

Premessa

Viene in questa sede effettuato il dimensionamento delle opere previste nel progetto rubricato *Interventi di riqualificazione del sistema di alimentazione della Valle dei Giunchi*.

L'intervento viene compiutamente esposto nella relazione illustrativa, cui si rimanda per la descrizione di dettaglio.

Le opere oggetto di dimensionamento e/o verifica sono:

- condotta di adduzione ad uso irriguo invaso Bidighinzu – vasca di Su Renalzu, in CAP DN 800, relativamente alla sostituzione di tre tronchi con tubazione in ghisa sferoidale DN 500;
- saracinesche di nuova installazione presso i punti di consegna alle utenze;
- blocchi d'ancoraggio in corrispondenza alle interconnessioni dei tronchi sostituiti con la linea esistente.

1. Condotta irrigua

La condotta di adduzione ad uso irriguo non è altro che la tratta iniziale dell'originaria linea di trasporto dell'acqua per uso civile dell'acquedotto Bidighinzu, realizzata nel 1959 dalla Cassa per il Mezzogiorno, abbandonata nella seconda metà degli anni '90, e destinata alle acque per uso irriguo a seguito della costruzione di una nuova linea ad uso civile.

La portata di progetto per l'originario uso civile era pari a 425 l/s.

La condotta è realizzata in cemento armato precompresso DN 800, con le tratte più depresse – le cosiddette *sifonate* – in acciaio, ed è attualmente interrotta alla progressiva 10.580, ossia circa 1.000 m a valle della vasca di consegna irrigua.

Alle progressive 1.844 e 7.411 m sono presenti due manufatti di disconnessione per la stabilizzazione del carico idraulico, aventi quota rispettivamente pari a 314 e 309 m slm.

Tali manufatti sono stati successivamente sopraelevati di circa 1 m ciascuno per poter offrire un carico superiore, quando ancora la linea era utilizzata ad uso potabile.

Alla progressiva 9.350 si stacca la diramazione per la vasca terminale di accumulo ad uso irriguo, avente quota massima pari a 298 m slm.

1.1. Determinazione della portata di progetto

La portata derivata per uso irriguo si attesta intorno ai 60 l/s medi nell'anno, compresi tra un valor medio, nei mesi di minor e maggior consumo, rispettivamente pari a:

| Fascia di oscillazione delle portate, l/s – anno 2010 | | | | q _{media} annua |
|---|----------|------------------|--------|--------------------------|
| q _{min} | mese | q _{Max} | mese | |
| 7,72 | novembre | 132,64 | agosto | 61,21 |

Le misure di portata e volume sono effettuate presso l'invaso mediante un misuratore a ultrasuoni, ed ai punti di consegna mediante contatori.

Alla luce delle considerazioni precedenti, si considera quale portata massima richiesta nel periodo irriguo estivo il valore di 150,00 l/s.

La verifica effettuata nel paragrafo successivo evidenzia peraltro una capacità di convogliamento che eccede ampiamente tale valore.

1.2. Verifica idraulica

La verifica idraulica delle capacità di convogliamento della linea è stata eseguita esprimendo le equazioni delle perdite di carico con la formula di Bazin che fornisce per la cadente il valore:

$$J = \beta \frac{Q^2}{D^5}$$

con:

$$\beta = 0,000857(1 + 2\gamma / \sqrt{D})^2$$

γ scabrezza della tubazione, in m ^{1/2}, assunta pari a 0,20 per le condotte in cemento armato, ed a 0,16 per quelle in ghisa con rivestimento in malta cementizia previste in progetto;

A diametro della tubazione, in m.

La perdita di carico complessiva del tratto è data dal prodotto:

$$\Delta H = J * L$$

con L lunghezza della tratta considerata.

Si è valutata la capacità di convogliamento sia nell'ipotesi di nuovo assetto – condotta integralmente sostituita con DN 500 ed eliminazione delle disconnessioni esistenti – sia nella configurazione conseguente all'intervento, ossia con la sola sostituzione dei tratti in progetto.

Nel primo caso si è fatto riferimento ai livelli d'invaso minimo e massimo, pari rispettivamente a 316 e 330 m slm, mentre nel secondo caso si è considerata la condizione più gravosa, corrispondente al livello minimo in diga.

I risultati sono riportati nelle tabelle successive dove per ogni tratta sono evidenziati il diametro commerciale, la lunghezza, la portata, il materiale, la velocità e la relativa perdita di carico.

