

V - PROGRAMMA DI RICERCA SISTEMATICA PER ACCERTARE LE
CARATTERISTICHE GEOIDROLOGICHE DELLA PENISOLA SALENTINA

Il progetto redatto dall'Ente a seguito dei risultati emersi dalle prime indagini, di cui si è dianzi detto, rappresentava pertanto un vero e proprio programma di studio, da compiere attraverso un intervento sistematico in tutto il territorio, per mezzo di pozzi, opportunamente ubicati e costruiti, e di successivi accertamenti idrologici, miranti alla conoscenza più completa delle caratteristiche di rinvenimento e delle modalità di impiego relative alla "falda profonda" dell'intero territorio fin qui preso in esame.

Detto progetto, datato 25 ottobre 1950, prevedeva l'esecuzione di 153 pozzi, per uno sviluppo totale di m 10.195 di trivellazione disposti in tutta la fascia costiera, che a partire dalla destra del fiume Ofanto, aggira la Penisola Salentina per risalire fino alla foce del fiume Bradano, mantenendosi quasi sempre soggiacente alla isoipsa 50; nella pianura messapica si prevedevano invece pozzi fino a quota 60. Tali disposizioni scaturivano da criteri di indole economica, in base ai quali si ravvisava conveniente l'impiego delle acque sotterranee a fini irrigui solo per sollevamenti non superiori ai 50+ 60 metri.

Le perforazioni venivano previste fin dal principio con sistema a carotaggio continuo, al fine di avere una perfetta campionatura delle formazioni geologiche interessate. Ciò allo scopo di rendersi ben conto del reale comportamento idrogeologico del sottosuolo interessato dalle trivellazioni stesse.

Nel progetto era altresì prevista l'esecuzione di misure di portata e controlli vari durante l'emungimento, al fine di rilevare le eventuali variazioni di portata e della salinità delle acque emunte nel tempo.

Tale progetto veniva quindi inoltrato per il finanziamento alla Cassa per il Mezzogiorno, dove la Delegazione Speciale del Consiglio Superiore dei LL.PP., con voto del 5/2/1951, procedeva all'approvazione di esso, facendo peraltro le osservazioni che seguono:

- Poichè il problema, come del resto tutti quelli che trattano di acque sotterranee, è complesso e non sembra potersi risolvere agevolmente, bisognerebbe innanzitutto stabilire per ogni pozzo trivellato la curva delle portate emungibili, nonchè il grado di salinità delle acque estratte. Questo darebbe modo di determinare la portata massima erogabile dal pozzo, compatibilmente con il grado di salinità dell'acqua. Occorre poi per determinate zone esaminare fino a che punto il prolungato pompaggio di acque da un pozzo possa influenzare il regime del pozzo vicino, e, inoltre occorre accertare il comportamento generale della falda con prolungati e continui emungimenti praticati da una rete di pozzi disposti tutti in una stessa zona.
- Evitare l'irreparabile danno di un generale emungimento della falda fino ad abbassare il livello delle acque dolci fino alla massa acquifera salmastra di fondo, inutilizzabile per l'irrigazione.
- Sembra quindi opportuno stabilire un programma di interventi tenendo conto di quello già effettuato da privati, in base al quale siano acconsentiti quegli esperimenti necessari per fornire tutti gli elementi necessari per il razionale e sicuro sfruttamento della falda profonda.
- E' necessario, pertanto, procedere con gradualità nella realizzazione del piano accennato e nella estensione di esso a tutto il territorio, mentre d'altro canto sembra opportuno prendere più particolareggiatamente in esame determinate zone, tipicamente importanti. A titolo di orientamento vengono indicate quella tra Barletta e Trani, quella intorno a Bari, quelle striscie di terra che dall'Adriatico vanno allò Jonio, comprendendo Lecce, Nardò e la zona della Stornara.
- Il piano di trivellazione dovrebbe essere realizzato per gradi, cosicchè ottenuti i primi risultati, dovrebbe essere possibile spostare l'ubicazione di taluni pozzi, in un primo tempo stabilito nel progetto approvato, sopprimendone eventualmente o aggiungendone dei nuovi, in conformità delle constatazioni fatte e dall'esame economico-agrario delle possibili e convenienti utilizzazioni.

- Alla sorveglianza di questa attività deve essere preposto il Servizio Idrografico Centrale.

Con queste direttive il progetto veniva quindi approvato e finanziato dalla Cassa per il Mezzogiorno.

Per rendere più spedita l'esecuzione dei lavori questi venivano divisi in cinque lotti ed eseguiti gradualmente tra il 1952 ed il 1956. Data la particolare delicatezza dell'indagine, avente fondamentalmente carattere di studio, l'Ente riteneva altresì opportuna la nomina di una Commissione di esperti consulenti, al fine di garantire un migliore svolgimento dei lavori ai fini preposti.

A far parte di detta Commissione venivano chiamati il prof. ing. Pietro Frosini, Presidente della IV Sezione del Consiglio Superiore del Ministero dei LL.PP., l'ing. Giovanni Marchetti, Capo Servizio Idrografico Centrale, ed il Direttore dell'Ufficio Idrografico di Bari ('), il prof. ing. Felice Ippolito, Ordinario di Geologia Applicata dell'Università di Napoli, il prof. ing. Edoardo Orabona ed il prof. Ottaviano Bottini, rispettivamente Ordinari di Idraulica e Chimica Agraria nella Università di Bari. In un secondo tempo (1955) veniva aggregato alla Commissione il prof. Carlo Morelli, Ordinario di Geodesia e Geofisica della Università di Bari.

La Commissione si riuniva quindi, per la prima volta, il 3 novembre 1951 dando inizio ai lavori di ricerca con le direttive qui riassunte:

- Premesso che attraverso l'esame dei pozzi censiti nella Penisola Salentina ed i risultati ottenuti dalle prime ricerche geoidrologiche, già svolte dall'Ente, si sono andati raccogliendo via via elementi generali sempre più utili sul carattere dei principali fenomeni acquiferi della regione ed, in particolare, sulle modalità tecnologiche idonee alla esecuzione di pozzi attingenti alla cosiddetta "falda profonda", si ri

(') Direttore di questo Ufficio è stato fino all'autunno 1955 l'ing. Luigi Di Stefano, quindi l'ing. Renato Lonoce.

tiene che un buon sfruttamento di quest'ultima possa aversi solo interessando con la perforazione il banco dei calcari fessurati, per uno spessore sufficiente in relazione al grado di fratturazione della roccia. Si ritiene pure che l'abbondanza della falda rinvenuta con un pozzo non è sempre indice di una soddisfacente qualità dell'acqua che la costituisce.

Le modalità tecniche di esecuzione dei singoli pozzi influiscono altresì sui risultati delle indagini in maniera diversa da caso a caso, di talchè si ravvisa la necessità di dedicare, nella ricerca da espletare, particolare attenzione e cura all'aspetto tecnologico del problema.

- Nonostante sia noto che la circolazione acquifera nei calcari avviene attraverso fessure, talora di tipo carsico, vale a dire cioè entro formazioni fornite di "permeabilità in grande", nelle quali l'interferenza tra pozzi vicini è nella maggioranza dei casi nulla, pur conviene procedere ad una prova in merito, allo scopo di convalidare tale opinione.
- E' opportuno, date le caratteristiche geoidrologiche del territorio da investigare, non concentrare le perforazioni in determinate zone, di ampiezza limitata, ma piuttosto procedere via via, nel corso delle indagini, alla estensione di una maglia di pozzi che interessi un pò tutto il territorio soggetto a ricerca.
- Conviene infine che le ricerche si inizino in quelle zone particolarmente interessanti dal lato idrogeologico, ovvero laddove più urgenti risultano i bisogni di acqua a scopo agrario. Qui conviene eseguire tutte le perforazioni che si riterranno necessarie per la completa conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche locali, passando successivamente alle restanti zone, fino all'esaurimento del numero delle perforazioni previste nella perizia di indagine.

In effetti i lavori di ricerca venivano suddivisi, come si è già detto in precedenza, in cinque lotti distinti, il primo dei quali aveva inizio con lo studio della falda, a nord di Barletta verso l'Ofanto, e precisamente con l'esecuzione di alcune perforazioni su entrambe le sponde del fiume; il secondo lotto aveva inizio con le ricerche nella zona a monte della sorgente Idume; il terzo lotto aveva inizio nella zona di Gallipoli; il quarto lotto nella zona costiera fra Porto Cesa-

reo e la sorgente Boraco; il quinto lotto nella zona del Tara, in sinistra del fiume Bradano.

Con i finanziamenti previsti dal progetto del 25/10/1950 (importo dei lavori £. 289.738.000) non si riusciva ad eseguire tutte le 153 perforazioni fissate nel detto progetto, ma bensì solo 83, poichè mediamente le perforazioni venivano spinte a profondità sensibilmente maggiori di quelle in un primo tempo previste e ciò soprattutto in conseguenza delle quote di rinvenimento dei calcari cretaci, talora notevolmente al disotto del piano campagna.

Per la fascia costiera jonica, compresa fra Taranto ed il fiume Bradano e nella zona circostante alla città di Taranto, veniva pertanto presentata una perizia suppletiva in data 3/2/1953, approvata successivamente dalla Cassa per il Mezzogiorno per un importo di £. 161.578.000. Inoltre, al fine di completare le ricerche nella zona costiera adriatica tra Brindisi ed Otranto, veniva redatto in data 16/3/1953, un progetto per il completamento delle ricerche nella zona del secondo lotto, approvato successivamente dalla "Cassa" per un importo di £. 173.315.000.

In totale sono stati quindi eseguiti, con finanziamento della "Cassa" n.143 pozzi, ai quali vanno aggiunti quelli eseguiti precedentemente dall'Ente, nelle ricerche svolte con fondi del Ministero dell'Agricoltura e Foreste.

Sulla scorta dei primi risultati, relativi a questo intervento di studi e ricerche, l'Ente Irrigazione ha eseguito poi altri 104 pozzi, anch'essi attingenti alla falda profonda nel territorio in esame, per conto della Sezione Speciale per la Riforma Fondiaria. Questi ultimi sono stati ubicati nelle diverse aziende della Riforma nella Penisola Salentina, specie negli Agri di Brindisi, di Avetrana e di Nardò, e, nonostante le **ubicazioni risultassero** laddove le precedenti ricerche avevano già dato risultato positivo, essi hanno consentito di ottenere nuovi utili elementi di giudizio sui caratteri idrogeologici della regione in istudio. (Tavola VII).

Modalità tecnologiche adottate nella esecuzione dei pozzi di ricerca.-

L'esperienza acquisita attraverso i primi interventi di ricerca localizzati, svolti dall'Ente negli anni precedenti, faceva sì che la attuazione del programma di ricerche sopra descritto si svolgesse sulla base di metodi tecnologici e di studio già sperimentati e ritenuti idonei ai fini dell'indagine in questione.⁽¹⁾ In questa sede, perchè meglio si comprendano i risultati che appresso verranno elencati, si riassume brevemente la metodologia eseguita nelle ricerche svolte.

I pozzi, eseguiti tutti con trivellazione meccanica a carotaggio continuo, (Figure 12 e 13) sono stati eseguiti con diametri tali da consentire la posa in opera di adeguati impianti di sollevamento sommersi.

