

**UNIVERSITA'
DEL SALENTO**

COSTRUZIONI IDRAULICHE



LEZIONE 6. Serbatoi

Felice D'Alessandro



Generalità

I serbatoi sono tra le opere più importanti negli acquedotti. Essi sono degli **INVASI ARTIFICIALI DESTINATI A:**

- **accumulo temporaneo** dell'acqua,
- **successivo rilascio controllato** dell'acqua in base alle richieste del sistema idrico a valle.

Le **FUNZIONI** da essi svolte sono principalmente tre:

- **funzione di compenso:**
regolare le portate in ingresso in modo da ottenere portate in uscita adeguate alle richieste dell'utenza
- **funzione di riserva:**
garantire la disponibilità di acqua per le emergenze (mancata alimentazione dalla rete di monte, incendi, ...)
- **funzione piezometrica:**
determinare le pressioni nella rete idraulica a valle, svincolandole da quelle della rete a monte





Generalità

I **BENEFICI OTTENIBILI** con i serbatoi sono molteplici, i principali sono:

- **ridurre i costi del sistema idraulico di monte**, che può essere dimensionato per portate inferiori;
- **aumentare l'affidabilità nella fornitura d'acqua**, fornendo una riserva nel caso di guasti nel sistema idraulico di monte;
- **ottimizzare il funzionamento di impianti di sollevamento e di trattamento delle acque**, limitando la variabilità delle portate nel tempo.

I serbatoi possono essere **A SERVIZIO** di:

- reti di **adduzione**,
- reti di **distribuzione**.





Serbatoi nelle reti di adduzione

Nel caso delle **RETI ADDUTTRICI**, si possono dividere in:

- **Serbatoi DI ORIGINE o DI PRESA:**
posti in corrispondenza o immediatamente a valle delle opere di captazione;
- **Serbatoi INTERMEDI DI RISERVA:**
ubicati lungo il percorso nelle lunghe condotte; possono anche fungere da vasche di disconnessione idraulica;
- **Serbatoi INTERMEDI DI SEZIONAMENTO:**
ubicati in corrispondenza delle derivazioni dell'adduttrice principale e servono sia come riserva ad entrambe, che eventualmente come compenso per la derivazione.





Serbatoi nelle reti di distribuzione

Nel caso delle **RETI DI DISTRIBUZIONE**, si possono dividere in base alla posizione rispetto al centro urbano:

- **Serbatoi DI TESTATA:**
interposti tra la rete di adduzione e il centro abitato;
- **Serbatoi DI ESTREMITÀ:**
ubicati all'estremità del centro abitato opposta rispetto all'arrivo della rete di adduzione;
- **Serbatoi INTERNI:**
ubicati all'interno del centro abitato.

Questi serbatoi vengono chiamati ***serbatoi urbani*** e sono generalmente di dimensione inferiore rispetto a quelli a servizio delle reti di adduzione.





Tipologie di serbatoi

I serbatoi possono essere classificati, in base alle **MODALITÀ DI FUNZIONAMENTO** come:

- **Serbatoi A GRAVITÀ:**
 - lo svuotamento avviene **per gravità**,
 - nella rete alimentata le quote piezometriche sono **al di sotto** del livello dell'acqua nel serbatoio.
- **Serbatoi CON POMPAGGIO:**
 - lo svuotamento avviene mediante pompaggio,
 - nella rete alimentata le quote piezometriche sono **al di sopra** del livello dell'acqua nel serbatoio.

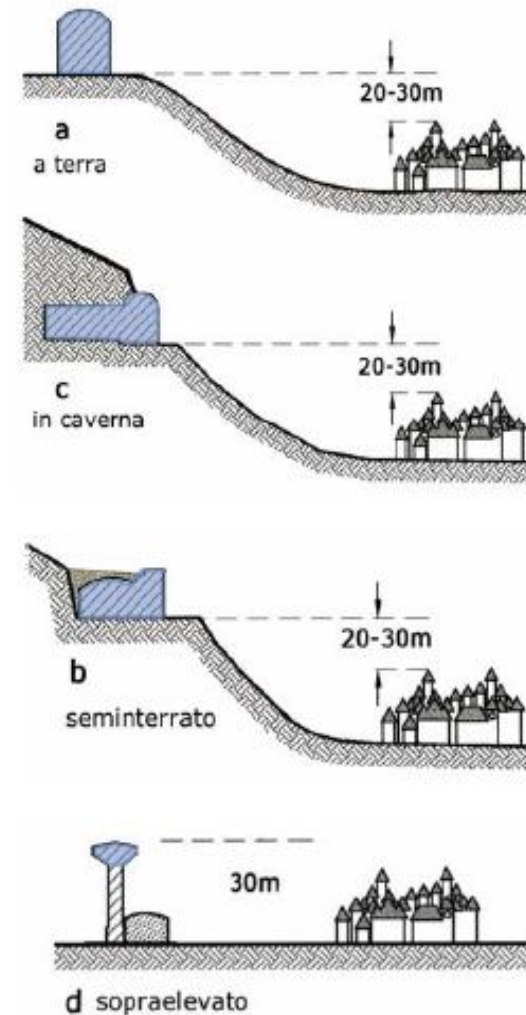




Tipologie di serbatoi

I serbatoi possono essere classificati, in base alla loro **POSIZIONE RISPETTO AL LIVELLO NATURALE DEL TERRENO**, nelle seguenti tipologie principali:

- Serbatoi **A TERRA**
- Serbatoi **SOTTERRANEI**
- Serbatoi **SOPRAELEVATI** o **PENSILI**
- Serbatoi **MISTI**





