

# Una nuova tecnica di drenaggio dei pozzi per acqua: ricerca e sviluppo

## *A new technique for filter packing water wells: research and development*

Maurizio Gorla


**Riassunto:** La messa in opera di dreni sabbiosi e ghiaiosi di scarsa qualità, quali materiali filtranti nei pozzi per approvvigionamento idrico, determina non soltanto un'insufficiente funzionalità idraulica del sistema nel suo complesso, ma provoca anche un aumento dei fenomeni d'intasamento dell'annulus e una maggior domanda di energia elettrica, che si traducono a loro volta in una riduzione della durata di utilizzo dell'opera di captazione e in un incremento nella frequenza e nei costi per le attività di manutenzione.

Prove di laboratorio e test di campo, effettuati a partire dal 2008, hanno dimostrato che l'impiego delle sfere di vetro come dreno nei pozzi per acqua diminuisce la necessità di interventi di manutenzione e riabilitazione degli stessi, migliorandone le prestazioni e allungandone il "ciclo di vita".

**Abstract:** *The selection of poor quality natural sand and gravel filter pack media for water supply wells leads to insufficient hydraulics, increased well clogging, higher electrical energy demand, reduced life-cycle and increased Operations & Maintenance (O & M) activities and costs.*

**Parole chiave:** drenaggio, funzionalità idraulica, glass beads, pozzi per acqua, well ageing

**Keywords:** *filter packing, glass beads, hydraulic efficiency, water wells, well ageing*

Maurizio GORLA   
Responsabile Ufficio Bilancio Idrico e Geologia  
CAP Holding S.p.A. Assago (MI)  
maurizio.gorla@capholding.gruppocap.it

Ricevuto: 5 maggio 2013 / Accettato: 18 marzo 2014  
Pubblicato online: 30 aprile 2014

© Associazione Acque Sotterranee 2014

### Introduzione

CAP Holding S.p.A. è un'azienda a totale capitale pubblico che opera nell'ambito del Servizio Idrico Integrato, essendo il gestore unico a livello della Provincia di Milano.

I circa 200 acquedotti gestiti da CAP attingono acqua esclusivamente dal sottosuolo, con prelievo da pozzi captanti sistemi acquiferi posti a profondità comprese tra i 50-100 m e i 200-250 m da piano campagna.

La progettazione e la successiva realizzazione dei pozzi per acqua rappresenta una delle fondamentali missioni aziendali.

Progettare correttamente un pozzo significa anche sperimentare nuove soluzioni tecniche, che consentano di migliorare la capacità produttiva e l'efficienza idraulica dell'opera di captazione.

Costruire al meglio un pozzo vuol dire, allo stesso modo, verificare che i materiali impiegati non solo siano assolutamente idonei all'utilizzo per acque destinate al consumo umano, ma anche che vengano posti in opera nella maniera più adeguata, nonché conformemente alle prescrizioni inserite nel capitolato e nelle annesse norme tecniche (Gorla, 2010).

Scopo della presente memoria è perciò quello di illustrare in maniera esaustiva una nuova metodologia di drenaggio dei pozzi per acqua, quale esempio d'innovazione nel campo della progettazione e realizzazione delle opere di captazione di acqua potabile, che l'Ufficio Bilancio Idrico e Geologia di CAP Holding sta promuovendo per quelle di prossimo accantonamento.

Più in particolare, un primo pozzo CAP è stato recentemente oggetto di tale tipologia di test. Questo nuovo materiale drenante è stato posato in opera in un pozzo realizzato tra la fine del 2013 e l'inizio del 2014. Il test di collaudo finale ha evidenziato una produttività decisamente superiore a quella di pozzi trivellati nel medesimo territorio, con analoghi tecnici di perforazione, ma con drenaggio costituito dal classico ghiaietto siliceo.

### Presupposti teorici e pratici

Fino al recente passato (seconda metà anni 2000), il drenaggio dei pozzi per acqua è stato effettuato esclusivamente con ghiaie e sabbie silicee, selezionate e provenienti da poche cave sparse sul territorio.

È però vero che tali risorse non sono inesauribili, motivo per cui si è assistito, specialmente in questi ultimi anni, ad un progressivo deterioramento qualitativo del ghiaietto ado-

perato come materiale di riempimento dell'annulus dei pozzi per acqua (Chiesa, 1991).

Tale peggioramento delle caratteristiche base dei materiali drenanti, ed in particolare la riduzione della rotondità delle singole particelle ghiaiose (irregolarmente arrotondate) e del sorting granulometrico, così come un sempre più elevato contenuto di particelle fini ("polvere" autoctona e schegge di quarzo) si traduce non solo in un rapido declino delle peculiarità qualitative degli stessi, ma soprattutto nella perdita di funzionalità idraulica e idrochimica dei pozzi per acqua (si parla anche di "well ageing"), sostanzialmente in termini di durata della loro "vita media" e di necessità di una più pressante manutenzione, per continuare a garantirne l'efficienza (Gorla, 2010).