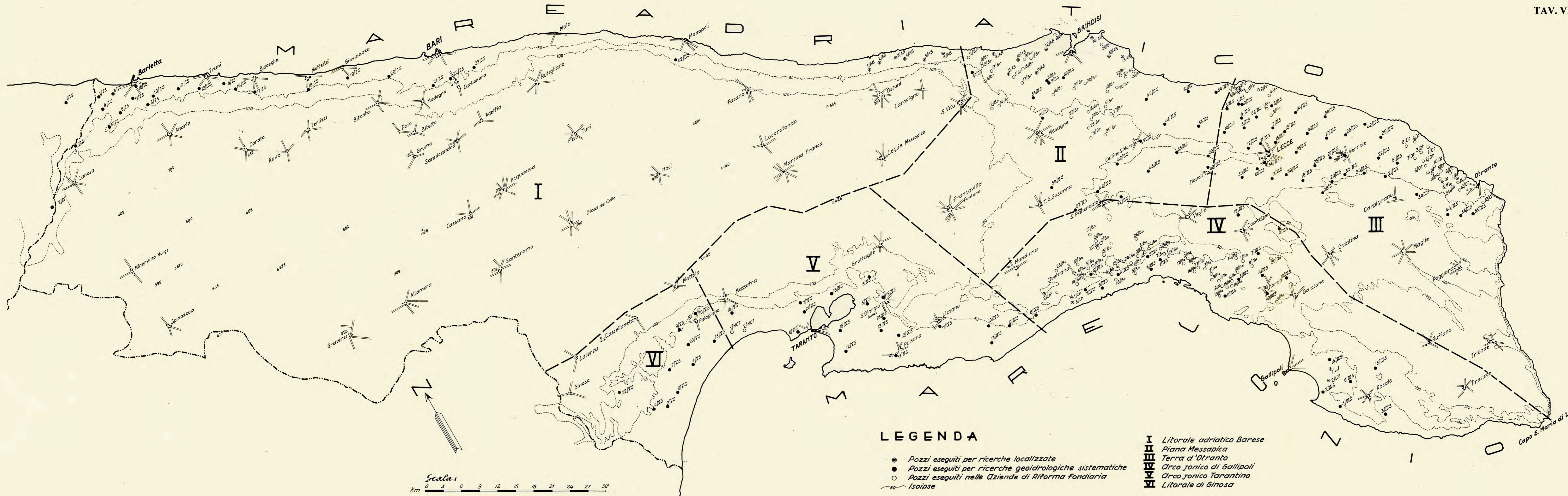
Il rivestimento dei perfori, con tubazioni in lamiera di acciaio (spessore 5 m/m) del diametro di circa 300 m/m, ha consentito normalmente il montaggio di pompe atte all'emungimento di 40 + 50 lt/sec, con una prevalenza di 50 + 60 metri.

Il diametro fissato per le tubazioni di rivestimento si è dimostrato il più conveniente, considerato che i cantieri, operanti in lavori di ricerche di acque sotterranee, consentono agevolmente l'impiego di diametri di perforazione atti ad eseguire un tale rivestimento.

Per consentire inoltre un buon emungimento, si è ritenuto opportuno approfondire generalmente e mediamente la perforazione fino a circa 15 + 20 metri sotto la quota piezometrica della falda rinvenuta, con diametri tali da poter porre in opera tubazioni di rivestimento aventi un diametro di circa 300 m/m.

Per quanto riguarda il rivestimento dei pozzi con tubazioni in lamiera di acciaio saldata o trafilata, indipendentemente dalla natura della roccia attraversata, il perforo è stato rivestito fino a qualche

(1) L.ZORZI - "Tecnologia ed impianti per la ricerca delle acque sotterranee in Puglia e Lucania" - Roma - Consiglio Nazionale delle Ricerche 1953. "Criteri di indagine e valutazione per la razionale utilizzazione delle risorse idriche sotterranee in Puglia, Lucania, Irpinia e Basso Molise" - Congresso dell'Unione Geodetica e Geofisica Internazionale Commissione dell'Idrologia scientifica - Roma - Settembre 1954.



LEGENDA

- Pozzi eseguiti per ricerche localizzate
- Pozzi eseguiti per ricerche geoidrologiche sistematiche
- Pozzi eseguiti nelle Aziende di Riforma Fondiaria
- - - Isoipse

- I Litorale adriatico Barese
- II Piana Messapica
- III Terra d'Otranto
- IV Arco jonico di Gallipoli
- V Arco jonico Tarantino
- VI Litorale di Ginoza

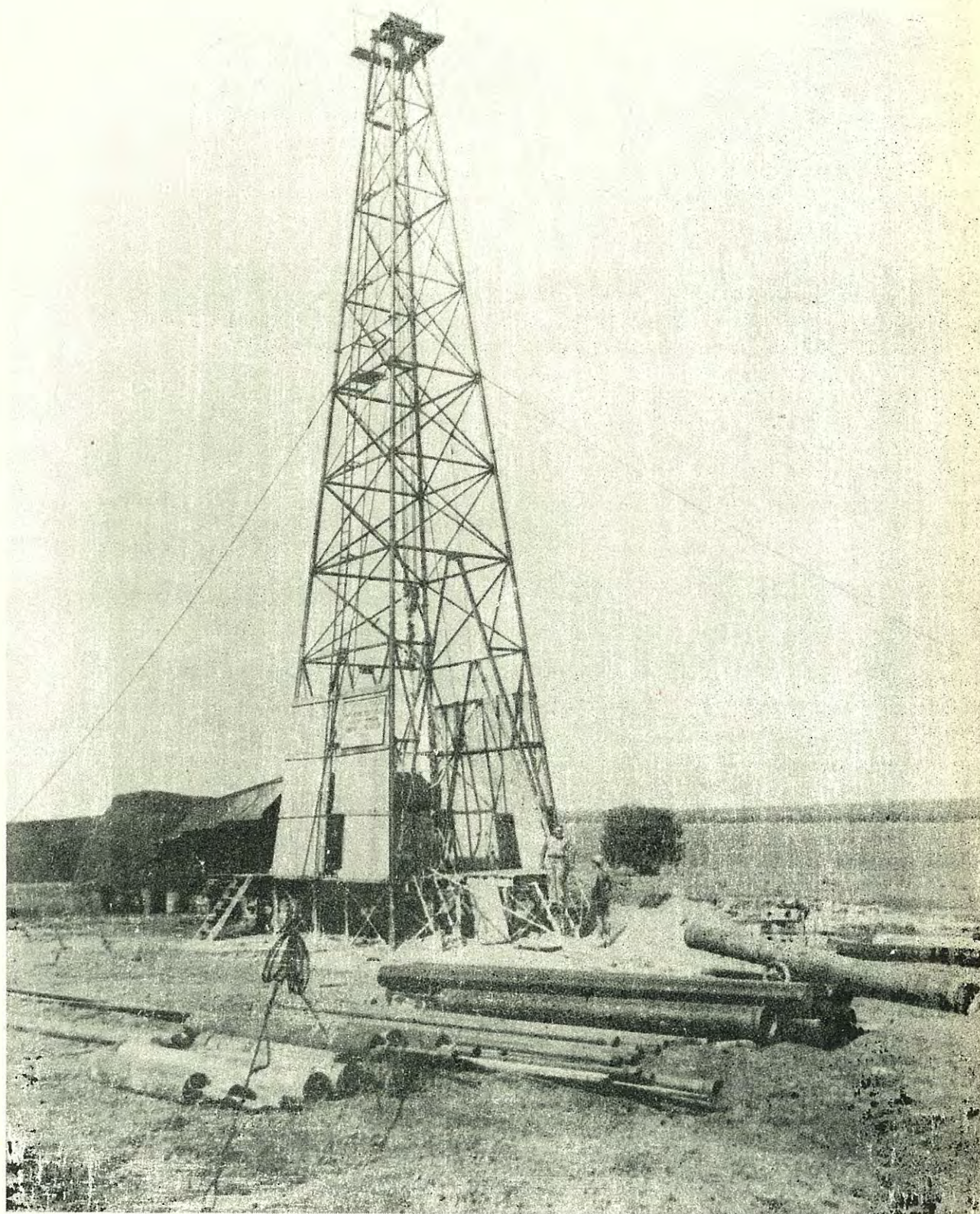


Fig. 12

Impianto di perforazione comunemente adottato per l'esecuzione dei pozzi di ricerca della "falda profonda".

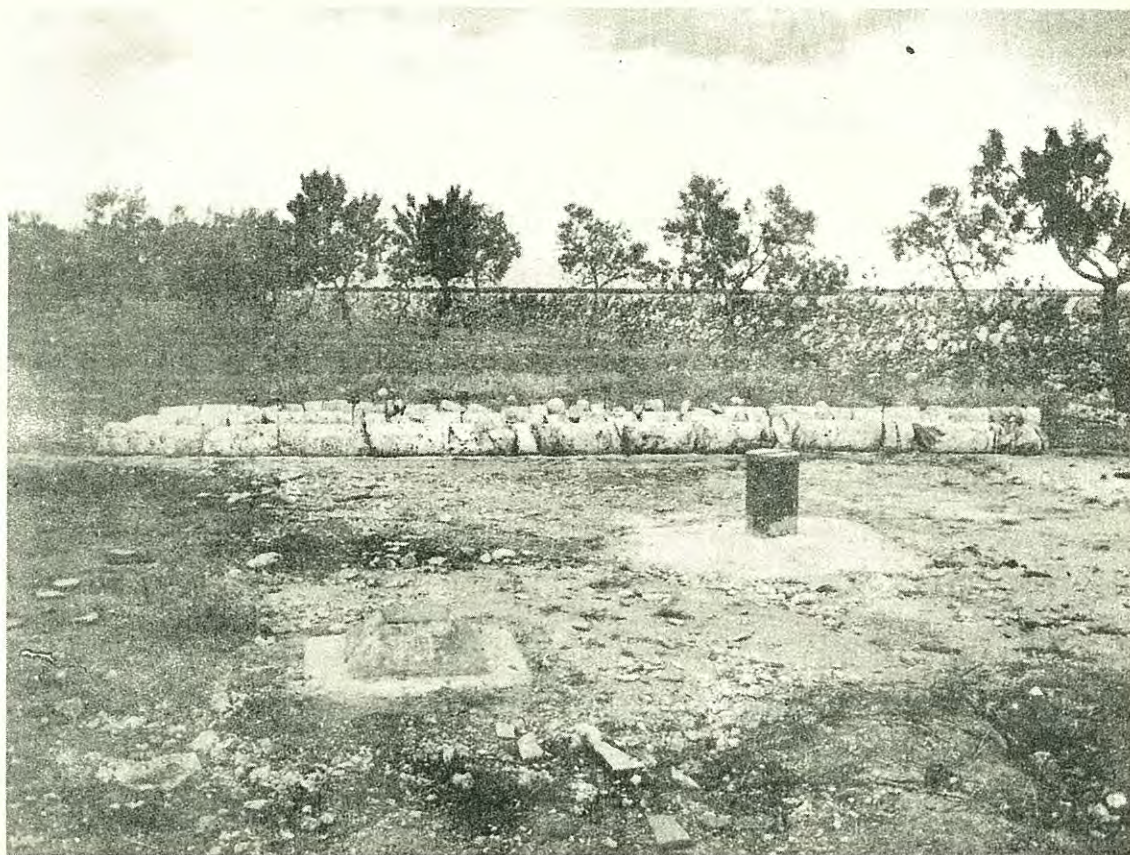


Fig.13

Serie di carote costituenti la stratigrafia di un pozzo di ricerca ultimato con ϕ 300 m/m (pozzo 5/III/S in agro di Nardò, provincia di Lecce).

metro oltre la quota di posa dell'impianto di sollevamento allo scopo di proteggere le attrezzature da eventuali frane; inferiormente alla quota di posa dell'impianto di sollevamento, il rivestimento con tubazioni metalliche si è reso necessario solo in rari casi, e precisamente laddove si sono rinvenute formazioni calcaree terrose, scarsamente resistenti, o altri tipi di roccia facilmente franabili.

