

### INTRODUZIONE

**CANALI** è un software per il progetto e la verifica idraulica di reti di canali di scarico a partire da semplici canalette autostradali fino alle grandi reti di bonifica.

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 canali. 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.).

Gli elaborati di testo (in formato doc o pdf) comprende la relazione di calcolo. 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 uniforme**
- **Disegno esecutivo dei profili longitudinali**
- **Importazione da file dwg/dxf**
- **Esportazione in Excel**
- **Modulo di progettazione**
- **Computo metrico**
- **Simulazione con SWMM**

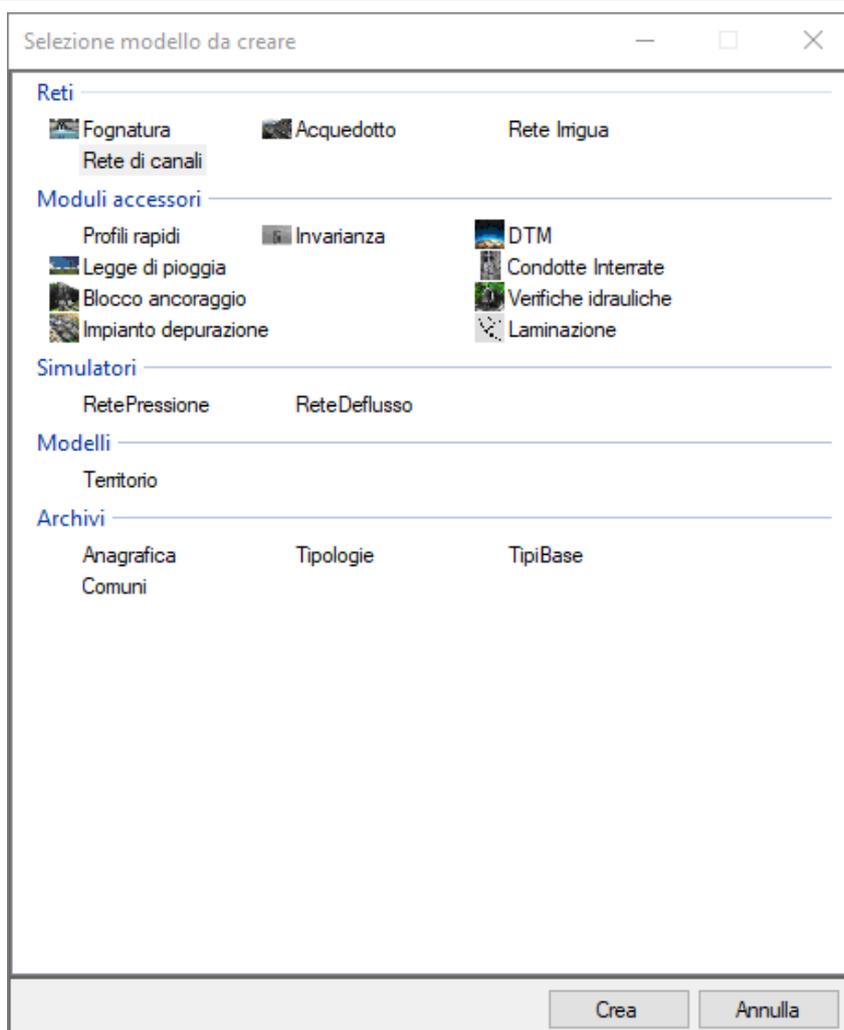
Nel presente capitolo vengono illustrate le caratteristiche specifiche del modulo **CANALI**, funzioni comuni anche agli altri moduli di progettazione delle reti vengono riportati nei successivi capitoli (Sezione B).

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 sezioni** (rettangolari, scatolari, trapezie, a banchina), di varie dimensioni e materiali. Tale libreria può essere modificata a piacere a seconda delle esigenze.

Gli elementi costitutivi della rete sono i **canali**. Per inserire i canali si deve accedere alla vista grafica della rete, utilizzando, se si dispone, di una planimetria di base.

