

INTRODUZIONE

ACQUEDOTTI è il modulo software di EdilStudio Idraulica per il progetto e la verifica idraulica di reti idriche in pressione di tipo acquedottistico.

Consente di modellare la rete direttamente sulla cartografia di riferimento, impostata come sfondo nell'interfaccia grafica oppure attraverso l'importazione di dati da file dwg/dxf.

E' dotato di archivi dettagliati di tipologie dei principali elementi che formano la rete, come tubazioni, pozzetti, apparecchiature, etc.

Consente in tempo reale la generazione di profili esecutivi. Il modello creato è unico pertanto gli elementi della rete possono essere modificati dal qualsiasi vista grafica (planimetria, un profilo, etc.).

E' possibile eseguire la verifica statica di tubazioni circolari.

Gli elaborati di testo (in formato doc o pdf) comprendono: la relazione di calcolo, una sintesi dei movimenti di terra relativi ai profili, la stampa di tutte le verifiche statiche eseguite. Sono disponibili, inoltre, le stampe di tutte le liste di elementi inseriti.

Tutto questo attraverso una struttura modulare così organizzata:

- **Modellatore della rete**
- **Solutore di calcolo in moto permanente**
- **Disegno esecutivo dei profili longitudinali**
- **Verifica statica delle condotte**
- **Importazione da file dwg/dxf**
- **Esportazione in Excel**
- **Modulo di progettazione**
- **Computo metrico**
- **Simulazione con EPANET**

Nel presente capitolo vengono illustrate le caratteristiche specifiche del modulo **ACQUEDOTTI**, funzioni comuni anche agli altri moduli di progettazione delle reti vengono illustrate in capitoli successivi.

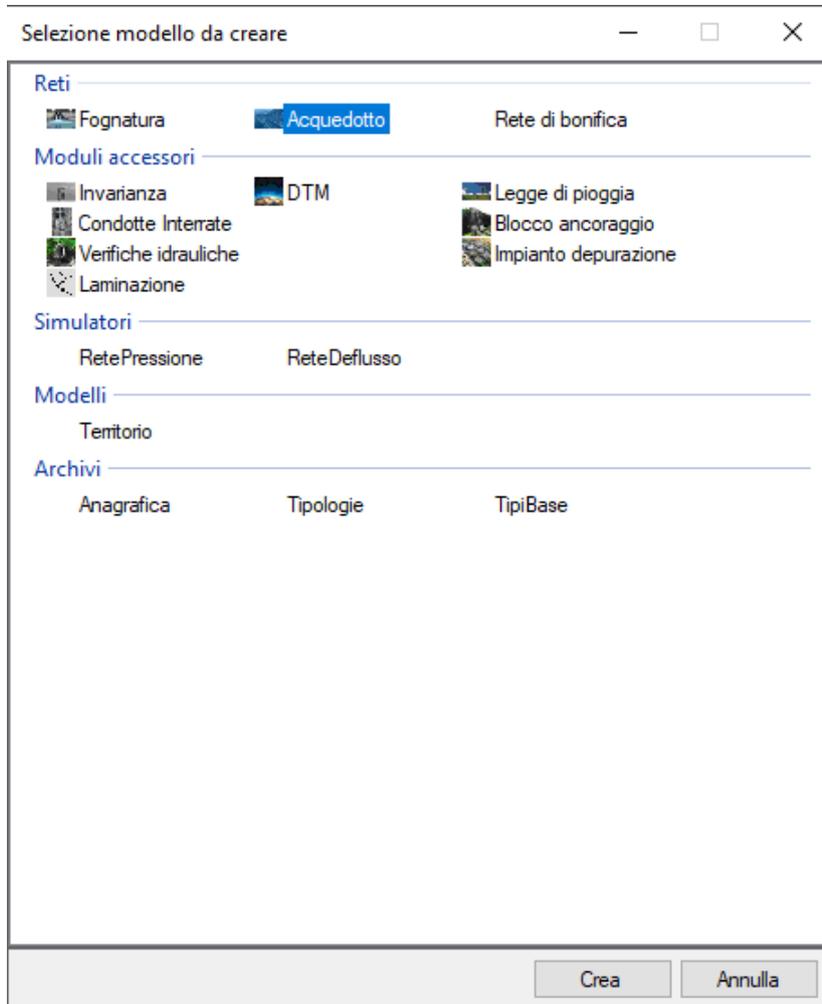
Per accelerare la creazione di un nuovo progetto è previsto un apposito **wizard** di inserimento automatico che pone all'utente una serie di domande in sequenza ed imposta i parametri principali della progettazione.

Nell'**Archivio condiviso** da tutti i files di progetto si dispone di una **libreria di base di tubazioni** circolari, di varie dimensioni e materiali. Tale libreria può essere modificata a piacere a seconda delle esigenze.

Gli elementi costitutivi della rete sono le **condotte** e i **pozzetti**. Per inserire le condotte si deve accedere alla vista

grafica dell'acquedotto, utilizzando, se si dispone, di una planimetria di base.

CREAZIONE DI UN NUOVO PROGETTO



Per creare un nuovo progetto ACQUEDOTTO occorre dalla barra Home utilizzare il comando "Nuovo". Selezionando il pulsante Acquedotto ed cliccando sul tasto Crea verrà avviata la procedura per la creazione di un nuovo progetto.

Verrà presentato il wizard del territorio che consentirà di predisporre il territorio di progetto. A seguire apparirà il wizard della rete e per concludere apparirà l'albero di progetto.

IL WIZARD DEL TERRITORIO E DELLA RETE

Per quanto riguarda il wizard del territorio si rimanda all'apposito capitolo relativo alla modellazione del territorio (*Sezione B – Le funzionalità comuni*), poiché è in comune con gli altri software di EdilStudio Idraulica.



Il wizard per la creazione dell'acquedotto presenta una serie di schede in sequenza che consentono di inserire i parametri più importanti della rete, scegliendoli tra quelli di default, demandando invece ad una fase successiva la selezione di parametri di dettaglio.

Le schede presentate sono quelle relative a:

- Rete
- Tipologie
- Calcolo
- Condotta

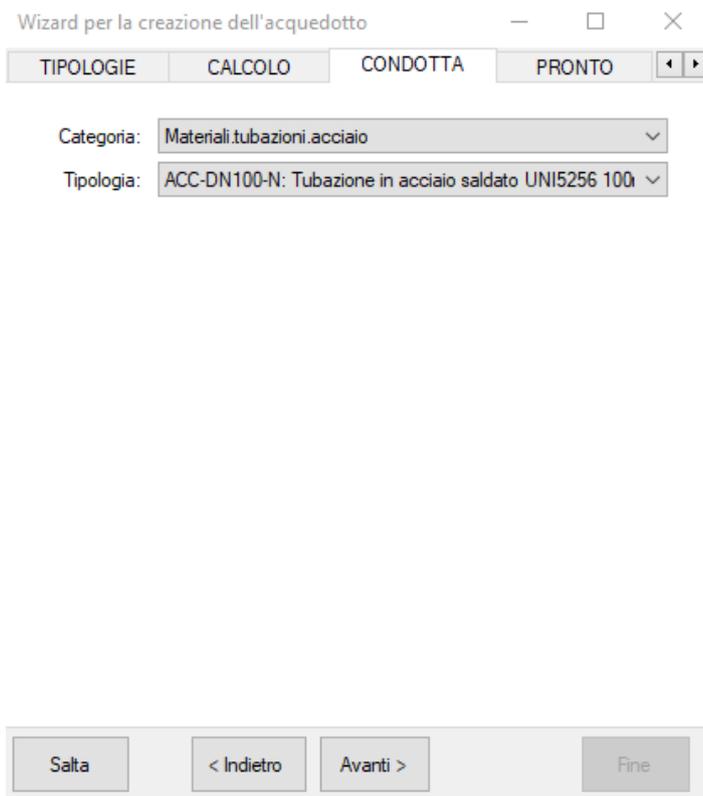
La **scheda Rete** consente di definire il nome ed il contesto in cui si inserisce la rete. Tali parametri sono esclusivamente descrittivi e verranno riportati nella relazione.



Nella **scheda Tipologie** l'utente può immediatamente selezionare le tipologie da utilizzare per la creazione del modello di rete. La prima opzione "Carica" è comoda per fare le prime prove, la seconda "Seleziona" consente di esplorare le tipologie presenti nella cartella di installazione, altrimenti è possibile rimandare tale scelta ad un secondo momento.



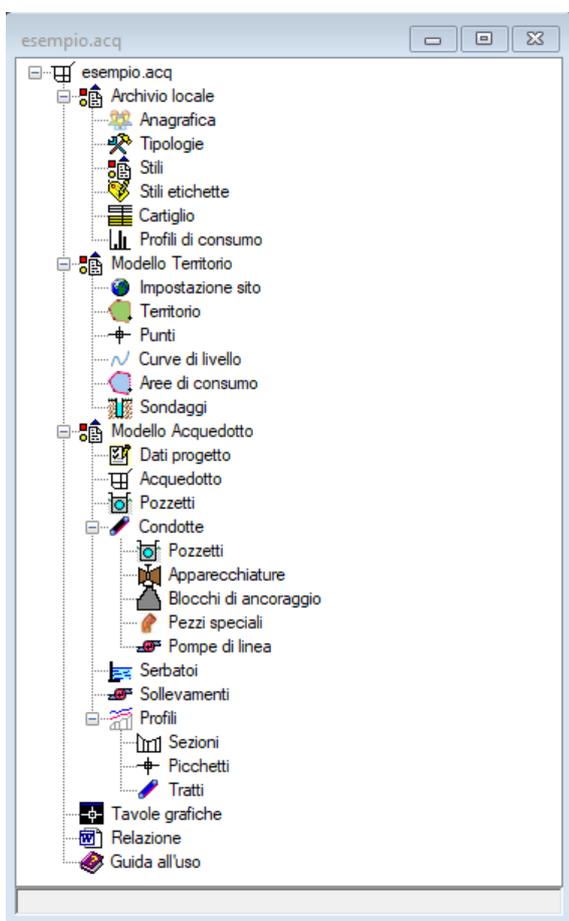
Nella **scheda Calcolo** è possibile impostare la formula di resistenza di default per la verifica della rete.



Nella **scheda Condotta** l'utente può stabilire il valore di default di della tipologia della condotta quando quest'ultima viene creata.

Una volta completati i wizard del territorio e della rete, in sequenza, verrà visualizzato l'albero di progetto dell'acquedotto.

L'esecuzione dei wizard del Territorio e della Rete non è obbligatoria, ognuno dei due può essere evitato con l'apposito comando "Salta" presente nella barra inferiore, ma si consiglia sempre di eseguirli, per assicurarsi che il modello abbia caricato i dati essenziali per le successive elaborazioni.



L'ALBERO DI PROGETTO

Nella finestra principale del progetto del modulo Acquedotti è presente una struttura ad albero analoga a quella riportata in figura.

Il primo nodo dell'albero porta sempre il nome del progetto aperto (nella figura **esempio.acq**).

Dopo aver selezionato un nodo l'utente può eseguire una o più azioni; il menù dei comandi disponibili viene visualizzato cliccando sul tasto destro del mouse (menù contestuale).

L'albero è diviso in tre sezioni principali ed alcuni nodi singoli:

- **Archivio locale:** raggruppa i nodi che consentono di impostare i dati relativi all'archivio di progetto che è presente all'interno del file di progetto;
- **Modello Territorio:** raggruppa i nodi relativi alla modellazione del territorio;
- **Modello Acquedotto:** raggruppa i nodi relativi alla modellazione della rete

COME SI PROCEDE

Il software **ACQUEDOTTI** è molto flessibile e consente sia rappresentazioni approssimate (valide per schemi di calcolo, calcoli di massima, etc.), sia rappresentazioni fedeli al territorio, in funzione dei dati a disposizione.

La quantità di informazioni fornite al software dipende dall'utente e dalle sue finalità.

Il software dispone di archivi di tipologie per tutti gli elementi che intervengono nella progettazione (condotte, pozzetti, etc.). Questi archivi sono sempre integrabili dall'utente.

Per la progettazione e verifica idraulica di una rete la modellazione prevede i seguenti passi:

- **definire le tipologie;**
- **modellare il territorio;**
- **modellare la rete.**

GLI ARCHIVI DI PROGETTO

Il software è dotato di un **Archivio condiviso** da tutti i files di progetto e di un **Archivio interno** al progetto (archivio locale).

Gli archivi di progetto sono comuni a tutte le reti, si rinvia all'apposito paragrafo (Sezione E – Le funzionalità standard).

LA MODELLAZIONE DEL TERRITORIO

La modellazione del territorio è una fase comune a tutte le reti e pertanto si rinvia la relativo capitolo (Sezione B – Le funzionalità comuni).