Verifica capacità di convogliamento nuova linea irrigua livello – d'invaso minimo

| Tratto | Materiale | Scabrezza Bazin | L m | q l/s | DN mm | V m/s | Hm m slm | ΔH m | Hv m slm | Hsf/terra m slm | Carico (residuo) m |
|---|------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|---------------|---------|-------------|--------------------|--------------------------|
| Invaso - ex disconnessione 1 | ghisa sferoidale | 0,16 | 1.844,00 | 150,00 | 500 | 0,76 | 316,00 | 2,40 | 313,60 | | |
| ex disconnessione 1 - ex disconnessione 2 | ghisa sferoidale | 0,16 | 5.567,00 | 150,00 | 500 | 0,76 | 313,60 | 7,25 | 306,35 | | |
| ex disconnessione 2 - diramazione | ghisa sferoidale | 0,16 | 1.939,00 | 150,00 | 500 | 0,76 | 306,35 | 2,52 | 303,83 | | |
| diramazione - vasca | ghisa sferoidale | 0,16 | 130,00 | 150,00 | 500 | 0,76 | 303,83 | 0,17 | 303,66 | 298,00 | 5,66 |
| sviluppo totale, m | | | 9.480,00 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Verifica capacità di convogliamento nuova linea irrigua – livello d'invaso massimo

| Tratto | Materiale | Scabrezza Bazin | L m | q l/s | DN mm | v m/s | Hm m slm | ΔH m | Hv m slm | Hsf/terra m slm | Carico (residuo) m |
|---|------------------|-----------------|----------|----------|----------|----------|---------------|---------|-------------|--------------------|--------------------------|
| Invaso - ex disconnessione 1 | ghisa sferoidale | 0,16 | 1.844,00 | 220,00 | 500 | 1,12 | 330,00 | 5,16 | 324,84 | | |
| ex disconnessione 1 - ex disconnessione 2 | ghisa sferoidale | 0,16 | 5.567,00 | 220,00 | 500 | 1,12 | 324,84 | 15,59 | 309,25 | | |
| ex disconnessione 2 - diramazione | ghisa sferoidale | 0,16 | 1.939,00 | 220,00 | 500 | 1,12 | 309,25 | 5,43 | 303,82 | | |
| diramazione - vasca | ghisa sferoidale | 0,16 | 130,00 | 220,00 | 500 | 1,12 | 303,82 | 0,36 | 303,45 | 298,00 | 5,45 |
| sviluppo totale, m | | | 9.480,00 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

Verifica capacità di convogliamento linea irrigua esistente – livello d'invaso minimo

| Tratto | Materiale | Scabrezza Bazin | L m | Q l/s | DN mm | V m/s | H m slm | ΔH m | Hv m slm | Hsf/terra m slm | Carico (residuo) m |
|-------------------------------------|------------------|--------------------|----------|----------|----------|----------|---------------|-----------------|-------------|--------------------|--------------------------|
| Invaso - disconnessione 1 | CAP | 0,20 | 1.844,00 | 200,00 | 800 | 0,40 | 316,00 | 0,40 | 315,60 | 314,00 | 1,60 |
| disconnessione 1 - inizio sostit. 1 | CAP | 0,20 | 343,00 | 200,00 | 800 | 0,40 | 313,00 | 0,08 | 312,92 | | |
| inizio sostit. 1 - fine sost 1 | ghisa sferoidale | 0,16 | 276,00 | 200,00 | 500 | 1,02 | 312,92 | 0,64 | 312,29 | | |
| fine sost 1 - inizio sost 2 | CAP | 0,20 | 500,00 | 200,00 | 800 | 0,40 | 312,29 | 0,11 | 312,18 | | |
| inizio sostit. 2 - fine sost 2 | ghisa sferoidale | 0,16 | 266,00 | 200,00 | 500 | 1,02 | 312,18 | 0,62 | 311,56 | | |
| fine sost 2 - inizio sost 3 | CAP | 0,20 | 2.328,00 | 200,00 | 800 | 0,40 | 311,56 | 0,51 | 311,05 | | |
| inizio sostit. 3 - fine sost 3 | ghisa sferoidale | 0,16 | 238,00 | 200,00 | 500 | 1,02 | 311,05 | 0,55 | 310,50 | | |
| fine sost 3 - disconnessione 2 | CAP | 0,20 | 1.611,00 | 200,00 | 800 | 0,40 | 310,50 | 0,35 | 310,15 | 309,00 | 1,15 |
| disconnessione 2 - diramazione | CAP | 0,20 | 2.074,00 | 200,00 | 800 | 0,40 | 308,00 | 0,45 | 307,55 | | |
| diramazione - vasca | CAP | 0,20 | 130,00 | 200,00 | 800 | 0,40 | 307,55 | 0,03 | 307,52 | 298,00 | 9,52 |
| sviluppo totale, m | | | 9.480,00 | | | | | | | | |
| | | | | | | | | | | | |

1.3. Classe di pressione delle apparecchiature

Dalla vasca di *Su Renalzu* hanno origine due linee di avvicinamento alle utenze della valle d'*Occhila* e della valle dei *Giunchi*, delle quali quest'ultima, all'altezza del ponte di *Canida*, sul rio Mannu di Porto Torres, si suddivide in ulteriori due rami che alimentano le utenze ubicate in prossimità e lungo l'alveo del fiume (a quota pari a circa 107 m slm).