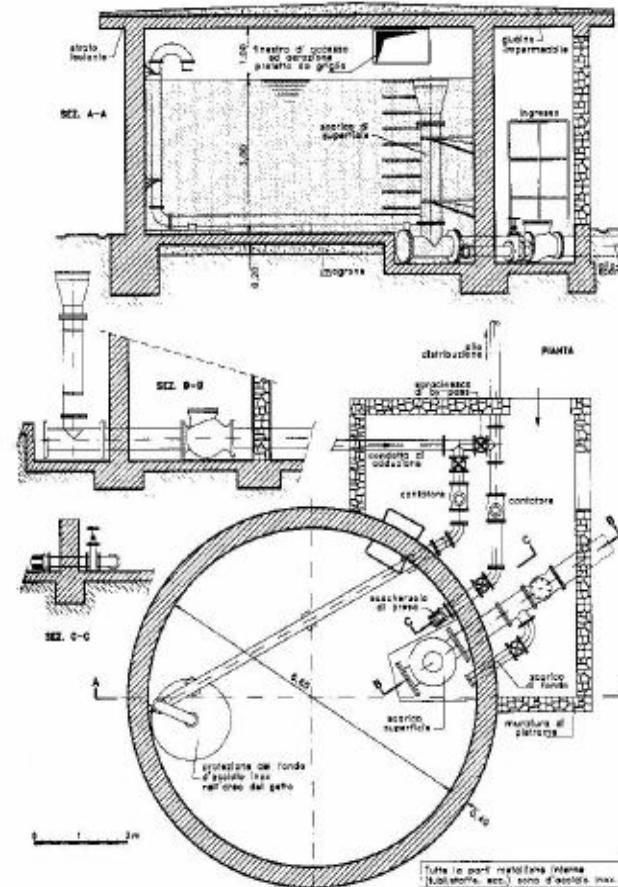
Serbatoi a terra

L'intera struttura del serbatoio è:

- realizzata fuori terra,
- appoggiata direttamente sul suolo,
- generalmente in c.a.,
- in genere funzionano a gravità,
- quindi sono realizzati in zone a quota maggiore della rete idrica a valle.



Possono anche essere realizzati in edifici dall'apparenza comune, che si inseriscono facilmente nel tessuto urbano.





Serbatoi a terra

PREGI	DIFETTI
sono generalmente più economici di altre tipologie	sono più difficili da isolare termicamente
consentono facilmente adeguamenti successivi e realizzazioni in tempi differenziati (modularità)	sono più visibili di quelli sotterranei e quindi più vulnerabili.



Esempi di serbatoi fuori terra



Otay, California



St. Andrews, Ontario



Port Stanly, Ontario



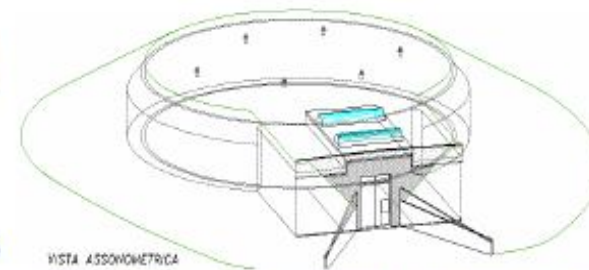


Serbatoi sotterranei

Il loro funzionamento è analogo a quello dei serbatoi a terra. In relazione alle modalità di realizzazione, si distinguono in:

- **INTERRATI:**
 - hanno il massimo livello dell'acqua sotto il livello naturale del terreno.
- **SEMINTERRATI:**
 - il fondo e gran parte della struttura sono sotto il livello naturale del terreno,
 - il massimo livello dell'acqua è almeno in parte sopra il livello naturale del terreno.
- **IN GALLERIA o IN CAVERNA:**
 - sono realizzati in cavità scavate all'interno di colline o montagne.

I serbatoi interrati e seminterrati sono realizzati in **scavi a cielo aperto** e poi **ricoperti** totalmente o parzialmente di terreno per un migliore isolamento termico.





Serbatoi sotterranei

PREGI	DIFETTI
hanno un migliore isolamento termico	sono più soggetti al pericolo di infiltrazioni esterne
consentono facilmente adeguamenti successivi e realizzazioni in tempi differenziati (modularità)	
sono meno vulnerabili dall'esterno	
hanno un minore impatto visivo	



Esempi di serbatoi interrati



**Burlington,
Ontario**

Ingresso
a gomito



**Sorrento,
Italia**

**Osio Sotto
(BG), Italia**

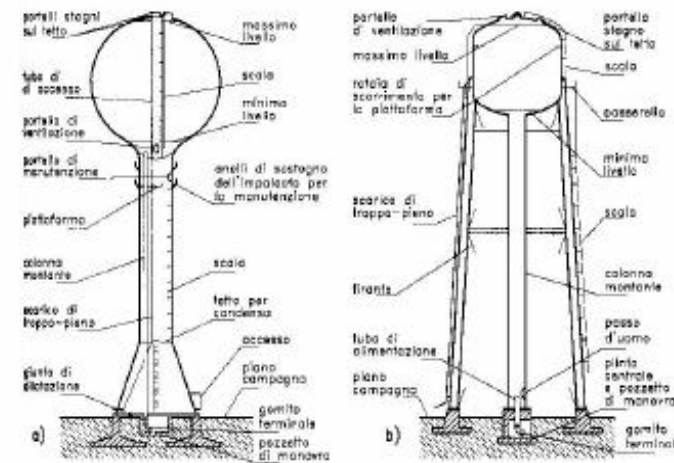
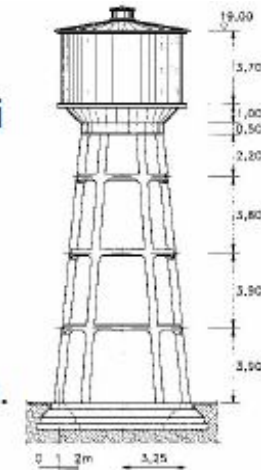




Serbatoi sopraelevati o pensili

I serbatoi **sopraelevati o pensili**:

- Sono costituiti da una **vasca** posta ad una quota più elevata di quella del terreno mediante una **struttura di sostegno**.
- Si adottano nelle **zone pianeggianti**.
- Hanno un **forte impatto visivo**, che può creare l'opposizione della popolazione alla costruzione (sindrome NIMB).
- Se progettati curandone anche l'estetica possono avere un minore impatto e diventare elementi di riferimento nel territorio.