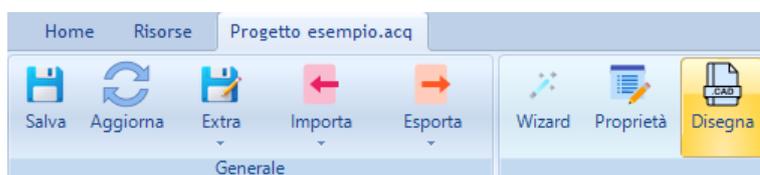
LA MODELLAZIONE PLANIMETRICA DELLA RETE

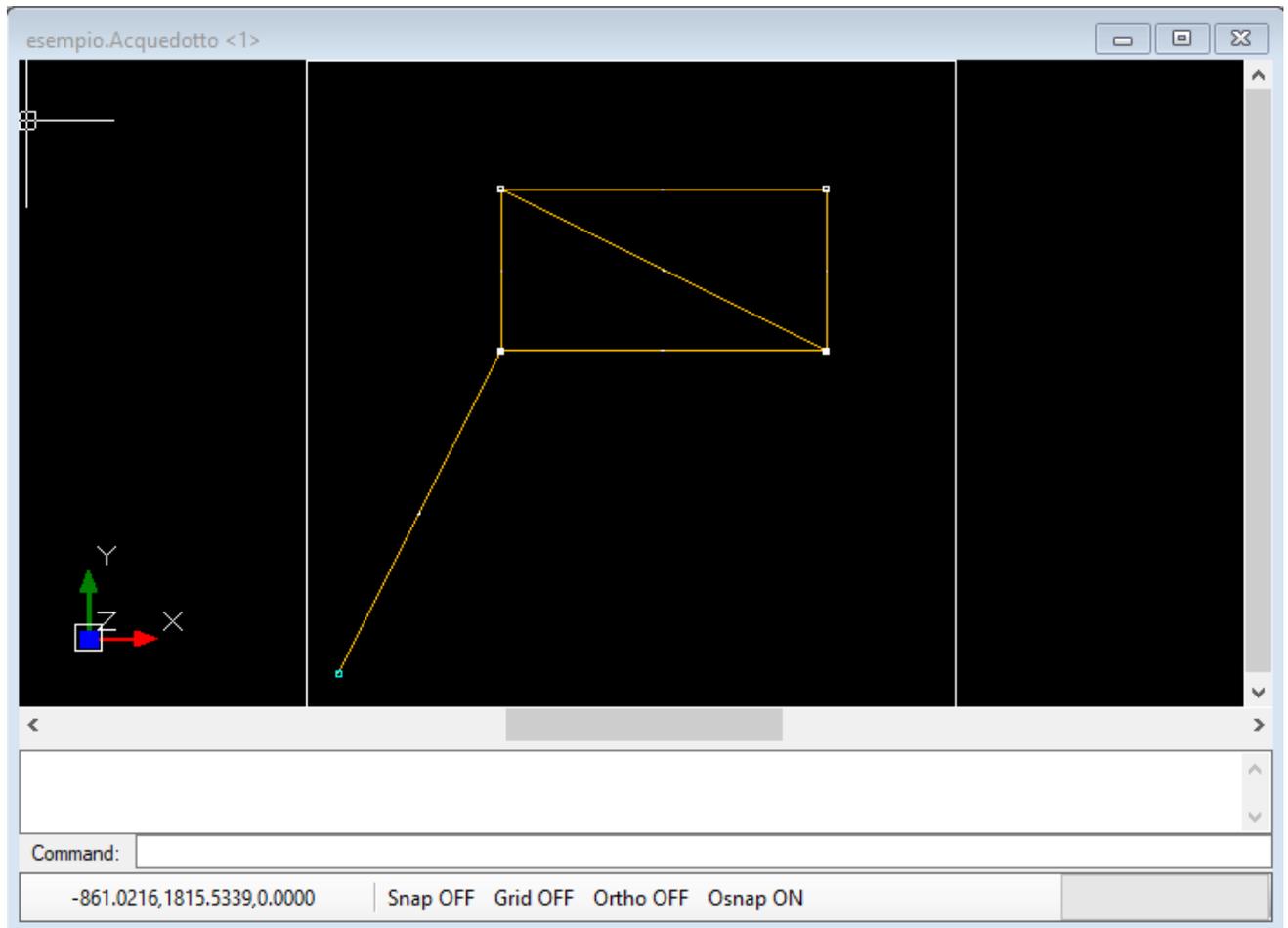
ASSEGNARE LE CONDOTTE



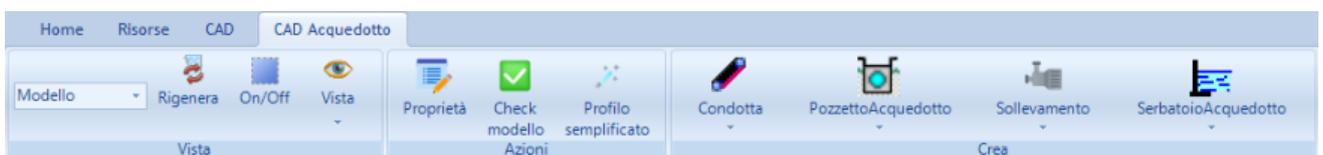
Una volta modellato il territorio, in modo da aver definito le quote altimetriche su tutta la superficie, è possibile passare alla modellazione della rete idrica.

Per cominciare la modellazione è necessario accedere alla vista grafica della rete. Selezionare il nodo *Acquedotto* dall'albero di progetto ed utilizzare il comando "Disegna" dal menù di *Progetto*.





Alla vista grafica viene associato anche un nuovo menù denominato **CAD Acquedotto**.



Verrà visualizzata la finestra grafica della rete idrica (per scoprire tutte le funzionalità della vista grafica fare riferimento al paragrafo “Guida Vista Grafica” nella Sezione B – Le funzionalità comuni).

Nella sezione *Crea* di questo menù troviamo i comandi per l’inserimento grafico degli elementi del modello sulla vista grafica.

In particolare visualizziamo il comando *Condotta* come risulta nella immagine.



Utilizziamo la voce **Crea Condotta**, quindi inseriamo graficamente il tratto nella finestra grafica (che può essere polilineo), e terminiamo l’inserimento con il pulsante destro del mouse.

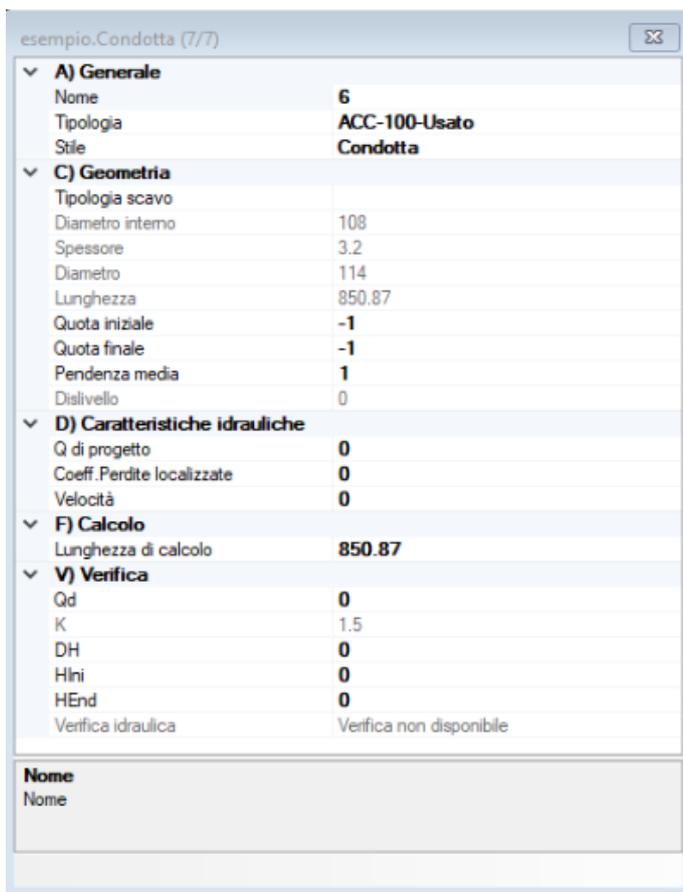
Il software consente in qualsiasi momento di visualizzare dati e risultati in tutti i vertici di ogni condotta.



Una volta disegnate una o più condotte è possibile selezionarne una in modo da fa apparire il menù “CAD Condotta” nella barra principale.



Da questo menù è possibile effettuare alcune operazioni direttamente sulla condotta selezionata. L'operazione più diffusa è il comando "Proprietà" che consente di accedere alla finestra proprietà. Dalla finestra è possibile modificare tutti i parametri associati alla condotta selezionata, come le caratteristiche idrauliche.



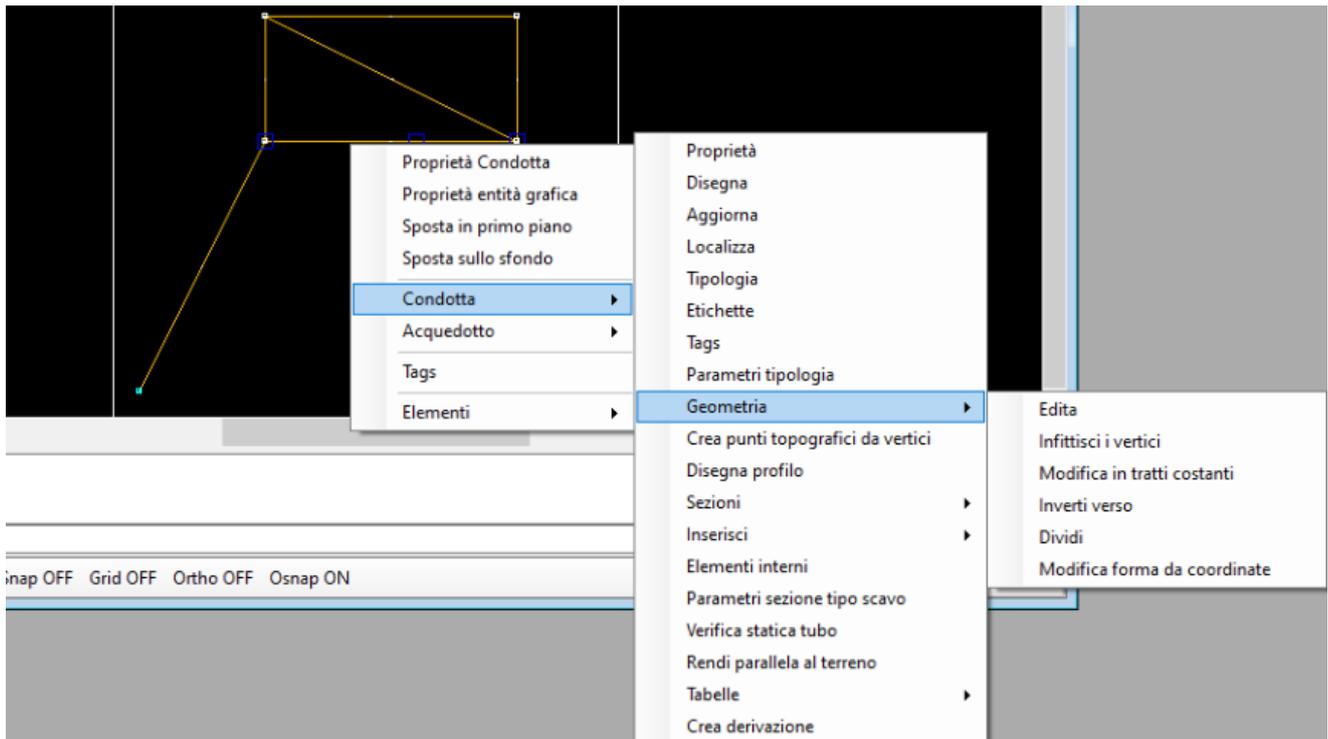
La finestra Proprietà è divisa in varie sezioni, in modo da agevolare l'utente nella fase di inserimento dei dati.

Alcuni valori sono impostati automaticamente in funzione dell'inserimento grafico effettuato con uno dei comandi presenti nella sezione "Crea" del menù "CAD Acquedotto". Saranno, quindi, impostati coordinate e lunghezza se è stato utilizzato il comando "Crea Condotta". Ad essi si aggiungeranno quota iniziale, pendenza e quota finale se sono stati utilizzati i comandi "Crea con quota iniziale e pendenza" oppure "Crea con quota iniziale e finale". Pendenza e quota finale sono ovviamente interdipendenti e la modifica di uno dei due comporta la modifica dell'altro.

Generalmente i dati da assegnare alla condotta dopo l'inserimento grafico sono:

- Tipologia scelta dall'archivio di progetto o condiviso;
- Eventuali coefficienti per valutare le perdite concentrate.

Il menù "CAD Condotta" non contiene tutti i comandi applicabili all'elemento condotta, ma solo i più importanti. Tutti i comandi disponibili sono accessibili dal menù contestuale (pulsante destro del mouse), come si vede nella figura sottostante.