In corrispondenza della formazione acquifera, le tubazioni di rivestimento sono state sfinestate con feritoie di opportune dimensioni. In nessun caso si è reso necessario il rivestimento delle tubazioni sfinestate con tessuto "Reps" in rame stagnato - che si impiega invece per tubi filtro in terreni sciolti sabbio-ghiaiosi - data la natura delle rocce fessurate acquifere. Per la stessa ragione non si sono usati dreni costituiti da ghiaietto posto in opera nell'intercapedine perforo tubazioni di rivestimento e filtri speciali di altro tipo.

Laddove, dopo aver attraversato una falda superiore poggiate su un banco di roccia impermeabile si è spinto il perforo al disotto di tale banco, nel tentativo di aumentare le portate di acque disponibili, ed è stata invece rinvenuta al fondo del pozzo acqua salata, si è fatto ricorso a cementazioni alla base del pozzo, allo scopo di isolare la falda soprastante da acque inferiori da scartare. Il procedimento più frequentemente impiegato a tale scopo è stato quello che, facendo a meno di speciali attrezzature, provvede all'intasamento del perforo con materiale dei più vari (detriti di rocce in genere), fino a qualche metro sotto la quota alla quale si vuole cementare.

Intasato successivamente il perforo, per circa un metro, con dell'argilla fortemente battuta con un attrezzo speciale (ad es. con una cucchiaia di spurgo con valvola di fondo bloccata) è stata colata nel pozzo una miscela cementante (circa 50 litri di acqua più un quintale di cemento tipo 500 più 1 Kg di soda caustica per accelerare la presa) disposta alla quota voluta con una curetta o attraverso le aste di perforazione. Sopra tale tappo di cemento, dello spessore minimo di 3 o 4 metri, è stato collocato un tappo di legno, per prevenire il possibile dilavamento del cemento posto in opera. Ciò fatto, il pozzo è stato lasciato in quiete per almeno una settimana.

Per quanto riguarda gli accertamenti idrologici, svolti una volta terminata la perforazione di ciascun pozzo, particolare rilievo è stato dato alla variazione della depressione del livello statico dell'acqua nel pozzo in funzione dei diversi emungimenti, il che è stato espresso mediante le cosiddette "curve caratteristiche", vale a dire cioè con diagrammi nei quali sono riportate sulle ordinate le portate emunte e sulle ascisse le corrispondenti depressioni del livello dell'acqua. (Figura 14).

Allo scopo di rendere una idea di massima del tempo occorrente per raggiungere, per ciascuna portata, la condizione di regime, sono stati poi tracciati sperimentalmente i diagrammi portate-tempo, i quali rappresentano altresì indirettamente una conferma del grado di permeabilità della roccia nella quale ha sede la falda. Tutto ciò limitato, però in ogni caso solo alla data nella quale ha avuto termine l'esecuzione del pozzo, il che naturalmente non fornisce dati attendibili per il caso in cui si voglia sfruttare la falda profonda per un lungo periodo di tempo (più mesi consecutivi e per mezzo di pozzi funzionanti tutti assieme).

Fra gli ulteriori dati da rilevare al termine di ciascuna perforazione, già in sede di organizzazione dei lavori, erano state previste dalla Commissione le modalità di prelevamento di un certo numero di campioni di acqua da ciascuno dei pozzi che si sarebbero perforati, da servire per la valutazione del tasso salino e delle eventuali sue variazioni nel corso del pompaggio.

Sulla questione la Commissione ritornò a circa un anno di distanza dall'inizio dei lavori (17 giugno 1952) e propose che, ferme restando le direttive impartite in precedenza, almeno nei casi più caratteristici, l'analisi chimica non rimanesse limitata all'apprezzamento del residuo salino e del clorocione, ma fosse estesa alla determinazione dei maggiori costituenti: proponeva inoltre che le analisi di quest'ultimo tipo venissero eseguite presso l'Istituto di Chimica Agraria dell'Università di Bari.

In realtà, quelle che la Commissione richiedeva, erano delle analisi complete; e caratteristico era da considerare ciascun caso affrontato, e cioè ciascun pozzo perforato: per cui praticamente l'analisi chimica completa è stata effettuata su tutte le acque che si sono

DIAGRAMMA · PORTATE - DEPRESSIONI

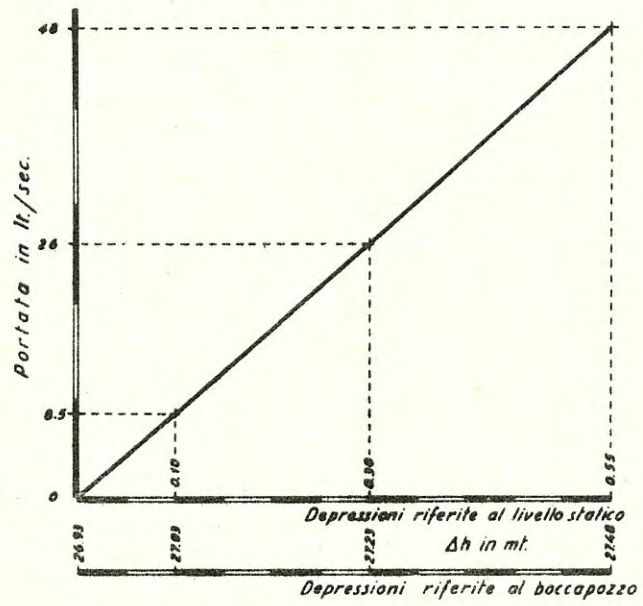


Fig. 14

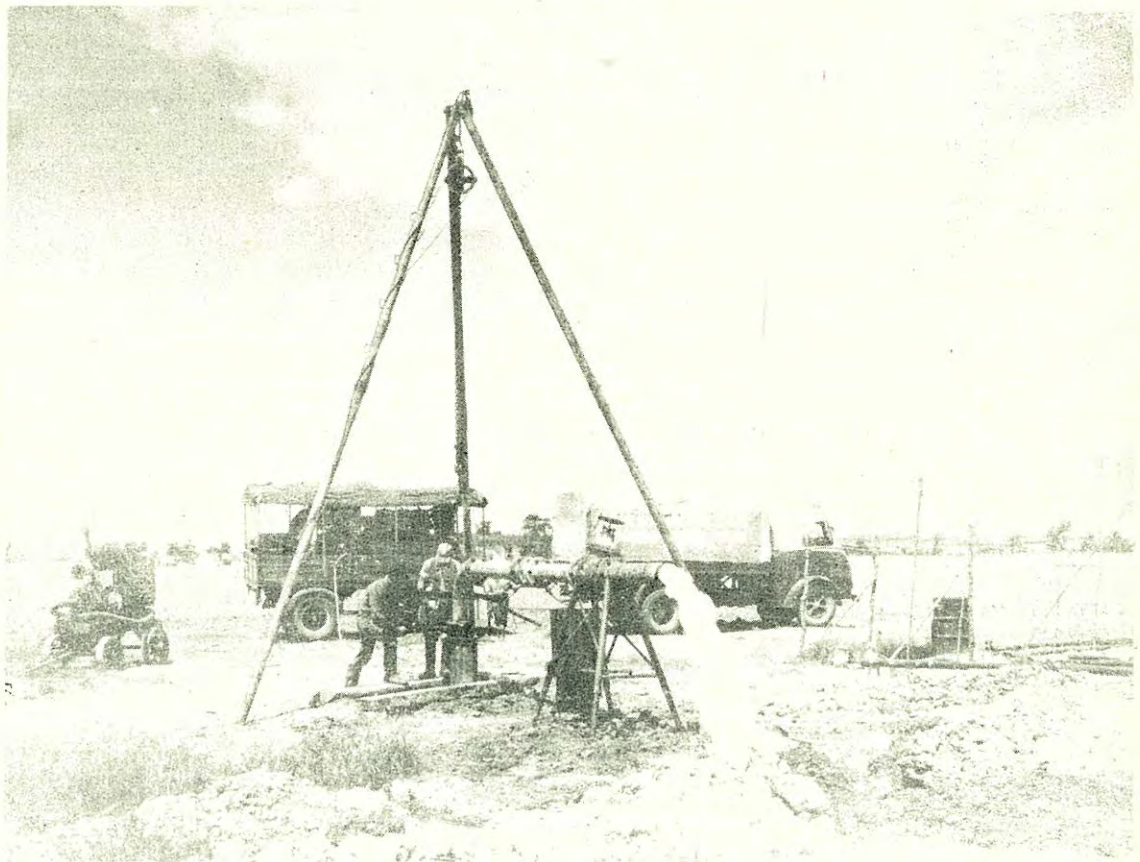


Fig. 15

Gruppo per misure di portata dell'Ente Irrigazione.

andate via via reperendo.

Generalmente l'esame chimico è stato svolto sui campioni prelevati in fase di emungimento prolungato per 18 + 24 ore, a portata costante e talora anche variabile nel tempo.

Tutti gli accertamenti idrologici sono stati svolti per mezzo di apparecchiature autotrasportate su appositi "gruppi di portata" forniti, come si è detto in precedenza, di elettropompe col motore elettrico sommerso, alimentato in genere da un gruppo elettrogeno. (Figura 15).

Per quanto riguarda infine la scelta degli impianti di sollevamento da adibire in via definitiva nei vari pozzi costruiti, il problema, visto soprattutto sotto l'aspetto economico e in rapporto alle numerose variabili da cui esso dipende - portate, depressioni, altezza del sollevamento, tipo di energia di cui si dispone - è stato studiato accuratamente dal prof. ing. Roberto Breglia, dell'Università di Bari, con particolare riferimento ai casi riscontrati nella pratica delle ricerche svolte, onde si rimanda a tale studio specifico, recentemente pubblicato nei documenti dell'Ente ('), per qualsiasi dettaglio in merito.

(') - Prof. ing. Roberto Breglia: "Impianti per il sollevamento delle acque sotterranee" - Pubblicazione n.8 dell'Ente Irrigazione.

VI - RISULTATI CONSEGUITI DALLE RICERCHE SVOLTE

La elencazione, descrizione e discussione dei dati relativi alla vasta e sistematica ricerca geoidrologica che qui si descrive tiene conto non soltanto dei 153 pozzi di ricerca, cui si è accennato nel detto programma di indagini, ma altresì di oltre 100 pozzi perforati per conto della Sezione Riforma Fondiaria e accentrati in determinate zone del Salento.

Le ricerche, alle quali fanno riferimento le osservazioni e considerazioni che seguono, hanno avuto principalmente lo scopo di approfondire le conoscenze in merito alle modalità geoidrologiche secondo cui si esplicano i vari fenomeni connessi alla "falda profonda" di quella parte della Puglia compresa fra l'Ofanto e S.Maria di Leuca. Esse però, come dimostrano le stratigrafie ed i dati idrologici caratteristici che per brevità non si riproducono qui acclusi, forniscono interessanti notizie anche in merito a talune falde acquifere superficiali, contenute in terreni arenacei, tufacei e sabbiosi del Miocene, Pliocene e del Pleistocene, falde che nulla hanno a che vedere in genere con la falda di fondo, ma che in non pochi casi larga parte mostrano avere egualmente nelle possibilità di approvvigionamento idrico, a scopo irriguo e potabile, di estese zone della Penisola Salentina. Fra queste falde secondarie rilievo va dato a quelle contenute in alcune depressioni tufacee disposte in direzione appenninica nella terra d'Otranto.