In un siffatto contesto, occorre pertanto cercare di percorrere nuove vie, sperimentando sul campo soluzioni pratiche che consentano di superare tali problematiche, ed anzi migliorino le metodologie di costruzione e la produttività dei pozzi per acqua, abbattendo i costi operativi e manutentivi a medio-lungo termine, nonché prolungando il loro ciclo di vita (Gorla, 2010).

A partire dal 2007-2008, diverse esperienze pratiche hanno individuato nelle sfere di vetro calcico-sodico, ad elevata purezza compositiva, il materiale drenante ottimale per il riempimento dello spazio anulare tra terreno acquifero e filtri (figura 1a/b).

Il perché di tale scelta richiede innanzi tutto un breve riepilogo delle funzioni svolte da un dreno (Chiesa, 1991; Gorla, 2010).

Il materiale scelto come dreno in un pozzo per acqua deve assolvere i seguenti compiti, rapportabili a dei precisi parametri guida:

- dar luogo ad una colonna filtrante porosa, capace di lasciar passare elementi solidi al di sotto di una certa dimensione (parametro guida: curva granulometrica dell'acquifero);
- costituire un insieme di vuoti larghi e permeabili, idonei rispetto alla granulometria nominale della falda ed adeguati anche al valore degli slot dei tratti fenestrati (parametri guida: diametro nominale, filter factor, ampiezza delle aperture dei filtri);
- generare una struttura ben classata al limite perforo/acquifero;
- evitare l'intasamento (clogging) dell'annulus del perforo e dei filtri (figura 2), dovuto a incrostazioni e sviluppo di biofilm (Van Beek e Kooper, 1980; DeZwart, 2007), e impedire una costante intrusione/accumulo di particelle fini (sabbie, limi e colloidali) provenienti dalla falda (parametro guida: permeabilità del dreno);
- regolare la portata del pozzo in rapporto alla capacità produttiva dell'acquifero, scongiurando un eccessivo abbassamento (deep lowering) del livello idrostatico, che potrebbe innescare fenomeni di turbolenza e perdite in ingresso non più trascurabili (parametro guida: portata specifica);
- filtrare solamente un acquifero omogeneo dal punto di vista idraulico e idrochimico, così da eludere una cortocircuitazione verticale del flusso idrico sotterraneo, ma

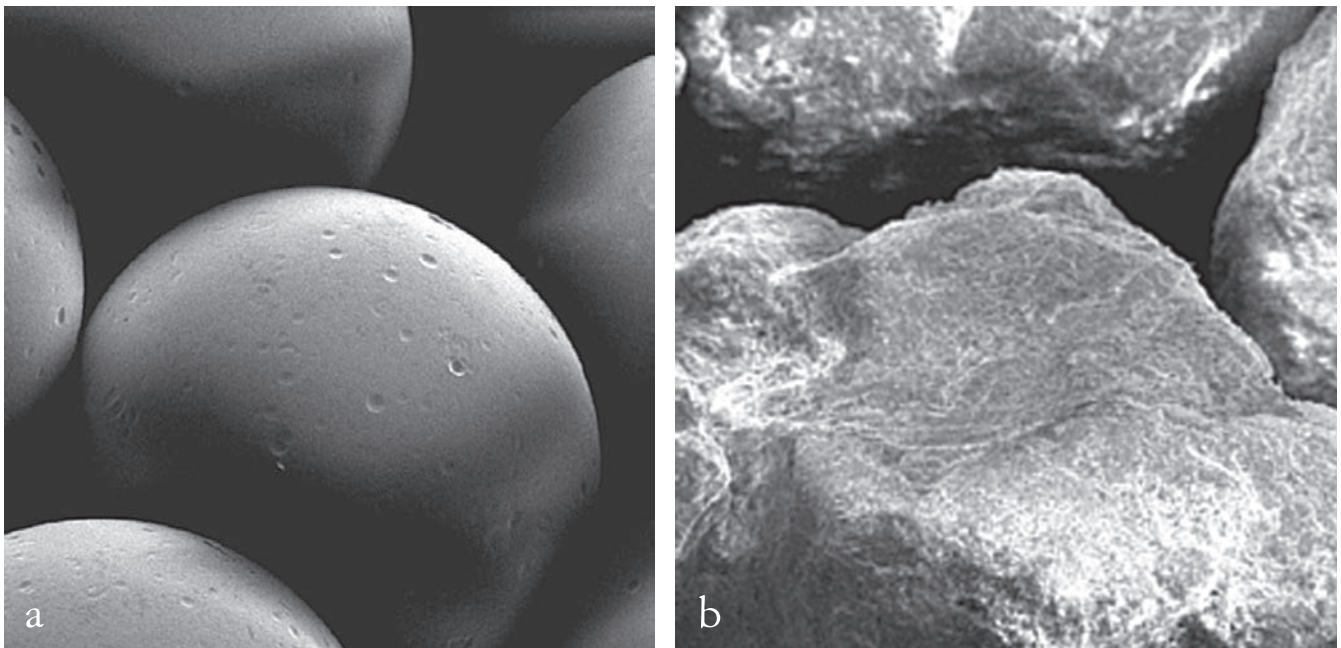


Fig. 1a,b - Immagine REM delle sfere di vetro (a) comparate con un dreno in ghiaia della medesima granulometria (b). La superficie levigata delle sfere di vetro previene la formazione di stress tensionali durante l'applicazione di un carico, riducendo altresì l'agglomerazione delle incrostazioni (Treskatis et al., 2010).

