

LA QUALITÀ COSTRUTTIVA DELLE OPERE DI CAPTAZIONE

LA TUTELA DELLA ACQUE SOTTERRANEE NON PUÒ PRESCINDERE DALLA QUALITÀ COSTRUTTIVA DELLE OPERE DI CAPTAZIONE, IN PARTICOLARE I POZZI. IL POZZO È UN'OPERA EDILE SPECIALE CHE DEVE ESSERE REALIZZATA SECONDO CRITERI COSTRUTTIVI CHE ESCLUDANO POSSIBILITÀ DI INFILTRAZIONI O CONTAMINAZIONI DIRETTE. L'ESPERIENZA ANIPA.

Le risorse idriche sotterranee sono intercettate da opere di captazione profonda (pozzi) per attingere acqua, generalmente caratterizzata da buona qualità e discreta costanza negli apporti.

Il pozzo è un'opera edile speciale, che interagisce direttamente con gli acquiferi sotterranei. La qualità costruttiva e l'efficienza idraulica risultano fondamentali per preservare le caratteristiche qualitative e quantitative della risorsa. Gli elementi costruttivi dell'opera pozzo possono ingenerare rischio di contaminazione delle falde

acquifere attraverso differenti processi e percorsi di contaminazione (infiltrazione, contaminazione, cross-contaminazione). La *testa pozzo* può essere realizzata da imprese diverse da quelle costruttrici del pozzo, ma costituisce il primo potenziale veicolo di contaminazione per infiltrazione superficiale diretta dal piano campagna. Le rotture delle tubazioni possono inquinare gli acquiferi per cross-contaminazione; il naturale invecchiamento delle opere, la presenza di corrosioni, correnti vaganti e l'impiego di materiali di scarsa qualità, sono le principali cause di questo fenomeno.

La cementazione e gli isolamenti in generale, che dovrebbero ripristinare la stratigrafia nello schema di completamento dell'opera, devono impedire miscele tra acquiferi separati naturalmente, ma possono invece interconnettere acquiferi diversi e/o contaminarli.

Anche deficienze progettuali e costruttive dell'opera possono essere causa di contaminazione: la progettazione e la direzione lavori dell'opera deve essere affidata ed eseguita da tecnici specializzati, affidandosi a imprese costruttrici con qualifica tecnico-professionale e personale specializzato, adeguatamente formato, macchinari e attrezzature idonei all'opera da costruire.

Tab. 1 Tabella per la determinazione della profondità massima di installazione in funzione del rapporto SDR tra diametro e spessore.

Profondità	SDR					
	13.5	17	21	26	32	41
P<10 m	Si	Si	Si	Si	Si	Si
10<P<25 m	Si	Si	Si	Si	Si	-
25<P<50 m	Si	Si	Si	Si	-	No
50<P<100 m	Si	Si	Si	-	No	No
100<P<175 m	Si	Si	-	No	No	No
175<P<350 m	Si	No	No	No	No	No
	35.3	16.8	8.6	4.4	2.3	1
	Pressione idrostatica di schiacciamento (kg/cm ²)					

Elementi costruttivi che possono creare problemi di contaminazione

Tubazioni

Le rotture delle tubazioni possono essere dovute a:

- materiali non idonei (PVC in pozzi profondi, acque aggressive)
- errato dimensionamento (spessori delle tubazioni ridotti)
- difetti costruttivi (saldature, giunzioni)
- sovrappressioni non valutate
- correnti vaganti.

La scelta dei materiali (termo-plastici o ferrosi) impiegati nella realizzazione della colonna di produzione cieca dei pozzi dipende dalla qualità delle acque captate (acque corrosive o incrostanti richiedono ad es. acciaio Inox), dalla destinazione d'uso dell'opera, dalle modalità di perforazione, dalla profondità del pozzo, che influisce direttamente sulla pressione esterna di schiacciamento del materiale e quindi sui parametri dimensionali della tubazione.

La *resistenza a schiacciamento* σ di un materiale di *diametro* (D) e *spessore* (s) è direttamente proporzionale alla *pressione esterna* ($\sigma = PeD/100s$).

