

Note tecniche

PROBLEMI COSTRUTTIVI DEI POZZI TUBOLARI

Negli ultimi due decenni, da quando cioè la legge sulla bonifica integrale ha cominciato ad avere la prevista attuazione, le opere di captazione d'acqua sotterranea hanno avuto un crescendo notevolissimo. Sia perché lo Stato, e cioè la collettività, ha mantenuto i patti, erogando senza molti intoppi i contributi o nella somma o nell'interesse bancario della somma necessaria alla costruzione dell'opera, sia perché le zone favorevoli allo sfruttamento d'acqua sotterranea sono risultate numerose, sia perché la conduzione irrigua, e cioè una delle principali molle dell'industrializzazione agricola, si è dimostrata remunerativa, il fatto è che oggi non v'è zona agricola ove non si trivelli, beninteso con l'aiuto finanziario dello Stato.

Mentre però le opere si moltiplicano, non altrettanto si moltiplicano i suggerimenti, le norme, le prescrizioni atti a garantire lo Stato, e cioè la collettività contribuente, che le opere stesse siano eseguite a regola d'arte: vogliamo dire che queste ultime a volte sono eseguite con cura, utilizzando quanto meso oggi a disposizione dalla teoria e dalla pratica, a volte invece vengono eseguite con tecnica grossolana, di talché molto dubbi, e a volte catastrofici, appaiono i risultati di alcune di esse.

Dobbiamo riconoscere che è difficile migliorare la tecnica di tal genere di lavori, non solo a motivo di alcune circostanze intrinseche allo svolgimento di questi, ma anche perché non si può dire che in Italia abbondino le pubblicazioni al riguardo. Se anzi vogliamo essere precisi, possiamo affermare che in Italia questo argomento nella letteratura di comune accessibilità è completamente ignorato.

Ne conseguono due fatti. Il primo è che i collaudatori statali non vanno oltre la verifica dell'effetto dell'opera, e cioè si accertano che l'acqua sgorga, limpida o meno, e basta. Il secondo è che non esiste un linguaggio comune tra i costruttori, per i quali il linguaggio differente deriva proprio da un'esperienza personale, bene o male interpretata, non arricchita dell'apporto altrui.

E' lecito quindi chiedersi se sia possibile apportare un po' d'ordine nei vari elementi ch'entrano a far

parte della costruzione di un'opera di captazione di acque sotterranee, e cominciamo subito a portare il nostro contributo, nella certezza ch'esso sia l'inizio di un'ampia discussione ove tecnici ben più preparati possano chiarire le idee generali a fornire una traccia, una guida sicura almeno per i più frequenti casi della pratica.

La prima conseguenza che un pozzo mal eseguito provoca nell'economia della conduzione irrigua consiste nel fatto che se si seguono alcuni criteri di esecuzione, a una certa portata di acqua emunta corrisponde un certo abbassamento del pelo libero in pozzo; se invece si seguono altri criteri, in un pozzo eseguito nella stessa formazione sotterranea il livello subisce un abbassamento maggiore del primo, a parità di portata. Se vogliamo ridurre in cifre tale inconveniente, basterà supporre che una portata di 1/sec 30 venga emunta da m 30 di profondità con un rendimento dell'apparato di sollevamento uguale a 0,6 (condizioni piuttosto comuni in opere del genere): la spesa oraria che ne consegue risulta (costo medio del kWh lire 16)

$$\frac{9,8 \times 0,030 \times 30 \times 16}{0,6} = 235 \text{ lire;}$$

basta ora considerare un solo metro di aumentata prevalenza per ricavare una spesa di

$$\frac{9,8 \times 0,030 \times 31 \times 16}{0,6} = 243 \text{ lire;}$$

si vede cioè che un sol metro di aumentata prevalenza costa in un'ora lire 8 in più: in una sola stagione irrigua (ore 1800) la maggiore spesa assomma a lire 14.400. Ove si consideri che, per quanto si dirà in seguito, quel metro di differenza è presto eliminato, ad es., mediante un modesto aumento di diametro, o un modesto prolungamento della superficie filtrante, o mediante la semplice buona scelta del tipo di filtro adatto al materiale acquifero rinvenuto, si riconosce la giustezza dell'assunto. Ma non basta accertarsi che si sia fatto il possibile per contenere gli abbassamen-

ti, a parità di portata; è anche opportuno verificare che il pozzo abbia lunga vita, che cioè non presenti cause di rapido deperimento, tali da metterlo fuori uso dopo un certo tempo. E' infatti noto come il pozzo sia una delle opere più ingannevoli dal punto di vista della durata: spesso al collaudo si comporta ottimamente, ma dopo anche pochi giorni subisce rapide metamorfosi, generalmente in peggio.

