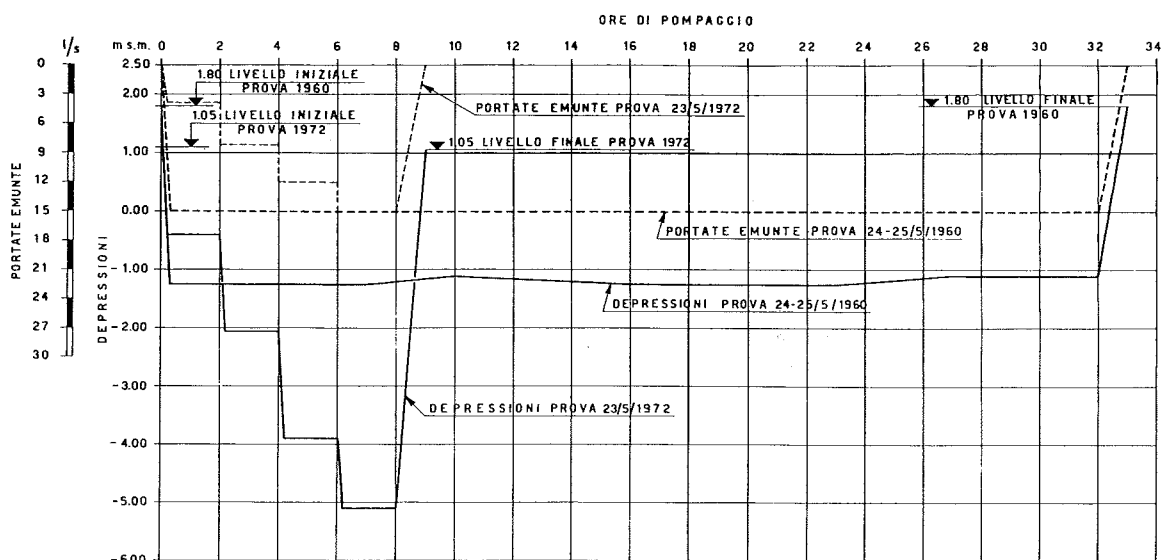


Fig. 4. - PA3 = P3 - Correlazione prove emungimento 1960 e 1972 - La prova 1960 è stata eseguita, a pozzo ultimato, con portata costante 15 l/s - La prova 1972 è stata realizzata con portate crescenti da 4 a 15 l/s prima di effettuare qualsiasi operazione di spurgo e ravvenamento - E chiaramente visibile l'« invecchiamento » del pozzo artesiano.

tutta l'altezza di rivestimento metallico sfinestrato, predisposto fra le q. — 87,40 e — 90,40 m s. m. in corrispondenza della più profonda falda artesiana captata, era completamente riempita da un deposito compatto costituito, dall'alto verso il basso, da sali di ferro, limo e sabbia.

Prima di procedere all'eliminazione di questo deposito, a mezzo delle attrezzature di norma impiegate, venne effettuata il 23-5-1972 una completa prova di emungimento i cui risultati sono riportati, insieme con quelli riscontrati nella prova del 24/25-5-1960, effettuate all'atto del completamento della costruzione del pozzo, in fig. 4.

È agevole osservare che a parità di portata emunta si è praticamente raddoppiata la depressione.

Inoltre le caratteristiche principali dell'acqua emunta avevano subito il notevole peggioramento precisato nella tab. I.

Asportato il materiale accumulatosi nella parte inferiore del pozzo sopra specificato, è stata ripetuta, il 25-5-1972, la prova di emungimento effettuata inizialmente. I relativi risultati, riportati in fig. 5, consentono di affermare che l'operazione di spurgo effettuata ha avuto benefica influenza sul rendimento del pozzo essendosi ridotte, per le portate sperimentate di 4, 8, 12 e 15 l/s, le depressioni corrispondenti a 0,86; 0,87; 0,91 e 0,95 di quelle precedenti.

Per ottenere un ulteriore miglioramento del rendimento suddetto si potevano seguire due vie:

TABELLA 1

P3 - Variazioni delle caratteristiche chimiche principali dell'acqua emunta

Caratteristiche chimiche principali	Maggio 1960	Maggio 1970
DUREZZA TOTALE °F	42	225
ALCALINITA' TOTALE (C _a CO ₃) p. p. m	418	1125
CLORURI (come Cl) p. p. m	80	1400