## CREAZIONE DI UN NUOVO PROGETTO



Per creare un nuovo progetto CANALI occorre utilizzare dalla barra Home il comando "Nuovo". Selezionando il pulsante Reti di canali e 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

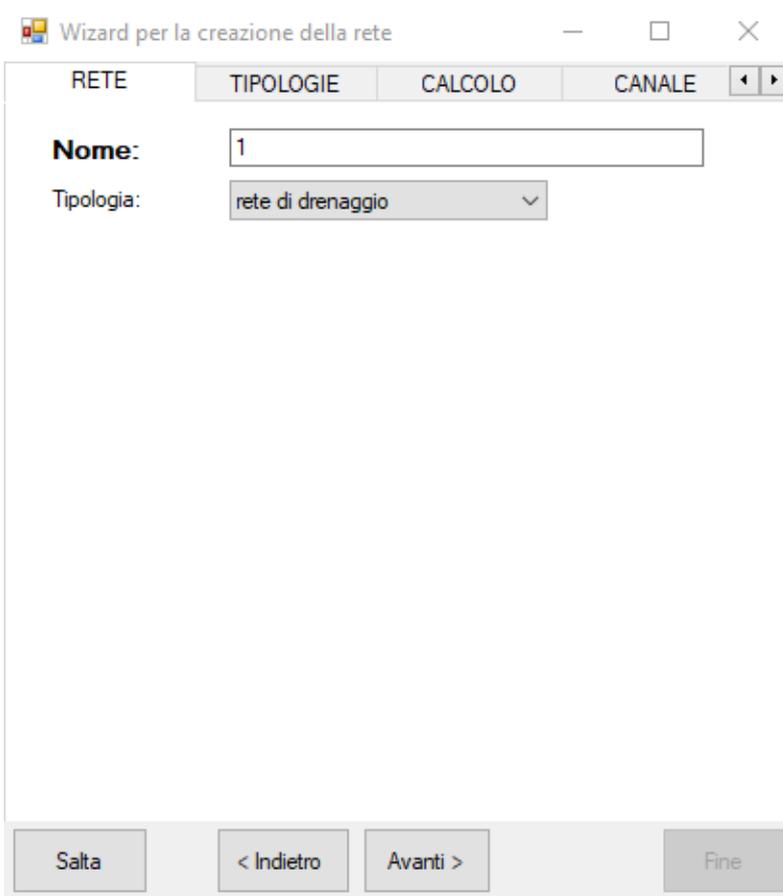
Per quanto riguarda il wizard del territorio si rimanda all'apposito capitolo relativo alla modellazione del territorio poiché è in comune con gli altri software di EdilStudio Idraulica (Sezione B).



Il wizard per la creazione della rete 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
- Canale



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.

Wizard per la creazione della rete

RETE TIPOLOGIE CALCOLO COLLETTORE

Tipologie di progetto(0):

**1) CARICARE TIPOLOGIE STANDARD:**

PVC DN110-630 UNI1401 S2-4-8 con pozzetti

Carica

**2) O SELEZIONARE LE TIPOLOGIE DESIDERATE:**

Seleziona...

Categorie(6): Mie Tubazioni

**O SELEZIONARE SUCCESSIVAMENTE LE TIPOLOGIE DI PROGETTO O QUELLE CONDIVISE**

Salta < Indietro Avanti > Fine

---

Wizard per la creazione della rete

RETE TIPOLOGIE CALCOLO COLLETTORE

Metodo: Invaso

Legge di pioggia: monomia ad un tratto

Parametri legge

Coefficiente a [mm]: 62.00 Coefficiente n: 0.65

Coefficiente di punta: 3.00

Salta < Indietro Avanti > Fine

Il nome viene usato anche per identificare il nome dei layers nei file dwg esportati. Si consiglia di renderlo univoco se si usano le sottoreti

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 il metodo di calcolo e la legge di pioggia: Tali parametri possono essere inseriti anche in un secondo momento.