Nella pratica progettuale la pressione

FIG. 1
COSTRUZIONE POZZI

Tubazione rotta su una giunzione (immagine ripresa da telecamera).



di schiacciamento teorica è 25 bar per tubi in acciaio, 7 bar per quelli in PVC. Le resistenze a schiacciamento massime ottenibili per SDR<15 non superano i 20 MPa, mentre per l'acciaio inox AISI 304 si possono ottenere valori di $\sigma = 500$ MPa e resistenza a trazione di circa 1/3. È possibile ricavare la *pressione esterna di schiacciamento* in funzione dei moduli elastici del materiale impiegato e del rapporto di Poisson μ (PVC=0.36) secondo la relazione di Timoshenko:

$$P_e = \frac{2E}{1-\mu^2} \frac{1}{(SDR-1)^3}$$

La valutazione della massima pressione esterna effettiva di schiacciamento in sito risulta un aspetto estremamente delicato e complesso, dipendente dalle caratteristiche litologiche, ma soprattutto da quelle idrogeologiche (pressioni idrostatiche e idrodinamiche), anche per la presenza di sovrappressioni non valutate. È possibile dimensionare lo spessore della tubazione dal diametro scelto e il materiale impiegato, nota la profondità di installazione e la pressione esterna massima di schiacciamento a cui la tubazione potrà essere soggetta, utilizzando la *tabella 1*, per determinare la profondità massima di installazione di una tubazione in materiali termoplastici in funzione del rapporto SDR tra diametro e spessore.

Tubazioni in PVC non sono idonee per *pozzi perforati a circolazione inversa* a elevato diametro, per *pozzi perforati a circolazione diretta*, ma a elevata profondità (per l'impossibilità di installare centratori), per i *pozzi in roccia*, perforati con martello fondo-foro.

I materiali plastici presentano caratteristiche medio-basse di resistenza, che limitano l'utilizzo di tecniche come il *pistonaggio*; a causa delle elevate pressioni di schiacciamento generate dalla colonna di cementazione, non sono idonei per elevati spessori di cementazioni per il rialzo termico, prodotto dalla maturazione del getto della boiaccia. La giunzione tra gli spezzoni dopo il tratto filtrato è il punto più debole della colonna: nella *figura 1* si nota una concrezione di carbonato di calcio in corrispondenza di un tratto di giunzione non stagna (ripresa da ispezione televisiva in foro).

La qualificazione tecnico professionale dell'impresa risulta fondamentale per la realizzazione a regola d'arte della colonna ad es. nelle saldature di giunzione nelle tubazioni in materiali ferrosi.



FIG. 2
COSTRUZIONE POZZI

Testa pozzo senza flangia di chiusura (pozzo irriguo in Val di Cecina).



FIG. 3
COSTRUZIONE POZZI

Fase di inserimento della colonna munita di centratori (da Idrogeo).

Nelle tubazioni costruite con materiali ferrosi è fondamentale l'installazione di una protezione catodica contro la corrosione da *correnti vaganti*, causa di eccessivo e veloce deterioramento del materiale.

Testa pozzo

Il completamento delle teste pozzo è un'opera edile accessoria, spesso trascurata, ma la loro protezione e

isolamento previene infiltrazioni di contaminanti chimici e biologici all'interno della tubazione di completamento, direttamente a contatto con la risorsa idrica.

Nella *figura 2*, relativa a un pozzo irriguo in Val di Cecina, la testa pozzo risulta mancante della flangia di chiusura, con totale esposizione dell'acquifero, così assolutamente vulnerabile.