Per quanto riguarda invece le conoscenze acquisite in merito alla "falda profonda", si ricorda ancora che esse riguardano principalmente le zone costiere e, in genere, tutte quelle altre comunque ricadenti al disotto della quota 60. Come più diffusamente si dirà alla fine della presente relazione, mancano elementi di giudizio precisi per le ragioni a quota superiore. Così, per esempio, nelle Murge barenesi - dove egualmente si ritiene certa la presenza di una "falda profonda" dotata di livello statico a quota di poco superiore al livello mare - allo stato delle conoscenze attuali non si può certo escludere la eventuale presenza di falde sospese a quote più elevate, di indubbio interesse economico per la Regione.

A questo punto, prima di passare alla elencazione particolareggiata dei dati riguardanti le singole zone prese in esame, è bene premettere quelle notizie, di carattere generale, scaturite dalla elaborazione degli elementi ottenuti dalle ricerche preliminari, già descritte, e di quelle stesse, che di qui a poco si descriveranno, in merito alle modalità di circolazione della "falda profonda" nei rapporti dell'acqua del mare.

Come si è potuto già notare, attraverso la esposizione dei risultati ottenuti dalle prime indagini effettuate qua e là nel Salento, prospettive non sempre favorevoli sono emerse nei riguardi della qualità delle acque di falda rinvenute.

Dei 153 pozzi di ricerca, risultano corredati di analisi chimica completa, 110 attingenti alla falda profonda inclusa nei calcari e 18 attingenti a falde incluse nelle formazioni arenacee plio-pleistoceniche della Terra d'Otranto; in eguale posizione si trovano inoltre 85 pozzi perforati per conto della Sezione Riforma Fondiaria, attingenti alla falda profonda inclusa nei calcari.

Presso i pozzi attingenti alla falda profonda, i residui salini accertati vanno da minimi dell'ordine di gr/lt 0,2 - 0,3 a massimi dell'ordine di gr/lt 38 - 40. Più precisamente, fissando una scala di gradi di salinità, ciascun grado interessa il numero dei pozzi ed i quantitativi di acqua appresso riferiti.

Salinità delle acque dei pozzi attingenti alla falda profonda

Grado di salinità gr/lt	Pozzi di ricerca		Pozzi perforati per la R.F.	
	Numero dei pozzi	Quantità di acqua lt/sec	Numero dei pozzi	Quantità di acqua lt/sec
1	34	1.195	14	477
1 - 2	24	1.120	46	1.687
2 - 3	19	706	16	498
3 - 4	8	333	3	103
4 - 5	6	135	-	-
5 - 6	-	-	-	-
6 - 7	2	105	2	63
7 - 8	2	91	-	-
8 - 9	-	-	2	82
9 - 10	1	36	-	-
10 - 12	1	38	-	-
12 - 15	1	2	-	-
15 - 20	2	64	1	5
20 - 30	3	78	-	-
30 - 40	7	102	1	52
Totale	110	4.005	85	2.967

Presso i 18 pozzi della Terra d'Otranto, attingenti a falde incluse nelle formazioni arenacee plio-pleistoceniche, i residui salini risultano costantemente compresi tra 0,2-0,3 gr/lt.

Oltre le ampie oscillazioni del residuo salino, una attenta considerazione dei valori analitici porta ancora a far intravedere una certa variabilità di composizione dei residui stessi: e più precisamente apprezzabili differenze nella reciproca partecipazione dei diversi sali alla composizione del tasso complessivo dei sali disciolti.

Ma meglio si prestano, a rilievi del genere, le composizioni centesimali dei residui analizzati; ed oltremodo significativo riuscirà la messa a confronto di tali composizioni con quelle di tre tipi di acque, da ritenere strettamente collegate con quelle considerate: acque piovane, acque di sorgente e acque di mare.

Composizione centesimale dei residui salini
di acque piovane, di acque di sorgente e di acque di mare

Costituenti	Acqua piovana %	Acqua di sorgente %	Acqua di mare %
Cl	12,00	9,27	55,25
SO ₄	5,33	4,28	7,60
CO ₃	44,00	49,12	0,25
Ca	24,00	25,27	1,29
Mg	4,00	7,83	3,67
K	2,66	0,36	1,17
Na	6,67	2,85	30,54

1. Acqua piovana raccolta a Lecce (residuo salino 0,075 gr/lt)
2. Acqua della sorgente Montenero (residuo salino 0,281 gr/lt)
3. Acqua marina prelevata sul litorale leccese (residuo salino 39,40 gr/lt).

Portando dunque a confronto con questi valori quelli delle composizioni centesimali dei residui delle acque analizzate, riesce facile rilevare quanto appresso: che, anche a parità di residuo, solo in numero limitato di casi le composizioni centesimali delle acque considerate tendono ad uniformarsi alla composizione centesimale dell'acqua di sorgente considerata; che i punti di contatto con le acque di sorgente tendono ad affievolirsi ulteriormente, a misura che i carichi complessivi dei sali disciolti prendono ad elevarsi intorno ad 1 gr/lt; che, al partire da valori superiori all'unità, e sempre più decisamente per tenori salini più elevati, le composizioni centesimali si vanno sovrapponendo, per buona parte dei costituenti, a quelle delle acque di mare.

Evidentemente, come risulta dall'analisi riferita, già nell'attraversare l'atmosfera le acque piovane incominciano ad assumere un certo carattere salso: carattere che prende a rafforzarsi allorchè le acque stesse toccano la terra o la roccia: sempre provviste di sale in quantità sensibili, a causa della particolare conformazione di gran parte della zona considerata, da più parti dominata e battuta da venti marini.

Le composizioni centesimali assumono tuttavia, come si diceva poc'anzi, caratteri simili a quelli delle acque di mare allorchè i residui salini prendono ad aggirarsi sul grammo/litro; e col progredire della consistenza, le somiglianze di composizione diventano sempre più profonde.

Di tali importanti situazioni si è occupata a fondo la Commissione: ne ha ricercato le cause e si è adoperata di definirne l'andamento, arrivando a quelle conclusioni che verranno qui di seguito esposte.

Le acque dolci, e più precisamente quelle circolanti nei calcari cretaci della regione, galleggiano sull'acqua di mare che

invade gli strati inferiori della formazione rocciosa. D'altra parte, se al fenomeno essenzialmente statico, dipendente dalla differenza di densità tra acqua dolce e acqua marina, si sommano l'aspetto dinamico, determinato dal defluire della falda verso il mare e dall'emungimento attraverso pozzi, e gli effetti di equilibrio relativi al mescolamento di soluzioni saline diverse ed allo scambio jonico con le rocce a contatto, si avrà un'idea della complessità del fenomeno da tenere in conto, qualora si vogliano stabilire le modalità di attingimento alla falda di acqua dolce evitando la captazione di acque salmastre.

Fenomeni analoghi a quello di cui si ha riscontro in Puglia sono stati esaminati e descritti da molti autori, relativamente a varie altre regioni europee ed extraeuropee.

Malgrado però la diffusione di tale fenomeno, di esso non esiste, dal punto di vista scientifico, una trattazione esauriente che consenta in ogni caso la facile e rapida risoluzione di un problema del genere.

Ciò è certamente dovuto alla molteplicità dei fattori dei quali occorre tener conto in una impostazione matematica del problema stesso.

Dello studio specifico del fenomeno, in occasione delle ricerche accennate, l'Ente Irrigazione incaricava, lo scrivente, il quale, in un apposito studio successivamente dato alle stampe (1) riferiva

(1) V. Cotecchia - "Influenza dell'acqua marina sulle falde acquifere in zone costiere, con particolare riferimento alle ricerche di acqua sotterranea in Puglia. Geotecnica; Vol.II. fasc. n.3, 1955.

sugli aspetti generali della questione, attraverso alcune considerazioni fondamentali sulla geoidrologia e geochimica delle acque sotterranee rinvenute in Puglia.

Contemporaneamente il dott.ing. Leopoldo Zorzi ed il geom. Camillo Reina, dell'Ente Irrigazione, in un apposito lavoro, pubblicato a cura della Cassa per il Mezzogiorno (1), riferivano ampiamente sulla ricerca e la utilizzazione delle acque sotterranee nella zona Adriatica compresa fra Lecce e Otranto, trattando anche in dettaglio i fenomeni connessi all'equilibrio delle acque dolci-acque salate.

Mentre si rimanda ai testi originali per notizie più dettagliate si espongono qui di seguito gli elementi fondamentali idraulici e geoidrologici del fenomeno dell'influenza dell'acqua marina sulla falda profonda.

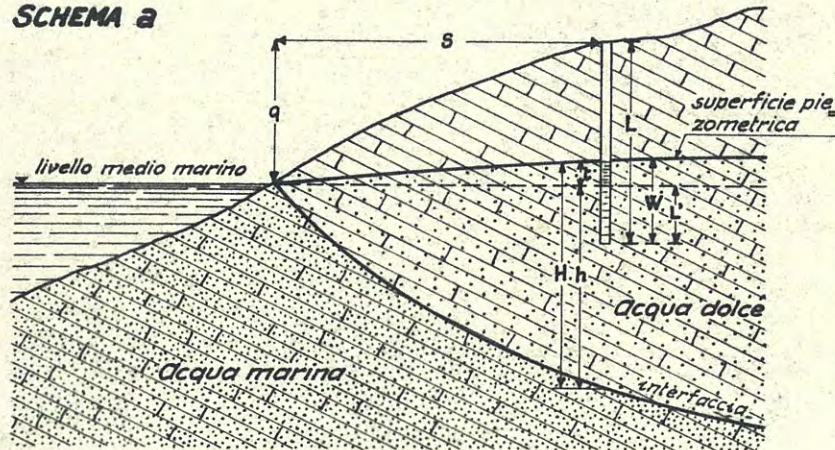
I fondamenti idraulici e geoidrologici del fenomeno della influenza dell'acqua marina sulla "falda profonda"

I primi studi ed esperimenti relativi a tale problema fanno parte della teoria di Ghyben e Herzberg, nota fin dal 1900. Secondo tale teoria, dove la costa è formata da rocce permeabili e la falda acquifera, alimentata dalle acque piovane, si rinviene a quota di poco superiore al livello medio marino, l'acqua dolce scorre generalmente verso il mare ed in prossimità della spiaggia si mescola all'acqua marina. Questa, in conseguenza della permeabilità delle rocce del continente, si rinviene entroterra alla base della falda freatica, a profondità sempre maggiori sotto il livello del mare, via via che ci si allontana dalla linea di spiaggia, di talchè l'acqua dolce, in virtù della sua densità, inferiore a quella del mare, flotta sull'acqua marina sotterranea, attraverso una superficie di contatto la cui giacitura è funzione, in ogni punto, della differenza di densità fra i due tipi di acque e della quota della falda freatica sul livello medio marino (Ta

(1) L.Zorzi e C. Reina : "Le acque sotterranee in terra d'Otranto" Editore a cura della Cassa per il Mezzogiorno nel 1955.