I punti di consegna sono costituiti da n° 7 distributori disposti ad opportuna distanza, e gli utenti potenziali sono pari a circa 82 unità.

Occorre sottolineare che la classe di pressione delle apparecchiature installate nei punti di consegna in prossimità del ponte hanno classe di pressione PN 16, contro un valore dell'idrostatica prossimo ai 19 bar e contro valori in regime dinamico comunque superiori ai 16 bar; tali apparecchiature appaiono dunque inadeguate.

In relazione alle pressioni di esercizio, le apparecchiature installate nel tronco oggetto del presente intervento avranno quindi una pressione nominale pari a PN 25.

2. Blocchi d'ancoraggio

La sostituzione delle tre tratte in progetto prevede la posa delle nuove condotte in affiancamento alla tubazione esistente, di cui non è prevista la rimozione.

Il raccordo tra le linee nel caso del primo e del terzo tronco da sostituire è previsto mediante il taglio della tubazione esistente in corrispondenza alle sezioni d'estremità del tratto da sostituire, l'impiego di pezzi speciali in acciaio di raccordo tra la tubazione DN 800 in cemento armato ed i tratti sostituiti, in ghisa sferoidale DN 500, e di pezzi speciali in acciaio DN 500 posati in modo da consentire il collegamento tra le due linee parallele con un'angolazione planimetrica di circa 30°.

Il secondo tratto oggetto d'intervento è invece articolato in due tronchi disposti circa ortogonalmente tra loro, che si raccordano alla linea esistente, quindi in questo caso si prevede la realizzazione di un blocco per curva piano altimetrica pari a circa 90°.

Questi due angoli vengono considerati per valutare la spinta in corrispondenza alle curvature, insieme alla pressione di collaudo, assunta pari alla pressione idrostatica aumentata di 10 atm.

Per tutti i blocchi il dimensionamento è effettuato con riguardo alla situazione più gravosa, corrispondente alla sezione 290 del profilo esecutivo.

Il calcolo si riferisce alla condizione critica di pressione massima come definita precedentemente, allorquando si verificano le sollecitazioni massime dovute alle spinte che agiscono sulle curve.

Per contrastare la spinta che tenderebbe a sfilare la curva, a vantaggio dell'equilibrio, si tiene conto del peso proprio del blocco di ancoraggio e della reazione passiva della superficie di appoggio verticale terreno-blocco, dipendente dalle caratteristiche meccaniche dei terreni attraversati.

Le formule poste alla base dei calcoli sono le seguenti:

(1) $P = p \cdot S$ essendo

- P spinta totale (Kg);
- p pressione unitaria di calcolo (atm.);
- S area della condotta ($\pi d^2/4$) (cm²);
- d diametro della tubazione (cm);

(2) $R_1 = A \cdot s$

- A superficie d'appoggio verticale terreno blocco;
- R_1 risultante della reazione passiva utile del terreno;
- s spinta passiva unitaria del terreno che insiste sulla base maggiore del blocco.

Il valore di s si può valutare con la formula di Rankine che nel caso di terreni a coesione nulla fornisce:

$s = \frac{1}{2} G_T L (H_1^2 - H^2) \cdot \tan^2(45 + \phi/2)$ essendo:

- G_T peso specifico del terreno;
- L larghezza della superficie d'appoggio;

H affondamento rispetto al piano di campagna della superficie superiore del blocco;

H₁ affondamento rispetto al piano di campagna della superficie inferiore del blocco;

Ø angolo d'attrito del terreno.

In particolare si dimensiona la superficie di reazione dei blocchi di contrasto in modo tale che il carico applicato e trasmesso al terreno su tale superficie non sia superiore al carico di sicurezza dello stesso.