*Fig. 1a,b - REM image of a glass bead (a) compared to a filter gravel pack (b) of the same grain size. The "smooth" surface of the glass bead prevents the formation of tensile stress when load is applied and reduces the agglomeration of incrustations (Treskatis et al., 2010).*

pure un invecchiamento accelerato, con repentino calo di produttività del pozzo (parametri guida: relazioni redox e permeabilità idraulica della sequenza di strati, si veda anche figura 3).



Fig. 2 - Esempio di filtro a ponte + dreni ghiaiosi intasati, dopo sviluppo con pompaggio (Herrmann e Stiegler, 2008).

Fig. 2 - Clogged well screen (bridge slotted type) with gravel debris after development pumping (Herrmann & Stiegler, 2008).

La tabella 1 illustra le caratteristiche che, se rispettate, permettono il raggiungimento degli obiettivi di qualità per i materiali utilizzabili come dreni (Treskatis et al., 2009).

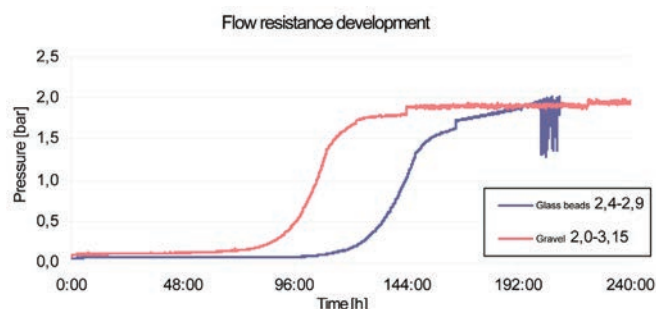


Fig. 3 - Incremento della pressione in un dreni di ghiaia (2,0–3,15 mm) e in sfere di vetro (diametro 2,4–2,9 mm) con filtrazione di acqua di falda contenente ferro e manganese (Treskatis et al., 2009).

Fig. 3 - Pressure development in gravel packs 2,0 – 3,15 mm grading and glass beads packs 2,4 – 2,9 mm grading under continuous perfusion of groundwater containing iron and manganese (Treskatis et al., 2009).

A motivo di quanto sopra esposto, è altresì possibile enumerare le principali peculiarità di un dreni, la cui variazione influenza l'ageing dei pozzi per acqua (Gorla, 2010; Klaus, 2012):

- forma dei granuli (deviazione dall'ideale forma sferica), la quale incide sulla porosità efficace (dev'essere la maggiore possibile);
- superficie interna dei granuli (inner surface - coarseness), che è in relazione di proporzionalità diretta con la permeabilità del dreni: granuli più grossi si traducono in una più alta conducibilità idraulica (dev'essere quella massimamente ottenibile);

Tab. 1 - Caratteristiche del materiale che risultano generalmente vantaggiose per la costruzione dei pozzi per acqua e obiettivi di qualità per la ghiaia da impiegare nel drenaggio dei medesimi (Treskatis et al., 2009).

Tab. 1 - Quality characteristics for filter pack media and related quality goals (Treskatis et al., 2009).

Caratteristiche del materiale	Obiettivi di qualità
Lavato ed esente da particelle "undersized" (presenti al massimo in quantità pari al 10%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Scarse perdite di materiale liberato da particelle "sottodimensionate" e scarsa o nulla compattazione durante la fase di sviluppo del pozzo</li> <li>• Riduzione del tempo di sviluppo</li> </ul>
Granuli di ghiaia ben arrotondati (il più possibile vicini ad una forma sferica)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Aumento della porosità e della conducibilità idraulica del dreni comparata a quella dell'acquifero</li> <li>• Diminuzione in pozzo dell'abbassamento del livello idrodinamico e delle perdite di pressione</li> <li>• Miglioramento della capacità di sviluppo e della produttività del pozzo</li> </ul>
Composizione omogenea	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Purezza del prodotto, che garantisce assenza di criticità qualitative al contatto con l'acqua di falda</li> </ul>
Elevata percentuale di quarzo puro (96%)	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Assenza di cambiamenti di volume causati da minerali rigonfianti o soggetti a rotture</li> </ul>
Superficie liscia	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Minimizzazione dei processi di deposizione delle particelle</li> </ul>
Bassa percentuale di forme irregolari (spezzate, rotte, piatte, lenticolari, ecc.) e alto grado di uniformità	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Basso demixing durante la fase di riempimento del perforo</li> <li>• Mancato sviluppo di perdite di pressione a seguito della colmatazione del pozzo</li> </ul>
Elevata resistenza meccanica (in particolare rigidità e resistenza a compressione) e chimica	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Impedisce la rottura della continuità del sistema acquifero/opera di captazione, con riflessi positivi sull'efficienza idraulica a medio-lungo termine</li> </ul>