Serbatoi sopraelevati o pensili

PREGI	DIFETTI
consentono l'alimentazione a gravità della rete anche in zone pianeggianti	sono difficili da isolare termicamente
	hanno un forte impatto visivo
	hanno una minore capacità
	hanno maggiori costi
	non consentono adeguamenti successivi e realizzazioni in tempi differenziati

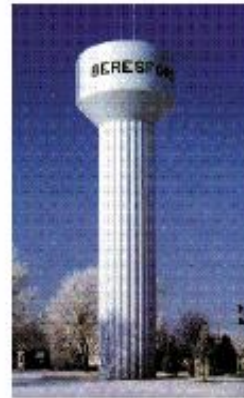




Esempi di serbatoi pensili



**Cancun,
Messico**



**Beresford,
South
Dakota**



**Hong
Kong**



**Horní
Jelení,
Rep.
Ceca**



**Fort
Branch,
Indiana**



Knoxville, Illinois



Glasgow, Scozia



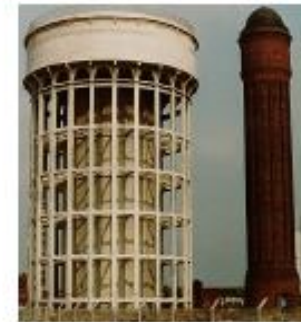
Esempi di serbatoi pensili



Hartington, Nebraska



**Sacramento,
California**



Goole, Inghilterra



**Beer-Sheva,
Israel**

**Praga,
Rep. Ceca**



Vladimir, Russia



Esempi di serbatoi pensili monumentali



**Chicago Water Tower,
Illinois**



**Nassau,
Bahamas**



**Sodermalm,
Svezia**



Esempi di serbatoi pensili arte moderna



Kuwait City



Malmö, Svezia



Millington,
Michigan



Il progetto di un serbatoio

La **progettazione** di un serbatoio urbano si articola nelle seguenti **fasi principali**:

- **ANALISI URBANISTICA E TOPOGRAFICA** dell'area da servire
- **STIMA DEI CONSUMI** delle diverse tipologie d'utenza
- **PROGETTO IDRAULICO**
- **PROGETTO STRUTTURALE**

NB: In questo corso ci si concentrerà prevalentemente su **progetto e verifica idraulica**, limitando l'analisi delle altre fasi a qualche considerazione generale.



Il **PROGETTO IDRAULICO** consiste nella determinazione di:

- **QUOTA E LIVELLI**
 - **UBICAZIONE**
 - **TIPOLOGIA**
 - **CAPACITÀ**
- Fattori che si influenzano reciprocamente
- Il progetto si completa con il dimensionamento dei **COLLEGAMENTI IDRAULICI** necessari per un funzionamento ottimale del serbatoio.





Quota e livelli

La quota del serbatoio è legata alle **pressioni massime e minime** che si vogliono **nella rete a valle**. Generalmente si considerano i seguenti valori:

- **Pressioni minime:** $Y_{min} = 20 \div 25 \text{ m}$
- **Pressioni massime:** $Y_{max} = 70 \div 80 \text{ m}$

La massima **variazione del livello dell'acqua** nel serbatoio è generalmente compresa tra i valori:

- **Variazione massima del livello:** $\Delta Z_s = 2.5 \div 8 \text{ m}$



Con i normali valori delle pressioni massime e minime si deduce che l'area servita dalla rete allacciata ad un serbatoio deve avere **dislivelli topografici** inferiori ai 60 m:

- **Massimi dislivelli topografici:** $\Delta Z_{max} = 60 \text{ m}$
- Per centri urbani con $\Delta Z > 60 \text{ m}$  Sottoreti di distribuzione separate, con serbatoi indipendenti.





Ubicazione

L'ubicazione del serbatoio viene scelta in base ai seguenti criteri:

- massima **uniformità delle pressioni**
- massima **affidabilità**
- **minimo costo**



- **baricentrica** o il più possibile vicina alla rete
- possibilmente ad una **quota** tale da permettere il funzionamento a **gravità**

L'ubicazione può essere classificata a seconda della **posizione del serbatoio rispetto al centro urbano**:

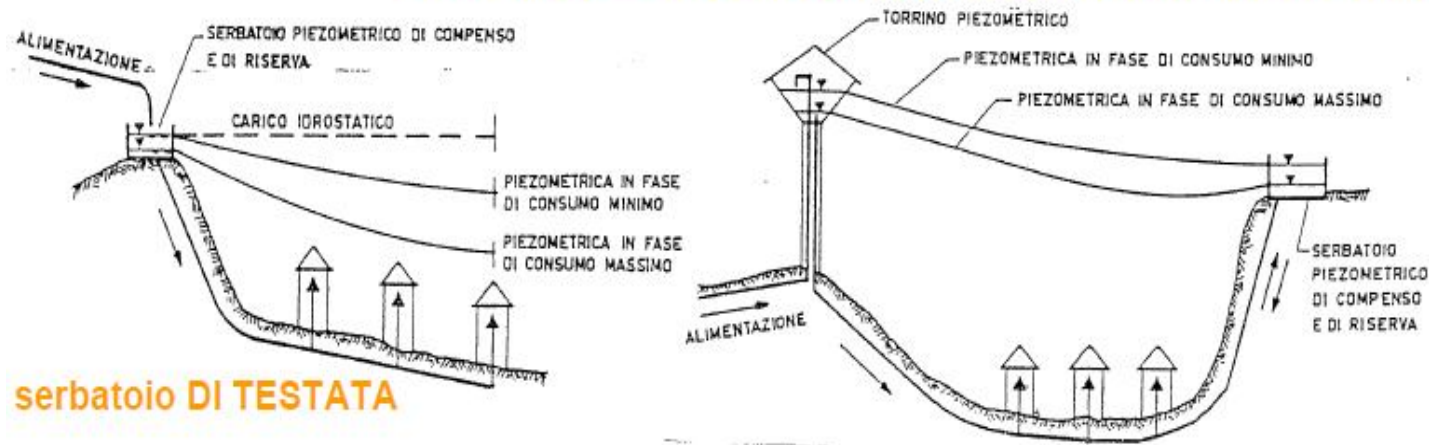
- **serbatoio DI TESTATA:**
soluzione più comune, compatibilmente con la disponibilità di un'area a quota opportuna.
- **serbatoio DI ESTREMITÀ:**
se l'area adatta si trova dall'altra parte del centro urbano rispetto alla rete di adduzione; meglio con torrino piezometrico di testata.
- **serbatoio INTERMEDIO:**
generalmente per sottoreti separate.