Ad esempio, è possibile invertire il verso della condotta se è stato immesso non correttamente, con il comando "Geometria->Inverti Verso".

Il verso della condotta va, per default, dal primo estremo della polilinea all'ultimo.

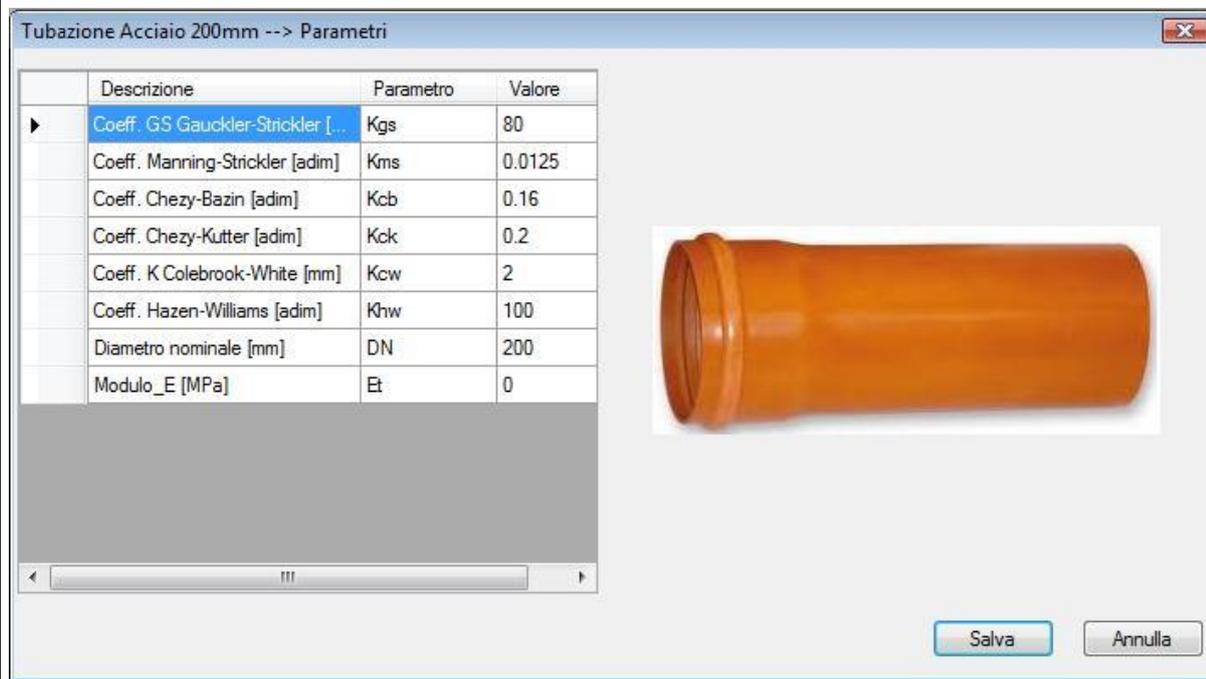
Oppure con il comando "Modifica forma da coordinate" è possibile modificare manualmente le coordinate della condotta.

ATTENZIONE

- **La diramazione di due o più condotte può avvenire soltanto nei vertici di estremità di un tratto, non nei vertici interni.**
- **Z non rappresenta la quota della condotta ma l'AFFONDAMENTO del cielo della condotta rispetto alla quota del terreno**
- **La rete è costituita esclusivamente da condotte (non si inseriscono "picchetti") e da pozzetti. Utilizzare sempre la funzione OSnap per posizionare correttamente l'estremo finale di una condotta in corrispondenza dell'estremo iniziale del successivo**

IMPORTANTE!

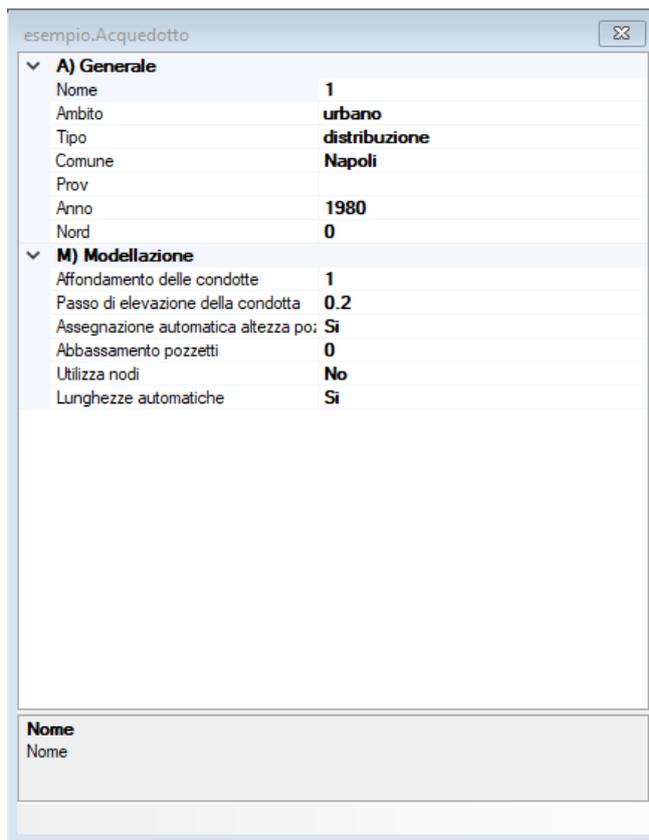
La **scabrezza** di una **tubazione** viene assegnata, come le caratteristiche geometriche, nella tipologia. Utilizzare l'icona  **Definisci parametri** per visualizzare la scheda Parametri, in cui sono riportate le scabrezze relative alle diverse formule di resistenza.



CREAZIONE AUTOMATICA DELLA RETE CON LUNGHEZZE ASSEGNATE

Di default, durante l'inserimento della rete, il software assegna le lunghezze alle condotte desumendole dalle coordinate.

Tali valori di lunghezza verranno utilizzati nel calcolo delle perdite di carico. Volendo, invece, assegnare le lunghezze arbitrariamente (ad esempio se si è tracciato uno schema di massima) occorre modificare questa impostazione nel pannello/scheda di proprietà dell'Acquedotto. Dall'albero di progetto selezionare il nodo Acquedotto e dal menù di progetto utilizzare il comando "Proprietà" per accedere al pannello riportato nella figura sottostante.



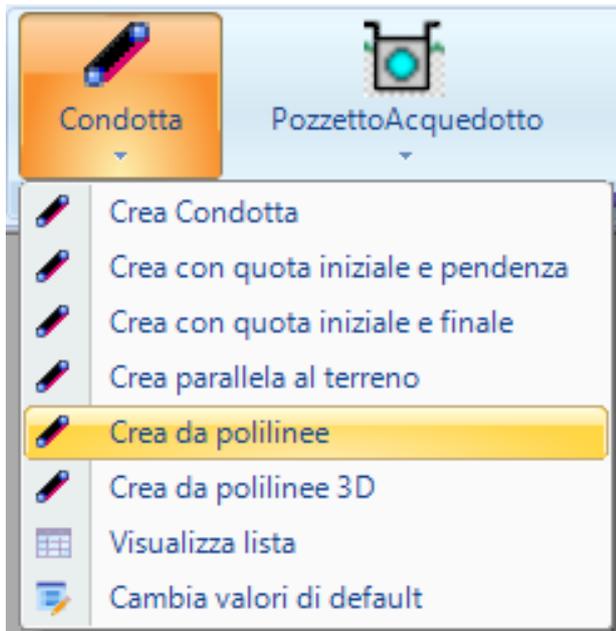
Utilizzare l'opzione "Lunghezze automatiche impostandole a "No"

In questo modo nella scheda proprietà della condotta sarà necessario impostare manualmente la lunghezza, come si vede nella successiva immagine.

CREAZIONE DELLA RETE RICALCANDO LE POLILINEE O CONVERTENDO POLILINEE ESISTENTI DEL LAYER DI SFONDO

Avendo un file di sfondo in dwg caricato nella finestra grafica è possibile tracciare la condotta ricalcando una polilinea esistente nel disegno. E' possibile inoltre convertire direttamente la polilinea in una condotta. In tal caso è necessario utilizzare un comando diverso dalla sezione di creazione della condotta nel menù "CAD Acquedotto", come si vede nell'immagine sottostante.

Coef. Perdite localizzate	0
Velocità	0.66
F) Calcolo	
Lunghezza di calcolo	1118.03
V) Verifica	
Qd	0
K	1.5



In tal caso selezionare una o più polilinee presenti nel disegno e premere il pulsante destro del mouse per confermare la scelta.

Per ogni polilinea selezionata verrà creata una condotta di uguale geometria e con parametri di default.

Utilizzando il comando “Cambia valori di default”, è possibile stabilire quali valori si vogliono come default nell’inserimento delle successive condotte.

ATTENZIONE

- Se si usa il comando “Crea da polilinee” ricordarsi sempre che dove varia uno dei seguenti parametri è necessario, per la continuità idraulica, creare un nuovo tratto: pendenza, tipologia di condotta, erogazione concentrata di portata. Prima di importare occorre valutare se sono rispettati questi criteri, per non dover poi ricorrere a comandi come “Dividi tratto”

INSERIMENTO POZZETTI

L’inserimento dei pozzetti è necessario al calcolo, in particolare devono essere inseriti almeno un pozzetto di presa per fissare il carico piezometrico ed un pozzetto di erogazione per definire il fabbisogno idrico. Generalmente una rete consiste in un pozzetto di presa e di tanti pozzetti di erogazione necessari a distribuire capillarmente il fabbisogno idrico agli utilizzatori.

Il parametro fondamentale del pozzetto di presa è rappresentato dalla quota piezometrica H , mentre nei pozzetti di erogazione dalla portata erogata Q espressa in l/s.

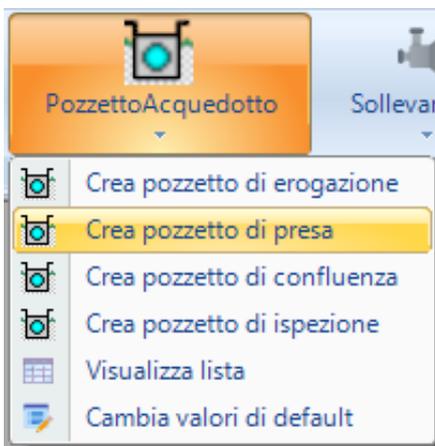
Altri pozzetti (confluenza e ispezione) non sono necessari ai fini della verifica idraulica. Pertanto **si consiglia** di effettuare sempre la verifica prima di inserire i pozzetti ausiliari per evitare di dover eventualmente modificare le condotte con i pozzetti già immessi.

I pozzetti vengono distinti in due categorie:

- **Pozzetti esterni:** rappresentano pozzetti comuni a due o più condotte oppure anche pozzetti dell'estremità iniziale di una condotta. Tali pozzetti vengono inseriti direttamente sulla rete idrica dalla sezione "Crea" del menù "CAD Acquedotto"
- **Pozzetti interni:** rappresentano i pozzetti presenti nei vertici interni di una condotta o comunque di proprietà della condotta (eliminando la condotta vengono eliminati anch'essi); tali pozzetti vengono creati dal menù "CAD Condotta", disponibile dopo aver selezionato una condotta; questi pozzetti possono essere di sola ispezione.

INSERIMENTO DI POZZETTI ESTERNI

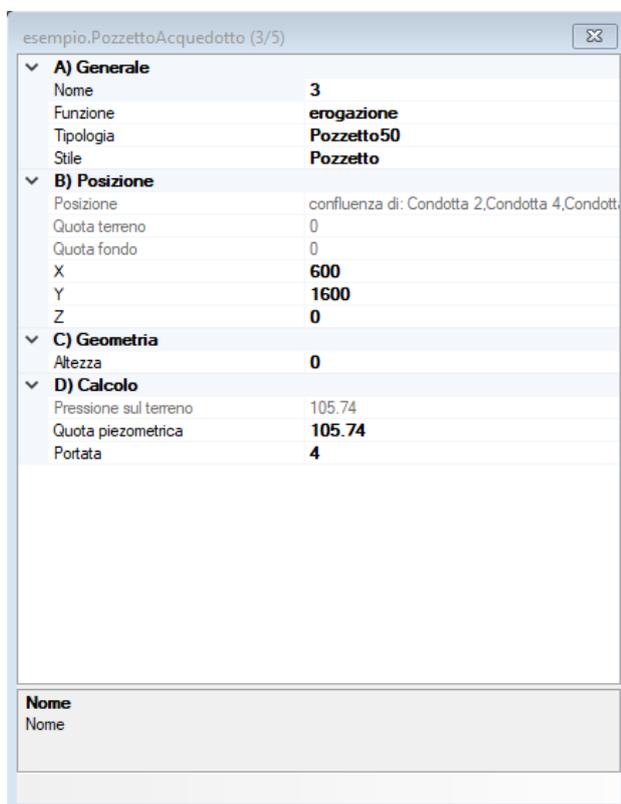
L'inserimento dei pozzetti deve essere fatto **DOPO** aver inserito le condotte.