- misura del volume attraversabile (passable gap volume) e della geometria dei canali di poro, i quali risultano dall'irregolarità della curva granulometrica e dalla densità di stratificazione. Tali fattori incidono esplicitamente sulla portata specifica (che si riduce da un 100% a un 30%, passando da geometrie sciolte a densamente impaccate) e sull'abilità di riabilitazione del pozzo;
- bedding stabile e volume dei pori omogeneo;
- capacità di inibire la formazione di biofilm e incrostazioni (figura 4);
- quota parte di particelle fini in sospensione nell'acqua proveniente dalla falda adiacente (anche sotto forma di colloidali) e subordinata alle modalità di riempimento, che si può accumulare nei canali porosi o al di fuori del raggio d'azione delle note tecniche di desanding e rigenerazione, o ancora basate sull'allineamento dell'inflow in pozzo.



Fig. 4 - Esempio di ageing di un pozzo per acqua, dovuto a incrostazione (Herrmann e Stiegler, 2008).

Fig. 4 - Example of water well ageing, due to incrustation (Herrmann & Stiegler, 2008).

Nella realtà dei fatti, come verificato anche sperimentalmente, si rileva che i dreni ghiaiosi mostrano, con frequenza continuamente maggiore, le seguenti criticità:

- forma sempre meno sferica, ma più piatta e lenticolare;
- alta percentuale di polveri e materiali non idonei (> 10%);
- quote elevate di particelle under- e oversized (> 10%);
- rigidità non soddisfacente;
- larga ma incostante superficie interna;
- disintegrazione e compattazione durante l'uso.

Tali riscontri negativi hanno spinto un buon numero di ricercatori ed esperti della materia a percorrere, in questi ultimi anni, nuove strade di ricerca, testando in laboratorio e sul campo una nuova classe di materiali drenanti, composti da sfere di vetro ad elevata purezza (figura 5).

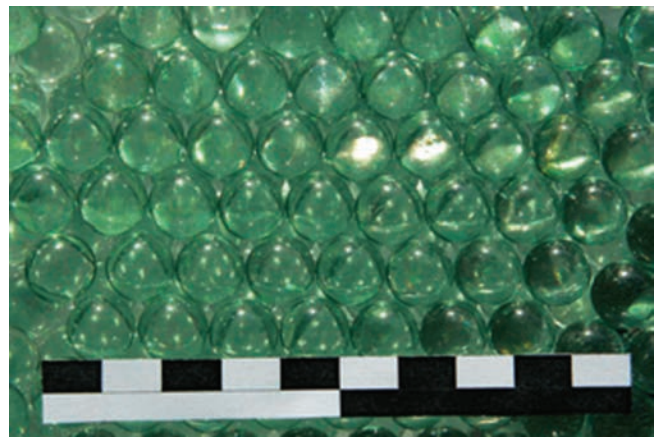


Fig. 5 - Particolare di un dreni a sfere di vetro, con elevata densità di impaccamento (Herrmann e Stiegler, 2008).

Fig. 5 - Particular of a glass beads packing with densest filling (Herrmann & Stiegler, 2008).

### Caratteristiche fisiche e chimiche delle sfere di vetro impiegabili come dreni

L'impiego delle sfere di vetro (glass beads) come materiale drenante nei pozzi per acqua ha richiesto un notevole sforzo tecnologico ed economico, poiché devono essere soddisfatti numerosi requisiti qualitativi e prestazionali. Ciò significa altresì che le proprietà fisiche di un siffatto dreni, di cui tenere conto, sono altrettanto composite.

Di seguito, si fornisce una breve disamina dei principali parametri fisici e chimici che permettono di descrivere le capacità strutturali e idrauliche delle "perle" di vetro (Treskatis et al., 2010).

Le principali componenti chimiche delle sfere di vetro sono le seguenti (valori medi, espressi in percentuale di peso):

- |                     |       |
|---------------------|-------|
| • SiO <sub>2</sub>  | 72,5% |
| • Na <sub>2</sub> O | 13,0% |
| • CaO               | 9,06% |
| • MgO               | 4,22% |
| • Altri             | 1,22% |

Le sfere di vetro vengono prodotte secondo processi diversi, in funzione del loro diametro.

Nessuno dei costituenti del vetro può essere eluito: viene certificata l'assoluta assenza di rilascio di sostanze che possano essere prese in carico dalla fase acquosa, quando essa viene a contatto col vetro.

Tale affermazione è adeguatamente sostenuta da approfonditi test di eluizione, eseguiti nel laboratorio AIR di Norimberga, prima del primo riempimento di materiale. I risultati ottenuti confermano che nessun materiale estraneo è stato ceduto dal vetro all'acqua, anche dopo prolungato contatto tra i medesimi (Treskatis et al., 2010).