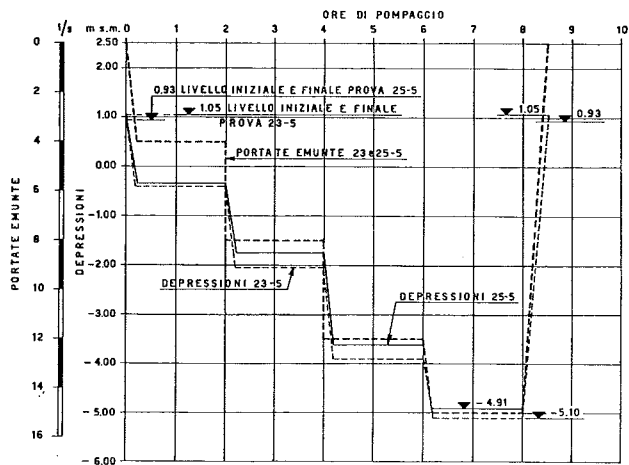


Fig. 5. - PA3 = P3 Correlazione prove emungimento 23-5-1972, a pozzo intasato nella parte inferiore in corrispondenza della falda più profonda captata (Falda IV), e 25-5-1972 dopo il completamento delle operazioni di spurgo, di cui è visibile il modesto benefico effetto.

- emungimenti prolungati a portate crescenti con intercalati notevoli periodi di fermata;
- lavaggio con acqua in pressione dei filtri in ghiaia, a suo tempo predisposti in corrispondenza dei tratti sfinestrati della tubazione metallica di rivestimento del pozzo, impiegando apposite idonee attrezzature.

Il primo sistema era stato sperimentato nell'ottobre 1969 alla fine della costruzione del P7, contrassegnato attualmente PA8 (fig. 2), per il quale si verificò l'anomalia che gli emungimenti finali, utilizzando le due falde profonde captate, davano luogo, a parità di portata, a depressioni maggiori di quelle riscontrate per ciascuna falda separatamente.

Venne allora effettuato un pompaggio, prolungato per 11 giorni, con una durata media giornaliera di emungimento di 12 ore, a portate variabili, in ciascun giorno, da 0 a un massimo progressivamente crescente nel tempo.

I risultati ottenuti con questo pompaggio, proseguito fino ad ottenere depressione tendenzialmente costante per ciascuna portata sperimentata, sono riportati nella fig. 6, dalla quale è agevole dedurre che il sistema adottato, anche se lento, ha sufficientemente risposto allo scopo.

Infatti fra l'inizio e la fine delle prove eseguite le depressioni si sono ridotte, ordinatamente per le portate sperimentate di 8, 12 e 15 l/s, a 0,63; 0,60 e 0,73 di quelle iniziali, rientrando di nuovo in limiti accettabili.

In relazione alle esigenze funzionali della centrale termoelettrica si ritenne di dover adottare il

lavaggio dei filtri in ghiaia, di cui sopra, rinviando ad epoca successiva, se necessario, l'effettuazione