Esponiamo allora i criteri che dovrebbero essere tenuti presenti nella realizzazione pratica dell'opera, limitandoci all'esame del solo pozzo tubolare, di più frequente esecuzione.

Tranne il caso del foro cavato in roccia fessurata, le pareti composte di materiale sciolto devono essere rivestite, allo scopo d'impedire le frane. Ma il rivestimento dev'essere anche tale da permettere l'ingresso dell'acqua nell'interno del pozzo dallo strato permeabile circostante.

Ecco presentarsi al costruttore due interrogativi:

a) data la portata da emungere, qual'è il diametro più idoneo per quello spessore e quel tipo di ammasso permeabile? (1).

b) Qual'è il tipo di filtro più idoneo, sempre per quel tipo di materiale?

Per rispondere a tali quesiti è necessario aver presente che l'acqua diretta verso il pozzo subisce due specie di perdite di carico: quella dovuta alla conformazione dello strato acquifero adiacente alle pareti e quella dovuta alla presenza stessa delle pareti (2). Sia la prima che la seconda variano con la velocità dell'acqua. Molte esperienze si sono andate accumulando, da un po' di tempo, per accertare i limiti di validità della legge di DARCY. P. L. ROMITA, in una esauriente sintesi di pochi anni or sono (3), ha raccolto ed elaborato tutto quanto a quel tempo pubblicato sull'argomento, venendo alla conclusione che tutti i ricercatori sono d'accordo nel porre il detto limite di validità nel valore 5 del numero di REYNOLDS particolare della filtrazione (4). Il diagramma che segue (fig. 1) facilita la visualizzazione di detto limite e mostra che in un ammasso permeabile, alle spalle della tubazione filtrante, la velocità può tenersi di grandezza più elevata laddove più piccolo è il diametro della particella. Poichè il ri-