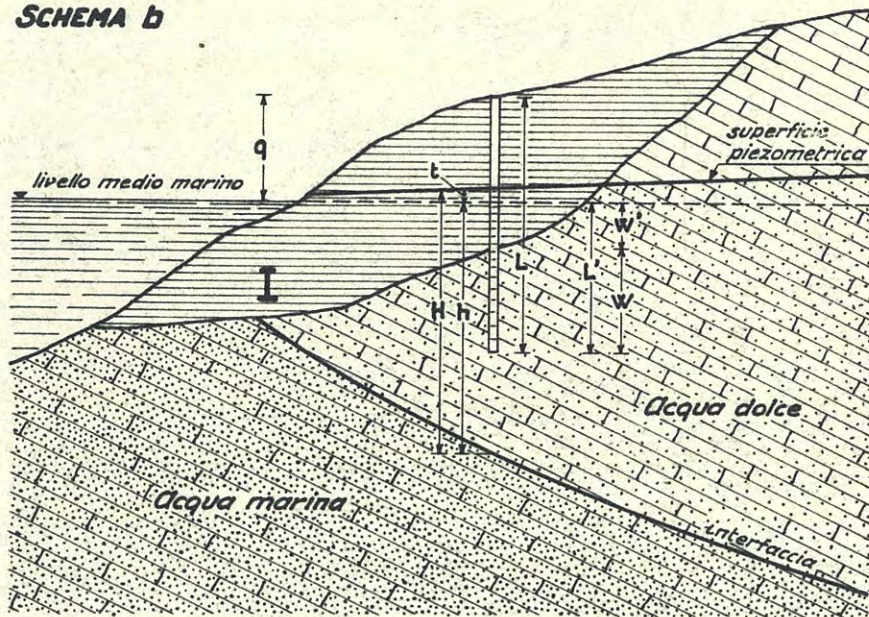
Schemi fondamentali secondo i quali si esplica il —
 contatto fra la falda di acqua dolce e l'acqua marina

SCHEMA a



$$\begin{aligned}
 h &= t \cdot 0.03 \\
 W &= L \cdot t \\
 l &= t \cdot S \\
 H &= h + t \\
 \pi - \pi' &= \frac{100(L \cdot t)}{(h + t)}
 \end{aligned}$$

SCHEMA b



$$\begin{aligned}
 h &= t \cdot 0.03 \\
 W &= L \cdot t \\
 l &= t \cdot S \\
 H &= h + t \\
 \pi &= \frac{100 W}{h - W} \\
 \pi' &= \frac{100(L \cdot t)}{h + t}
 \end{aligned}$$

vola VIII).

Perchè sia soddisfatto l'equilibrio idrostatico, una colonna H di acqua dolce, la cui densità si assume per semplicità eguale esattamente ad 1, è bilanciata da una colonna h di acqua marina, la cui densità sia ρ_s , se sussiste:

$$H \times 1 = h \cdot \rho_s$$

Essendo $H - h = t$ la quota della falda sul livello medio marino, si deduce:

$$h = \frac{t}{\rho_s - 1}$$

Invero da analisi chimiche eseguite su alcuni campioni di acqua di mare prelevati a distanza di qualche chilometro dai litorali adriatico e jonico della Puglia, le concentrazioni dell'ione Cl' risultano mediamente uguali a 21,25 gr/lt, per il mare Adriatico, ed a 21,75 gr/lt per il mare Jonio, di talchè, passando attraverso la nota formula di Knudsen, si ottiene per l'Adriatico:

$$\rho_s = 1,0311 \text{ Kg/lt e per l'Jonio } \rho_s = 1,0303 \text{ Kg/lt.}$$

A tali densità corrispondono valori di h eguali all'incirca a $32t + 33t$.

Proseguendo nella discussione della teoria di Ghyben e Herzberg, la maggior parte degli studiosi è concorde nel ritenere che il pompaggio dell'acqua dolce, galleggiante sull'acqua del mare, provochi un sollevamento della superficie di separazione, fra acqua dolce ed acqua salata, tanto maggiore quanto più elevata risulta la depressione della superficie libera della falda prodotta dal pompaggio. Delta superficie di separazione - che per semplicità vien detta "interfaccia" - si deformerebbe a forma di cono, con l'asse in direzione del pozzo e col vertice verso l'alto. Questo cono di acqua salata sposta e penetra quindi nella falda di acqua dolce soprastante, onde ad esso viene assegnata la denominazione di "cono d'intrusione". Il sollevamento massimo del vertice di questo cono starebbe altresì al valore della depressione della falda, in corrispondenza del pozzo, nel rapporto $h : t$, cosicchè, se la superficie libera della falda

si deprime fino a raggiungere il livello mare, anche l'acqua salata sotterranea raggiunge tale livello.

Effettivamente gli aspetti del fenomeno esposti da Ghyben ed Herzeberg risultano, in linea formale, confermati largamente dall'esperienza. In Puglia è comprovato, in linea generale, il fondamento statico della legge esposta. Inoltre la validità di questa legge risulta confermata pure in quei casi - molto frequenti nella regione - in cui la roccia permeabile si rinviene a profondità inferiori al livello medio marino, ricoperta da terreni più recenti, di natura impermeabile. (Tavola VIII schema b). In tali casi la falda di acqua dolce, racchiusa fra le rocce impermeabili di copertura e l'acqua che invade la roccia di base, è costretta a defluire in pressione verso il mare.

La formula di Ghyben ed Herzberg, che dà h in funzione di t, non tiene però conto delle condizioni dinamiche che si stabiliscono allorchè si inizia il pompaggio da un pozzo, il che risulta d'importanza pratica fondamentale nello studio del fenomeno.

In verità fatta eccezione per la irregolarità causate talora da forti variazioni di permeabilità nella formazione rocciosa della "interfaccia", il lento movimento della falda di acqua dolce verso il mare non sembra disturbare in misura apprezzabile le condizioni di equilibrio statico determinate dalla differenza di densità esistente tra l'acqua dolce e quella salata. Il pompaggio attraverso uno o più pozzi influisce invece notevolmente su tale equilibrio, ed in maniera molto più complessa di quanto sia espresso dal semplice equilibrio statico.

E' da segnalare, fra l'altro, che molti sono i pozzi, tra quelli eseguiti in Puglia, dai quali, contrariamente a quanto espresso dalla legge di Herzberg, si riesce a prelevare acqua dolce in forti quantità, abbassando notevolmente l'altezza piezometrica della falda sotto il livello medio marino. Tale circostanza è da attribuirsi però, nella maggior parte dei casi, al fatto che detti pozzi sono stati fino ad ora sottoposti all'emungimento uno per volta e per un periodo di tempo massimo limitato a solo qualche giorno.

Ad ogni modo, a base di qualsiasi studio sull'argomento, sta il fatto che gli spostamenti in altezza della "interfaccia", dovuti

all'equilibrio statico di essa, avvengono con estrema lentezza, talora con ritardi dell'ordine di molti mesi sulle variazioni avvenute nel livello della superficie libera, ovvero della "superficie piezometrica" della falda. Anche gli effetti dinamici del pompaggio da uno o più pozzi si fanno risentire sulla interfaccia con un certo ritardo, tanto maggiore quanto minore è il grado di permeabilità del mezzo contenente la falda acquifera. Tali effetti, contrariamente a quelli dipendenti dalle variazioni di equilibrio statico che investono generalmente intere regioni, assumono peraltro, dal punto di vista idraulico, un carattere locale, e, pertanto, vanno guardati alla luce delle leggi idrofinamiche riguardanti il pompaggio da pozzi attingenti a "sistemi a due fluidi".

L'argomento può discutersi dal punto di vista generale, applicando ad esso alcuni concetti fondamentali, dedotti dallo studio idraulico di taluni schemi piuttosto semplici di "sistemi a due fluidi", i quali servono fondamentalmente a chiarire gli aspetti qualitativi e pratici del fenomeno in studio (¹). Questi schemi si riferiscono però normalmente a mezzi porosi omogenei, dotati cioè di permeabilità uniforme, i quali ben si prestano ad una analisi matematica. I calcari cretaccici della Puglia rappresentano invece un mezzo fessurato, e come tale permeabile per fessurazioni e in maniera non sempre uniforme, onde è possibile applicare ad esso unicamente taluni concetti e criteri di indole generale, tratti dallo studio rigoroso di casi particolari, sulla base dei quali è utile procedere, per casi più complessi, ad esperienze di carattere pratico.

Data la bassa cadente piezometrica con la quale la falda di fondo scorre nei calcari della Puglia (mediamente 0,5‰), la "interfaccia" si rinviene, in condizioni di equilibrio statico, mediamente ad una profondità sotto il livello del mare equivalente a circa 1/60 della distanza dalla linea di spiaggia, il che denota la maggiore im

(¹) Per la trattazione dell'argomento sono di importanza fondamentale gli studi svolti da Muskat e Wyekoff circa le azioni reciproche fra l'acqua salata e il petrolio in giacimenti petroliferi, durante le operazioni di estrazioni per mezzo di pozzi. Vedasi in proposito: Muskat M.: "The flow of homogeneous fluids through porous media." Arbor (Michigan), 1946.

portanza che, salvo casi eccezionali, riveste la influenza "dal fondo" nei confronti della influenza "laterale" del mare nella utilizzazione dei pozzi.

Facendo quindi riferimento al problema della influenza "dal fondo" ed al caso generale di una falda in pressione, interessata da un pozzo "parzialmente penetrante"(¹), in figura 16 è schematizzata la sezione del "cono d'intrusione" di acqua salata avente sede, al disotto della falda di acqua dolce, in una formazione a permeabilità pressochè uniforme.

Dal punto di vista fisico, se le condizioni di flusso nella zona di acqua dolce creano in un punto P una diminuzione di pressione - rispetto allo stato di quiete - esattamente eguale al carico idrostatico differenziale : $g y (\rho_s - \rho_d)$, ove ρ_d rappresenta la densità dell'acqua dolce, una colonna di acqua salata, sollevatasi fino a quel punto, sarà in equilibrio statico. D'altra parte la stabilità del "cono d'intrusione" di acqua salata è determinata dalla entità dei gradienti di pressione nelle immediate vicinanze della "interfaccia", la qual cosa dimostra che detto "cono" può risultare stabile sotto circostanziate condizioni di flusso nella zona di acqua dolce.

Si dimostra infatti, che se per una determinata condizione di flusso verso il pozzo nella zona dell'acqua dolce, l'acqua salata è portata a sollevarsi al di sopra di un certo valore Y_{max} , ove i gradienti di pressione superano il peso specifico dell'acqua salata stessa, non possono sussistere condizioni di equilibrio statico per alcun "cono", onde l'acqua salata di fondo irrompe nella falda di acqua dolce. Ciò avviene naturalmente quando, per l'eccessivo emungimento dal pozzo, vengono a ridursi fortemente le pressioni nella zona di acqua dolce. (²)

(¹) - Dicesi "parzialmente penetrante" un pozzo per il quale sia $w/a < 1$. La penetrazione in %, riferendosi alla figura 16, è da $100 w/a$.

(²) - Quanto qui brevemente riassunto è oggetto di una chiara trattazione idraulica, svolta dal prof.ing. Edoardo Orabona e riportata, per maggiori dettagli su tale importante fenomeno di interesse specifico, in appendice alla presente relazione.