Nella **scheda Canale** l'utente può stabilire il valore di default di alcuni parametri del collettore (elemento principale del modello di fognatura) quando viene creato la prima volta, come la tipologia ed i parametri di calcolo.

Wizard per la creazione della rete

TIPOLOGIE    CALCOLO    **CANALE**    PRONTO

**QUALI SONO I VALORI DI DEFAULT DEL CANALE?**

Categoria: Manufatti.canali.rettangolari

Tipologia: R70x40: Rettangolare 70x40

Volume piccoli invasi [mc/ha]: 0

Salta    < Indietro    Avanti >    Fine

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

L'esecuzione dei wizard non è obbligatoria, infatti si può decidere di non utilizzare i wizard, uno solo oppure entrambi, 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.



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

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

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 del modello;
- Modello Territorio: raggruppa i nodi relativi alla modellazione del territorio;
- Modello Rete: raggruppa i nodi relativi alla modellazione della rete

## COME SI PROCEDE

Il software **RETI DI CANALI** 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 (terreni,

canali, 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).

## LA MODELLAZIONE DEL TERRITORIO

La modellazione del territorio è una fase comune a tutti i moduli di progettazione delle reti e pertanto si rinvia al relativo capitolo (Sezione B).

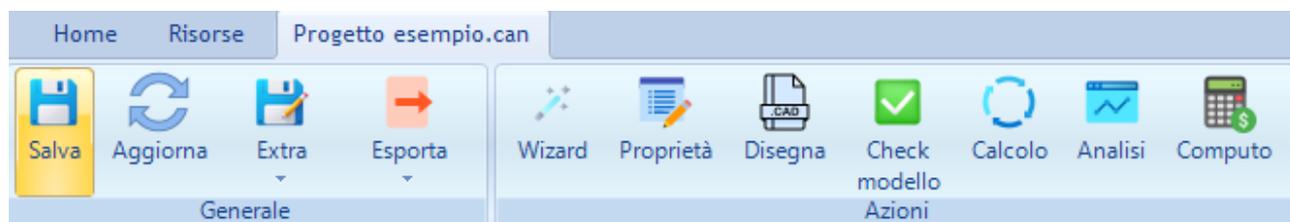
## LA MODELLAZIONE PLANIMETRICA DELLA RETE