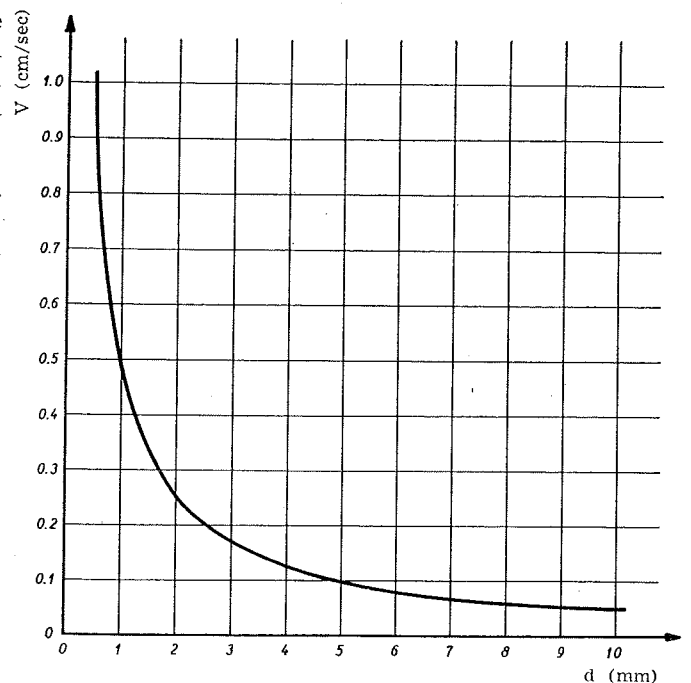


Fig. 1

petto della legge di DARCY si riflette direttamente nel contenimento dell'abbassamento di livello in pozzo, a parità di portata emunta, prima di procedere al rivestimento del pozzo sembra opportuno verificare se la velocità di filtrazione sia contenuta nei suddetti limiti di validità (5). La maggiore difficoltà di tale verifica sta nella determinazione del valore di d . Ove il materiale permeabile risulti (da una campionatura rigorosa e cioè dal prelievo del terreno indisturbato) avente diametro uniforme delle particelle, è possibile apprezzare a vista, senza un regolare esame granulometrico, la dimensione media caratteristica del mezzo filtrante, e cioè il diametro medio prevalente delle particelle (6); allorché invece il terreno non sia stato campionato con accuratezza ovvero si presenti sotto forma di agglomerato incoerente avente diametro delle particelle variabile da un minimo a un massimo, la sopradetta operazione a vista risulta più complicata. Il primo caso (campionatura non accurata) è sempre da evitare per una buona esecuzione dell'opera; è evidente che nel secondo il diametro sul quale è possibile procedere alla verifica può scegliersi a piacere tra i tanti a disposizione, ma sarà opportuno presceglierne uno piuttosto vicino ai massimi valori anziché ai minimi, per il semplice fatto che i primi impongono più modeste velocità di

(1) Per un pozzo già costruito, il quesito diventa: dato il diametro del pozzo, lo spessore e il tipo di ammasso, qual'è la massima portata emungibile?

Non si considera qui il problema di prelevare da un ammasso permeabile sotterraneo la massima portata ottenibile; per tale problema vedi nota 13.

(2) Si prescinde dalle perdite di carico dovute al percorso ascensionale dell'acqua all'interno della tubazione cieca di rivestimento.

(3) *La Ricerca Scientifica*, novembre 1951.

(4) Uguale, com'è noto a $\frac{V \cdot d}{\nu}$, ove V è la velocità di filtrazione, d il diametro della particella costituente l'aggregato incoerente (dimensione lineare assunta come caratteristica del mezzo permeabile), e ν è la viscosità cinematica del fluido.

(5) La certezza di restare entro i limiti di validità della legge di DARCY impone di restringere i limiti suggeriti da DE MARCHI in "Idraulica", edizioni agricole, pag. 177, desunti dalle sole esperienze di BAKHMETEFF e FEODOROFF, 1937-1938, ove è considerata una zona di transizione dalla quale, a nostro modesto avviso, è bene tenersi lontani.

(6) Tralasciamo di riferirci ai noti termini: *dimensione efficace e coefficiente di uniformità*, in quanto non adoperabili dalla maggioranza degli operatori.

filtrazione (7). Con ciò il costruttore ha correttamente impostato e risolto il problema dell'abbassamento di livello, durante l'emungimento, in dipendenza del diametro del materiale (8). Resta a dire che raramente potrebbe ammettersi il pozzo emungente solo dall'area di base, quello cioè che risulta dall'affondamento della tubazione di manovra sino al tetto della formazione acquifera e che non si giova di approfondimento nello strato o dell'impiego di filtri. Se prendiamo, a solo scopo esemplificativo, il pozzo di 1/sec 30 più sopra esaminato e supponiamo che il diametro delle particelle sia mediamente 1 mm, dal grafico di fig. 1 si ricava che la velocità di filtrazione dev'essere contenuta nei 5 mm/sec; perché ciò avvenga l'area di base dev'essere di

$$\frac{0,030}{A} = 0,005, \text{ cioè } A = 6 \text{ m}^2$$

conseguendone un diametro di m 2,76, impossibile a ottenersi con pozzi tubolari, il che dimostra come i pozzi eroganti dal solo fondo sono in generale da evitare.

L'altra verifica da effettuare prima di condizionare un pozzo tubolare consiste nell'accertare che il filtro prescelto sia idoneo al tipo di ammasso permeabile rinvenuto, e che le perdite di carico attraverso i filtri siano contenute in limiti tali da garantire che l'abbassamento di livello in pozzo durante l'emungimento non venga di parecchio aumentato proprio a causa di tali perdite. Allo scopo il costruttore ha davanti a sé numerosi tipi di filtri, ognuno dei quali di caratteristiche e requisiti particolari. Per citare i tipi più comuni, si ricordano:

a) le lamiere metalliche, di conveniente spessore, ove con il punzone o con la fresa sono ricavate le fessure di forma appropriata e nel numero voluto;

b) la spirale, più o meno fitta, di filo metallico a

(7) Dalla fig. 1 si rilevano le velocità massime di filtrazione consentite all'esterno della colonna di condizionamento per un dato tipo di materiale dell'ammasso; dalla velocità si può risalire alle pendenze ammissibili per le linee di corrente: basandoci, a solo scopo esemplificativo, sulla tabella delle permeabilità redatta dallo SLICHTER e riportata nell'*Idraulica* di De Marchi, ediz. Agricole, pag. 183, si ricavano pendenze di 23, 2,8 e 0,022 per ammassi di granelli aventi di rispettivamente uguale a m 0,0005, 0,001 e 0,005, e cioè si rileva che pendenze sempre più elevate possono consentirsi in strati formati da granelli di diametro via via decrescente.