Utilizzare la funzione di inserimento **Crea elemento PozzettoAcquedotto** che si trova sulla barra superiore nel menù "CAD Acquedotto" e selezionare dalla voce "PozzettoAcquedotto" uno dei comandi disponibili come "Crea pozzetto di erogazione" o "Crea pozzetto di presa", quindi selezionare graficamente un estremo di uno o più condotte.

Dopo aver inserito il pozzetto, selezionarlo graficamente in modo da attivare il menù "CAD PozzettoAcquedotto".

Utilizzando il comando **Proprietà** si attiva la scheda delle proprietà del pozzetto in cui si può scegliere la tipologia (ricordiamo che l'inserimento grafico prevede l'utilizzo di una tipologia di default) e soprattutto la funzione del pozzetto.

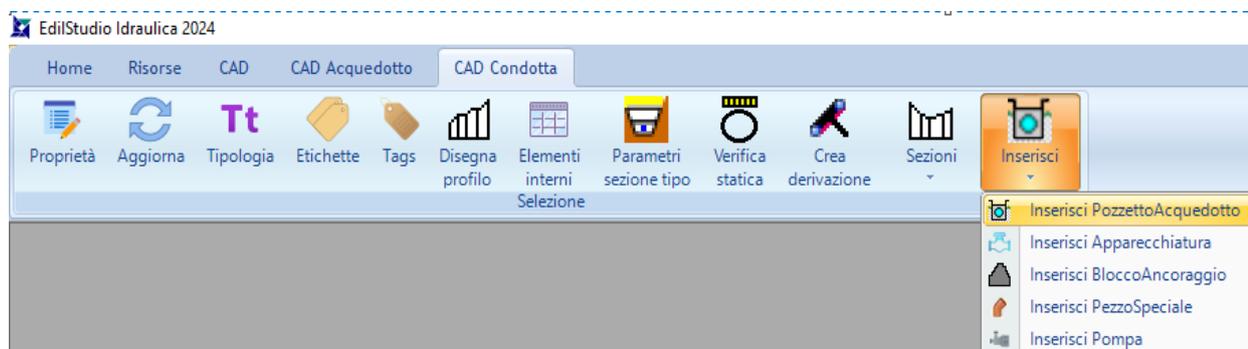


Il pozzetto può essere di: presa, erogazione, ispezione, confluenza.

Per un posizionamento corretto il pozzetto deve essere agganciato ad uno o più condotte, diversamente il software segnala con un tooltip che si tratta di un **pozzetto isolato**. Se si sposta graficamente un pozzetto si vedrà che le condotte agganciate "lo seguono", cioè si spostano con il pozzetto e ciò può risultare molto comodo.

INSERIMENTO DI POZZETTI INTERNI

Per inserire un pozzetto interno occorre selezionare una condotta in modo da attivare il menù “CAD Condotta”.

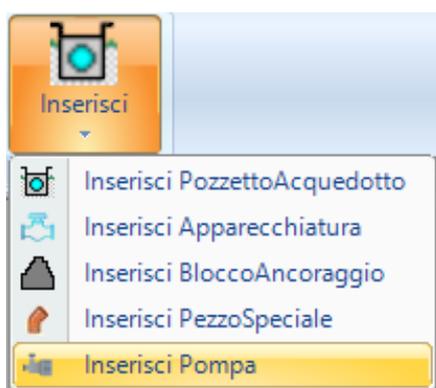


Dal menù utilizzare il comando “Inserisci pozzetto acquedotto” ed indicare un punto sulla condotta selezionata. Se non è stato indicato un vertice verrà richiesto il valore della progressiva e, se confermato, apparirà il pozzetto sulla condotta nella posizione indicata.

Nell’albero di progetto i pozzetti esterni sono distinti da quelli interni. E’ sufficiente selezionare il nodo desiderato ed utilizzare il comando “Lista” per accedere all’elenco di tutti i pozzetti.



INSERIMENTO DI POMPA DI LINEA



Per inserire una pompa in linea su di una condotta è sufficiente selezionare la condotta desiderata ed utilizzare il comando di inserimento posto nella barra “CAD condotta” alla voce inserisci pompa. Ubicare la posizione della pompa sulla condotta e confermare la scelta. Si presenterà un finestra per la conferma della progressiva della pompa rispetto all’inizio della condotta. Dopo aver confermato la pompa verrà visualizzata sulla condotta. Selezionatela ed utilizzate il comando proprietà per vederne le caratteristiche e eventualmente modificarle.

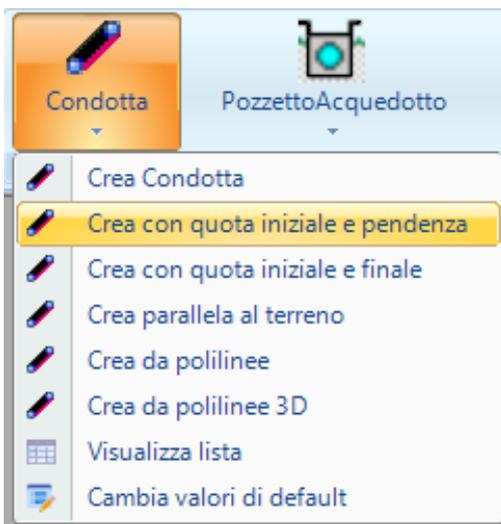
Assicuratevi di aver caricato le adeguate tipologie di pompe nell’archivio di progetto e di aver letto le considerazioni sull’inserimento delle pompe nel paragrafo relativo al calcolo della rete.

LA MODELLAZIONE ALTIMETRICA DELLA RETE

Si preferisce distinguere la descrizione della modellazione planimetrica della rete da quella altimetrica, benchè si effettuino contemporaneamente, perché nel caso di semplice calcolo di massima si può evitare di preoccuparsi dell'effettivo posizionamento altimetrico della condotta, ipotizzando che la condotta sia sempre posizionata ad una certa quota sotto il terreno.

In altri casi, invece, quando si inserisce una condotta deve essere ben chiaro come il software la posiziona altimetricamente, in modo da poter controllare con precisione la sua ubicazione nello spazio.

Questo vale soprattutto se è disponibile il modulo profili che consente di visualizzare l'intera rete dal punto di vista plano-altimetrico.



Se non si è in possesso del modulo profili è comunque sempre possibile visualizzare la posizione altimetrica della singola condotta.

Riprendiamo il comando della creazione della condotta disponibile nella sezione "Crea" del menù "CAD Acquedotto", riportata nella immagine.

Il comando "Crea Condotta" è il comando di default che permette di creare una condotta parallela al terreno. La quota iniziale di affondamento del cielo è definita nel pannello di Acquedotto, come indicato nell'immagine.

M) Modellazione	
Affondamento delle condotte	1
Passo di elevazione della condotta	0.2
Assegnazione automatica altezza po:	Si
Abbassamento pozzetti	0

Se non vogliamo preoccuparci dell'altrimetria possiamo utilizzare sempre questo comando.

Diversamente possiamo utilizzare gli altri comandi come "Quota iniziale e pendenza" e "Quota iniziale e

finale", nel caso conosciamo esattamente tali valori al momento dell'inserimento grafico.

In ogni caso i valori immessi possono essere modificati dalla scheda di proprietà/pannello della condotta nella sezione "Geometria" come evidenziato nell'immagine, dopo aver effettuato l'inserimento grafico della condotta

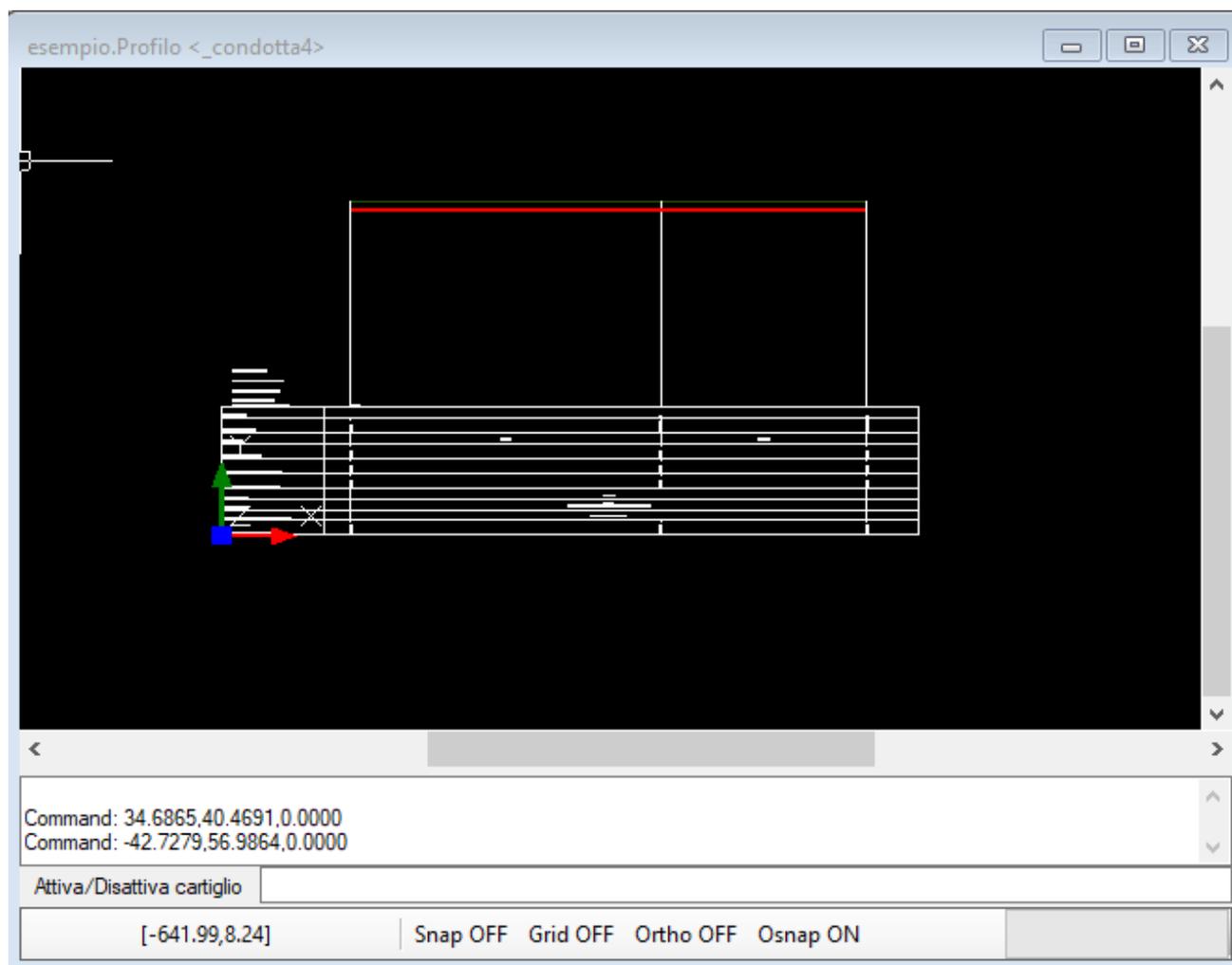
C) Geometria	
Tipologia scavo	R100ter
Diametro interno	133
Spessore	3.6
Diametro	140
Lunghezza	1000
Quota iniziale	-1.5
Quota finale	-1.5
Pendenza media	0
Dislivello	0

ed averlo selezionato.

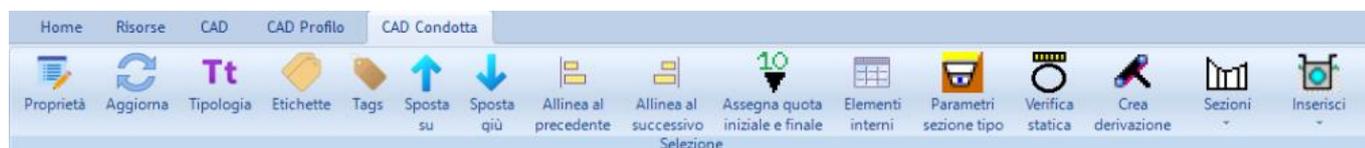
Infatti, Quota iniziale, Quota finale e pendenza possono essere modificati in modo indipendente tenendo presente che ogni volta che si modifica uno di essi ne cambia un altro.

Se, invece, non sono note le quote definitive e si sta procedendo ad una progettazione almetrica ex-novo, allora è più comodo visualizzare il profilo della condotta ed eseguire tali operazioni verificando in tempo reale la congruenza con il terreno.

E' possibile, infatti, dopo aver selezionato la condotta, utilizzare il comando "Visualizza profilo" dal menù "CAD Condotta" ed accedere alla finestra grafica del profilo della condotta.