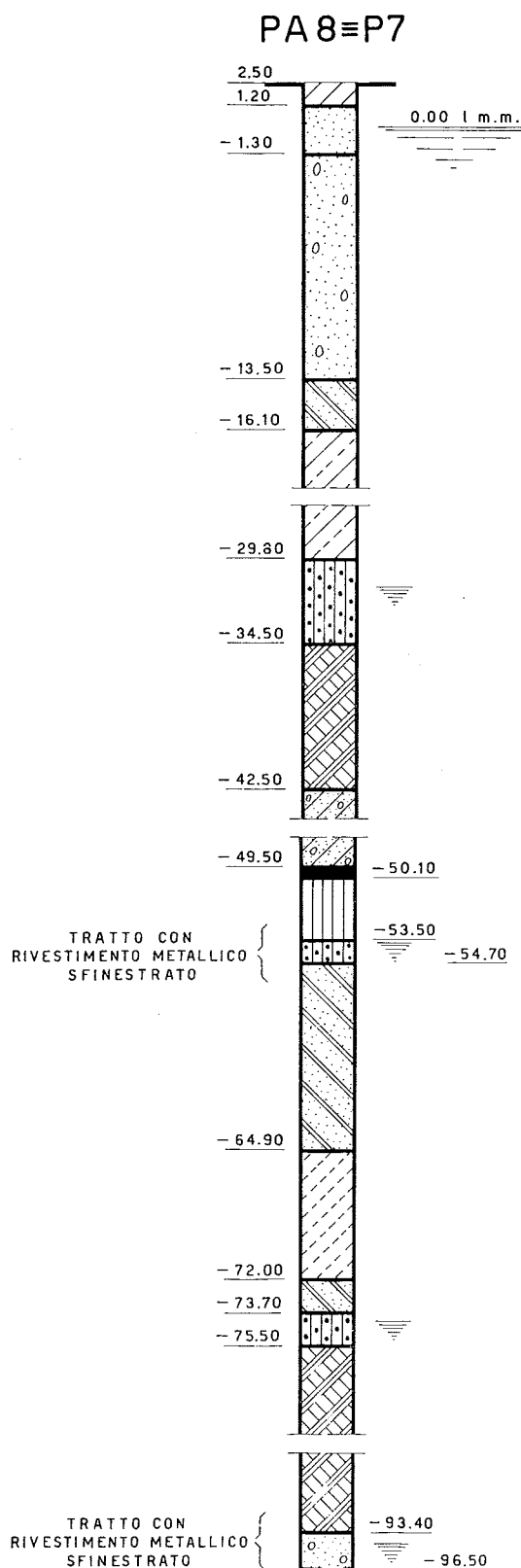


Fig. 6 a. - PA8 = P7 - Stratigrafia e prove di emungimento prolungato 10/21-10-1969 - Nella stratigrafia sono indicate le falde artesiane rinvenute e quelle captate con l'inserzione di tratti opportunamente sfinestrati nel rivestimento metallico.

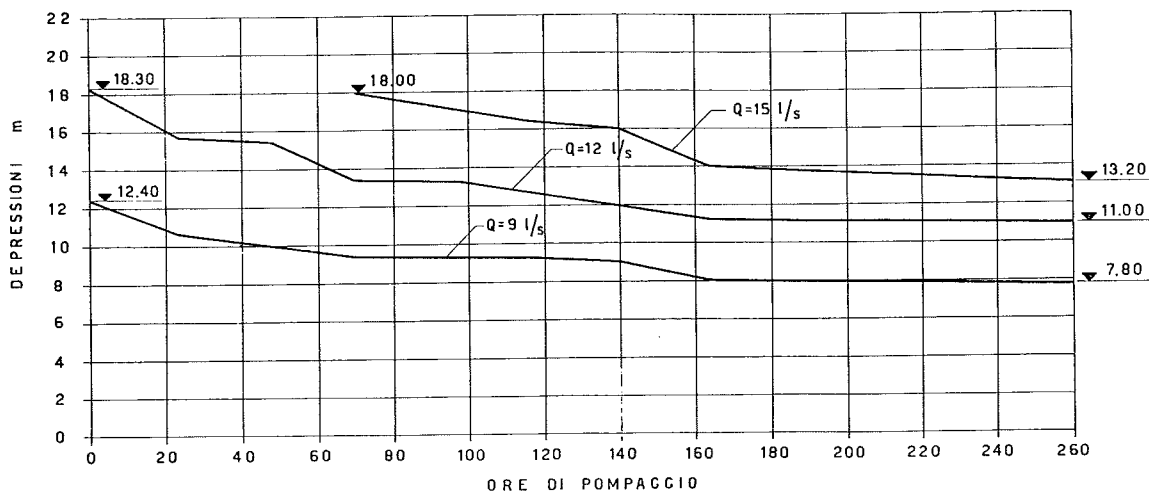
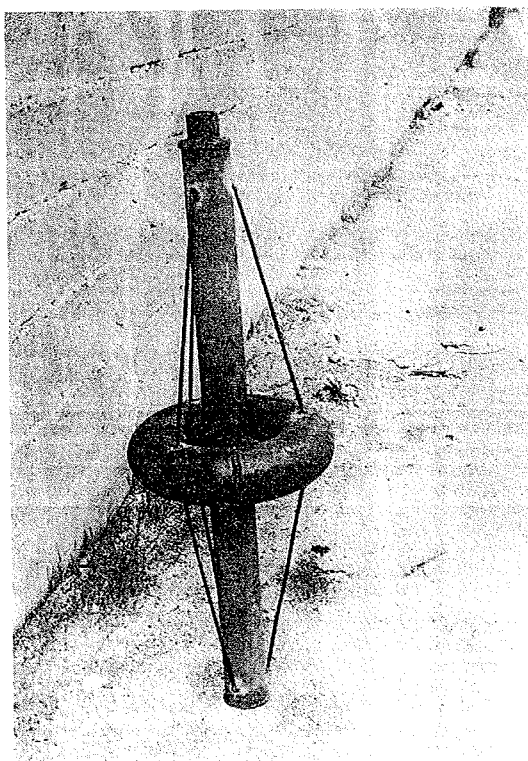


Fig. 6 b. - Diagramma delle prove di emungimento prolungato: sono agevolmente rilevabili le riduzioni di depressione ottenute.

di un pompaggio prolungato del tipo sopra descritto.

All'uopo venne realizzata un'attrezzatura (fig. 7),



a. Vista d'insieme.

del tipo utilizzato in casi analoghi [HORTA SANTOS, 1970], atta a consentire l'iniezione di acqua sotto pressione in corrispondenza dei tratti sfinestrati sopra menzionati.

L'attrezzatura, metallica, elettrosaldata, consiste in:

- un distributore torico, di diametro esterno 550 mm in relazione a quello di 600 mm del rivestimento metallico del pozzo, realizzato con elementi in acciaio zincato di diametro 4", sul cui equatore, all'esterno, sono praticati 8 fori equidistanti di diametro 4 mm;
- un dispositivo di alimentazione costituito da



b. Vista del distributore torico.