## Compattezza

La compattezza delle sfere di vetro dipende dal loro diametro.

In linea di principio, vale la stessa regola empirica che si applica al ghiaietto: maggiore è il diametro delle sfere e più elevata è la loro resistenza a compressione.

Test comparativi di laboratorio, condotti su sfere di vetro

e su granuli di ghiaia quarzosa, hanno evidenziato un comportamento geomeccanico delle sfere di vetro decisamente migliore rispetto a quello offerto dal classico “ghiaio” (figura 6). La tabella 2 fornisce alcuni dati sperimentali di resistenza a compressione, ottenuti tramite test di laboratorio.

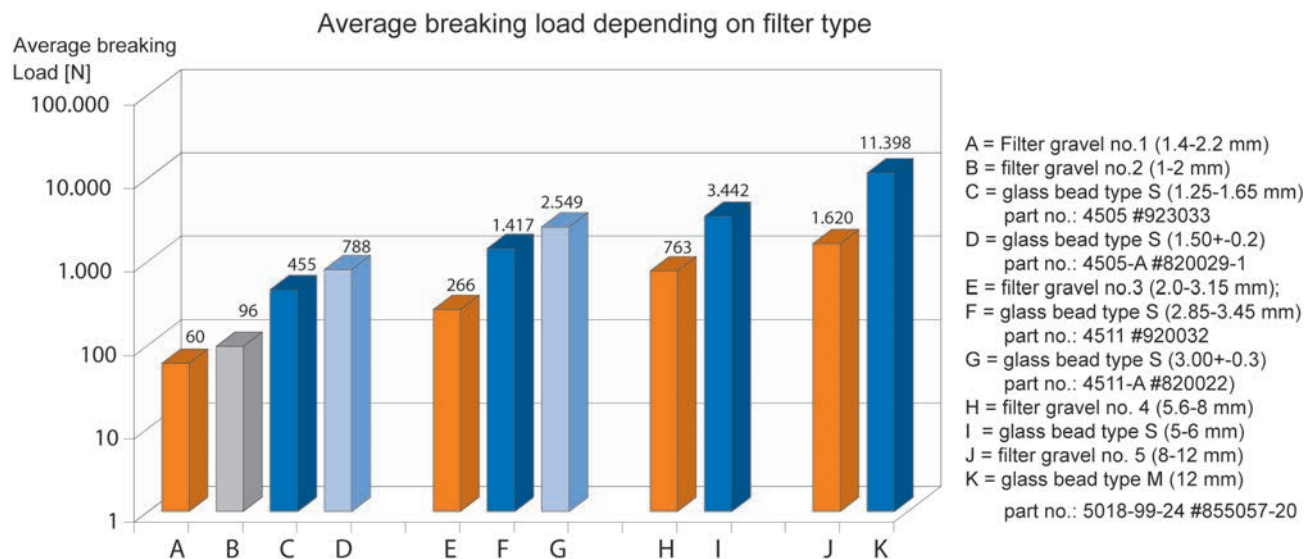


Fig. 6 - Carichi a rottura medi di dreni ghiaiosi e sfere di vetro, aventi differente granulometria e miscelazione, in condizioni statiche (Treskatis et al., 2010).

Fig. 6 - Magnitudes of average breaking load of filter gravel and glass beads at different granulation and bead sizes and mixtures at static load handling (Treskatis et al., 2010).

Tab. 2 - Confronto tra i valori di resistenza a compressione delle sfere di vetro rispetto a quella di due differenti tipologie di ghiaia (diverso produttore A e B) (Herrmann e Stiegler, 2008).

Tab. 2 - Comparison of compressive strength values of glass beads and gravels (A and B mean different producer) (Herrmann & Stiegler, 2008).

Tipo di materiale	Valore medio (kN)	Valore minimo (kN)	Valore massimo (kN)
Ghiaia A $\phi = 5,6-8,0$ mm	0,74	0,44	1,18
Ghiaia B $\phi = 5,6-8,0$ mm	0,87	0,38	1,13
Sfere di vetro D = 2,5 mm	1,14	0,88	1,33
Sfere di vetro D = 9,0 mm	11,10	8,05	14,57
Sfere di vetro D = 12,0 mm	14,20	11,62	15,95

Le prove effettuate su campioni di vetro, ai sensi delle norme tedesche DIN, hanno evidenziato una resistenza agli acidi di classe S2 (materiale debolmente dissolvibile in acidi) e agli alcali di classe A2 (danno moderato in presenza di sostanze alcaline).

Nelle usuali condizioni di pozzo, non esiste pertanto alcun pericolo per i materiali costituenti le sfere di vetro, sia che lo stesso venga sottoposto ad una rigenerazione (ambiente acido) oppure ad una disinfezione (ambiente basico).

La figura 7 mostra le quantità di elementi disciolti da ghiaio e sfere di vetro dopo essere stati sottoposti a 15 ore di trattamento con acido.