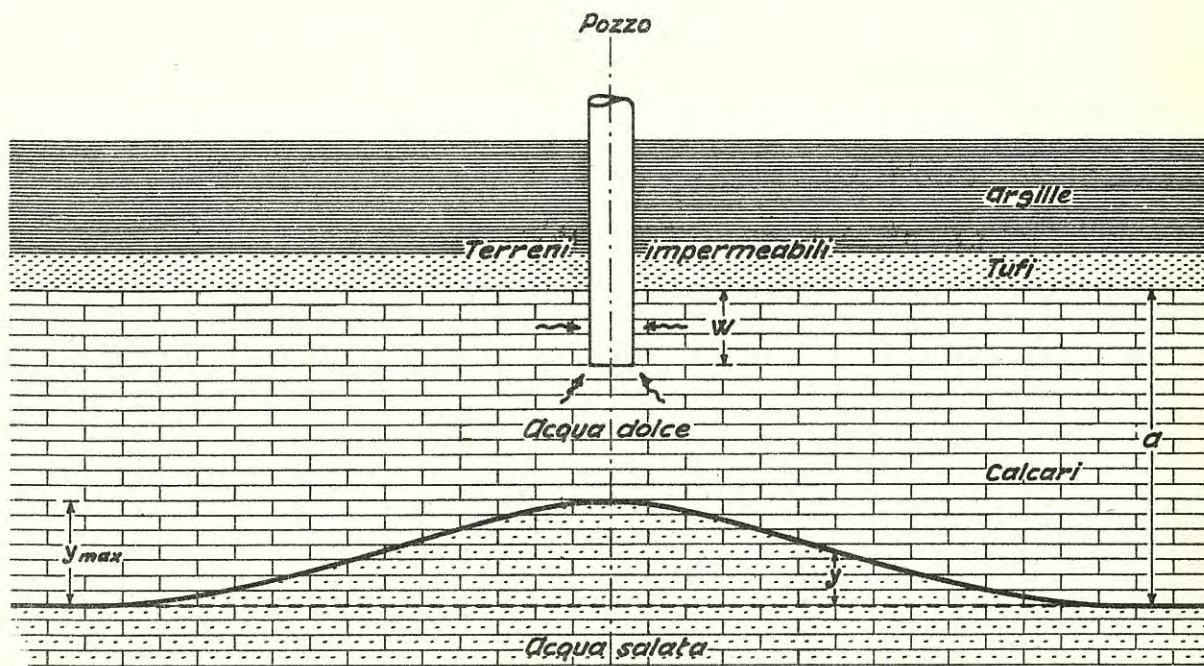


fig. 16

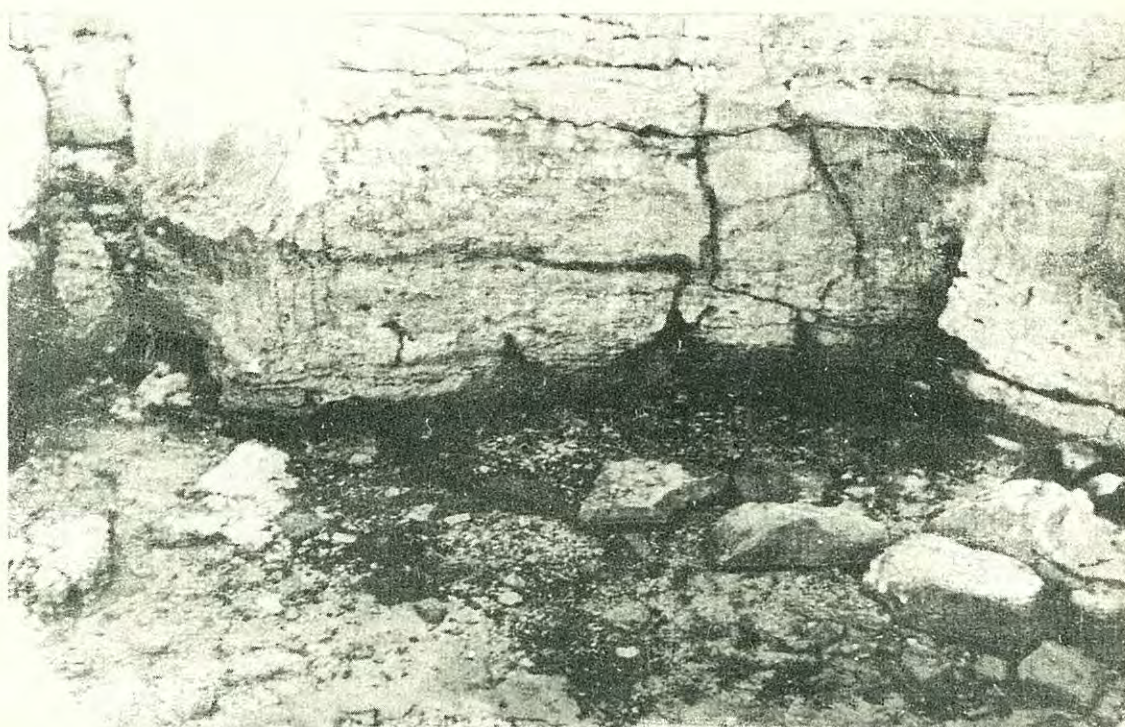


Fig. 17

Modalità di affioramento della "falda profonda" in corrispondenza di fratture notevoli nella formazione calcarea del cretaccio e in prossimità del mare (Sorgente dello "scoglio di Frisio" in agro di Trani, in provincia di Bari).

La stabilità del cono dipende quindi, in ogni caso, dalla portata di acqua prelevata dal pozzo: ciò che agli effetti pratici interessa pertanto conoscere è il maximum di portata di acqua dolce che è possibile prelevare in condizioni di stabilità per il "cono". A tale maximum di portata corrisponde quello che si dice il "cono critico".

Nelle condizioni inerenti a mezzi porosi, i risultati di studi teorici pongono in luce alcune verità fondamentali. Così in una stessa falda, per esempio, per un pozzo avente penetrazione nulla, la cosiddetta depressione critica Δp - vale a dire, la massima caduta di pressione nel pozzo che consenta un "cono d'intrusione" stabile - risulta straordinariamente maggiore (talora anche 10 + 20 volte maggiore) di quella relativa a pozzi con penetrazione dell'ordine del 30 + 50%. Tale circostanza consegue dalla grande concentrazione dei gradienti massimi di pressione che si riscontra, nei pressi del fondo del pozzo, quando questo appena tocca il tetto della formazione permeabile interessata dalla falda acquifera. In altre parole ciò vuol dire che l'aumento della "depressione critica" Δp è molto rapido, via via che la penetrazione del pozzo diminuisce, ovvero, inversamente, Δp scende rapidamente verso valori bassissimi, quando il fondo del pozzo si avvicina al tetto dell'acqua salata.

Per quanto riguarda poi le portate relative alle condizioni di "cono critico" ("portate critiche"), e ancora con riferimento ad una falda di acqua dolce giacente in pressione sull'acqua salata, risulta di estremo interesse il fatto che i pozzi a penetrazione nulla consentono, nei confronti dei pozzi penetranti, le massime portate di acqua dolce senza che il "cono d'intrusione" di acqua marina faccia irruzione nel pozzo. È importante altresì notare in proposito che i pozzi aventi penetrazioni modeste, dell'ordine del 10 + 15%, danno portate pressapoco eguali a quelle corrispondenti a pozzi non penetranti, il che, dal punto di vista pratico, è molto importante, specie se si prendono in considerazione le formazioni rocciose permeabili per fessurazione, nelle quali i pozzi devono necessariamente approfondirsi alcun poco nella formazione acquifera, allo scopo di rinvenire un numero sufficiente di fratture che consenta una conveniente utilizzazione

dei pozzi stessi. Questa circostanza, davvero fortunata, sembra valere anche nel caso che la falda di acqua dolce possieda uno spessore molto limitato.

Le considerazioni precedenti, ampiamente confermate dai risultati delle indagini svolte sulla "falda profonda" della Puglia, nonostante che queste ultime si riferiscano a mezzi permeabili per fessurazione, dimostrano in effetti che il fattore determinante il comportamento idrologico di un pozzo attingente alla "falda profonda" in Puglia sta principalmente nella distanza che separa il fondo del pozzo dal tetto dell'acqua salata.

In verità il passaggio dall'acqua dolce della falda all'acqua marina di fondo non avviene attraverso una superficie netta, così come si è assunto nelle considerazioni fin qui svolte. La interfaccia è rappresentata, nei casi reali, da uno strato di acqua salmastra di transizione, il cui spessore è funzione del grado di diffusione salina dell'acqua del mare a quella di falda.

Sullo spessore dello strato di transizione si sono pronunciati in passato vari studiosi: è evidente che esso è tanto maggiore quanto minore è la velocità della falda e maggiore è il grado di permeabilità del mezzo che la contiene. Al limite, nei casi di acqua dolce per lungo tempo stagnante sull'acqua marina, deve ritenersi che l'acqua dolce finisce per assumere praticamente lo stesso contenuto salino dell'acqua del mare.

Nei casi della pratica, specie in terreni sabbiosi, lo strato di transizione assume spessore piuttosto esigui. Nei calcari fessurati della Puglia si rileva invece una certa consistenza, ma su essa non si posseggono ancora dati estesi all'intera regione. Da misure svolte in alcuni pozzi (1) è risultato che, ad una profondità di $h = 32$ t sotto il livello mare, la "falda profonda" possiede una salinità pari a 5 gr/lt, mentre alla profondità $h = 40$ t si rinviene acqua con salinità eguale a quella del mare. Con ciò lo spessore dello strato di tran

(1) L.Zorzi e C.Reina : "Le acque sotterranee in terra d'Otranto". Edito a cura della Cassa per il Mezzogiorno - 1955.

sizione risulterebbe equivalente a $1/5$ della potenza della falda sovrastante all'acqua del mare.

In verità, stando alle circostanze dianzi elencate, non sarebbe lecito attribuire allo strato di transizione uno spessore pari ad una aliquota fissa della potenza della falda. D'altro canto appare assai opportuno non tener conto, nello studio delle modalità di utilizzazione della "falda profonda", della presenza di detta zona di transizione, il che vuol dire ritenere, a semplificazione del problema, valida la esistenza di una "interfaccia" netta fra l'acqua dolce e l'acqua decisamente salmastra o marina. Tenendo conto di tali circostanze, bisognerebbe in sostanza assumere come "interfaccia" una determinata isoalina, rispondente agli scopi di cui sopra, e ritenerla, in ogni caso, disposta sempre egualmente nei confronti della superficie piezometrica della falda. Ciò è quanto appunto in questa sede si ritiene opportuno assumere, facendo coincidere la interfaccia pressappoco con la isoalina corrispondente ad una concentrazione salina di 5 gr/lit e ritenendo quest'ultima costantemente disposta ad una profondità $h = 32$ t sotto il livello del mare.

Nella pratica, l'assunzione della detta "interfaccia" è ancor più valida se si considera il fatto che, a scopo irriguo, risultano utilizzabili generalmente anche le acque leggermente salmastre, contenenti cioè 2 + 3 gr/lit di sali. Inoltre, adottate con appropriate colture, risultano a tutt'oggi utili, lungo alcune striscie di costa del litorale adriatico, perfino acque aventi contenuto salino di 5 gr/lit.

In particolare deve aggiungersi, infine, che nella pratica delle ricerche svolte frequentemente si sono ottenuti risultati più ottimisti di quelli desunti dalla teoria sopra riassunta, e ciò per la presenza di zone impermeabili, sottostanti al pozzo, che spesso interrompono la continuità del mezzo permeabile nel quale ha sede la falda acquifera. Se un pozzo penetrante in una falda si attesta, infatti, col fondo in una lente di materiale impermeabile, è ovvio che questa impedisce all'acqua salata di fondo di dirigersi verso il pozzo.