Fig. 7. - Attrezzatura metallica, elettrosaldata, per il lavaggio con acqua in pressione dei filtri in ghiaia, a suo tempo predisposti in corrispondenza dei tratti sfinestrati della tubazione metallica di rivestimento del pozzo. L'attrezzatura è composta da un distributore torico, di diametro esterno 550 mm, sul cui equatore, all'esterno, sono praticati 8 fori equidistanti di diametro 4 mm, un dispositivo di alimentazione e un insieme di elementi d'irrigidimento superiori ed inferiori.

un tronco di tubazione in acciaio zincato di diametro 4" da cui si dipartono due analoghi tubi di diametro 2", che si inseriscono, all'interno, sull'equatore del suddetto distributore, al di sotto del quale il tubo di alimentazione è prolungato per 0,40 m e termina con un tappo a vite, che consente lo scarico delle eventuali

particelle pesanti depositatesi e delle acque di lavaggio;

— un insieme di elementi d'irrigidimento, superiori ed inferiori, in acciaio per c. a. di diametro 12 mm.

All'estremità superiore dell'attrezzatura è predisposto il collegamento della tubazione di alimentazione, di diametro 2", in acciaio zincato, riunita con apposito dispositivo di sospensione all'argano di manovra e con adatto raccordo in gomma armata al gruppo elettropompa.

Il dispositivo di sospensione suddetto, realizzato per il varo ed il sollevamento dell'attrezzatura, consentiva di effettuare, in corrispondenza dei sopra menzionati tratti sfinestrati un leggero movimento oscillatorio intorno all'asse verticale, onde investire, per quanto possibile uniformemente, tutte le superfici da trattare.

La manovra di sollevamento avveniva con velocità dell'ordine di 40 cm/h circa per avere durate notevoli di lavaggio, dell'ordine di alcune ore.

Nelle operazioni effettuate venne impiegata una portata dell'ordine di 3 l/s con una pressione maggiore di circa 2 kg/cm² del carico idrostatico massimo agente sul filtro da risanare.

Completato il ciclo di lavaggio, previsto di due passate per filtro, si procedette nei giorni 29-5 e 5-6-1972 a nuove prove di emungimento con modalità identiche a quelle delle precedenti analoghe prove.

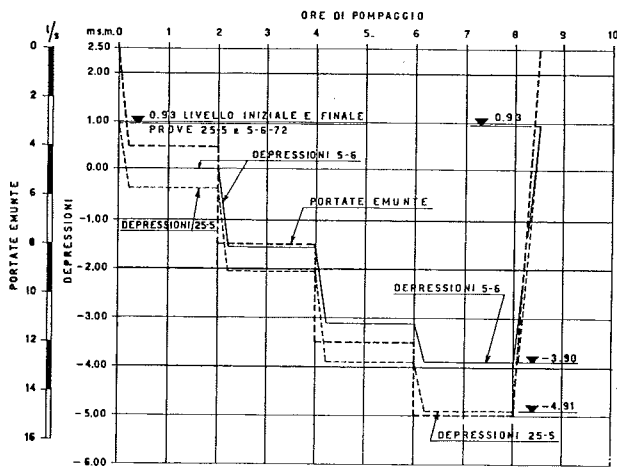


Fig. 8. - PA3 = P3 - Correlazione prove emungimento 25-5-1972, dopo il completamento delle operazioni di spurgo della falda più profonda captata (Falda IV) e 5-6-1972 dopo il lavaggio dei filtri, in ghiaia, esterni al rivestimento metallico del pozzo, effettuato con l'attrezzatura illustrata in fig. 7. E chiaramente visibile la notevole riduzione di depressione ottenuta.