Selezionando la condotta sul profilo (indicato con le linee rosse) verrà visualizzato il menù "CAD Condotta" che presenterà anche altri comandi specifici per l'uso nella visualizzazione del profilo.



Si evidenziano i due comandi "Sposta su" e "Sposta giù" che aiutano l'utente a adeguare la livelletta al terreno visualizzandola graficamente.

Contemporaneamente con il comando "Proprietà" è possibile aprire il pannello della condotta e procedere anche modificando le quote iniziali e finali del collettore.

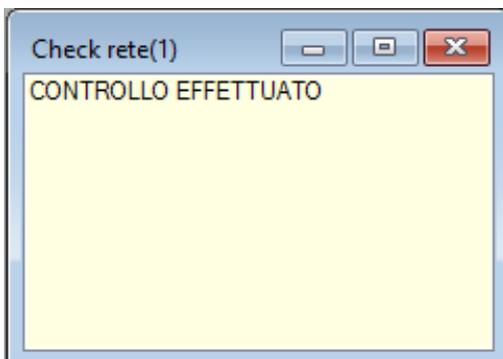
Utilizzare il comando “Aggiorna” per forzare il ridisegno dell’elemento ogni qual volta è stato modificata una proprietà ed il disegno dell’elemento non appare aggiornato.

I comandi “Allinea al precedente” e “Allinea al successivo” verranno utilizzati quando ci si trova nella visualizzazione di un profilo costituito da più condotte.

IL CALCOLO DELLA RETE

IL CHECK DELLA RETE

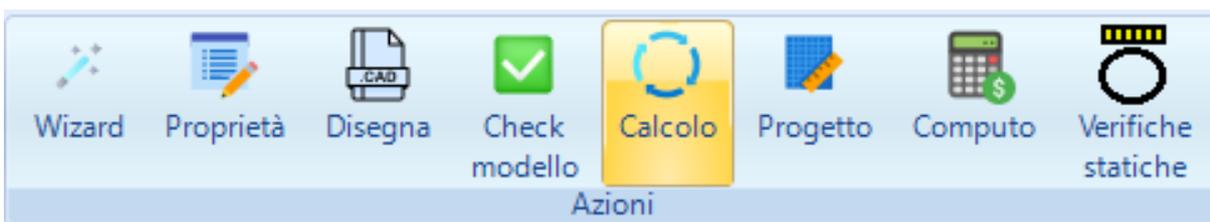
Prima di lanciare il calcolo occorre verificare che i dati siano stati inseriti correttamente.



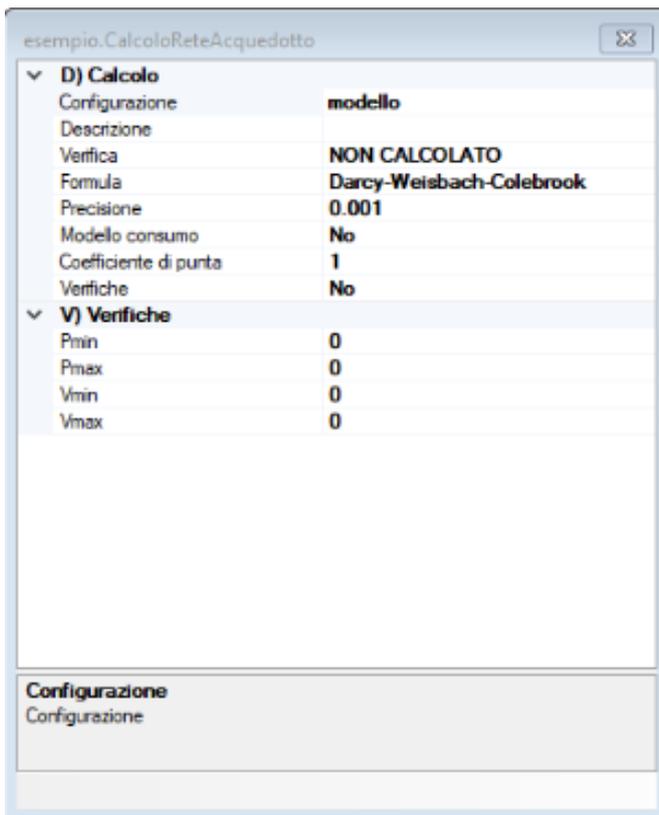
Dalla scheda delle Proprietà dell’Acquedotto, cliccare sull’icona  **Check rete.**

Eventuali **errori** o **warnings** saranno riportati in una scheda che si attiva in automatico. Con un doppio click sul singolo errore/warning si attiva la scheda di **Proprietà** dell’elemento interessato rendendo molto facile la correzione del dato. Dalla scheda si può inoltre utilizzare il comando **Localizza** per visualizzare l’elemento sulla vista grafica attiva.

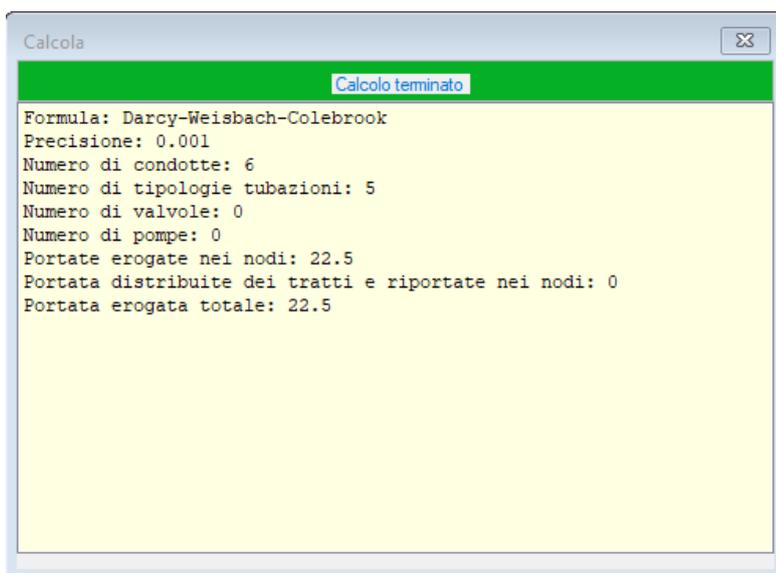
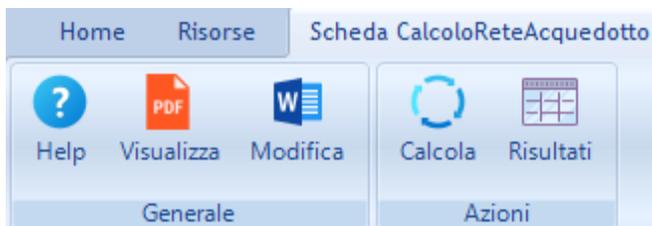
IL CALCOLO DELLA RETE



Per lanciare il calcolo dal nodo Acquedotto cliccare sul comando “Calcolo” che visualizza una scheda in cui sono contenute alcune variabili utili per il calcolo (come la formula di resistenza, la precisione) e per le verifiche (pressioni e velocità minime e massime).



Questa scheda è associata al menù “Scheda CalcoloReteAcquedotto” dove è disponibile il comando “Calcola” che lancia effettivamente il calcolo e fornisce in una finestra alcuni dettagli della elaborazione.



Sempre dal menù della scheda di calcolo è possibile eseguire il comando “Risultati” che consente di visualizzare in una lista i risultati dell’elaborazione, forniti in tutti i vertici delle condotte.

Questa lista, per ogni vertice interno ed esterno di ciascuna condotta, riporta il valore della quota piezometrica, delle pressioni sul terreno, le pressioni sul tubo ed altri risultati.

In ogni caso visualizzando la lista delle condotte si possono verificare i risultati utilizzando i comandi presenti nella voce del menù “Tabelle”.

	Nome	Lunghezza	Quota iniziale	Quota finale	Pendenza media	Tags	Tipologia	Stile
▶	1	1118.03	373.21	373.21	3.58		Standard:PE:ACC-200-Usato	Condotta
	2	500	373.21	373.21	0		Standard:PE:ACC-100-Usato	Condotta
	3	1000	373.21	373.21	0		Standard:PE:ACC-80-Usato	Condotta
	4	1000	-1.5	-1.5	0		Standard:PE:ACC-125-Usato	Condotta
	5	500	373.21	373.21	0		Standard:PE:ACC-80-Usato	Condotta
	7	1118.03	373.21	373.21	0		Standard:PE:ACC-150-Usato	Condotta



CARATTERISTICHE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO

Il software consente di calcolare reti in pressione, ramificate o a maglia, in moto permanente.

Il calcolo viene effettuato con il **metodo del gradiente di Todini** che si basa sull’algoritmo di Newton-Raphson ed utilizza, per calcolare le perdite di carico, una delle seguenti formule:

- **Darcy-Weisbach-Colebrook**
- **Gauckler-Strickler**
- **Hazen Williams**

CARATTERISTICHE E METODI DI CALCOLO DEL PROGRAMMA

Il software consente di calcolare reti in pressione, ramificate o a maglia, in moto permanente.

Il calcolo viene effettuato con il **metodo del gradiente di Todini** che si basa sull’algoritmo di **Newton-Raphson**.

L'algoritmo di calcolo implementato risolve per via numerica il problema idraulico retto dalle equazioni del moto e di continuità, che in ipotesi di moto permanente sono le seguenti:

$$1) \cdot \text{equazione di continuità} \rightarrow \frac{dQ}{dx} = 0 \qquad 2) \cdot \text{equazione del moto} \rightarrow j = -\frac{dH}{dx}$$

dove Q è la portata del fluido, x è l'ascissa corrente, j è la cadente piezometrica e H è la quota piezometrica.

IL METODO DEL GRADIENTE DI TODINI

Tale metodo applica la tecnica di Newton-Raphson al calcolo dei carichi piezometrici nei nodi e delle portate ed il problema è analiticamente ricondotto alla soluzione iterativa di un sistema di equazioni lineari.

Caratteristiche di tale metodo sono:

- si possono numerare casualmente i nodi della rete;
- non è necessaria la schematizzazione della rete in maglie;
- non occorre assegnare portate di primo tentativo, ma solo le erogazioni da fornire;
- non occorre prefissare i versi di percorrenza delle portate. Esso è automatica conseguenza dell'assegnazione, per ciascun tratto, del nodo a monte e del nodo a valle;
- è stato verificato che il numero di iterazioni per la convergenza rimane costante quando si elaborano reti con un numero di tratti crescente (uguale o superiore a 60), il che risulta vantaggioso da un punto di vista di economia di CPU.

Il programma provvede a calcolare la portata totale uscente dal serbatoio e le altre caratteristiche idrauliche del sistema, come si può leggere nel paragrafo **Risultati del calcolo**.

La **portata distribuita lungo un tratto** verrà automaticamente ripartita come erogazioni concentrate negli estremi che lo delimitano. L'approssimazione è, naturalmente, tanto più aderente alla realtà quanto più numerosi sono i nodi con cui si schematizza la rete. Se uno dei due estremi del tratto è un serbatoio l'erogazione verrà assegnata solo all'altro estremo, mentre non è possibile assegnare portate distribuite per tratti delimitati da due serbatoi.

SCelta DELLA FORMULA DI RESISTENZA

Il calcolo delle perdite di carico può essere svolto adottando una delle seguenti formule di resistenza.

FORMULA DI DARCY-WEISBACH (COLEBROOK-WHITE)

$$J = \frac{\lambda V^2}{2gD}$$

In cui il coefficiente di attrito viene calcolato con la formula di Colebrook-White:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{2.51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} + \frac{1}{3.71 D} \frac{\varepsilon}{D} \right)$$

di cui è utilizzata la versione approssimata:

$$\lambda = \frac{1}{4} \left(\lg 3.71 \frac{D}{\varepsilon} \right)^{-2} \left(1 + \frac{4}{\text{Re} \varepsilon / D} \right)^2$$

dove: Re= numero di Reynolds, λ = indice di resistenza, ε = scabrezza equivalente, D= diametro interno della condotta.

FORMULA DI GAUCKLER-STRICKLER

$$V = K_{str} R^{\frac{2}{3}} i_f^{\frac{1}{2}}$$

dove: R= raggio idraulico, i_f = cadente piezometrica, K = coefficiente di scabrezza.

FORMULA DI HAZEN-WILLIAMS

$$J = c Q^a D^b$$

dove:

$$c = 4.727 K^{-1.852}$$

con

K=scabrezza]110,150[

a = 1,852 b = -4,871

INSERIMENTO DI VALVOLE RIDUTTRICI DI PRESSIONE

Una valvola riduttrice di pressione è un dispositivo che consente di abbattere la quota piezometrica di una quantità prefissata nel punto della rete in cui è inserita. Il flusso della portata circolante non può essere bidirezionale ma dovrà essere congruente con l'orientamento del tratto in cui la valvola è inserita, in modo che la perdita di carico determinata sia sommabile alle perdite di carico distribuite. Nel caso in cui sia stata inserita una valvola "controcorrente" il calcolo si arresterà; bisognerà allora eliminare il dispositivo dal tratto (del resto ciò significa che è superfluo) oppure riassegnare il tratto invertendo i suoi estremi.