Ubicazione

serbatoio DI ESTREMITÀ con torrino piezometrico di testata



serbatoio DI TESTATA



Sottoreti con serbatoi INTERMEDI



 Tipologia

La scelta dipende molto dai **vincoli locali**. In generale dovrebbe tenere conto dei seguenti criteri:

- massima **affidabilità**
- massima **sicurezza**
- migliore **isolamento termico**
- minimo **impatto visivo**
- minimo **costo**



In generale sono preferiti i serbatoi **A TERRA** e **SOTTERRANEI**.
Nelle zone pianeggianti i serbatoi **PENSILI** sono generalmente preferiti, se sono **alimentati a gravità**.



Capacità

La **capacità** di un serbatoio è determinata in modo che siano soddisfatte in modo ottimale le sue funzioni di compenso e di riserva. In genere viene definita come somma di tre termini:

- Volume **DI COMPENSO** → funzionamento normale
- Volume **ANTINCENDIO** } → volume di riserva del serbatoio,
• Volume **DI EMERGENZA** } destinato ad essere utilizzato in
situazioni di emergenza





Volume di compenso

Il volume di compenso deve consentire la regolazione delle portate entranti nel serbatoio in modo da ottenere il voluto andamento delle portate uscenti. Il calcolo di questo volume si effettua **integrando l'equazione di continuità** del serbatoio:

$$Q_e(t) - Q_u(t) = \frac{dW(t)}{dt}$$

dove:

- $W(t)$ = volume invasato al tempo t
- $Q_e(t)$ = portata entrante al tempo t
- $Q_u(t)$ = portata uscente al tempo t





Volume di compenso

Integrando l'equazione si ottiene:

$$\int_0^t q_e(\tau) d\tau - \int_0^t q_u(\tau) d\tau = W_e(t) - W_u(t) = W(t) - \Delta$$



$$W(t) = \Delta + W_e(t) - W_u(t)$$

dove $W(t)$ = volume invasato al tempo t

Δ = volume invasato all'istante iniziale

$W_e(t)$ = volume cumulato entrante fino al tempo t

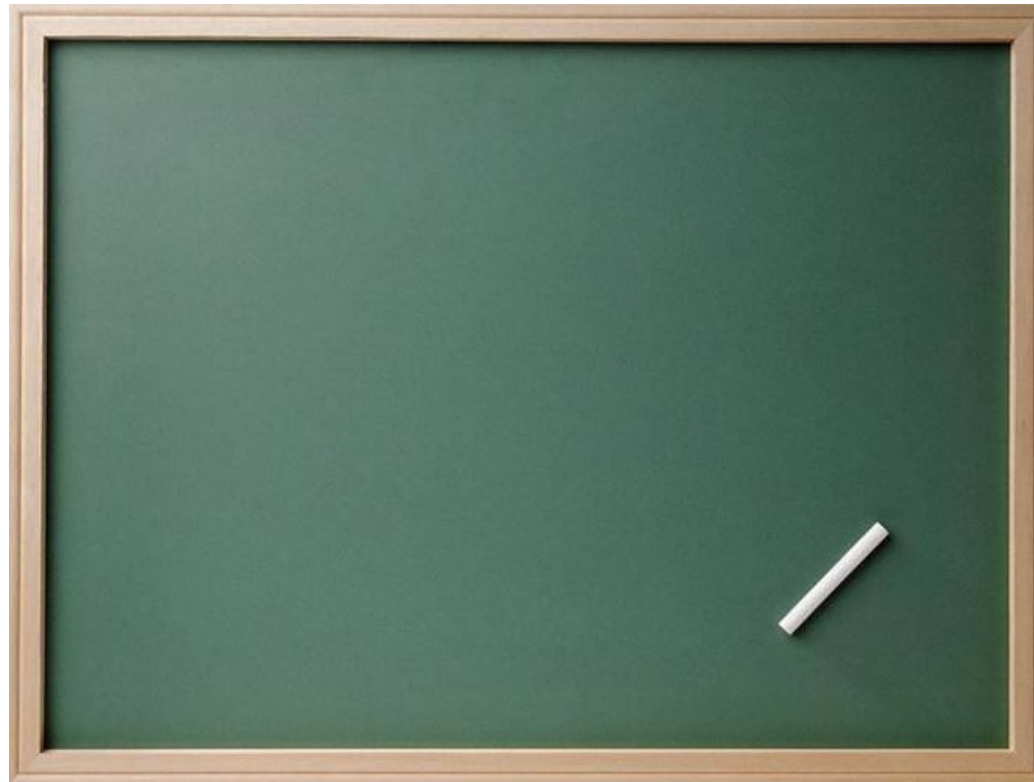
$W_u(t)$ = volume cumulato uscente fino al tempo t





Volume di compenso: metodo del Conti

applicazione





Volume di riserva

Il volume di riserva da utilizzare in caso di emergenze che comportino l'**interruzione dell'alimentazione del serbatoio**, derivanti da guasti, rotture o anche manutenzioni programmate dipende dalla probabilità dell'evento e dalla sua durata media.