Per la corretta protezione della testa di

un pozzo a uso idropotabile e/o minerale (quindi a massima protezione) devono essere presenti:

1. *casotto di presa*: volume chiuso a protezione della testa pozzo, di alloggiamento della strumentazione di controllo, con porta di accesso serrabile, apertura per la ventilazione, protetta da griglia anti-insetto, botola di ispezione stagna per l'estrazione della colonna di mandata, con pareti lavabili fino a 2 m e pavimento munito di griglia di scarico
2. *testa di pozzo*: rialzata rispetto alla platea di base, ermeticamente chiusa con flangia, contro-flangia e guarnizione, con fori per i cavi di alimentazione della pompa e delle sonde di livello, tubazione guida per le misure freaticometriche; l'aerazione viene garantita da un filtro batteriologico
3. *colonna di mandata*: deve essere attrezzata con saracinesca, misuratore di portata ed eventualmente misuratore di temperatura e conducibilità elettrica, rubinetto di prelievo per il campionamento.



Cementazioni

Le cementazioni dei pozzi devono garantire:

- protezione sanitaria da infiltrazioni di acque superficiali contaminate, flussi tra acquiferi diversi (cross-contaminazione) e isolamento di acquiferi contaminati
 - protezione meccanica da fenomeni corrosivi di tipo chimico e meccanico; rinforzo delle tubazioni contro il rischio di schiacciamento e punzonature (soprattutto tubazioni in PVC).
- Si possono ingenerare fenomeni di cross-contaminazione tra due acquiferi sovrapposti, messi in carico dall'opera

di captazione senza interposizione di un tampone intermedio e senza cementazione di uno dei due orizzonti acquiferi, lasciandoli isolati naturalmente da un acquicludo.

L'infiltrazione dalla superficie o da strati superficiali contaminati raggiunge direttamente il pozzo per mancanza di cementazione superficiale.

La cementazione si realizza con:

- metodo di spiazzamento, che prevede l'inserimento della tubazione all'interno del perforo già riempito di boiaccia, con

tubazione chiusa e munita di tappo di fondo

- con tubazione esterna tramite imbuto o pompa di iniezione, che viene utilizzata per cementazioni fino a 150-200 m, riempite con acqua o bentonite
- con tubazione interna e scarpa di cementazione, valida per qualsiasi profondità, che prevede l'iniezione dal p.c. di boiaccia attraverso una colonna di cementazione avvitata a una scarpa, fresabile che permette la perforazione internamente alla tubazione cementata. I materiali usati per cementazioni/isolamenti sono *boiaccine cementizie* (calcestruzzo, a base di cemento, a base di cemento e bentonite) e *boiaccine bentonitiche* (in polvere, granulare, in scaglie, in pellets); nella pratica corrente vengono impiegati più sistemi sovrapposti.

Per meglio eseguire le operazioni di cementazione e di condizionamento dell'*out-case* (drenaggio, tamponamento) si inseriscono sulla colonna centratore, costituiti da barrette piegate e saldate (*figura 3*), in numero e dimensioni variabili in funzione delle profondità e dei diametri del pozzo.

Fabio Montagnani¹, Fausto Berti², Stefano Magini²

1. Segretario Associazione nazionale di idrogeologia e pozzi acqua (Anipa), Piacenza
2. Indago snc, Certaldo (FI)

BIBLIOGRAFIA

- Stuart A Smith, *Well Cementation*, Pubbl. Anipa 1993.
- Michigan Department of Public Health, *Groundwater well cementation*, Pubbl. Anipa 1994.
- Guido Chiesa, *Cementazione dei Pozzi*, Pubbl. Anipa 1992.
- API Specification: 1978, 1981.
- Bowen RC W G Parckhouse, *Petroleum Engineer International*.
- Chetoni R., *Manuale delle acque termali*, Geo-Graph 2000.
- Celico P., *Prospezioni idrogeologiche*, Liguori editore (1988)
- Castany, *Idrogeologia*, Flaccovio editore 1982.
- Gianni Cerbini, *Il manuale delle acque sotterranee*, Geo-Graph (1992).
- Drilling: Oil and Gas Journal.
- Michael A.M. et al., *Waterwell and pump engineering*.
- Cerbini G., Gorla M., *Idrogeologia applicata*, Geo-Graph (2004).
- Campbell L., *Waterwell technology*, McGraw (1977).
- Driscoll FG: *Groundwater and well*, Jonson Division (1986)