Le sfere di vetro vengono prodotte con diametri approssimativamente variabili da 0,25 mm a 18 mm.

Una sfera con diametro di 12 mm, ha un peso di circa 2,26

grammi. Ciò significa che, per avere un chilogrammo di SiLi-beads, occorrono 442 sfere di vetro (Klaus, 2012).

## Proprietà idrauliche

La messa in esercizio di un drenaggio composto da sfere di vetro consente di (Klaus, 2012):

- ridurre di un 10-20% il tempo necessario per rimuovere la sabbia e portare a completa chiarificazione il pozzo, rispetto ad un dreno ghiaioso;
- avere abbassamenti del livello idrodinamico più contenuti in rapporto a pozzi completati con ghiaio siliceo;
- raggiungere portate specifiche molto più consistenti;
- ottenere una minore tendenza all'incrostazione di ossidi di ferro, anche con portate più alte;

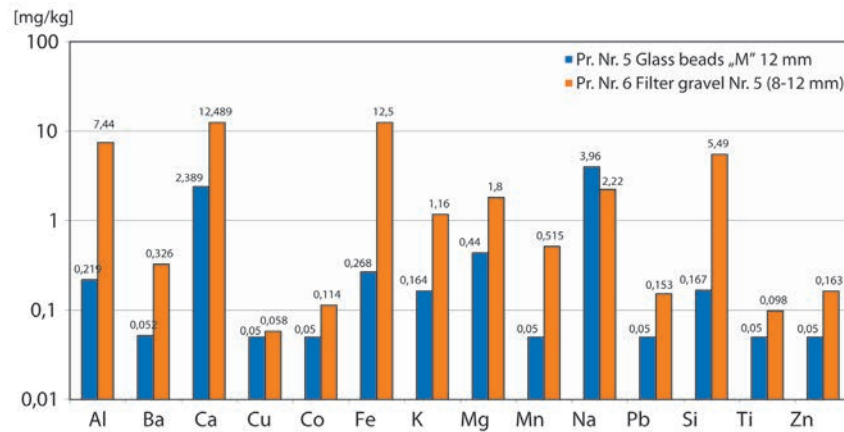


Fig. 7 - Distribuzione degli elementi sciolti e liberati da sfere di vetro e grani di ghiaia dopo 15 ore di trattamento con una soluzione di acido cloridrico 1:5. Le quantità in ordinate sono espresse in mg/kg (Treskatis et al., 2010).

Fig. 7 - Distribution of the elements dissolved out of glass beads and gravel grains after 15 hours of treatment with a solution of synthetic hydrochloric acid 1:5. The concentrations on y axis are expressed in mg/kg (Treskatis et al., 2010).

- intervenire meno frequentemente con azioni di riabilitazione dell'opera di captazione (minore necessità di manutenzione del pozzo).

Nella tabella 3, viene riportato il confronto tra la capacità produttiva di un pozzo completato inizialmente con dreni siliceo e filtri a ponte, e lo stesso pozzo dopo essere stato oggetto di un intervento strutturale, con posa in opera di sfere di vetro e filtro Johnson.

### Costi

In prima approssimazione, è possibile affermare che le spese per l'acquisto delle sfere di vetro sono in funzione del loro diametro: quelle con dimensione inferiore o uguale a 4,5 mm costano meno di quelle aventi un diametro più elevato.

Per forniture superiori a 100 m<sup>3</sup>, il prezzo per trasporto, consegna e posa in opera nel pozzo variano mediamente da € 900 a € 1300 per metro cubo, ma si possono raggiungere anche i 1500-2000 €, nel caso di quantitativi più contenuti.

In rapporto a condizioni locali, si stima che i costi d'investimento delle "perle" di vetro sono da due a cinque volte maggiori rispetto a quelli necessari per la posa in opera di dreni ghiaioso siliceo.

A livello di costo per singolo pozzo, completo di ogni suo elemento strutturale, il surplus economico può essere quantificato in uno 0,5-5% in più, dipendendo da profondità, diametro, superficie filtrante, ecc.

Le opere di captazione d'acqua sotterranea sono investimenti a lungo termine, con cicli di vita dell'ordine di 40 e più anni.

I costi operativi di un pozzo per acqua (ad esempio, per la fornitura di energia elettrica o la rivalizzazione del medesimo, se fortemente incrostato da ferro e manganese) rappresentano un fattore essenziale di efficienza.

Grazie alla loro elevata capacità specifica e ad uno scaling ritardato, le sfere di vetro garantiscono un notevole risparmio, soprattutto per ciò che attiene al programma di manutenzione del pozzo negli anni. Ciò compensa ampiamente il maggior investimento iniziale.

Klaus e Walter (2011) hanno recentemente effettuato un'analisi costi-benefici (figura 8): anche solo un risparmio del 1% in termini di richiesta energetica (consumo pompa sommersa) e del 25% di interventi manutentivi produce un beneficio totale pari al 8-10%, su un intervallo temporale di 40 anni, considerando altresì interessi ed inflazione.