I valori considerati normalmente sono:

- Volume di riserva: $Wr = (1/3 \div 1/2) W_{u, g.max}$
- Volume di riserva: $Wr = W_{u, g.max}$ secondo Frega

dove $W_{u, g.max}$ è il volume erogato nel giorno di massimo consumo.

Un metodo alternativo consiste nel considerare un valore standard di capacità, come multiplo di $W_{u, g.max}$: $Wr = (1 \div 2) W_{u, g.max}$





Volume antincendio

Il volume da destinare allo spegnimento degli incendi può essere calcolato come prodotto della portata da erogare all'idrante per il tempo di erogazione. :

- **Portata antincendio:** $Q_{ant} = 10 \div 200$ l/s
- **Formula di Conti:** $Q_{ant} = 6\sqrt{P}$ l/s con P [10^3 ab]
- **Durata incendio:** $\tau_{ant} = 3 \div 5$ ore

Oppure, indicata con Q_o la portata erogata per il servizio ordinario durante l'incendio, il volume di riserva antincendio è dato da:

- **Volume antincendio:** $W_{ant} = \tau_{ant} (Q_{ant} + Q_o - Q_e)$





Numero delle vasche

In genere è consigliabile dividere la capacità del serbatoio in più vasche, per i seguenti motivi:

- maggiore affidabilità
- maggiore flessibilità operativa
- realizzabilità per gradi

Il numero di vasche dipende da vari fattori, quali l'entità della capacità, la tipologia costruttiva, ecc. E' consigliabile che sia almeno pari a 2. I serbatoi pensili hanno generalmente una sola vasca, più raramente due concentriche.





Forma delle vasche

Circolare



In teoria è la più conveniente (minore perimetro a parità di area).

Rettangolare o quadrata



La più diffusa. E' di più facile realizzazione.

Poligonale (6 o 8 lati)



E' usata in casi particolari (più rara).





Forma delle vasche

Nel caso della sezione rettangolare, il rapporto tra lunghezza e larghezza è generalmente di 4 su 3 o di 3 su 2. Se si considera il minore sviluppo delle murature per n vasche affiancate si ottiene il rapporto ottimale teorico:

$$L/l = (2n)/(n + 1)$$

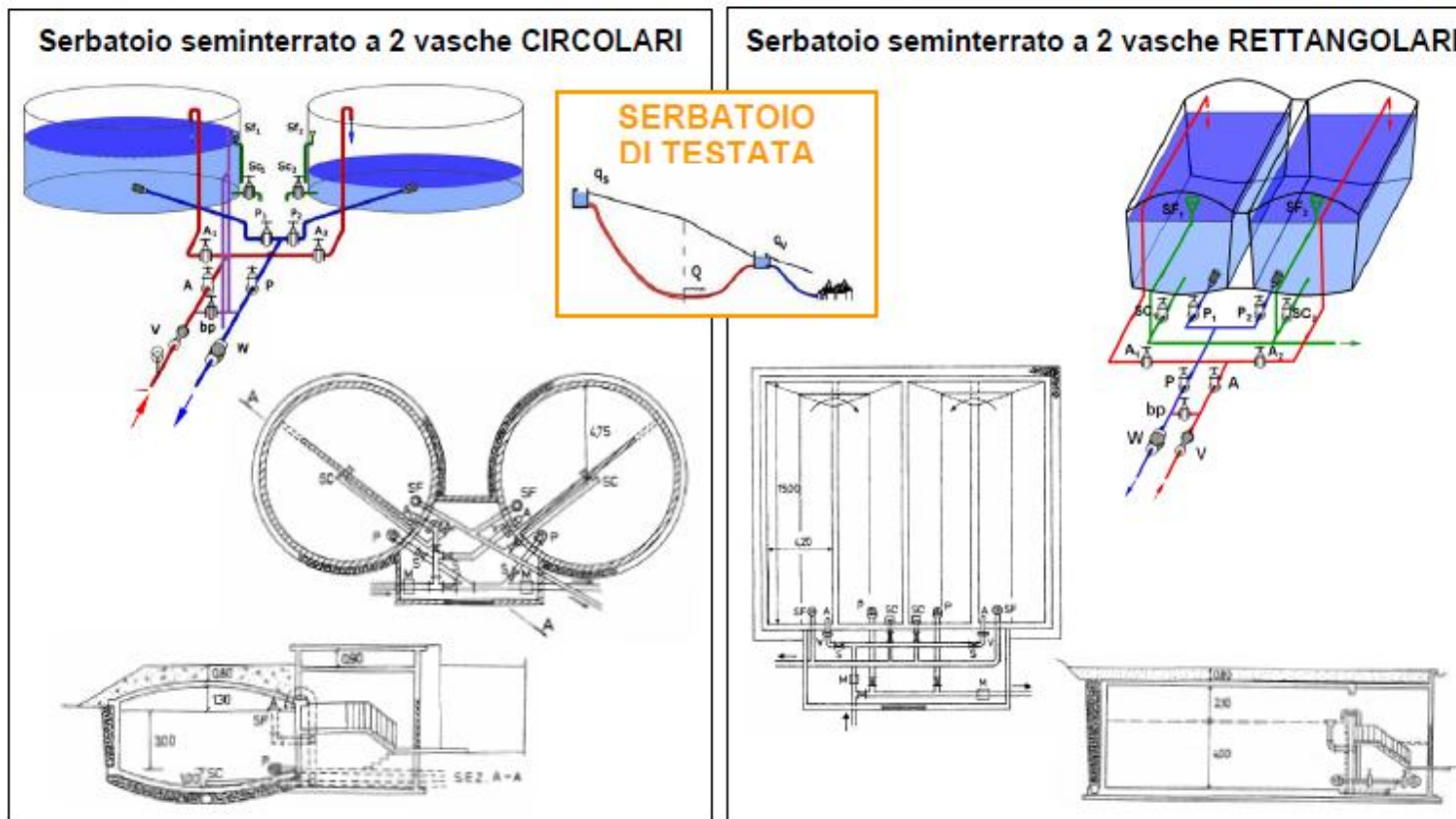
Nei serbatoi sotterranei in galleria o in caverna le vasche sono generalmente più allungate, con larghezze comprese tra 4 e 6 m. La larghezza della vasca è limitata sia dalle caratteristiche delle macchine di perforazione, sia dalla stabilità della volta della galleria.