(8) Molti operatori concordano nel segnalare che la portata d'acqua entrante nel pozzo non è costante a tutte le altezze del filtro. Essi affermano che la variabilità dipende dalla posizione dello strumento di emungimento (valvola di fondo o presa della pompa); se, per es., la valvola al piede della tubazione aspirante è situata al di sopra del filtro, la portata d'acqua e la velocità d'efflusso saranno massime in sommità e nulle alla base del filtro stesso, e viceversa. Ne deriva che la velocità massima di ingresso dell'acqua in pozzo è il doppio della velocità media calcolata mediante l'equazione di continuità (BIESKE: "Bohrbrunnen", München 1953).

sezione trapezoidale, avvolto su di un scheletro di tondini verticali o anche di tubo forato: aumentando o diminuendo il passo della spirale si aumenta o diminuisce la luce d'ingresso dell'acqua in pozzo;

c) la rete, di metalli vari, a maglia più o meno fitta e di consistenza, cioè di peso, variabile, posta in opera su tubo forato o su tondini metallici verticali;

d) la ghiaia, avente diametro delle particelle opportunamente stabilito, posta a costituire un ammasso di spessore voluto all'esterno di una tubazione del tipo a).

Il costruttore deve operare la sua scelta non solo circa il tipo di filtro, ma per ogni tipo deve determinare:

- 1) la qualità del metallo da impiegare;
- 2) lo spessore del filtro e cioè la sua robustezza;
- 3) la dimensione della luce di passaggio dell'acqua.

Circa il 1° punto, non oseremmo affermare che sia generalizzato il metodo di scegliere il tipo del metallo previa analisi dell'acqua e del terreno dal punto di vista dell'aggressività. In realtà, solo per quanto riguarda le reti è possibile ottenerne di ottone, di rame o di bronzo con facilità; se invece si volessero adoperare vere e proprie tubazioni di ottone, rame o bronzo, difficile sarebbe rinvenire sul mercato le lamiere di spessore adatto; eppure sarebbe necessario che ciò potesse verificarsi perché l'esigenza della lunga durata è soddisfatta solo se si è presa ogni precauzione circa l'erodibilità del metallo, in specie ove si consideri che numerosissime sono le zone (ed in continuo aumento) sedi di correnti elettriche sotterranee, che impongono la necessità di opportune protezioni.

Il punto 2 è in generale soddisfatto abbondando, secondo criteri prudenziali, negli spessori, così come in generale si verifica per i tubi ciechi di condizionamento: poiché talvolta le fessure, allorché numerose, possono indebolire eccessivamente il tubo, un semplice criterio di resistenza potrà indicare la via giusta.

Circa il terzo punto, il numero e le dimensioni delle fessure per i filtri del tipo a), ovvero la luce della spirale per i filtri di tipo b), ovvero le dimensioni della maglia per il tipo c), ovvero il diametro della particella per il tipo d) sono strettamente dipendenti dalla necessità di permettere il passaggio delle particelle aventi un diametro ben stabilito, e di impedire quello delle particelle aventi diametro anche lievemente maggiore di esso, facendo però in modo che risultino minime le perdite di carico durante il passaggio dell'acqua attraverso il filtro.

Allo scopo occorre distinguere i vari tipi di ammasso permeabile che possono presentarsi. Prendendo sempre come parametro caratteristico il diametro delle particelle costituenti l'ammasso, e nell'ipotesi che questo sia costituito da particelle di forma per lo più

sferoidale, possiamo distinguere gli ammassi in due categorie:

a) quelli aventi il diametro delle particelle quasi costante;

b) quelli aventi diametro delle particelle variabile da un minimo a un massimo.