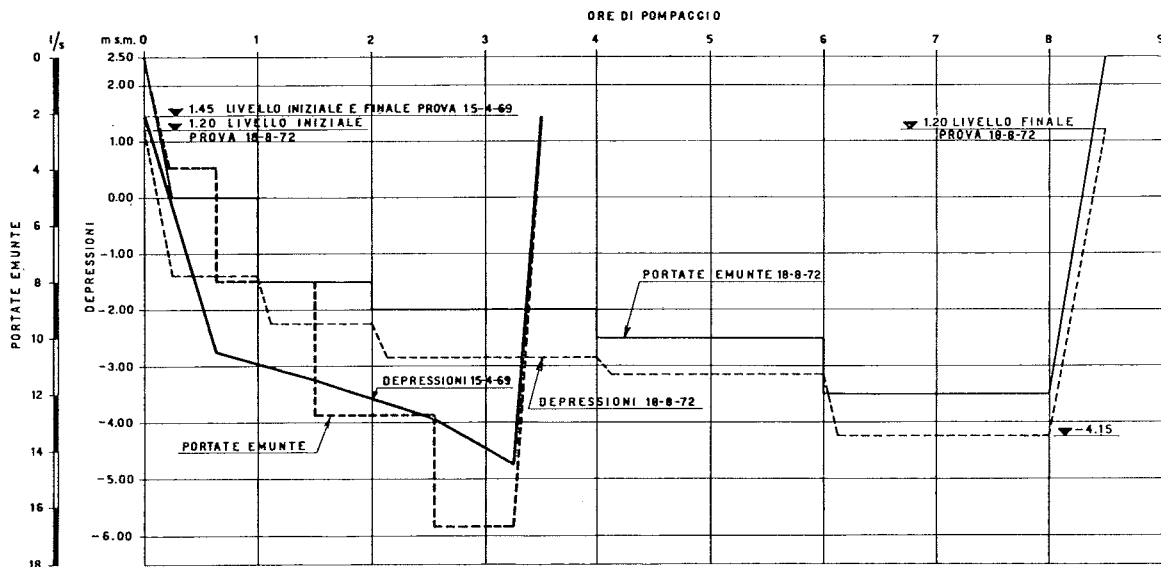


Fig. 9. - PA2 = P2 bis - Correlazione prove di emungimento 15-4-1969 e 18-8-1972 - Queste ultime sono state effettuate dopo il lavaggio dei filtri, in ghiaia, esterni al rivestimento metallico del pozzo, eseguito con l'attrezzatura illustrata in fig. 7 - Il confronto dei due diagrammi consente di osservare il benefico effetto delle operazioni di lavaggio che hanno eliminato l'effetto d'invecchiamento del periodo aprile 1969 - agosto 1972 e migliorato del 14 % circa le condizioni riscontrate il 15 aprile 1969.

I relativi risultati, riportati in fig. 8, indicano una sensibile efficienza del procedimento adottato essendosi ridotte le depressioni massime, ordinatamente in corrispondenza delle portate sperimentate di 4, 8, 12 e 15 l/s, a 0,71; 0,91; 0,88 e 0,83 di quelle misurate alla fine degli emungimenti precedenti a pozzo spurgato.

In totale le operazioni eseguite portarono ad un sensibile miglioramento in quanto, in definitiva, le depressioni, come sopra specificate, si ridussero a 0,61 ;0,80; 0,81 e 0,79 circa di quelle in atto prima del loro inizio e misurate il 23-5-1972.

Nonostante gli incoraggianti risultati ottenuti si ritenne opportuno, in relazione alle necessità funzionali della centrale termoelettrica, rimandarne ad epoca successiva il proseguimento.

Tuttavia il miglioramento ottenuto nel P3 in esame e quelli verificatisi in altri casi analoghi (fig. 9) consentono di poter ritenere che i sistemi sopra illustrati di « emungimento prolungato » e di « lavaggio con acqua in pressione » (jetting development) sono atti allo scopo e che pertanto il fenomeno d'invecchiamento dei pozzi può essere contenuto prevedendo d'intervenire tempestivamente ogni volta che le depressioni a parità di portata presentino un incremento stabile, non dovuto a cause contingenti chiaramente individuabili, dell'ordine del 20-25 %.

4. Attrezzatura per l'isolamento di singole falde artesiane

Talvolta nei pozzi artesiani, come ad esempio in quello contrassegnato PA8 in fig. 2, sono utilizzate due falde profonde.

Per l'esecuzione di operazioni di controllo sulle caratteristiche di portata e su quelle fisico-chimiche dell'acqua emunta nelle condizioni suddette o analoghe si può verificare la necessità di dover eseguire le relative determinazioni separatamente per ciascuna falda captata.

Nel caso in esame venne utilizzata l'attrezzatura d'isolamento, di seguito sommariamente illustrata, poco costosa, di agevole realizzazione e di facile impiego, che ha risposto pienamente allo scopo e che, con opportuni accorgimenti, può consentire di risolvere, in pratica, i problemi del tipo sopra specificato.

L'attrezzatura suddetta, da affondare alla profondità necessaria nell'interno del pozzo da sperimentare, è rappresentata in fig. 10 ed è stata realizzata con:

— un complesso di sostegno e guida durante le

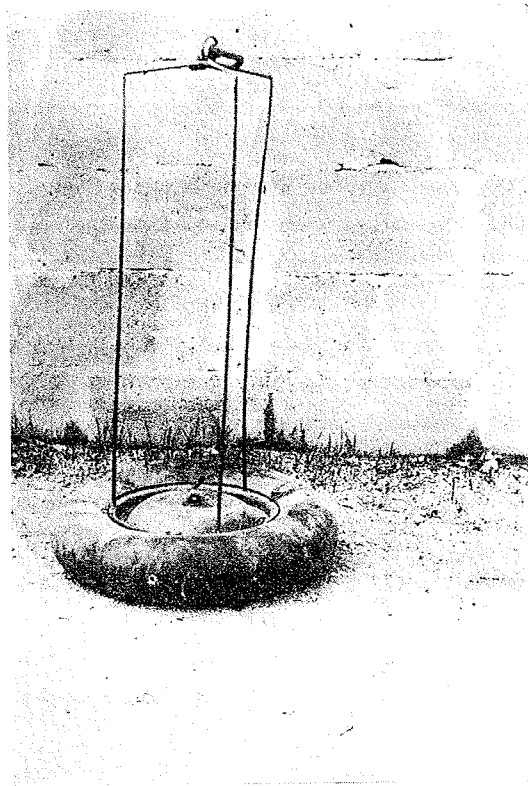


Fig. 10. - Attrezzatura per l'isolamento di falde artesiane, costituita da un complesso di sostegno e guida durante le manovre di varo e sollevamento, un dispositivo metallico opportunamente sagomato per costituire sicuro alloggiamento di una guarnizione tubolare rigonfiabile a distanza. — Vista d'insieme.

manovre di varo e sollevamento, costituito da una intelaiatura in tondini d'acciaio per cemento armato, del diametro di 12 mm, collegati con elettrosaldature fra loro e all'anello di sospensione, in tondino del tipo predetto di diametro 12 mm, cui viene assicurato il cavetto portante, di tipo antitorsione e di diametro 6 mm, dell'argano di manovra;

- un dispositivo metallico opportunamente sagomato (nel caso in esame un cerchione per ruota d'automobile di adatto diametro) per costituire sicuro alloggiamento di una guarnizione tubolare rigonfiabile a distanza. Questo elemento metallico, di diametro alquanto inferiore a quello del rivestimento del pozzo, dovrà costituire diaframma a tenuta ed essere alquanto pesante per potere essere affondato con sufficiente rapidità e regolarità. Nel caso in esame sono state impiegate lamiere d'acciaio opportunamente sistemate per formare anche idoneo contrappeso;
- una guarnizione tubolare, rigonfiabile a distanza, collegata ad una bombola di gas o aria in pressione, munita di sensibile regolatore di

pressione, mediante adatto tubo in gomma e tenuta in sede durante l'affondamento con normali elastici di fissaggio e sostegno, onde evitare che possa sporgere oltre il bordo del dispositivo metallico sopra descritto ed in conseguenza venire a contatto, lacerandosi, contro le eventuali irregolarità del rivestimento del pozzo come incrostazioni o sbavature dei bordi delle fenditure delle parti sfinistrate o delle saldature che uniscono fra loro i singoli elementi del rivestimento predetto.

Questa guarnizione tubolare realizza una perfetta tenuta in dipendenza della sua estrema capacità di adattamento alla relativa superficie di contatto.

Nel caso in esame sono state utilizzate camere d'aria per auto e ossigeno in pressione contenuto in una normale bombola metallica munita di regolatore del tipo usato per i cannelli da taglio.

Il dispositivo ha risposto pienamente allo scopo mostrandosi di agevole manovrabilità e perfetta efficienza.

5. Caratteristiche della nuova trivellazione profonda

La nuova trivellazione profonda, contrassegnata PA 10 in fig. 2, è stata realizzata utilizzando come tubazione di rivestimento finale la tubazione di manovra, nel periodo luglio-agosto 1972.

La stratigrafia dei terreni attraversati, riportata in fig. 11, è in tutto corrispondente a quelle delle analoghe trivellazioni profonde precedentemente eseguite: in relazione, come nelle più recenti di esse, è stata captata la sola falda IV, incontrata alla q. — 94,50 m s.m. e non è stata estratta la predetta tubazione di manovra allo scopo di evitare i possibili inconvenienti derivanti sia dalla formazione dei drenaggi con idoneo materiale lapideo calibrato sia dalla realizzazione di cementazioni a varie profondità.

Pertanto anche per questo pozzo è stata eseguita la cementazione della sola falda freatica e si ritiene che il manto metallico continuo aderente alla superficie dello scavo ed immerso nella roccia di fondo costituisca sufficiente garanzia contro ogni eventuale infiltrazione delle falde artesiane intermedie, come talvolta verificatosi per i suddetti pozzi analoghi.

Nella fig. 12 sono riportati i diagrammi portate-depressioni relativi alle prove di emungimento effettuate per la necessaria « taratura iniziale » del pozzo e per la determinazione della portata mas-

sima di esercizio da esso derivabile, risultata di 20 l/s.