Piante e sezioni

PIANTA e SEZIONE del serbatoio con localizzazione dei **PEZZI SPECIALI**:
arrivi, prese, sfiati, scarichi, valvole di sezionamento, misuratori di portata.

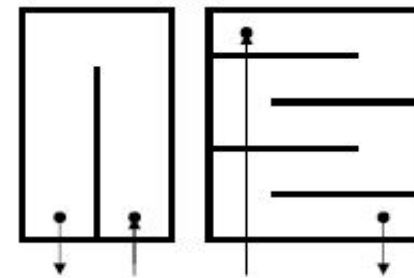




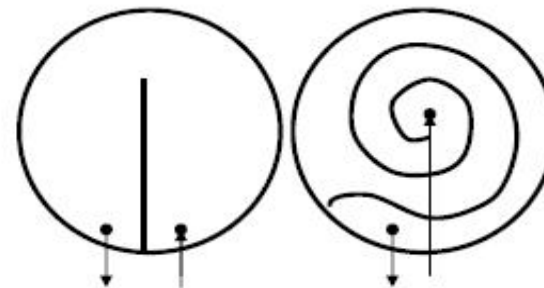
Setti interni

Per evitare zone di ristagno dell'acqua le vasche sono divise con setti interni che guidano il flusso dall'arrivo fino alla presa.

Nelle vasche rettangolari non molto larghe è sufficiente un solo setto nella direzione della lunghezza. Nelle vasche larghe si creano più setti alternati in direzione della larghezza.



Nelle vasche circolari si usa un solo setto diametrico o a spirale.





Pendenze e dettagli costruttivi

Le vasche devono avere una certa **pendenza** sia in direzione del flusso idrico, che trasversalmente, in modo da agevolare l'avviamento dei depositi verso lo scarico. Tale pendenza è generalmente del $1 \div 2\%$. Nelle vasche circolari la pendenza è data verso il centro, posizionando lo scarico nel punto più basso.

Gli **spigoli interni** devono essere ad angolo ottuso e/o arrotondati per evitare zone di ristagno.

Le pareti esterne sono rivestite di un **intonaco pluristrato** ad alto tenore di cemento e lisciato di circa 20 mm, eventualmente verniciato con vernici impermeabilizzanti speciali.





Collegamenti idraulici

Ogni vasca deve essere fornita dei seguenti **collegamenti idraulici**:

Condotta di alimentazione

Condotta di presa

Scarico di superficie

Scarico di fondo

Se il serbatoio ha più vasche, le condotte dello stesso tipo sono tra loro collegate e confluiscono in un'unica tubazione verso l'esterno. L'assetto dei collegamenti dipenderà anche dalla tipologia del serbatoio.

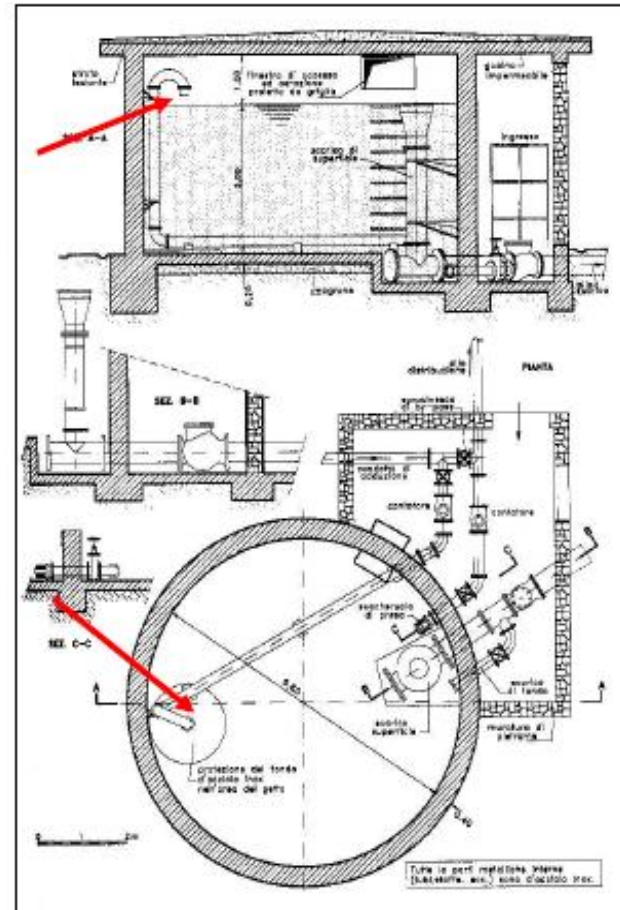




Condotta di alimentazione

La condotta di alimentazione ha lo sbocco al di sopra del massimo livello della acqua, in modo che la portata effluente non sia influenzata dalle variazioni di riempimento.

La tubazione deve avere una valvola galleggiante alla estremità e una valvola di intercettazione a monte. Lo sbocco può essere dotato di frangigetto o di diffusore.