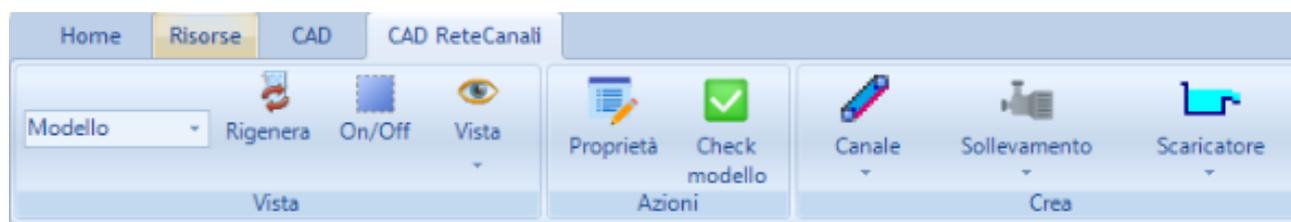
### ALBERO DI PROGETTO



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

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



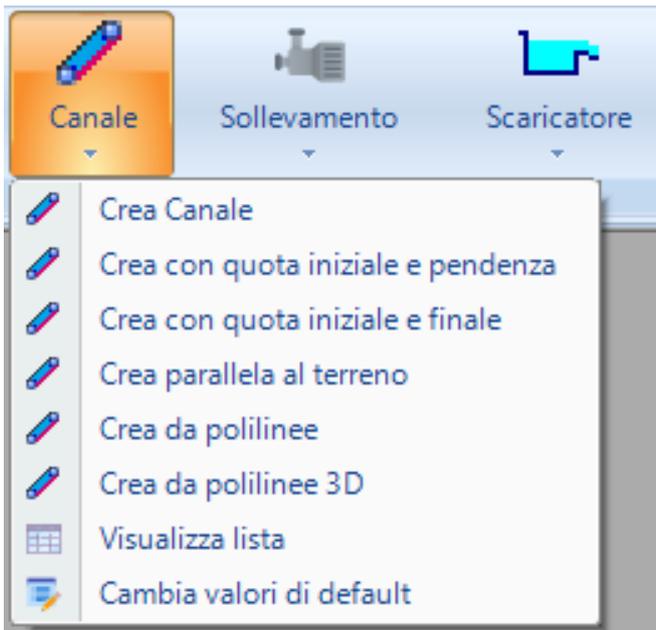


Verrà visualizzata la finestra grafica della rete (fare riferimento al paragrafo “Guida Vista Grafica” nella Sezione B per scoprire tutte le funzionalità della vista grafica).

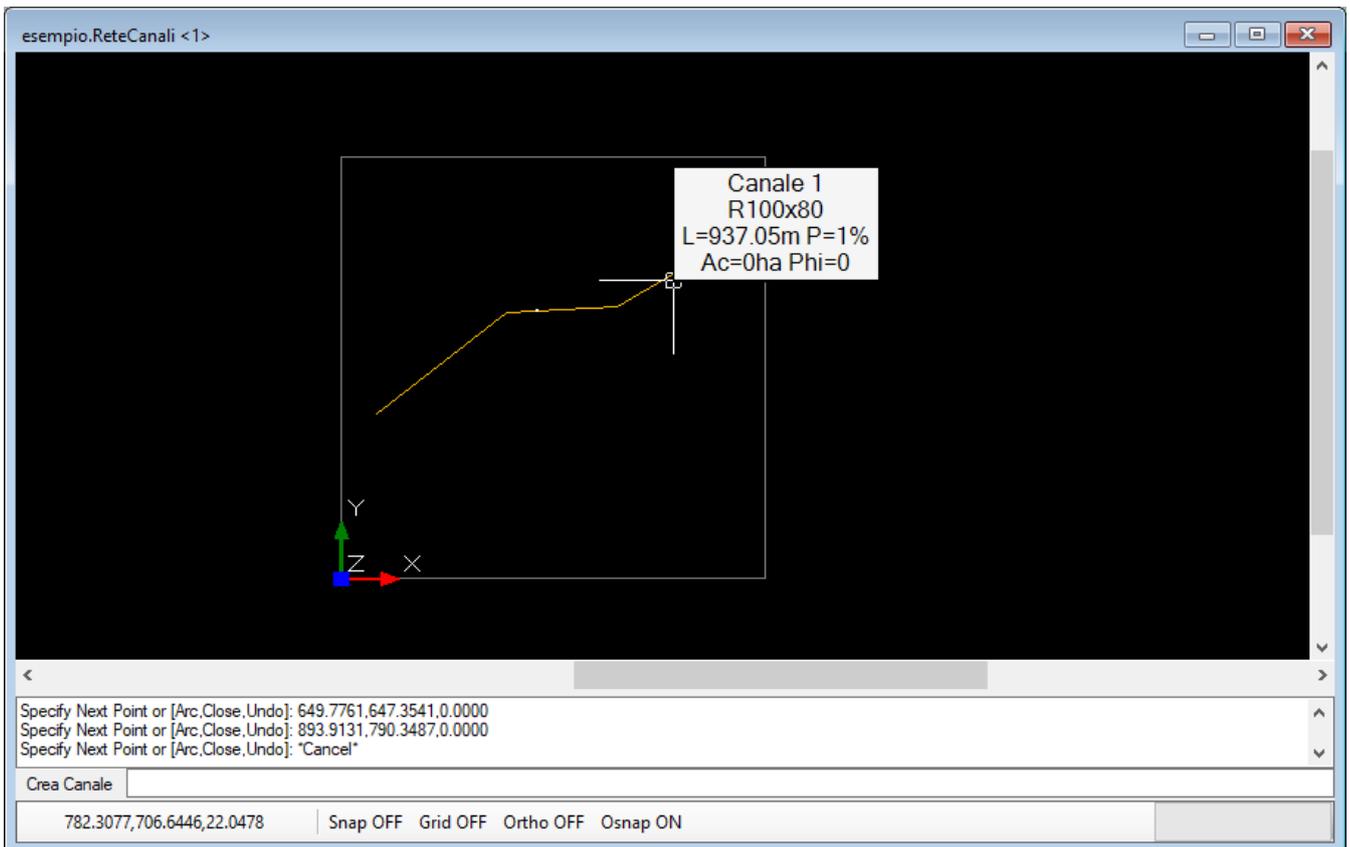
Nella sezione *Crea* di questo menù troviamo i comandi per l’inserimento grafico degli elementi del modello sulla vista grafica.