La verifica del blocco si ritiene soddisfatta quando la spinta idraulica risultante S*, diminuita della reazione passiva R1 soddisfa la condizione:

$$R/P_e \geq \delta$$

essendo:

R spinta risultante S*-R₁;

P_e peso del blocco;

δ coefficiente d'attrito calcestruzzo-terreno. Tale coefficiente è definito dalla tangente dell'angolo d'attrito del terreno. Nel caso degli ancoraggi si considera il coefficiente relativo alla superficie di contatto calcestruzzo-terreno. Per un terreno sabbioso, sabbioso-argilloso o in generale umido si può ragionevolmente ipotizzare, a vantaggio della sicurezza, δ = 0,30.

Si è inoltre effettuata la verifica allo sforzo indotto nel calcestruzzo dall'azione della spinta, data dalla relazione:

$$\sigma = p / De L \leq \sigma_{tadm}$$

I calcoli sono stati effettuati sulla pressione di 15 atm.

La forma adottata per il blocco è quella a pianta trapezia ed altezza costante, con base minore adiacente alla tubazione e conformato in modo da lasciare scoperti i giunti.

| | | | |
|---|---------------------------------------|---|--------------------|
| LINEA VALLE DEI GIUNCHI - ITTIRI | lunghezza, m | 10,000 | |
| | Sezione | | |
| | angolo al vertice planimetrico | | |
| | gradi | radianti | |
| | 30,00 | 0,52 | B |
| portata, l/s | 150,00 | | |
| Tubazione | | | |
| materiale | ghisa sferoidale K | | |
| | tratto di monte | tratto di valle | |
| Diametro Nominale | 500 | 500 | |
| diametro esterno DE, mm | 532,00 | 532,00 | |
| diametro interno DI, mm | 519,40 | 519,40 | |
| spessore, mm | 6,30 | 6,30 | |
| peso a metro lineare, kg/m | 104,30 | | |
| | | | |
| Profondità di posa tubazione Z, m | 1,50 | | |
| Profondità di posa blocco H, m | 1,65 | | |
| Terreno, inserire A, B o C | A | | |
| | bagnato | | |
| coesione, kg/m ² | 500,00 | | |
| peso specifico, kg/m ³ | 1.800,00 | | |
| angolo di attrito interno, gradi | 20,00 | | |
| coefficiente d'attrito cls-terreno | 0,30 | | |
| | | | |
| CARICHI AGENTI | | | |
| Pressione | | | |
| quote, m slm | vasca | terreno/asse tubo | |
| | 314,00 | 270,00 | |
| carico idrostatico, kg/cm ² | | 268,50 | 4,64 |
| durata manovra di chiusura, sec | 0 | | |
| sovrappressione di colpo d'ariete, kg/cm ² | | | 0,00 |
| pressione di calcolo, kg/cm ² | | | 15,00 |
| | | | |
| | | | |
| Spinta al vertice planimetrico | | | |
| pressione di calcolo, kg/cm ² | 15,00 | componente verticale S_v, kg | |
| spinta sulla singola sezione P, kg | 33.350 | | |
| | | | |
| Spinta risultante R, kg | 17.270 | | |
| Sp, kg | 18.144 | | |
| omega G, kg | 2.378 | | |
| Spinta equilibrata U = Sp + omega G, kg | 20.522 | | |
| | | | |
| | | | |
| MATERIALI IMPIEGATI | | | |
| Calcestruzzo, Rck kg/cm ² : | | | |
| 220 | γ cls = | 2.200 | kg/m ³ |
| sezioni inflesse o pressoinflesse | σ c adm = | 77,50 | kg/cm ² |
| per sezioni non armate | σ c adm = | 20,00 | kg/cm ² |

| DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE | | | |
|--|-----------------------|----------------------|--|
| | DIMENSIONI DI CALCOLO | DIMENSIONI EFFETTIVE | |
| Blocco d'ancoraggio | | | |
| volume, $= R/(\omega \gamma_{cls}) = m^3$ | 26,17 | | |
| con ω , coeff.attr. terra/cls = | 0,30 | | |
| dimensioni: | | | |
| dimensione parallela alla condotta, lato contro terra L, m | 2,20 | 2,20 | |
| dimensione parallela alla condotta, lato contro tubo L1, m | 0,85 | 0,85 | |
| altezza trapezio di base h1, m | 1,75 | 1,75 | |
| altezza teorica blocco h, m | 1,35 | | |
| APPROFONDIMENTO RICHIESTO, cm | 30 | | |
| altezza effettiva blocco h, m | | 1,35 | |
| Profondità effettiva di posa blocco H, m | | 1,95 | |
| volume, m^3 | 3,60 | 3,60 | |
| sforzo nel cls | | | |
| $\sigma = kg/cm^2$ | 3,82 | VERIFICATO | |
| sforzo sul terreno | | | |
| $\sigma = kg/cm^2$ | 0,31 | VERIFICATO | |
| scorrimento | | | |
| R | 17.270,00 | VERIFICATO | |
| $S_p + \omega G + S_v$ | 20.521,72 | | |