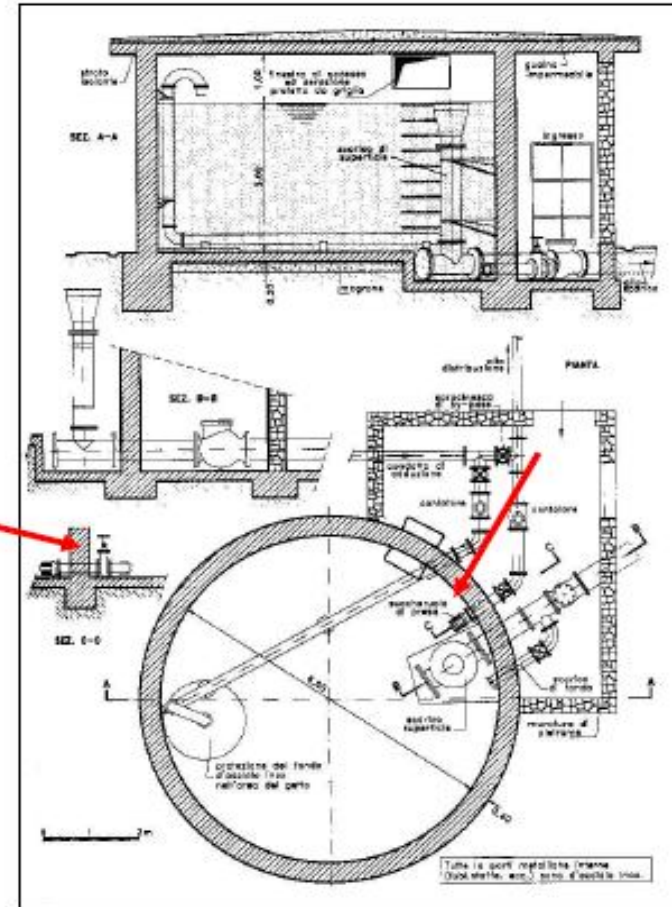




Condotta di presa

La condotta di presa è posta ad una quota leggermente superiore al fondo della vasca, per lasciare uno spazio per la sedimentazione, e deve avere una valvola di intercettazione a valle.

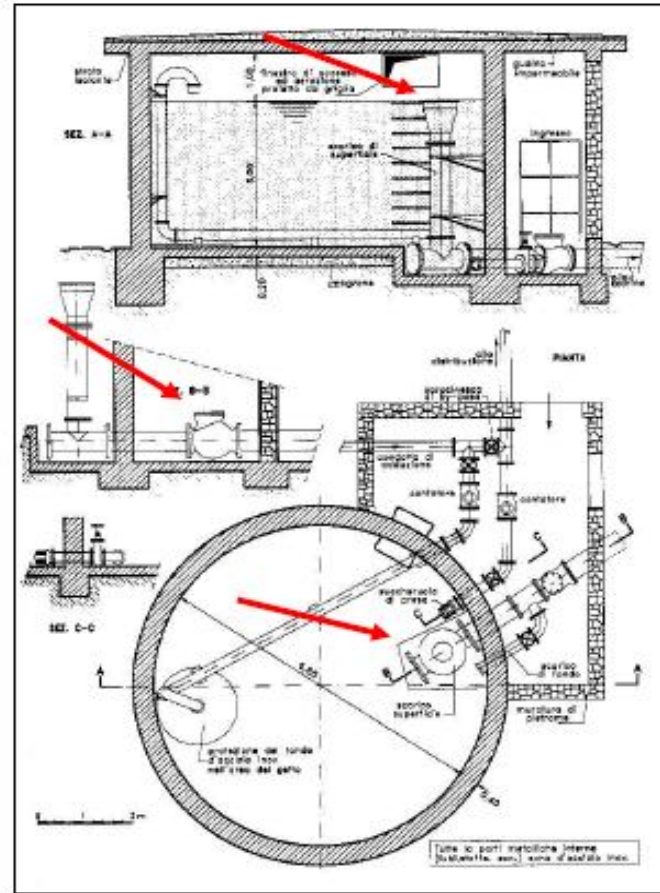
L'imbocco è posto il più lontano possibile dalla alimentazione ed è dotato di una succhieruola.



Scarico di superficie

Lo scarico di superficie è costituito in genere da una tubazione verticale di diametro maggiore delle altre, con l'imbocco, libero, alla quota di massimo invaso. E' dimensionato per la massima portata in arrivo.

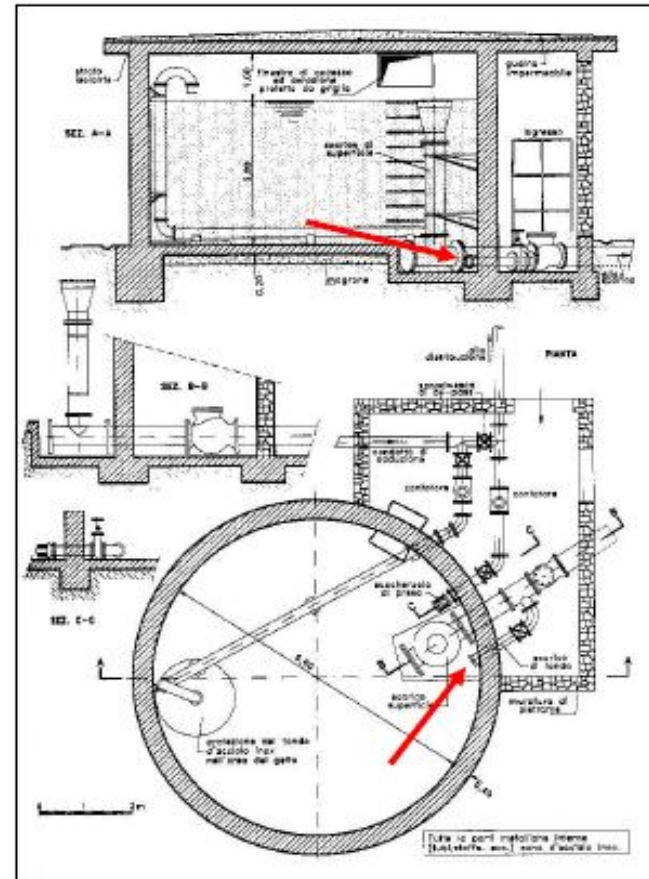
Può essere realizzato anche con una soglia sfiorante in un canale di raccolta. La condotta non deve avere nessuna valvola di intercettazione, ma un sifone o una chiusura idraulica.