Con ciò si spiega pure facilmente come, in taluni casi, aumentare di una frazione piccolissima la penetrazione di un pozzo nella

formazione acquifera implica la brusca irruzione dell'acqua salata nel pozzo. In tale caso conviene, pertanto, ridurre la penetrazione del pozzo, cementando opportunamente il tratto di base ed arretrando quindi la perforazione al predetto schermo impermeabile.

Quanto si è detto nelle pagine precedenti, con riferimento ad una falda in pressione, può facilmente applicarsi al caso di una falda freatica flottante su acqua di mare. In questo caso la superficie piezometrica della falda coincide ovviamente col pelo libero di essa e, pertanto non può considerarsi il caso della utilizzazione della falda a mezzo di pozzi aventi penetrazione nulla.

Caratteristiche idrologiche della "falda profonda" derivanti dalla particolare disposizione dei calcari cretatici in prossimità delle coste.-

Che le acque estratte dai pozzi attingenti alla "falda profonda" in Puglia mostrino di subire più o meno tutte, e particolarmente quelle estratte da pozzi prossimi alla costa, l'influenza dell'acqua marina è un fatto ormai certo. A dimostrare tale circostanza basta il confronto fra la composizione chimica dell'acqua del mare e quelle delle acque di falda, tenendo naturalmente in conto le principali modificazioni che entrambi i tipi di acque subiscono a contatto delle rocce del continente.

E' noto infatti che le acque sotterranee hanno comunemente una composizione notevolmente diversa da quella dell'acqua marina. Ciò induce a pensare che, se la composizione dell'acqua estratta da un pozzo presenta caratteristiche di composizione che rispecchino i componenti chimici dell'acqua di mare, vuol dire che questa invade il continente ed in qualche modo si miscela con la falda di acqua dolce. Tuttavia tale deduzione, piuttosto semplicistica, non va presa in senso assoluto, soprattutto per le modificazioni che l'acqua di mare, penetrata nelle rocce del continente, subisce per il contatto con queste ultime (').

In questa sede, come si è detto dianzi, dei pozzi eseguiti dall'Ente vengono presi in considerazione, fondamentalmente quelli che han

(') Per notizie più dettagliate su tale argomento, vedasi il già citato studio, pubblicato in "Geotecnica", 1955.

no raggiunte la falda profonda. Di questi la maggior parte risultano artesiani o semiartesiani, anche perchè spesso sono taluni banchi stessi di calcare cretacico, poco fessurati, a costringere la falda profonda a defluire in pressione.

La Tavola VII offre una visione completa della distribuzione dei pozzi perforati dall'Ente, sia ai fini della ricerca che per i bisogni della Sezione Riforma. Nella tavola VIII sono riportati invece esclusivamente quei pozzi per i quali gli elementi che si posseggono consentono lo studio della falda profonda. In questa ultima tavola sono indicate altresì le ubicazioni delle sorgenti rilevate dalla Sezione Idrografica di Bari. Trattasi in genere di sorgenti carsiche di semplice "emergenza", "ascendenti", ovvero di "trabocco per sbarramento", poste a quota di poco superiore al livello medio marino.

A questo punto è opportuno osservare che, anche laddove la falda scorre fino al mare attraverso calcari uniformemente e diffusamente fratturati, l'emergenza di essa non può ovviamente avvenire esattamente al livello del mare, secondo quanto è schematizzato nella Tavola VIII (schema a), e pertanto si esplica per mezzo di un leggero sollevamento della superficie freatica, ovvero lievemente in pressione, con un leggero sollevamento della superficie piezometrica, immediatamente sotto il livello medio del mare.

Dalle circostanze qui descritte è possibile rendersi conto in parte della natura e della quota delle sorgenti dianzi elencate (Foto n.17). D'altra parte le dette sorgenti rappresentano soltanto quelle visibili e in qualche modo misurabili del litorale pugliese: è da presumere invece che molte altre siano le sorgenti litoranee della zona in studio, sorgenti che naturalmente sfuggono all'osservatore, in conseguenza del fatto che spesso scaturiscono a quota inferiore al levello del mare (sorgenti ascendenti subacquee).

A completamento delle conoscenze sulle modalità di deflusso della falda profonda verso il mare sono ancora da farsi alcune considerazioni degne di nota. Va esaminato, per esempio, il caso in cui la presenza di veri e propri sistemi carsici o di zone largamente fessurate in prossimità della costa consenta una concentrazione dei deflussi di acqua dolce e nello stesso tempo il facile ingresso del mare attraverso dette vie, onde la superficie piezometrica della falda

di acqua dolce si abbassa al livello mare ancor prima di raggiungere il litorale. In tale caso, la cosiddetta "linea di spiaggia effettiva", vale a dire cioè il luogo dei punti della falda aventi altezza piezometrica nulla, non coincide con il litorale ("linea di spiaggia apparente"), ma si rinviene entroterra, a distanza talora anche di alcuni chilometri dalla costa, di talchè i pozzi compresi fra la linea di spiaggia effettiva ed il mare rinvencono in profondità esclusivamente acqua marina. Ove, al contrario, le fessure dei banchi calcarei si presentano, nella zona di sbocco della falda, occluse da sensibili quantità di terra rossa, depositatasi per il noto fenomeno di flocculazione che si verifica a contatto dell'acqua marina, l'acqua di falda abbisogna di maggior carico per defluire a mare, onde è dotata in tal caso di una certa altezza piezometrica in prossimità del litorale, come avviene d'altronde quando la roccia calcarea è bordata, in vicinanza del mare, da terreni impermeabili con letto soggiacente al livello medio marino. (Tavola VIII schema b).

In generale si può dire che il rigurgito delle acque dolci a monte di terreni impermeabili o di ostacoli vari da sorpassare (mancanza di fratture, occlusioni varie, ecc.) dà luogo a un deflusso diretto ancora verso la costa, se la copertura di terreni impermeabili sui calcari fessurati non supera di molto il livello medio marino, onde la falda riesce a superare l'ostacolo e defluire verso il mare per la via relativamente più breve. Se l'altezza del rigurgito prodotto dall'ostacolo impermeabile raggiunge e supera la quota del contatto fra la roccia permeabile e quella impermeabile di copertura, si determinano le già menzionate "sorgenti di trabocco per sbarramento". (Figura 18) Se infine la falda assume un carico tale che le sia consentito di aggirare l'ostacolo, defluendo con percorso più grossomodo parallelamente alla costa, l'acqua dolce si riversa, ai margini del ricoprimento impermeabile, direttamente nel mare all'incirca a quota zero.

Non mancano però i casi in cui, diversamente dalle modalità sopraesposte, il mantello impermeabile presenti delle interruzioni sotto l'acqua del mare o sia disposto comunque in maniera tale che, in determinate condizioni della superficie piezometrica della falda, si abbiano vere e proprie "sorgenti sottomarine" (sorgenti carsiche ascen-

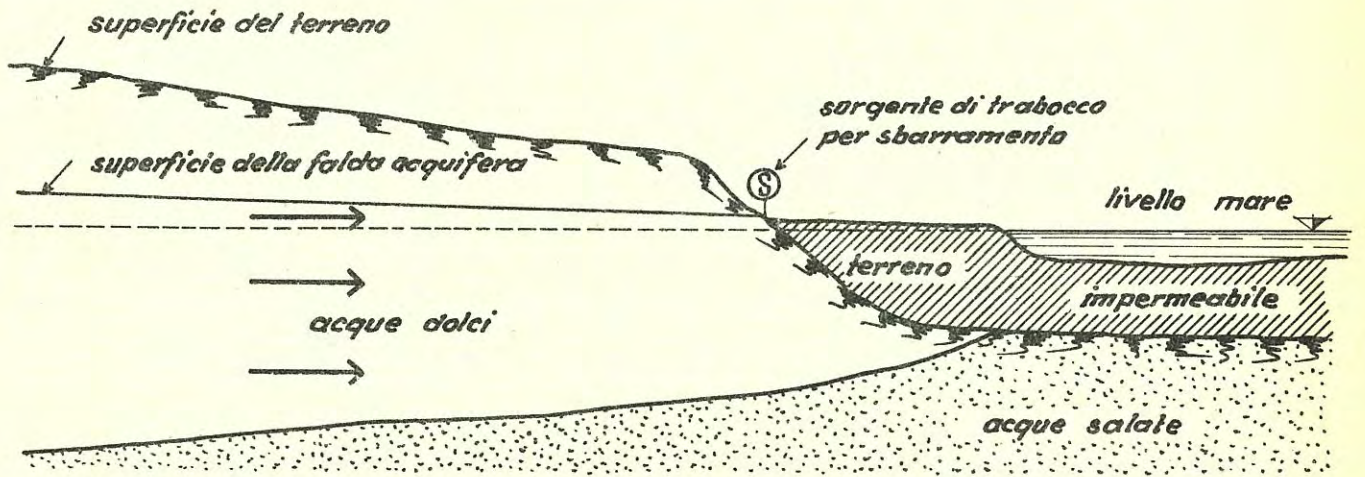


fig. 18

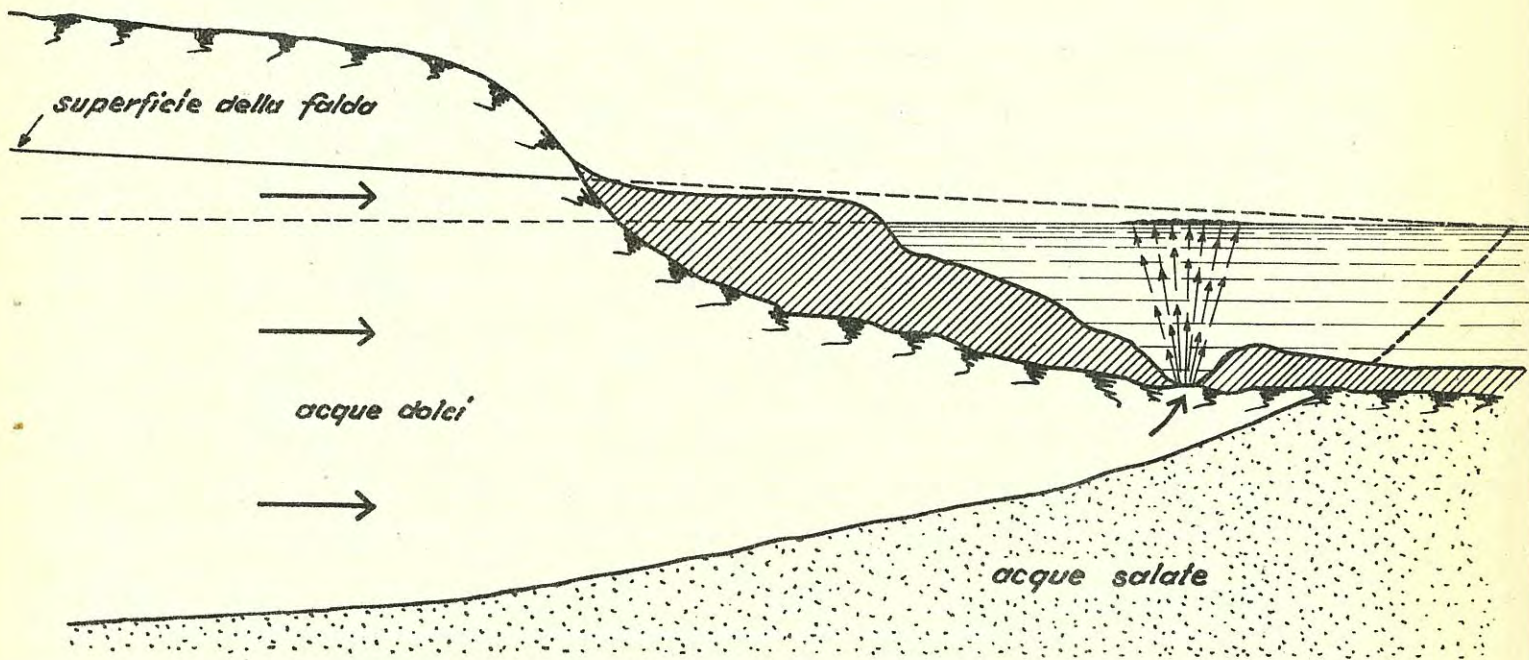


fig. 19

denti subacquee) (Figura 19), fino a quota di alcune decine di metri sotto il livello del mare, come si riscontra per il noto "anello di S. Cataldo", sorgente sottomarina cospicua posta a qualche centinaio di metri dal litorale di Taranto.