Per quanto riguarda il caso a), il problema è risolto scegliendo la dimensione della via d'acqua leggermente minore del diametro medio delle particelle. E il tipo di filtro da usare deriva da tale scelta, in quanto, ad es., non potranno adoperarsi lamiere fessurate, di spessore notevole, ove la fessura sia inferiore a 1 mm: occorrerà in tal caso ricorrere ad altri tipi. Il tipo di filtro d), cioè a ghiaia, esige invece che per trattenere le particelle dell'ammasso aventi diametro uguale a d sia prescelta una ghiaia avente diametro delle particelle uguale a 4-5 volte d . Ciò è ormai dimostrato in via teorica e in via pratica (9). La ghiaia, dopo essere stata opportunamente vagliata, può essere gettata alle spalle della tubazione di condizionamento, ovvero, più modernamente, possono essere introdotti in pozzo filtri a ghiaia appositamente preparati fuori opera (10).

Allorché invece l'ammasso permeabile è del tipo a diametro variabile, entra in gioco un parametro nuovo, sul quale è bene soffermarsi: la percentuale di ammasso che si decide di far entrare nel pozzo perché sia asportata o mediante la pompa o mediante mezzi meccanici (pistone, cucchiaia di pulizia). E' chiaro che, allorché l'ammasso è costituito da particelle di dimensioni variabili, non sarebbe buona pratica limitare la dimensione delle luci d'ingresso di acqua alla più piccola dimensione della particella dell'ammasso: si dovrà fissare una luce compresa tra il minimo diametro e il massimo. Tra quali limiti detta luce debba esser compresa costituisce un problema la cui soluzione può esser fornita dall'osservazione che se si sottraggono all'ammasso molte particelle minute, si vengono a creare in esso dei vuoti pericolosi, causa di frane dal materiale soprastante e quindi di danni talvolta irreparabili alla permeabilità dell'ammasso.

Tali danni potrebbero essere evitati se fosse noto il comportamento delle particelle sottoposte alla for-

za di trascinamento derivante dalla velocità dell'acqua nei meati dell'ammasso. Purtroppo le leggi di STOKES (sia per il moto laminare che per quello turbolento) contemplano il caso della particella immersa in un fluido che non abbia limitazioni laterali, o per lo meno che, pur avendo delle limitazioni laterali dovute al recipiente che lo contiene, queste non siano nemmeno lontanamente assimilabili alle limitazioni presentate da un meato di ammasso permeabile.

Non essendo, in tali ultime condizioni, valutabile l'entità della forza di trascinamento per le varie particelle dell'ammasso, non si ha la possibilità di valutare, per una data portata, un dato diametro e una data lunghezza del filtro, quali particelle saranno trasportate entro il pozzo ovvero ne resteranno fuori (11).

Nè ci sembra il caso di ricorrere a consigli pratici (12) in quanto questi derivano dall'esperienza di singoli costruttori e quindi si riferiscono ai terreni sui quali quei tali costruttori hanno operato: detti terreni possono essere per alcuni riguardi (ad es., per il peso specifico) ben diversi da altri. E' infatti ovvio che un granellino di pomice (frequente nei terreni vulcanici) non pesi quanto un formalmente uguale granellino di silice.

Quindi, pur avendo stabilito l'adozione di un tipo di filtro atto a permettere l'ingresso in pozzo dei granelli da un dato diametro in giù, è possibile che la velocità di trasporto sia eccessiva o insufficiente: su questo punto sarebbero necessarie adatte sperimentazioni (13).

Riportiamo, a titolo esemplificativo, alcuni casi di scelta del filtro in rapporto a date granulometrie di ammassi permeabili, desunte dal « *The Johnson Driller Journal* » (14):

(11) Beninteso si esamina il comportamento della particella sita e muoventesi nell'ammasso permeabile; allorché la particella è entrata in pozzo segue la legge di STOKES.

(12) Il GROSS, in *Handbuch der Wasserversorgung*, - Berlin 1930, consiglia di tenere la velocità d'ingresso dell'acqua inferiore ai 2 mm/sec se l'ammasso è formato da particelle che per il 40% in peso abbiano il diametro compreso tra 0,5 e 1 mm; tenerla invece inferiore a 1 mm/sec se detto 40% in peso sia di particelle aventi d compreso tra 0,5 e 0,25 mm; infine tenere v inferiore a 0,5 mm/sec se il detto 40% in peso è composto da granuli aventi d inferiore a 0,25 mm.

(13) Recentemente la tecnica, per alcuni particolari tipi di costruzione, si è orientata verso diametri di perforazione molto larghi, che talvolta superano il metro, e verso diametri di condizionamento che generalmente superano il mezzo metro.