| | | | |
|---|-----------------------------------|--|--------------------|
| LINEA VALLE DEI GIUNCHI - ITTIRI | lunghezza, m | 10,000 | |
| | Sezione | | |
| | angolo tra le condotte da profilo | | 90,00 |
| | angolo al vertice planimetrico | | |
| | gradi | radianti | |
| | 90,00 | 1,57 | B |
| portata, l/s | 150,00 | | |
| Tubazione | | | |
| materiale | ghisa sferoidale K | | |
| | tratto di monte | tratto di valle | |
| Diametro Nominale | 500 | 500 | |
| diametro esterno DE, mm | 532,00 | 532,00 | |
| diametro interno DI, mm | 519,40 | 519,40 | |
| spessore, mm | 6,30 | 6,30 | |
| peso a metro lineare, kg/m | 104,30 | | |
| | | | |
| Profondità di posa tubazione Z, m | 1,50 | | |
| Profondità di posa blocco H, m | 1,65 | | |
| Terreno, inserire A, B o C | A | | |
| | bagnato | | |
| coesione, kg/m ² | 500,00 | | |
| peso specifico, kg/m ³ | 1.800,00 | | |
| angolo di attrito interno, gradi | 20,00 | | |
| coefficiente d'attrito cls-terreno | 0,30 | | |
| | | | |
| CARICHI AGENTI | | | |
| Pressione | | | |
| quote, m slm | vasca | terreno/asse tubo | |
| | 314,00 | 270,00 | |
| carico idrostatico, kg/cm ² | | 268,50 | 4,64 |
| durata manovra di chiusura, sec | 0 | | |
| sovrappressione di colpo d'ariete, kg/cm ² | | | 0,00 |
| pressione di calcolo, kg/cm ² | | | 15,00 |
| | | | |
| | | | |
| Spinta al vertice planimetrico | | | |
| pressione di calcolo, kg/cm ² | 15,00 | componente verticale S _v , kg | |
| spinta sulla singola sezione P, kg | 33.350 | | |
| | | | |
| Spinta risultante R, kg | 47.170 | | |
| Sp, kg | 42.241 | | |
| omega G, kg | 10.036 | | |
| Spinta equilibrata U = Sp + omega G, kg | 52.277 | | |
| | | | |
| | | | |
| MATERIALI IMPIEGATI | | | |
| Calcestruzzo, R _{ck} kg/cm ² : | | | |
| 220 | γ cls = | 2.200 | kg/m ³ |
| sezioni inflesse o pressoinflesse | σ c adm = | 77,50 | kg/cm ² |
| per sezioni non armate | σ c adm = | 20,00 | kg/cm ² |

| DIMENSIONAMENTO DELLE OPERE | | | |
|--|-----------------------|----------------------|--|
| | DIMENSIONI DI CALCOLO | DIMENSIONI EFFETTIVE | |
| Blocco d'ancoraggio | | | |
| volume, $= R/(\omega \gamma_{cls}) = m^3$ | 71,47 | | |
| con ω , coeff.attr. terra/cls = | 0,30 | | |
| dimensioni: | | | |
| dimensione parallela alla condotta, lato contro terra L, m | 3,90 | 3,90 | |
| dimensione parallela alla condotta, lato contro tubo L1, m | 1,55 | 1,55 | |
| altezza trapezio di base h1, m | 3,10 | 3,10 | |
| altezza teorica blocco h, m | 1,80 | | |
| APPROFONDIMENTO RICHIESTO, cm | 50 | | |
| altezza effettiva blocco h, m | | 1,80 | |
| Profondità effettiva di posa blocco H, m | | 2,15 | |
| volume, m^3 | 15,21 | 15,21 | |
| sforzo nel cls | | | |
| $\sigma = kg/cm^2$ | 5,72 | VERIFICATO | |
| sforzo sul terreno | | | |
| $\sigma = kg/cm^2$ | 0,40 | VERIFICATO | |
| scorrimento | | | |
| R | 47.170,00 | VERIFICATO | |
| $S_p + \omega G + S_v$ | 52.276,82 | | |

SOMMARIO

| | |
|--|----------|
| PREMESSA | 1 |
| 1. CONDOTTA IRRIGUA | 2 |
| 1.1. Determinazione della portata di progetto | 2 |
| 1.2. Verifica idraulica | 2 |
| 1.3. Classe di pressione delle apparecchiature | 3 |
| 2. BLOCCHI D'ANCORAGGIO..... | 4 |