Una valutazione ancor più recente (Klaus e Walter, 2012) evidenzia un incremento della vita del pozzo dell'ordine del 20%.

Tab. 3 - Comparazione degli elementi strutturali del pozzo prima e dopo un intervento di completa riabilitazione del medesimo, e variazione del tasso di produttività dell'opera di captazione (Klaus, 2012).

Tab. 3 - Comparison of some structural features of a water well, before and after its completely rehabilitation. It's worth pointing out the huge increase of well's specific capacity (Klaus, 2012).

Prima dell'intervento		Dopo l'intervento	
Tipo e lunghezza del tratto filtrante, con DN 600/700 mm	A ponte – 20 metri	Lunghezza del tratto filtrante, con DN 800 mm	A spirale continua, Johnson – 20 metri
Tipo di drenaggio	Ghiaia silicea	Tipo di drenaggio	SiLi glass beads
Portata	72 l/s	Portata	80 l/s
Abbassamento	2,80 metri	Abbassamento	0,80 metri
Portata specifica	25,7 l/s/m	Portata specifica	100 l/s/m

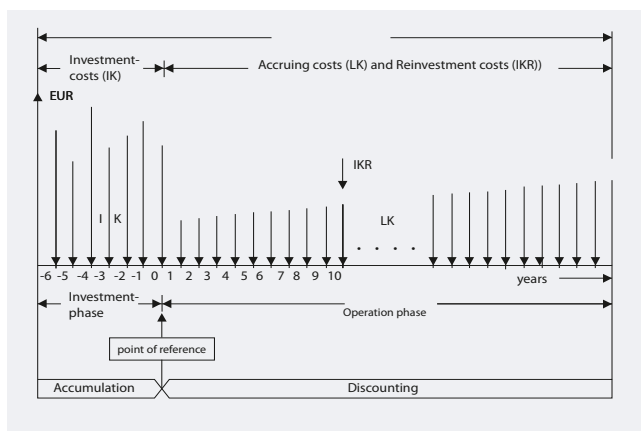


Fig. 8 - Diagramma investimenti-tempo per un pozzo per acqua (Klaus, 2012).

Fig. 8 - Investments-time diagram for a water well (Klaus, 2012).

### Vantaggi derivanti dall'utilizzo di dreno a sfere di vetro

L'impiego di questo innovativo materiale, per drenare i pozzi per acqua, consente di ottenere i seguenti vantaggi:

- elevatissimo volume effettivo dei pori, dovuto a uniformità delle dimensioni dei grani e loro assoluta sfericità;
- dimensioni e forma dei canali porosi regolari, cosicché risulta più facile la determinazione della granulometria ottimale da riversare in pozzo, che si traduce a sua volta in una massima permeabilità del sistema;
- possibilità di adoperare fenestrature più grandi (> 50% rispetto alla ghiaia), dal momento che i granuli sono diametralmente uniformi e mai sottodimensionati;
- costipamento del dreno praticamente immediato, avvenendo già subito dopo il riempimento dell'annulus, e dell'ordine al massimo di un 10%;
- nessun fenomeno di subsidenza secondaria;
- possibilità di non effettuare un pompaggio, per eliminare la frazione sabbiosa e per pulire il dreno;
- superficie delle sfere liscia e arrotondata, tanto da inibire la deposizione di ferro e manganese su di esse;
- capacità di conseguire ottimi risultati di riabilitazione idraulica del pozzo, a motivo dell'elevato volume dei pori e dell'ampia superficie specifica (smooth surface);
- resistenza a compressione decisamente più alta rispetto alla ghiaia, la quale ne impedisce la disintegrazione durante la fase di colmatazione dello spazio anulare, così come non si nota alcuna subsidenza a posteriori;
- notevole resistenza meccanica e chimica;
- ridotto fenomeno di skin-friction: le sfere di vetro risultano ottime anche per annulus stretti e irregolari, poiché non si hanno problemi di jamming e bridging degli elementi sferici del dreno;
- facile individuazione visiva delle incrostazioni di ossidi di ferro, materiali o corpi estranei alle spalle della colonna

di rivestimento, soprattutto in presenza di filtri a spirale continua e Johnson (figura 9).

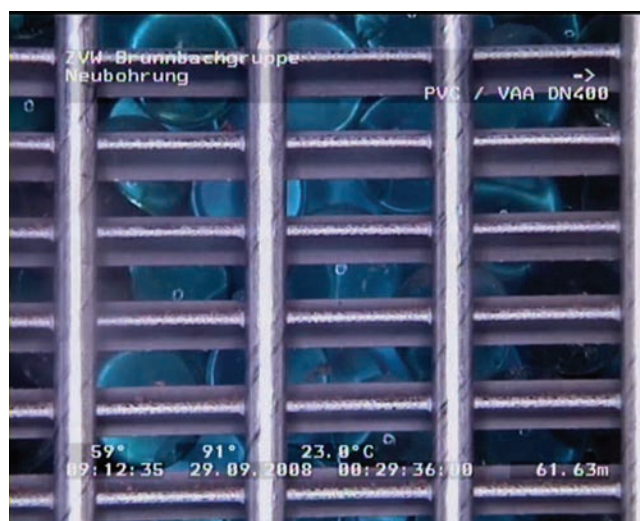


Fig. 9 - Particolare di un'area fenestrata di un pozzo per acqua drenato con sfere di vetro. Si osservi l'estrema facilità con cui si possono individuare corpi estranei e/o incrostazioni (Klaus, 2012).