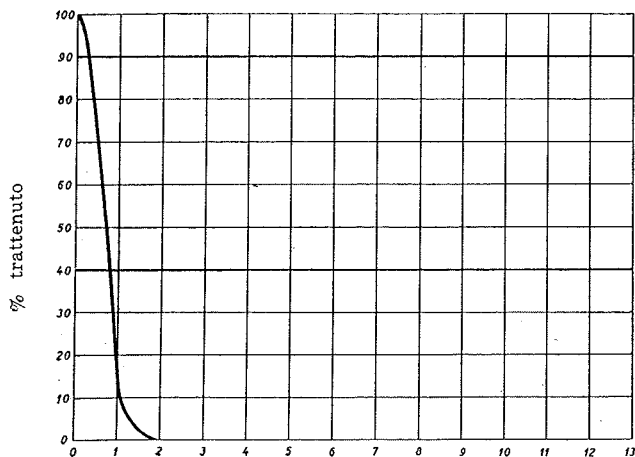
Tale sistema permette di ottenere portate ben maggiori di quelle ottenibili da pozzi del diametro tradizionale (non superante, cioè, il mezzo metro) in quanto, ferma restando la velocità di filtrazione imposta dai limiti di DARCY, a maggior superficie filtrante corrisponde maggior portata. Resta però il fatto che pozzi del genere risultano di costo molto maggiore di quello richiesto da una costruzione del tipo tradizionale, per cui la loro esecuzione dev'essere consigliata da ben studiati criteri di economia (risparmio di apparati di sollevamento, minore infiltrazione salina, etc.).

(14) *How to use sand analysis curves*; genn.-febr. 1956.

(9) H. F. SMITH: *Gravel packing water wells*; Water Well Journal, gennaio-febbraio 1954. Vedasi anche: E. W. BENNISON: *Ground water*; ediz. E. E. Johnson, Inc., 1947.

(10) Vedasi, ad es.: A. MASSARENTI: *Tubazioni e filtri nei pozzi trivellati*. Atti del 2° Convegno della sezione di Milano dell'Associazione Idrotecnica Italiana, Milano, 4-5 dicembre 1949.

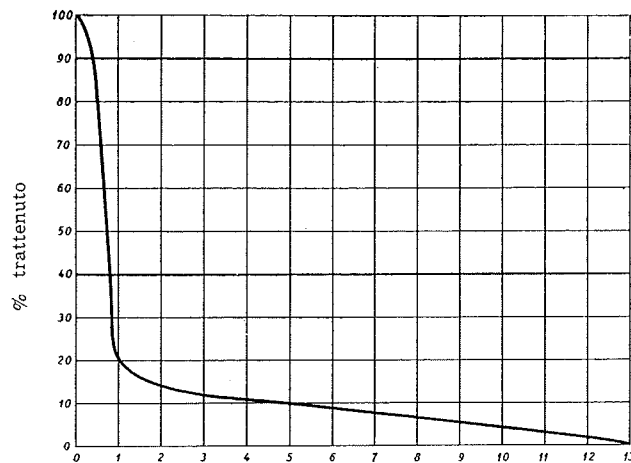
Recentemente ha avuto buona diffusione il tipo di filtro a ghiaia composto da un agglomerato di particelle di quarzo o di silice tenute insieme da un legante a base di resina sintetica; l'agglomerato risulta avere porosità del 38%; il diametro delle particelle può raggiungere il minimo di mm 0,4: ne deriva che tale ultima dimensione è atta a prevenire l'ingresso in pozzo di sabbia avente d circa uguale a 0,1 mm. Tali filtri sono noti sotto il nome di "filtri Fink".