La perdita di carico totale ΔH determinata da una valvola riduttrice di pressione (che si andrà dunque a sommare alle perdite distribuite lungo il tratto in cui questa è presente) è data da un'espressione del tipo:

$$\Delta H = \Delta h_o + kV^2/2g$$

dove:

Δh_o = perdita di carico secca determinata dal dispositivo

$kV^2/2g$ = perdita di carico localizzata in corrispondenza del dispositivo

k = coefficiente di proporzionalità fra la perdita di carico localizzata e il valore dell'altezza cinetica $V^2/2g$.

INSERIMENTO DI POMPE IN LINEA

Una pompa è un dispositivo che consente di incrementare la quota piezometrica nel punto della rete in cui essa è inserita. Tale incremento sarà funzione della portata circolante e della curva caratteristica della stessa pompa. Il flusso della portata circolante non può essere bidirezionale ma dovrà essere congruente con l'orientamento del tratto in cui la pompa è inserita, in modo che l'incremento di carico sia congruente con il verso di percorrenza della portata nel tratto. **E' preferibile assegnare un tale dispositivo solo dopo aver effettuato un primo calcolo della rete senza pompa, aver verificato la portata circolante nella condotta e aver riscontrato delle pressioni troppo basse in alcuni punti a valle.**

Nota la portata circolante nel tratto senza pompa potrete utilizzare una pompa che abbia nella sua curva caratteristica, nella zona centrale, proprio quelle portata e prevalenza che desiderate.

La curva caratteristica di una pompa, necessaria per ricavare il punto di funzionamento congruente con lo schema idraulico in cui essa è inserita, viene ricavata assegnando n punti caratteristici.

Potete caricare nell'archivio di progetto le tipologie di pompa fornite con il software, ognuna dotata di curva caratteristica di funzionamento.

Se non trovate la tipologia di pompa che fa al caso vostro, ne potrete creare una nuova ed inserire la sua curva di funzionamento, come dichiarato dal catalogo del produttore. Nel caso la curva non sia immediatamente nota potete, in prima approssimazione, inserire solo un punto della curva ed il programma genererà una curva virtuale automaticamente. Il vostro punto sarà costituito dalla coppia (Q,H) dove Q è la portata circolante nel tratto senza pompa e H sarà la prevalenza che vorrete assegnare alla pompa.

RISULTATI DEL CALCOLO

Il modulo fornisce i seguenti risultati:

- per ogni nodo a portata nota: quota e altezza piezometrica (pressione);
- per ogni nodo a quota piezometrica fissata: portata entrante/uscente e altezza piezometrica (pressione);
- per ogni ramo della rete: portata defluente, velocità, perdita di carico.

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Per informazioni sul calcolo di reti idriche in pressione si rinvia alla letteratura tecnica specializzata tra cui si consiglia:

D.Citrini-G.Nosedà	<i>Idraulica</i>	EA-Casa ed. ambrosiana	Milano, 1982
--------------------	------------------	------------------------	--------------

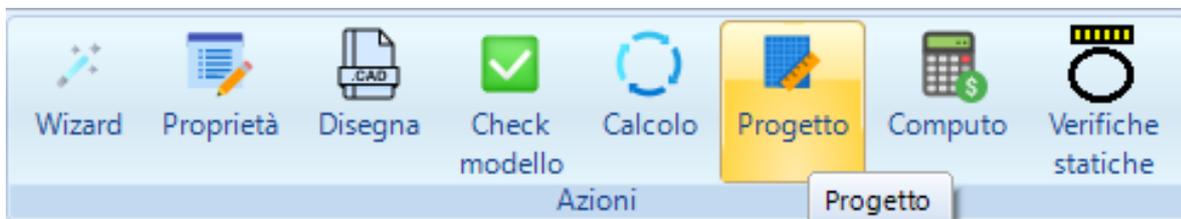
G.Frega	<i>Lezioni di acquedotti e fognature</i>	Liguori	Napoli, 1984
G.Ippolito	<i>Appunti di costruzioni idrauliche</i>	Liguori	Napoli, 1993
E.Marchi- A.Rubatta	<i>Meccanica dei fluidi</i>	UTET	Torino, 1981
V.Milano	<i>Acquedotti</i>	Hoepli	Milano, 1996

Per un'analisi dettagliata del metodo di calcolo utilizzato:

E.Todini -S.Pilati	<i>La verifica delle reti idrauliche in pressione</i>	Istituto di costruzioni idrauliche, Facoltà di Ingegneria dell'Università di Bologna, 1984
--------------------	-------------------------------------------------------	--------------------------------------------------------------------------------------------------

LE FUNZIONI DI PROGETTAZIONE

Selezionando il nodo Acquedotto nell'albero di progetto, dal menù di "Progetto" è possibile accedere al pannello di Progettazione se è disponibile la funzionalità di Progettazione dell'Acquedotto nella Configurazione di EdilStudio Idraulica.



Da questo pannello è possibile visualizzare il riepilogo degli elementi del modello (sezione Elementi), visualizzare le statistiche di tutta la rete o di parti di rete (sezione statistiche) ed effettuare alcune operazioni specifiche sui pozzetti o sui blocchi di ancoraggio.

esempio.ProgettoReteAcquedotto	
A) Generale	
Abitanti	0
Dotazione	0
Portata media	0
Coefficiente di punta	0
Portata di punta	0
Selezione	Tutta la rete
B) Blocchi	
Hmax	0
Spinta minima	0
Deviazione angolare	0
Coefficiente di collaudo	1.5
Coefficiente di sicurezza	3
Coefficiente di attrito	0.3
E) Elementi	
P) Pozzetti	
Posizione	Progressiva
Passo	25
Tipologia	
S) Statistiche	
Lunghezza	5236.07
Q erogata	22.5
Pendenza minima	0
Pendenza massima	3.58
E) Elementi	
[m]	

Alla scheda/pannello è associato, come sempre, un menù, che consente di effettuare le operazioni disponibili.



GENERAZIONE AUTOMATICA DEI POZZETTI

Il software consente una generazione automatica dei pozzetti.

I pozzetti possono essere inseriti (proprietà selezione) su tutta la rete, su di una sola parte oppure su di un profilo se ne è stato definito almeno uno.

Se si vuole selezionare una parte della rete allora è necessario utilizzare il comando "Esplora dati" dal menù per evidenziare solo la parte di rete interessata.

Occorre, inoltre, scegliere la modalità di inserimento dei pozzetti (su tutti i vertici delle condotte, sui vertici di estremità, sui vertici interni, o per progressiva).

Infine utilizzando il comando “Posizionamento Pozzetti” i pozzetti verranno effettivamente creati.

POSIZIONAMENTO BLOCCHI DI ANCORAGGIO

Il software consente, con il comando “Posizionamento blocchi”, la generazione di blocchi di ancoraggio in automatico.

✓ B) Blocchi	
Hmax	30
Spinta minima	1000
Deviazione angolare	12
Coefficiente di collaudo	1.5
Coefficiente di sicurezza	3
Coefficiente di attrito	0.3

In base ad alcuni parametri relativi ai blocchi da configurare nel pannello, il software individuerà su tutta la rete o sulla parte di rete selezionata (esplora dati, profilo, etc...), dove vi è la necessità di posizionare blocchi di ancoraggio e creerà per ogni vertice un elemento blocco di ancoraggio.

Se si è in possesso del modulo “Blocchi di ancoraggio” è possibile eseguire il dimensionamento dei blocchi già posizionati direttamente dal modulo Acquedotti.

LA SIMULAZIONE DELLA RETE

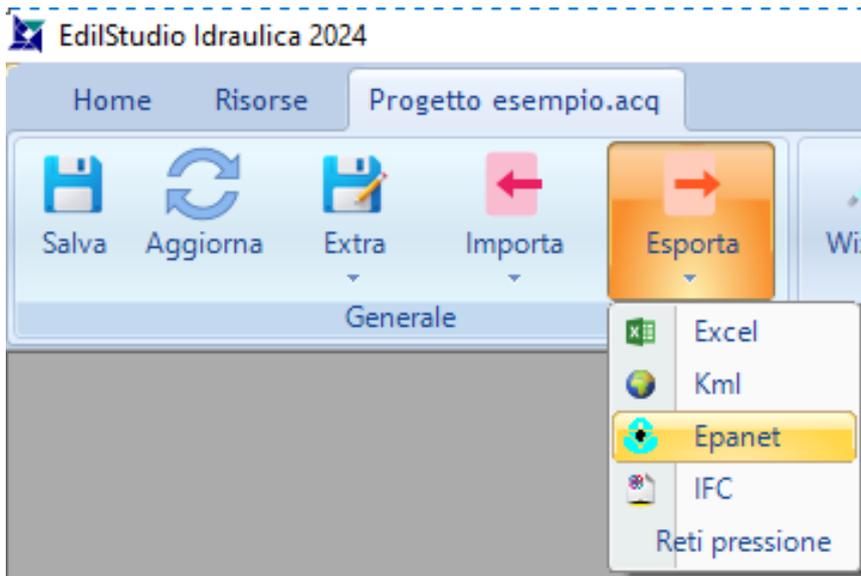
Il software **Acquedotti** consente di calcolare le portate circolanti nelle condotte e le quote piezometriche (pressioni) che si verificano in ogni vertice della rete in regime di moto permanente.

Nel caso si voglia analizzare il funzionamento idraulico della rete nel tempo i dati a disposizione non sono sufficienti ed occorre approfondire il modello introducendo altri dati, in modo da poter utilizzare la procedura della agenzia americana EPA che fornisce allo scopo il software **EPANET**.

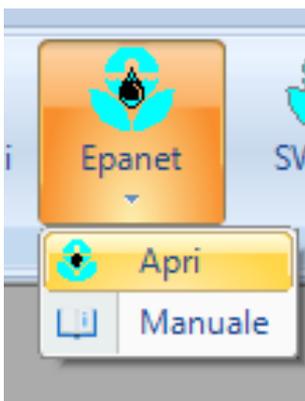
Acquedotti offre due possibilità, la prima delle quali è molto semplice per chi conosce il software EPANET ed è di seguito descritta (E' necessario avere la disponibilità della funzionalità EPANET PACK->Solo esportazione).

Una versione di EPANET è disponibile nell' installazione di EdilStudio Idraulica e quindi non è necessario doverla scaricare ed installare.

Selezionando l'albero di progetto, dal menù di progetto può essere utilizzato il comando “Esporta->EPANET”, come riportato nell'immagine.



Verrà visualizzata una finestra che consentirà di salvare un file con lo stesso nome di quello di progetto, ma con estensione “.inp” che potrà essere aperto direttamente in EPANET utilizzando gli appositi comandi nel menù “Risorse”.



La seconda possibilità, se non si conosce EPANET, è quella di esportare in un diverso software di EdilStudio Idraulica, denominato **Reti in pressione**, che si occuperà di analizzare la rete, ma interfacciandosi in background con EPANET e visualizzare i risultati generati (E' necessario avere la disponibilità della funzionalità EPANET PACK->Integrazione completa) .

In questo caso si utilizza il comando “Esporta->Reti in pressione” che genera un nuovo progetto in formato “pressnet”. Tale procedura è descritta in un diverso capitolo.

GLI ELEMENTI DEL MODELLO



Di seguito si elencano gli elementi disponibili nel modello Acquedotto e accessibili a partire dall'albero di progetto.

ACQUEDOTTO

esempio.Acquedotto

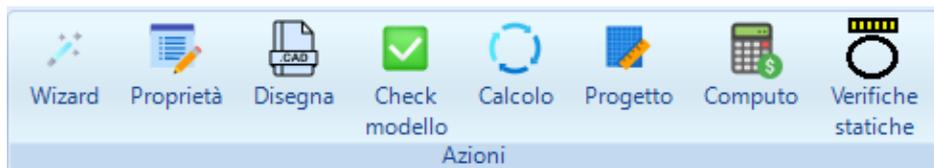
A) Generale	
Nome	1
Ambito	urbano
Tipo	distribuzione
Comune	Napoli
Prov	
Anno	1980
Nord	0
M) Modellazione	
Affondamento delle condotte	1
Passo di elevazione della condotta	0.2
Assegnazione automatica altezza pozzetti	Si
Abbassamento pozzetti	0
Utilizza nodi	No
Lunghezze automatiche	Si

Nome
Nome

L'elemento **Acquedotto** rappresenta l'intera rete che contiene i vari elementi del modello e sulla quale è possibile eseguire le operazioni di progettazione e calcolo.

L'elemento è costituito da un singolo pannello/scheda poiché la rete è unica (ogni file/progetto contiene solo un modello di acquedotto) e non esiste dunque una lista di acquedotti.

E' possibile, comunque, gestire reti più estese frazionandole in più sottoreti e quindi più files, ma questo è argomento di un altro capitolo.