Sulla base delle considerazioni fin qui svolte e dopo un attento esame degli elementi stratigrafici ed idrologici, ottenuti singolarmente dai pozzi di ricerca eseguiti, sono state indicate nella Tavola IX le caratteristiche generali della "falda profonda" in rapporto all'andamento dei calcari fratturati del Cretacico - e talora post-cretacici - interessati da detta falda nel territorio sottoposto a ricerca. Tale carta rappresenta il risultato pratico delle indagini fino ad oggi svolte e, perchè essa risulti più chiara, conviene accennare, sia pure brevemente, ai procedimenti attraverso i quali si è pervenuti alla elaborazione di essa.

Gli elementi caratteristici inerenti a ciascun pozzo preso in esame sono riassunti nelle tabelle accluse alle descrizioni che seguiranno fra breve per le varie zone in cui si sono svolte le indagini. Di essi l'elemento fondamentale è t, che rappresenta il livello statico dell'acqua di falda riferito alla quota zero dell'Istituto Geografico Militare.

Invero, dato il carattere della falda, detto livello dovrebbe essere piuttosto riferito al livello medio marino, elemento quest'ultimo del tutto sconosciuto sulle coste pugliesi. Non vi è dubbio quindi che riferirsi alla quota zero anzichè al livello medio marino costituisce una fonte di errore, tanto più sensibile quanto minori sono i valori di t. Così pure, negli studi della giacitura dell' "interfaccia" nelle zone di ricerca, si prendono in considerazione valori di livelli statici misurati una sola volta e in giorni diversi, e cioè alla data del termine di ciascuna perforazione, dal che appare evidente il carattere approssimato dei risultati che in tal modo si ottengono.

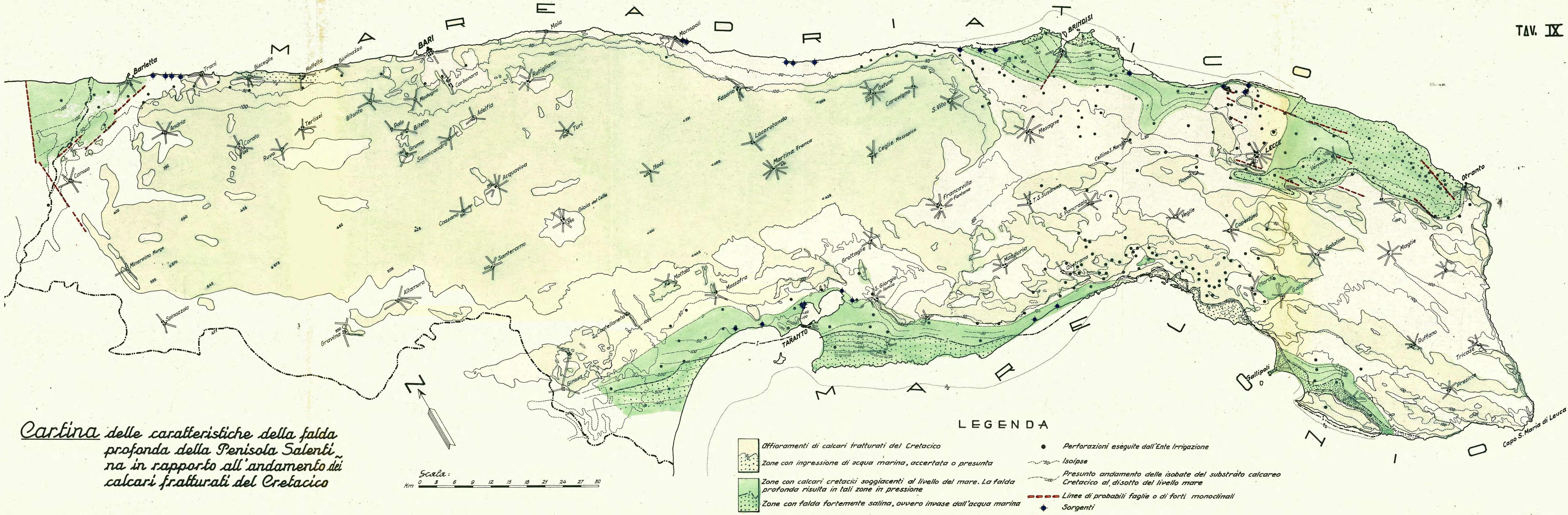
Ciò nonostante, i dati contenuti nella Tavola IX risultano quanto mai utili. In essa, attraverso le quote q dei boccapozzi e le stratigrafie dei pozzi eseguiti, è stato possibile tracciare l'andamento presunto del tetto del substrato calcareo, sede della "falda profonda", ove esso soggiace alla quota zero. Alcune isobate relative alla zona

di Taranto sono state desunte dai risultati di una serie di prospezioni geofisiche recentemente eseguite, per conto dell'Ente, dall'Osservatorio Geofisico di Trieste. Come si dirà meglio in seguito, occorrerebbe tuttavia che tali prospezioni venissero ancor più estese nella conca tarantina e in altre zone, ancora oggi poco note sotto questo aspetto.

Una volta noto il presunto andamento altimetrico del substrato calcareo fessurato, è stato possibile esaminare l'andamento presunto della cosiddetta "interfaccia", sottostanti alla quale si rinvennero acque salmastre con residuo salino superiore a 5 gr/lt, ovvero acqua marina. Per lo studio di questa ultima, ritenendo praticamente coincidenti la quota zero dell'I.G.M. e il livello medio marino, si è considerato $h = 32 t$, vale a dire cioè $n = t/0,03$, ove h rappresenta, come dianzi si è detto (Tavola VIII - schema a), la profondità della "interfaccia" riferita al livello medio marino, in condizioni di equilibrio statico.

Nell'illustrare gli studi svolti in merito all'andamento della interfaccia, si sottolinea la importanza che assume la linea I della Tavola IX, con la quale si è voluto praticamente indicare il luogo dei punti estremi della interfaccia, rivolti verso il mare. Questa linea (indicata in carta con tratto e punto) assume significato veramente degno di rilievo allorché i calcari soggiacciono al livello medio marino (Figura 20), laddove cioè essa rappresenta il luogo dei punti di intersezione della interfaccia con il tetto della formazione permeabile, interessata dalla "falda profonda" in pressione. Ivi la linea I può avere sede sia da un lato che dall'altro della linea di costa, vale a dire cioè sia nel continente che in corrispondenza del mare (Figura 20). Nel primo caso, la fascia di terreno compresa fra la linea I (I_3 della figura 20) e la linea di costa (zona colorata in verde nella Tavola IX con puntini neri) è rappresentata da rocce invase dall'acqua del mare o comunque contenenti acque fortemente salmastre. Nel secondo caso vuol dire che, perforando a mare nella fascia compresa fra la linea I (I_1 della figura 20) e la linea di costa, si rinvennero acque dolci o comunque aventi contenuto salino inferiore a 5 gr/lt.

Nelle zone dove i calcari fessurati raggiungono invece quote superiori al livello mare e la falda defluisce a pelo libero verso il mare, la linea I coincide praticamente con la "linea di spiaggia effettiva".



Cartina delle caratteristiche della falda profonda della Penisola Salentina in rapporto all'andamento dei calcari fratturati del Cretacico

Scala:
Km 0 3 6 9 12 15 18 21 24 27 30

LEGENDA

- Offioramenti di calcari fratturati del Cretacico
- Zone con ingressione di acqua marina, accertata o presunta
- Zone con calcari cretacici soggiacenti al livello del mare. La falda profonda risulta in tali zone in pressione
- Zone con falda fortemente salina, ovvero invase dall'acqua marina
- Perforazioni eseguite dall'Ente Irrigazione
- Isoipse
- Presunto andamento delle isobate del substrato calcareo Cretacico al disotto del livello mare
- Linee di probabili faglie o di forti monoclinali
- Sorgenti

Questa ultima coincide solo poche volte con la linea di costa. Quando i calcari permeabili affiorano fino al mare, spesso si è accertato, attraverso la elaborazione degli elementi acquisiti dalle indagini svolte, l'arretramento della "linea di spiaggia effettiva" entroterra, secondo quanto è stato in precedenza già descritto. (Figura 21). In tal caso la fascia di terra, compresa tra la "linea di spiaggia effettiva" e la linea di costa, risulta invasa completamente dal mare (zona colorata in verde chiaro con puntini neri), onde non si ha ivi alcuna possibilità di rinvenimento della "falda profonda".

Nelle zone ove si dispone di un sufficiente numero di pozzi, è stato possibile, dai livelli statici t riscontrati, risalire al valore medio approssimato della cadente piezometrica i . Una volta nota i sulla base delle isobate relative al tetto della formazione di calcari fessurati e servendosi della nota relazione $h = t/0,03$ è stato possibile tracciare la linea I.

Per giungere a tale costruzione è stata tracciata la linea indicata in carta con la sigla P_0 (punteggiata), quale luogo dei punti ove l'altezza piezometrica della falda si annulla. In verità, nei casi in cui la formazione permeabile soggiace al livello mare e la falda defluisce in pressione, tale linea P_0 non ha alcun significato, tuttavia, a semplificazione del tracciamento della suddetta linea I, si è tracciata la linea P_0 anche laddove essa perde di significato come luogo d'incontro della piezometrica con la superficie del mare. Nelle zone ove si dispone di un solo pozzo, si è assunto per i un valore medio di 0,5‰. I valori delle distanze s fra i pozzi e la linea P_0 , aventi solo in taluni casi il significato vero e proprio di distanza del pozzo dalla "linea di spiaggia effettiva", sono riportati altresì nelle tabelle complete dei dati caratteristici dei singoli pozzi di cui alle pagine seguenti.

Gli elementi a disposizione non hanno consentito ovunque di tracciare l'andamento del substrato calcareo e quello della "interfaccia". Si vedrà ancora meglio in seguito quanto scarse risultino tuttora le conoscenze sulla falda di fondo lungo estesi tratti del versante adriatico della regione in istudio. Allontanandosi poi dal litorale e procedendo verso l'interno ancora più scarse risultano, per la mancanza di pozzi profondi nelle Murge, le conoscenze in merito alla effettiva profondità della falda nei calcari e alla giacitura della interfaccia.