Dimensioni delle particelle in centesimi di pollice

CLASSE A

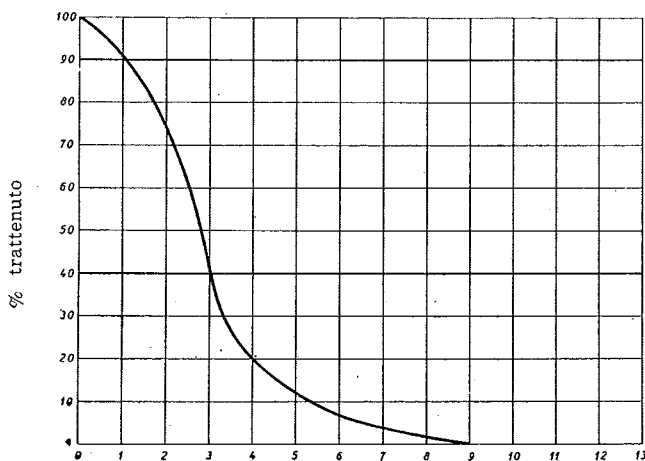
sabbia fina e uniforme, avente bassa permeabilità. Un filtro a ghiaia, opportunamente proporzionato, può dare buoni risultati.



Dimensioni delle particelle in centesimi di pollice

CLASSE B

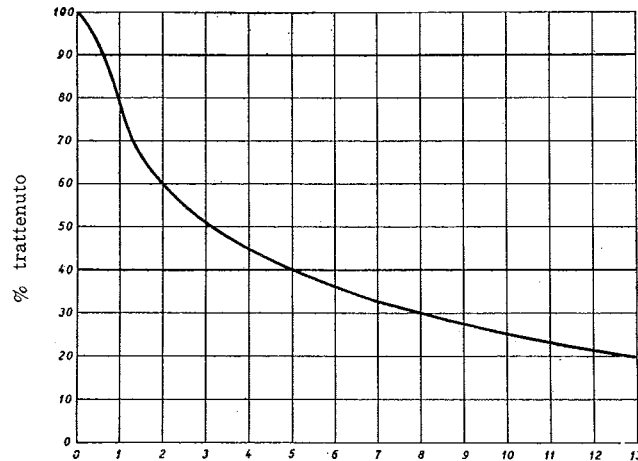
sabbia fina e uniforme, con poche particelle aventi maggior diametro: permeabilità non maggiore di quella relativa alla classe A. - Può esser consigliato o il filtro a ghiaia ovvero l'asportazione di un certo quantitativo di fino.



Dimensioni delle particelle in centesimi di pollice

CLASSE C

Miscuglio di sabbia fina e grossa, avente in generale buona permeabilità. - L'asportazione di un certo quantitativo di fino costituisce la migliore soluzione per un buon condizionamento.



Dimensioni delle particelle in centesimi di pollice

CLASSE D

Miscuglio di sabbia e ghiaia: l'asportazione d'un certo quantitativo di fino permette di ottenere grandi quantitativi d'acqua.

Circa il problema di rendere minime le perdite di carico dovute al passaggio dell'acqua attraverso i filtri, difficile sarebbe operare una giusta scelta se non si ricorresse a recenti esperienze ove detto problema è stato con cura esaminato. Ad es., possiamo citare i lavori di tre autori americani, PETERSEN, ROHWER e ALBERTSON (15), i quali hanno sperimentato su tutti i tipi di filtri soprariocordati, assumendo come parametri:

il diametro del filtro, D ;

la lunghezza del filtro, L ;

il per cento dell'area filtrante attraverso cui è possibile il passaggio dell'acqua, A_p ;

il coefficiente di contrazione C_c , risultante dalla forma della singola luce del filtro.

(15) *Effect of well screens in flow into wells*; Proceedings ASCE, dec. 953.

Altra trattazione è fatta da P. ARNAUD: *Pertes de charge dans les crépines de puits de pompage*, Troisième Journée de l'Hydraulique, Paris, 1954.

I suddetti autori hanno sperimentato su filtri di diametri variabili e con portate tali da far raggiungere all'acqua velocità certamente superiori ai limiti imposti dalla legge di DARCY.

Essi hanno potuto concludere che il criterio da seguire per rendere minime le perdite di carico attraverso il filtro è di fare in modo che il rapporto

$$\frac{CL}{D} \geq 6, \text{ (ove } C = 11,30 A_p C_c \text{).}$$

Ma, fatto ancor più importante, le loro sperimentazioni hanno permesso di accertare che, in pratica, l'acqua emunta attraversa la sola lunghezza del filtro necessaria perché il rapporto suddetto sia uguale a 6.