Come indicato nella figura è stata eseguita una

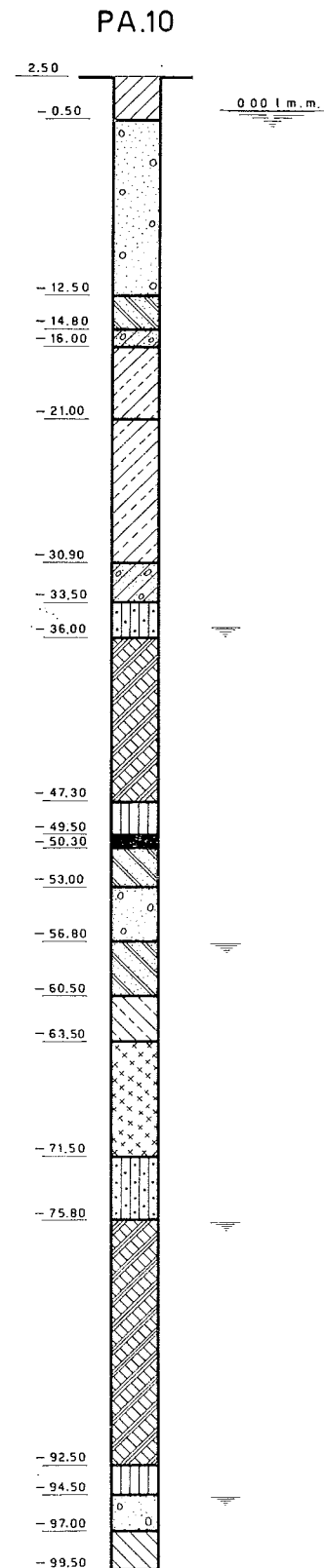
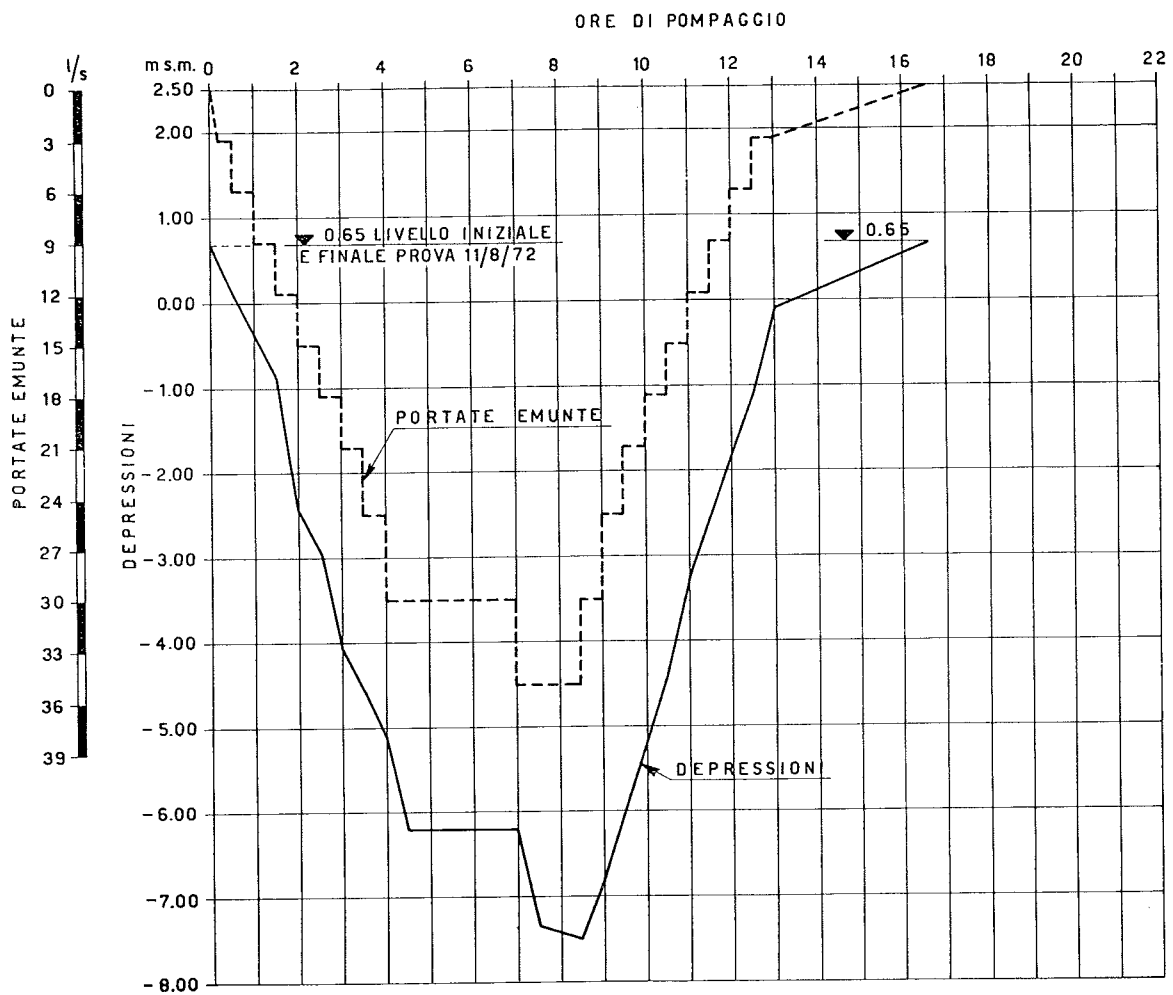
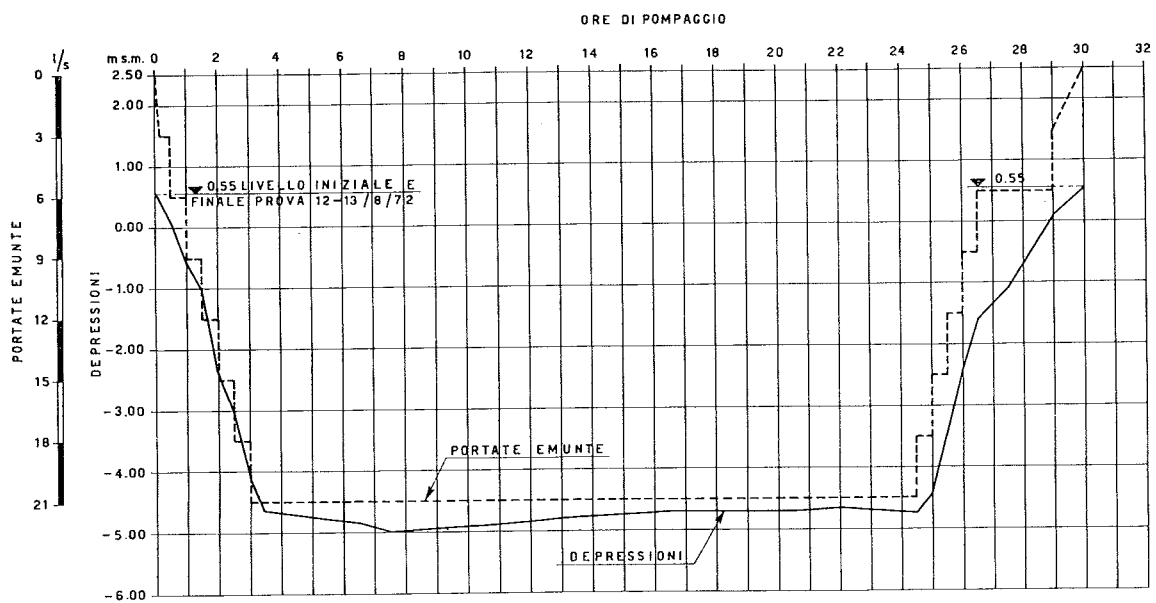