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

Utilizziamo la voce **Crea Canale**, 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 canale.



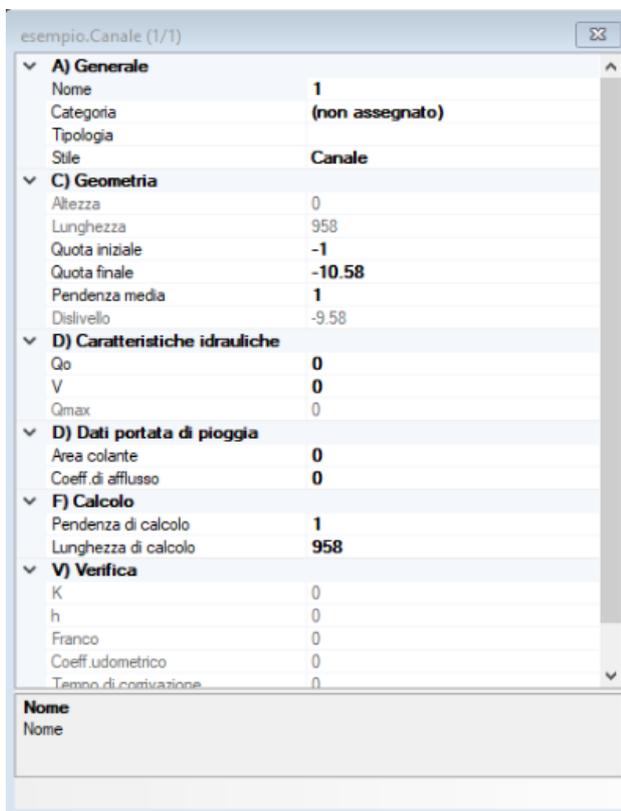
Una volta disegnati uno o più canali è possibile selezionarne uno in modo da fa apparire il menù "CAD Canale" nella barra principale.



Da questo menù è possibile effettuare alcune operazioni direttamente sulla canale selezionato.

L'operazione più diffusa è il comando "Proprietà" che consente di accedere alla finestra proprietà del canale selezionato.

Dalla finestra è possibile modificare tutti i parametri associati al canale selezionato, come le caratteristiche idrauliche.