Non è inopportuno riportare i valori di A_p , dello spessore del filtro e della larghezza delle vie d'acqua, relativi ai tipi di filtro sopra indicati con *a*, *b*, e *c*, presi in esame dai citati autori:

Tipo	larghezza della via d'acqua (mm)	spessore del filtro (mm)	A_p (%)
a	1,6 ÷ 6,3	2	3 ÷ 14
b	0,5 ÷ 5	3	18 ÷ 69
c	3,5	6	33,64

Notisi come modesta risulti A_p per il primo tipo di filtro sperimentato: in pratica le fessure possono essere aumentate sino a portare A_p almeno a 25%, limitando così la lunghezza e il diametro del relativo filtro. Quanto a C_c , è noto ch'esso non può essere minore di 0,5, e che in pratica varia da 0,6 a 0,8 a seconda della particolarità costruttiva della luce di ingresso dell'acqua per ogni tipo di filtro.

Un altro criterio da seguire per rendere minime le perdite di carico attraverso i filtri potrebbe essere dato dall'osservazione che non si potranno mai avere forti perdite sempre che la grandezza della velocità effettiva dell'acqua attraverso i filtri si mantenga pressoché uguale al valore della velocità effettiva dell'acqua nell'ammasso permeabile durante l'emungimento. Basterà così dividere la velocità di filtrazione (calcolata precedentemente a proposito della 1^a verifica fatta circa la validità della legge di DARCY) per il valore medio della porosità dell'ammasso (da 0,3 a 0,4) per ottenere la velocità effettiva: la stessa velocità effettiva dovrà ottenersi all'ingresso dell'acqua in pozzo dalle luci del filtro. Per poter procedere a simile verifica, e d'altra parte anche per procedere a quella descritta più sopra, è necessario conoscere con esattezza A_p , elemento che sarebbe bene fosse fornito, per il

tipo *b*) e *c*) di filtri sopradescritti, dalle ditte costruttrici. Sarebbe anche interessante verificare se i due criteri sovraindicati, per lo stesso tipo di filtro e per le stesse condizioni di D, L e A_p , concordino o meno circa i valori della velocità effettiva d'ingresso dell'acqua.

Non possiamo ultimare queste brevi note senza far cenno al problema dell'impianto di sollevamento. A nostro parere, è un pò colpa di quest'ultimo se a volte il costruttore è tentato di spingere l'emungimento oltre certi limiti: la tecnica moderna ha messo in commercio pompe sommerse (dato che nei pozzi tubolari viene adoperato per lo più tale tipo di pompe, per l'indubbio pregio di minore spesa di manutenzione) che pur presentando un diametro molto piccolo sviluppano una potenza piuttosto grande: ne deriva naturale la tendenza ad effettuare forti emungimenti anche allorché i diametri di rivestimento siano di modesta grandezza, e a tenere piccolissima la corona circolare esistente tra l'interno del foro e l'esterno del corpo della pompa. Ora, se si pone mente al fatto che proprio in quella intercapedine si verificano perdite di carico per lo meno pari a $0,5 V^2/2g$, ne risulta che, ad es., una portata di 1/sec 30 obbligata a imboccare e a percorrere una intercapedine di soli 75 cm² (tubo avente diametro int. mm 250 e pompa di diam. est. mm 230, caso non infrequente nella pratica comune) subisce la perdita di carico di ben m 0,41, e ciò qualora si proceda al calcolo delle perdite con la formula sovriportata, che si ha ragione di ritenere non si adatti bene al caso, per quanto non si sia a conoscenza di formule più aderenti.

Vogliamo concludere ripetendo l'augurio fatto all'inizio, che cioè le note sopraesposte possano dare l'avvio a una proficua discussione chiarificatrice. Non si tratta di voler esporre o richiedere « *segreti* » costruttivi, i quali per molti rispetti somigliano ai segreti di una nota maschera napoletana; si tratta di dare un significato preciso ai vari procedimenti costruttivi nell'interesse precipuo dei costruttori.

Si potrà obiettare che se si volessero seguire tutti i procedimenti sopraesposti la costruzione di un pozzo diventerebbe un'operazione complicatissima: in effetti tale è, e il fatto che per ogni pozzo il contribuente cava dalla tasca un certo numero di quattrini dovrebbe spingere tutti a richiederne l'oculata costruzione; un pozzo ben costruito risulta più sicuro e duraturo, e di meno dispendioso esercizio, compensando così in pochissimi anni la maggiore spesa fatta all'atto della costruzione.

Napoli, settembre 1956.

Ing. Franco Mercogliano