Scarico di fondo

Lo scarico di fondo è posizionato nel punto più basso della vasca, spesso in un pozzetto apposito. La tubazione è dotata di valvola di intercettazione e deve consentire lo svuotamento in circa $2 \div 3$ ore.





Camera di manovra

Nella camera di manovra tutte le tubazioni devono essere alloggiare in modo da rendere facili le manovre sulle valvole e le operazioni di manutenzione e riparazione.

Può essere organizzata su due piani, con i necessari rimandi meccanici degli organi di regolazione.

In essa sono alloggiare anche le **apparecchiature di misura** (portata, pressione, livello) che sono sempre previste per monitorare il funzionamento del serbatoio.

Da tale camera si accede alle vasche mediante **porte stagne**, la cui soglia è a quota maggiore del livello massimo. Tali porte conducono ad una **passerella** o ad un pianerottolo da cui si può scendere nelle vasche mediante **scale metalliche o in muratura**.

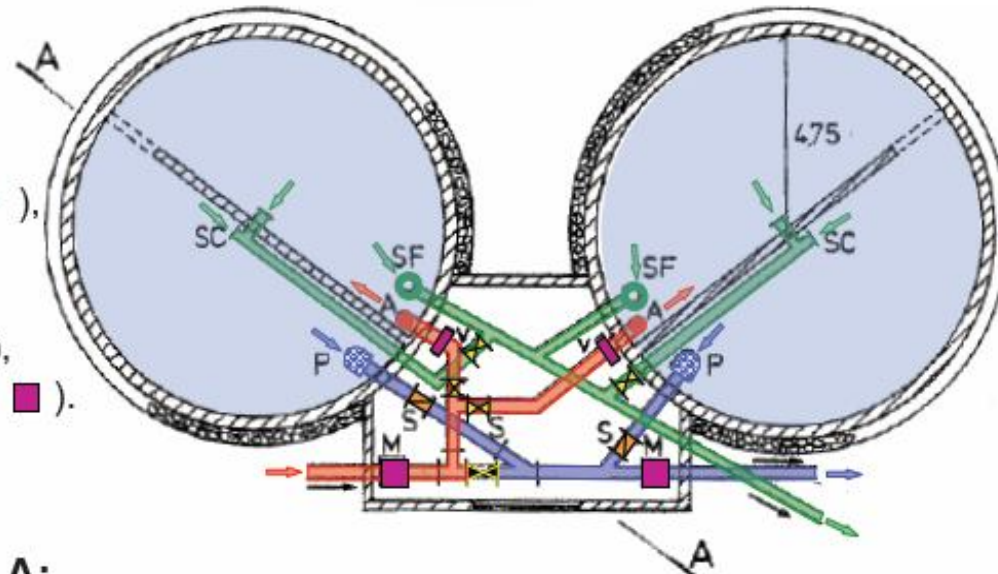




Camera di manovra

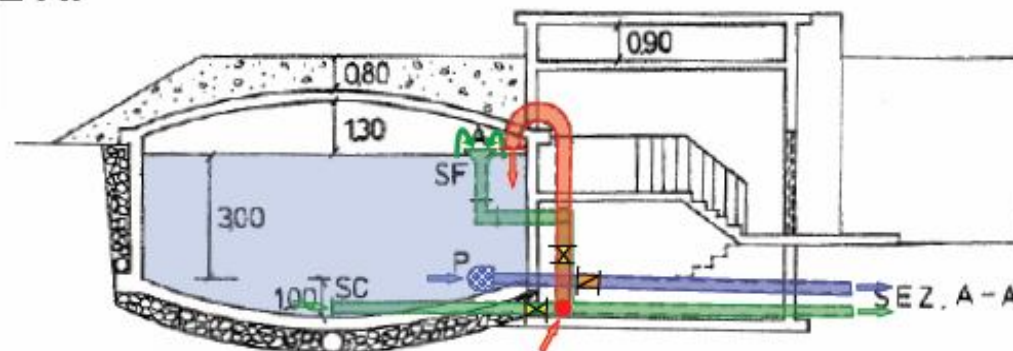
PEZZI SPECIALI:

- Arrivi (**A** →),
- Prese (**P** →),
- Sfiori di sicurezza (**SF** →),
- Scarichi (**SC** →),
- Saracinesche (**S** ⚡),
- Valvole di ritegno (**S** ⚡),
- Misuratori di portata (**M** e **V** ■).



NB. FARE ATTENZIONE A:

- quote relative dei pezzi speciali
- posizionamento delle saracinesche (NO su sfiori!)





Illuminazione e aerazione

Le vasche devono essere tenute al buio completo, per evitare la formazione di alghe, tranne che per le ispezioni. La camera di manovra può invece avere anche una illuminazione naturale.

L'aerazione delle vasche avviene mediante luci, protette con rete metallica, che danno nella camera di manovra.





Impermeabilizzazione e drenaggi

Le vasche devono essere impermeabilizzate per evitare la fuoriuscita d'acqua, così come le pareti esterne e la copertura, per evitare l'ingresso di acque, potenzialmente inquinate, nel serbatoio.

A questo scopo si prevede un **vespaio con tubi di drenaggio** al disotto della platea di fondo delle vasche e, nel caso di serbatoi sotterranei, anche fuori delle pareti esterne. I dreni devono essere condotti in un pozzetto che consenta di verificare e misurare eventuali perdite. Per maggiore sicurezza si può prevedere attorno alle vasche un **cunicolo perimetrale ispezionabile**.