La scheda contiene alcune proprietà descrittive ed alcuni parametri di configurazione visti nei precedenti paragrafi. La scheda è associata al menù che

prevede le varie azioni che possono essere eseguite sull'elemento "Acquedotto".

CONDOTTE

La condotta è l'elemento principale del modello Acquedotto. L'Acquedotto minimo è composto da una singola condotta, un singolo pozzetto di presa ed un singolo pozzetto di erogazione.

Dall'albero di progetto, sul nodo condotte si utilizza il comando "Lista" per visualizzare tutti gli elementi condotta disponibili nel modello acquedotto

esempio.Condotte(6)

	Nome	Lunghezza	Quota iniziale	Quota finale	Pendenza media	Tags	Tipologia	Stile
▶	1	1118.03	373.21	373.21	3.58		Standard:PE:ACC-200-Usato	Condotta
	2	500	373.21	373.21	0		Standard:PE:ACC-100-Usato	Condotta
	3	1000	373.21	373.21	0		Standard:PE:ACC-80-Usato	Condotta
	4	1000	-1.5	-1.5	0		Standard:PE:ACC-125-Usato	Condotta
	5	500	373.21	373.21	0		Standard:PE:ACC-80-Usato	Condotta
	7	1118.03	373.21	373.21	0		Standard:PE:ACC-150-Usato	Condotta

esempio.Condotta (1/6)

A) Generale	
Nome	1
Tipologia	Standard:PE:ACC-200-Usato
Stile	Condotta
C) Geometria	
Tipologia scavo	R100ter
Diametro interno	209
Spessore	5
Diametro	219
Lunghezza	1118.03
Quota iniziale	-1.5
Quota finale	-1.5
Pendenza media	3.58
Dislivello	0
D) Caratteristiche idrauliche	
Q di progetto	22.5
Coeff. Perdite localizzate	0
Velocità	0.66
F) Calcolo	
Lunghezza di calcolo	1118.03
V) Verifica	
Qd	0
K	1.5
DH	4.01
Hlni	130
HEnd	125.99
Verifica idraulica	Verifica non disponibile

Nome
Nome

Dalla lista, selezionando una riga, con il comando "Proprietà" si accede alla scheda proprietà della condotta selezionata.

Le liste e le schede proprietà hanno diverse funzionalità comuni a tutti gli elementi pertanto si consiglia di fare riferimento ai rispettivi capitoli.

POZZETTI

I pozzetti sono necessari per quanto riguarda la definizione di almeno una presa e delle necessarie erogazioni nei punti di distribuzione. Consentono di modellare realisticamente un modello infrastrutturale acquedottistico. Vengono visualizzati sui profili e rientrano nel computo metrico. Si differenziano in pozzetti esterni ed interni come già spiegato in precedenza.

La lista è accessibile dall'albero di progetto con l'apposito comando "Lista".

esempio.Pozzetti(5)

	Nome	Quota piezometrica	Portata	Posizione	Altezza	Quota terreno	Quota fondo	Funzione
▶	1	130	22.5	Estremo iniziale di Condotta 1	1.72	0	113.08	presa
	2	125.99	5	confluenza di: Condotta 1,Condotta 2,Condotta 3	1.72	0	73.28	erogazione
	3	105.74	4	confluenza di: Condotta 2,Condotta 4,Condotta 7	1.67	0	-1.67	erogazione
	4	105.11	7.5	confluenza di: Condotta 3,Condotta 5,Condotta 7	1.67	0	63.33	erogazione
	5	104.07	6	confluenza di: Condotta 4,Condotta 5	1.64	0	-1.64	erogazione

esempio.PozzettoAcquedotto (1/5)

A) Generale	
Nome	1
Funzione	presa
Tipologia	Pozzetto50
Stile	Pozzetto
B) Posizione	
Posizione	Estremo iniziale di Condotta 1
Quota terreno	0
Quota fondo	-1.72
X	100.05
Y	100.25
Z	0
C) Geometria	
Altezza	1.72
D) Calcolo	
Pressione sul terreno	130
Quota piezometrica	130
Portata	22.5

Nome
Nome

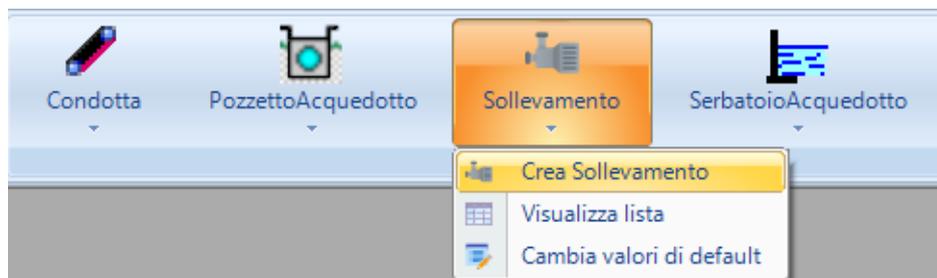
L'inserimento avviene **graficamente**, utilizzando i comandi presenti nel menù "CAD Acquedotto" per i pozzetti esterni, mentre nel menù "CAD Condotta" nel caso di pozzetti interni, dopo aver selezionato la condotta desiderata.

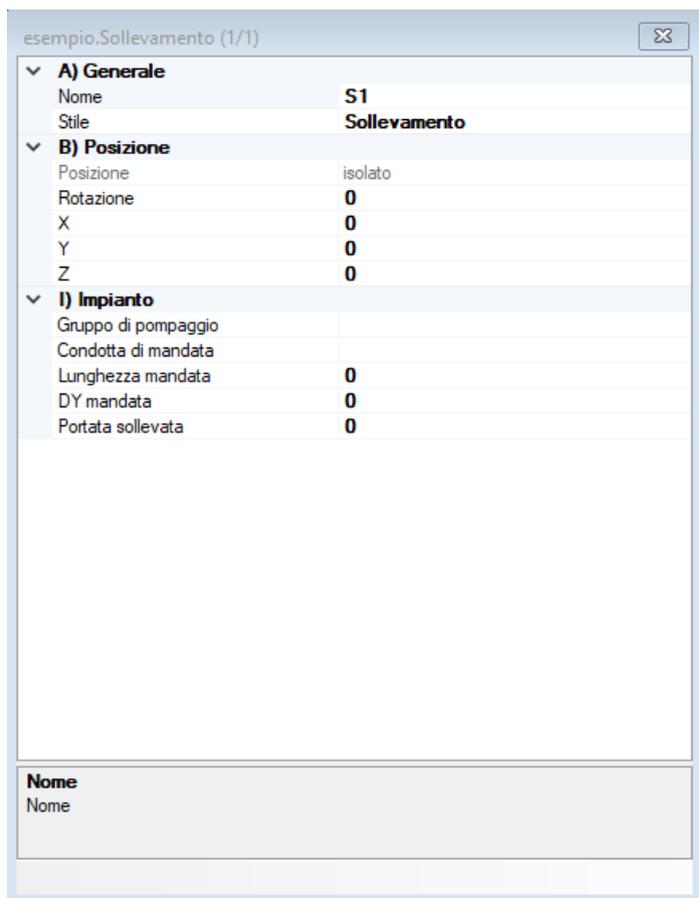
SOLLEVAMENTI

Il sollevamento è un elemento del modello che può essere utilizzato quando nella rete c'è un salto di quota che deve essere superato meccanicamente.

L'inserimento grafico del sollevamento è di tipo puntuale e deve essere introdotto alla fine di una condotta. la condotta successiva dovrà avere una quota necessariamente superiore.

Per inserire il sollevamento è sufficiente utilizzare la sezione "Crea" del menù "CAD Acquedotto"





Selezionando il sollevamento appena inserito dal menù “CAD Sollevamento” con il comando “Proprietà” sarà possibile visualizzare la scheda delle proprietà.

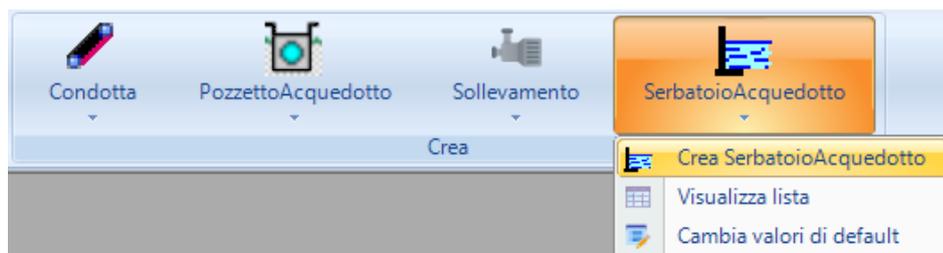
Nell’**Archivio Tipologie** selezionando la categoria **Pompe** è possibile scegliere la pompa che presenta la curva caratteristica più adatta.

SERBATOI

Il serbatoio è un elemento del modello che può essere utilizzato quando nella rete si voglia considerare anche un volume di compenso e si voglia effettuare un calcolo in regime di modo gradualmente vario. **In altri casi è consigliabile di utilizzare un semplice pozzetto di presa per fissare il carico.**

L’inserimento grafico della vasca del serbatoio è di tipo puntuale e deve essere introdotto alla fine di una condotta.

Per inserire il serbatoio è sufficiente utilizzare la sezione “Crea” del menù “CAD Acquedotto”

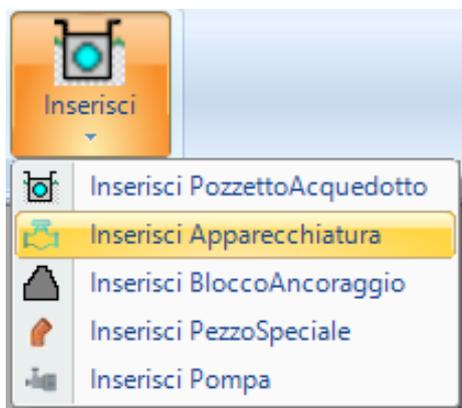


esempio.SerbatoioAcquedotto (1/1)	
A) Generale	
Nome	S1
Stile	SerbatoioAcquedotto
B) Posizione	
Quota terreno	0
Quota fondo	0
Rotazione	0
X	1142.41
Y	648.33
Z	0
G) Geometria	
Livello	0
Livello minimo	0
Livello massimo	0
Forma	Rettangolare
Lunghezza	0
Larghezza	0
Superficie	0
Volume	0
H) Scarico	
Posizione	0
Affondamento	0
Coeff.mu	0
Forma	Rettangolare
Larghezza luce	0
Altezza luce	0
K) Calcolo	
Ge	0
Qu	0
Vu	0

Selezionando il serbatoio appena inserito dal menù “CAD Serbatoio” con il comando “Proprietà” sarà possibile visualizzare la scheda delle proprietà.

Per quanto riguarda il comportamento del solutore di calcolo in presenza di un serbatoio si rinvia al capitolo sul calcolo della rete.

APPARECCHIATURE

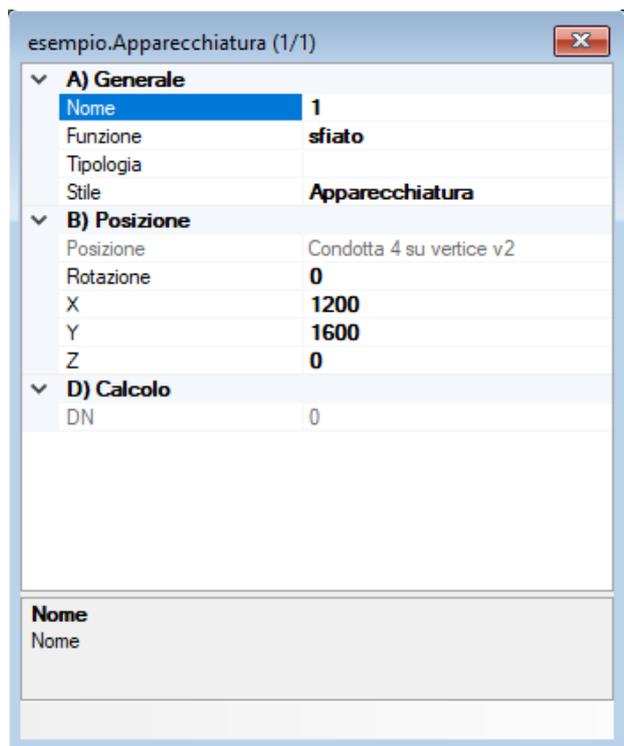


Le apparecchiature sono elementi di linea della condotta.