Fig. 11. - Trivellazione profonda PA10, eseguita nel periodo luglio - agosto 1972 - Stratigrafia con indicazione falde artesiane.



a



b

Fig. 12. - PA10 - Prove di emungimento. — a. Con portate crescenti, effettuata l'11-8-1972. — b. Con portata costante 21 l/s, effettuata nei giorni 12/13-8-1972.

prima prova con portate crescenti fino a raggiungere un valore massimo stabilito in relazione o al valore della portata massima da emungere o a quello della depressione massima ritenuta ammissibile.

Successivamente è stata effettuata una prova con portata costante dell'ordine di quella massima d'esercizio prevista.

BIBLIOGRAFIA

- HORTA SANTOS F. V. (1970) - *Well Development*. Atti Convegno Internazionale sulle acque sotterranee. Palermo.
- TEDESCHI C. (1971a) - *Le opere d'ingegneria civile della Centrale Termoelettrica Napoli Levante*. L'Energia Elettrica, n. 1.
- TEDESCHI C. (1971b) - *Trivellazioni profonde per la captazione di acqua industriale per la Centrale Termoelettrica Napoli Levante*. Rivista Italiana di Geotecnica, n. 4 bis.

SUMMARY

Wells obsolescence and remedial measures at Napoli Levante thermal power plant

The industrial water for the thermo-electric power plant of Napoli Levante is supplied by a system of deep artesian wells, reaching depths of 85 to 180 m below ground level. In five years of operation the wells underwent a progressive deterioration both in the quantity and quality of

water supplied; Author reports on remedial measures adopted to restore the well system efficiency.

Measures included internal washing and jetting under an excess water pressure of 2 kg/cm²; jetting was performed through an expressly developed packer. Such procedure was successful in increasing the wells' discharge by 20-25 %.

Finally, the system has been further integrated by a new well, whose characteristics are reported.