Fig. 9 - Screened area of a water well completed with a glass beads filter packing. It's easy to detect any stranger body or incrustation phenomena (Klaus, 2012).

### Prospettive future

L'impiego delle sfere di vetro come materiale drenante rappresenta un indubbio avanzamento dello stato dell'arte, in materia di progettazione e realizzazione dei pozzi per acqua.

Innanzitutto, si può osservare che l'uso di tale soluzione tecnica fornisce la garanzia che le proprietà fisiche, chimiche e idrauliche dell'ammasso filtrante rimangano costanti per l'intero ciclo di vita dell'opera di captazione.

Inoltre, l'adozione delle sfere di vetro permette di rilevare un effettivo risparmio sia in termini energetici, che manutentivi e di riabilitazione del pozzo, procedendo così verso una migliore sostenibilità anche dal punto di vista ambientale.

Risultati promettenti e riscontri positivi sono giunti altresì dai settori del trattamento di acque potabili e reflue, nonché di quelle adoperate nelle piscine.

Le possibilità di applicazione sono pertanto molteplici e diversificate, aprendo le porte a nuove e interessanti sperimentazioni sia di laboratorio sia sul campo.

### Conclusioni

Sulla base di quanto esposto nei precedenti paragrafi, appare chiaro come, anche nel campo della progettazione e realizzazione dei pozzi per acqua, la fase di ricerca e sviluppo possa costituire un importante strumento di lavoro.

Un approccio innovativo ed una mentalità aperta permettono di esplorare nuove vie e adottare soluzioni impensabili fino a pochi anni or sono.

L'esempio proposto nella presente memoria rappresenta una concreta dimostrazione di come i cambiamenti, in questo caso addirittura strutturali, non debbano essere visti con diffiden-

za, ma anzi possano e debbano essere utilizzati per verificare sul campo le possibilità di incrementare la capacità produttiva e l'efficienza idraulica dei pozzi per acqua.

Queste sono le principali ragioni per cui anche l'Ufficio Bilancio Idrico e Geologia di CAP Holding S.p.A. ha inserito nel suo elenco prezzi e nelle connesse norme tecniche la possibilità di utilizzo di tale innovativa tecnica di drenaggio dei pozzi per acqua.

Più in particolare, un primo pozzo CAP è stato recentemente oggetto di tale tipologia di test. Questo nuovo materiale drenante è stato posato in opera in un pozzo realizzato tra la fine del 2013 e l'inizio del 2014. Il test di collaudo finale ha evidenziato una produttività decisamente superiore a quella di pozzi trivellati nel medesimo territorio, con analoga tecnica di perforazione, ma con drenaggio costituito dal classico ghiaietto siliceo.

## BIBLIOGRAFIA

- Chiesa G. (1991). Pozzi per acqua. "Water Wells". Hoepli, Milano, 2° edizione.
- DeZwart B. R. (2007). *Investigation of clogging process in unconsolidated aquifers near water supply wells*, 200 pp., Dissertation TU Delft.
- Gorla M. (2010). Pozzi per acqua – Manuale Tecnico di progettazione. "Water Wells – Project Technical Handbook". Flaccovio editore, Palermo.
- Herrmann F., Stiegler X. (2008). Einsatz von glaskugeln als ersatz für filterkies in brunnen. BBR 05/2008: 48-53.
- Klaus R. (2012). Sustainable construction and operation of water wells glass beads the ultimate filter pack.
- Klaus R., Walter P. (2011). Wirtschaftlichkeit von glaskugeln im brunnenbau. BBR 08/2011.
- Klaus R., Walter P. (2012). Neubau von brunnen mit glaskugeln-ergiebigkeiten/einsparpotenzial. Energie/Wasser – Praxis (ewp) 04/2012: 30-33.
- Treskatis C., Hein C., Peiffer S., Herrmann F. (2009). Brunnenalterung: sind glaskugeln eine alternative zum filterkies nach DIN 4924. BBR 04/2009: 36-44.
- Treskatis C., Danhof M., Dressler M., Herrmann F. (2010). Vergleich ausgewählter materialcharakteristiken von glaskugeln und filterkiesen für den einsatz in trinkwasserbrunnen. Energie/Wasser – Praxis (ewp) 1/2010: 26-32.
- Van Beek C. G. E. M., Kooper W. F. (1980). The clogging of shallow discharge wells in the Netherlands river region. Ground Water 18 (6): 578-586.