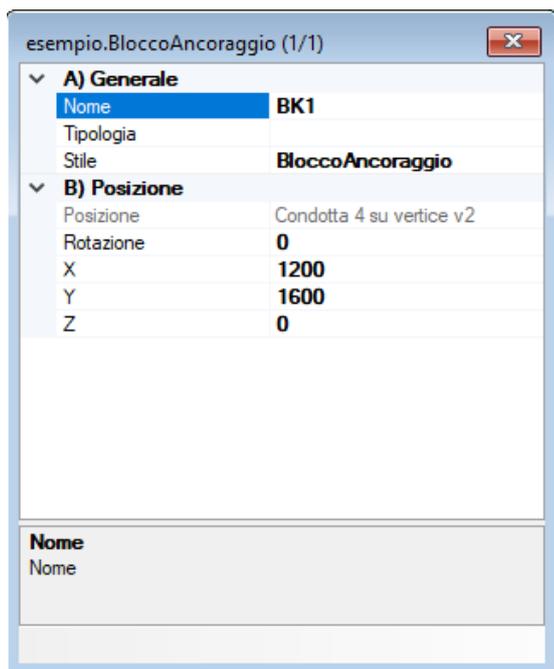
Possono rappresentare: valvole, sfiati, scarichi, idranti, venturimetri, etc...

Per inserire una apparecchiatura è necessario prima selezionare una condotta e successivamente dal menù associato “CAD Condotta” nella voce inserisci utilizzare il comando “Inserisci apparecchiatura”.

Indicare la posizione della apparecchiatura su di un qualsiasi punto della condotta e confermare la scelta. Una volta disegnata l'apparecchiatura potrà essere selezionata e dal menù “CAD Apparecchiatura” con il comando “Proprietà” sarà possibile visualizzare la scheda delle proprietà.



BLOCCHI DI ANCORAGGIO



I blocchi di ancoraggio sono elementi di linea della condotta.

Per inserire un blocco è necessario prima selezionare una condotta e successivamente dal menù associato "CAD Condotta" nella voce inserisci utilizzare il comando "Inserisci blocco".

Indicare la posizione del blocco su di un qualsiasi punto della condotta e confermare la scelta. Una volta disegnato il blocco potrà essere selezionato e dal menù "CAD Blocco ancoraggio" con il comando "Proprietà" sarà possibile visualizzare la scheda delle proprietà.

I blocchi di ancoraggio possono anche essere inseriti automaticamente in base all'esigenze della rete. Fare riferimento al paragrafo relativo alle funzioni di progettazione.

Inoltre, se è disponibile il modulo *Blocchi di ancoraggio* allora è possibile eseguire il dimensionamento con il comando “Verifica” presente nel menù.

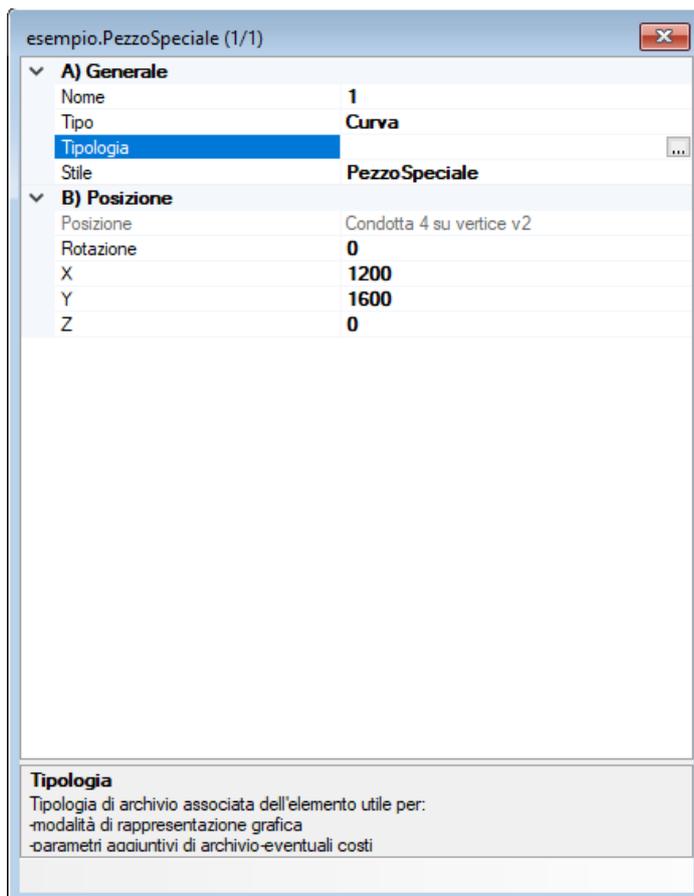


PEZZI SPECIALI

I pezzi speciali sono elementi di linea della condotta.

Per inserire un pezzo speciale è necessario prima selezionare una condotta e successivamente dal menù associato “CAD Condotta” nella voce inserisci utilizzare il comando “Inserisci pezzo speciale”.

Indicare la posizione del pezzo speciale su di un qualsiasi punto della condotta e confermare la scelta. Una volta disegnato il pezzo speciale protrà essere selezionato e dal menù “CAD Pezzo speciale” con il comando “Proprietà” sarà possibile visualizzare la scheda delle proprietà.



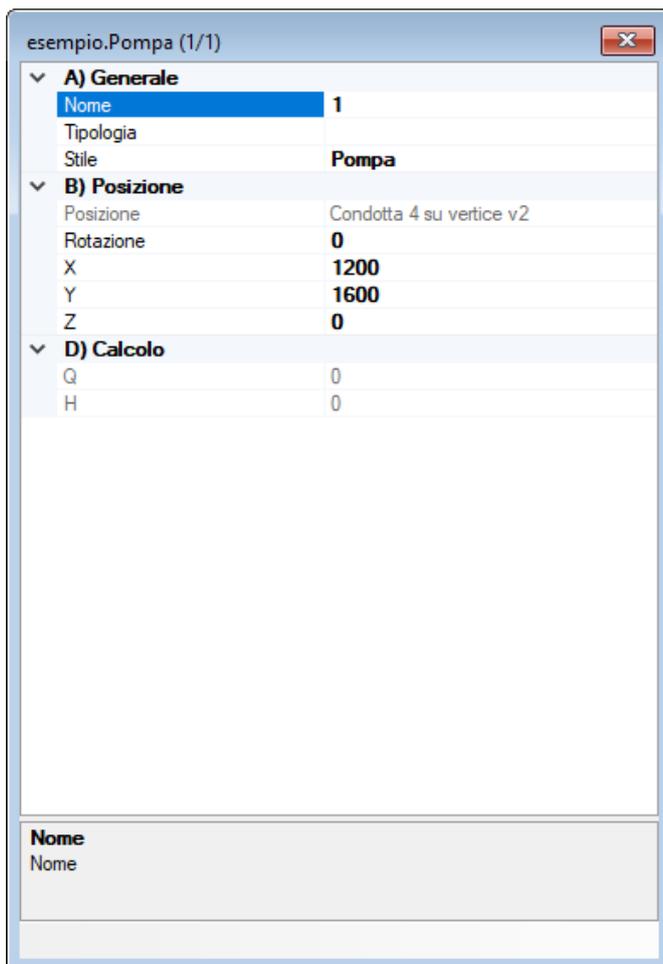
POMPE IN LINEA

Le pompe sono elementi di linea della condotta.

E' consigliabile utilizzare le pompe piuttosto che i sollevamenti quando si vuole aumentare la quota piezometria in un punto della rete.

Per inserire una pompa è necessario prima selezionare una condotta e successivamente dal menù associato "CAD Condotta" nella voce inserisci utilizzare il comando "Inserisci pompa".

Indicare la posizione della pompa su di un qualsiasi punto della condotta e confermare la scelta. Una volta disegnata la pompa si potrà selezionarla e dal menù "CAD Pompa" con il comando "Proprietà" sarà possibile visualizzare la scheda delle proprietà.



Scegliere la tipologia di pompa dall'archivio (condiviso o di progetto), in funzione della curva caratteristica desiderata o crearne una nuova.

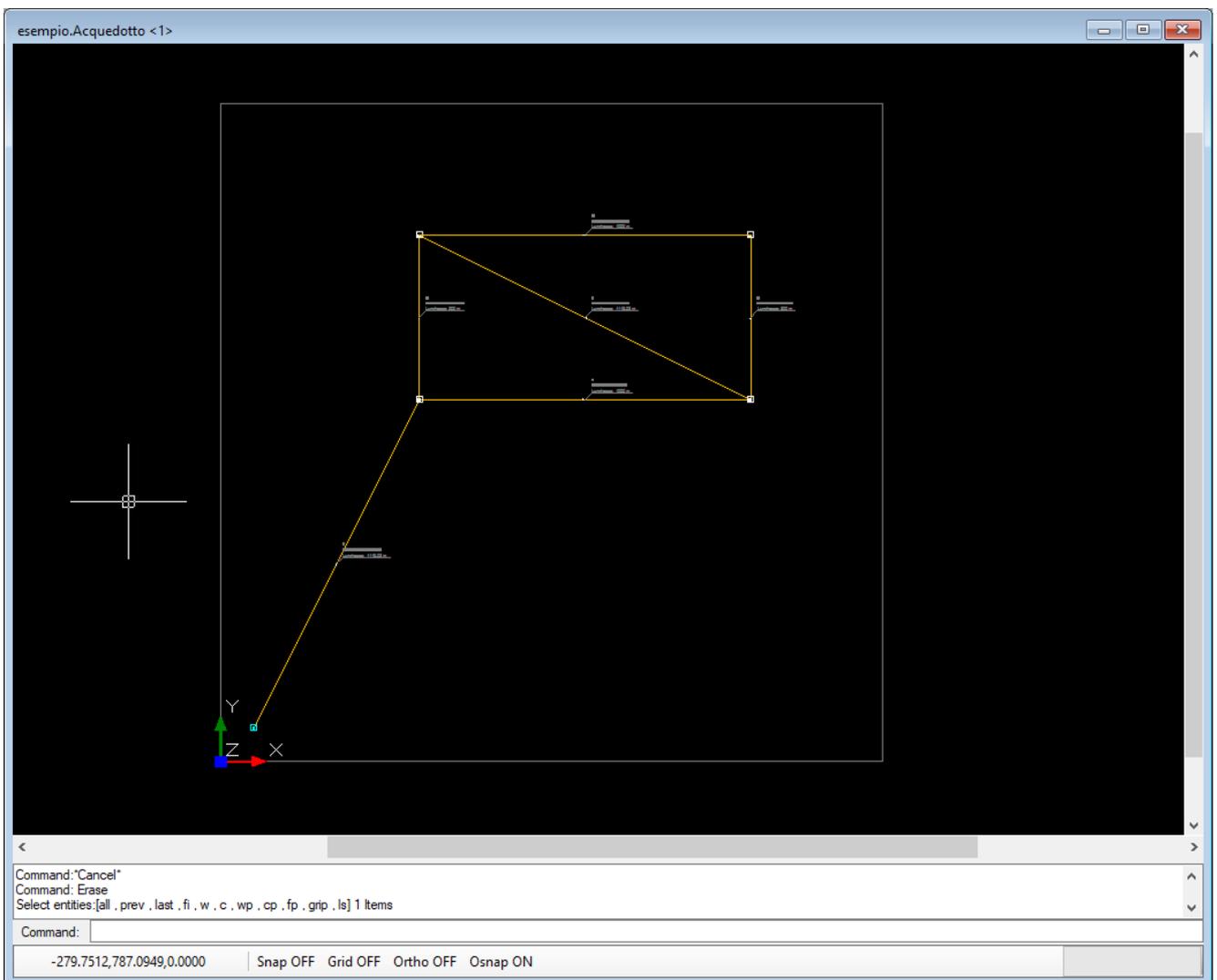
Se non si conosce la curva è possibile inserire il solo punto ottimale dato dalla coppia (Q,H) dove Q rappresenta la portata circolante senza la presenza della pompa ed H rappresenta la prevalenza desiderata.

LA VISTA GRAFICA DELLA RETE

La vista grafica dell'acquedotto è la finestra più importante dell'intero modulo in quanto consente l'inserimento grafico di tutti gli elementi del modello di rete idrica.

E' essenzialmente una finestra CAD con le funzionalità tipiche di un editor CAD. Per le caratteristiche comuni si rimanda al relativo capitolo sulla vista grafica(Capitolo B2).

In questo paragrafo ci si limita a descrivere le peculiarità della vista grafica dell'acquedotto.



Alla vista grafica dell'acquedotto vengono associati i menù "CAD" e "CAD Acquedotto". Il primo è comune a tutte le finestre grafiche, mentre il secondo è personalizzato per l'elemento Acquedotto. Questo menù è diviso in più

sezioni, "Vista", "Azioni", "Crea". La sezione "Vista" è comune a tutte le finestre grafiche e pertanto assieme al menù "CAD" è spiegato nell'apposito capitolo.

Le sezioni "Azioni" e "Crea" sono, invece, legati all'elemento Acquedotto.

In particolare la sezione "Azioni" riporta i possibili comandi dell'Acquedotto che possono essere eseguiti quando ci si trova sulla finestra grafica dell'Acquedotto.

La sezione "Crea", invece, consente di inserire tutti gli elementi del modello acquedotto in modo grafico sull'area di disegno