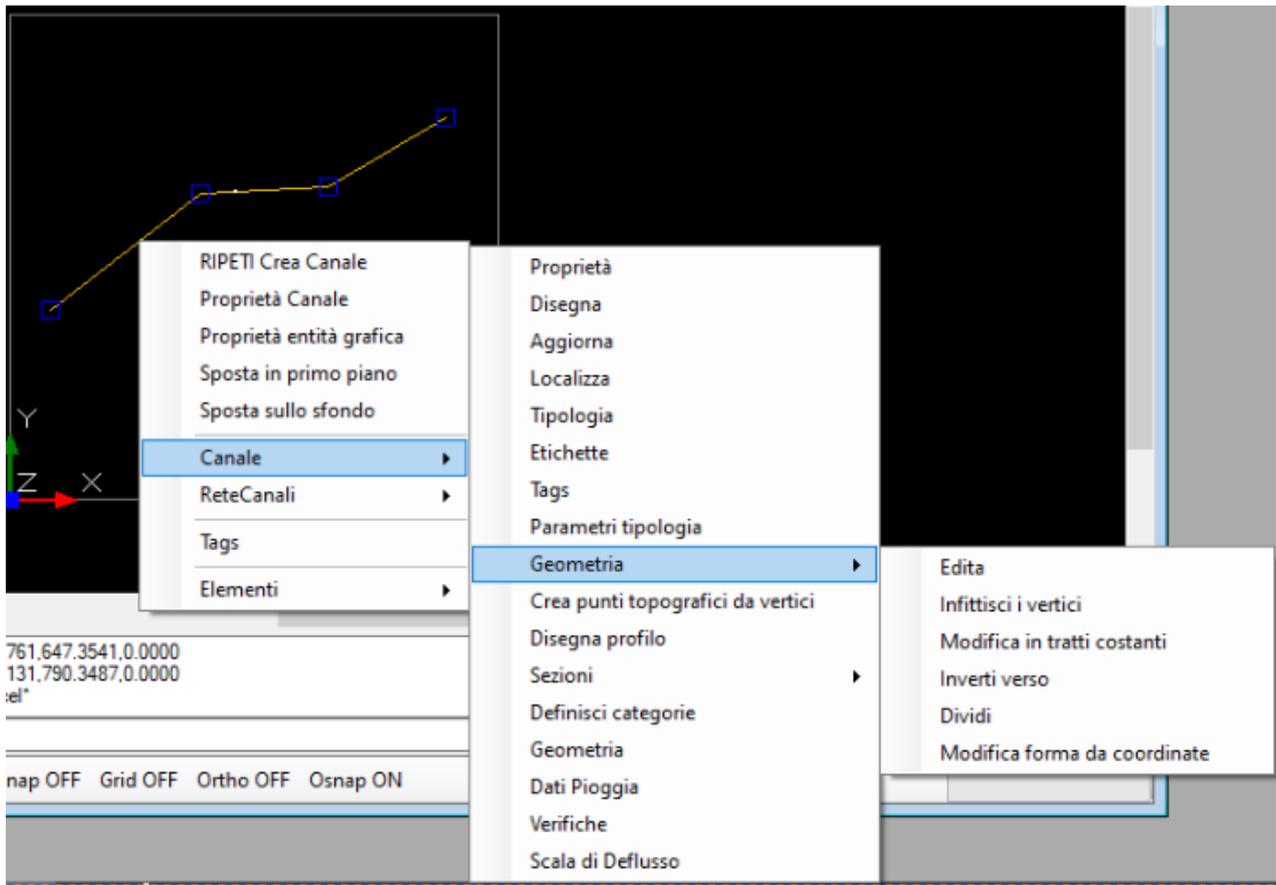
La finestra proprietà è divisa in varie sezioni in modo da agevolare l'utente nell'inserimento dei dati.

Alcuni valori sono impostati automaticamente in funzione dell'inserimento grafico effettuato con uno dei comandi presenti nella sezione "Crea" del menù "CAD ReteCanali". Saranno, quindi, impostati coordinate e lunghezza se è stato utilizzato il comando "Crea Canale". 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 al canale dopo l'inserimento grafico sono:

- Tipologia scelta dall'archivio di progetto o condiviso;
- dati di pioggia (Ac, Phi, Wp, Tr);

Il menù "CAD Canale" non contiene tutti i comandi applicabili all'elemento canale, 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 del canale se è stato immesso non correttamente, con il comando "Geometria->Inverti Verso".

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

Oppure con il comando "Modifica forma da coordinate" è possibile modificare manualmente le coordinate del canale.

### **ATTENZIONE**

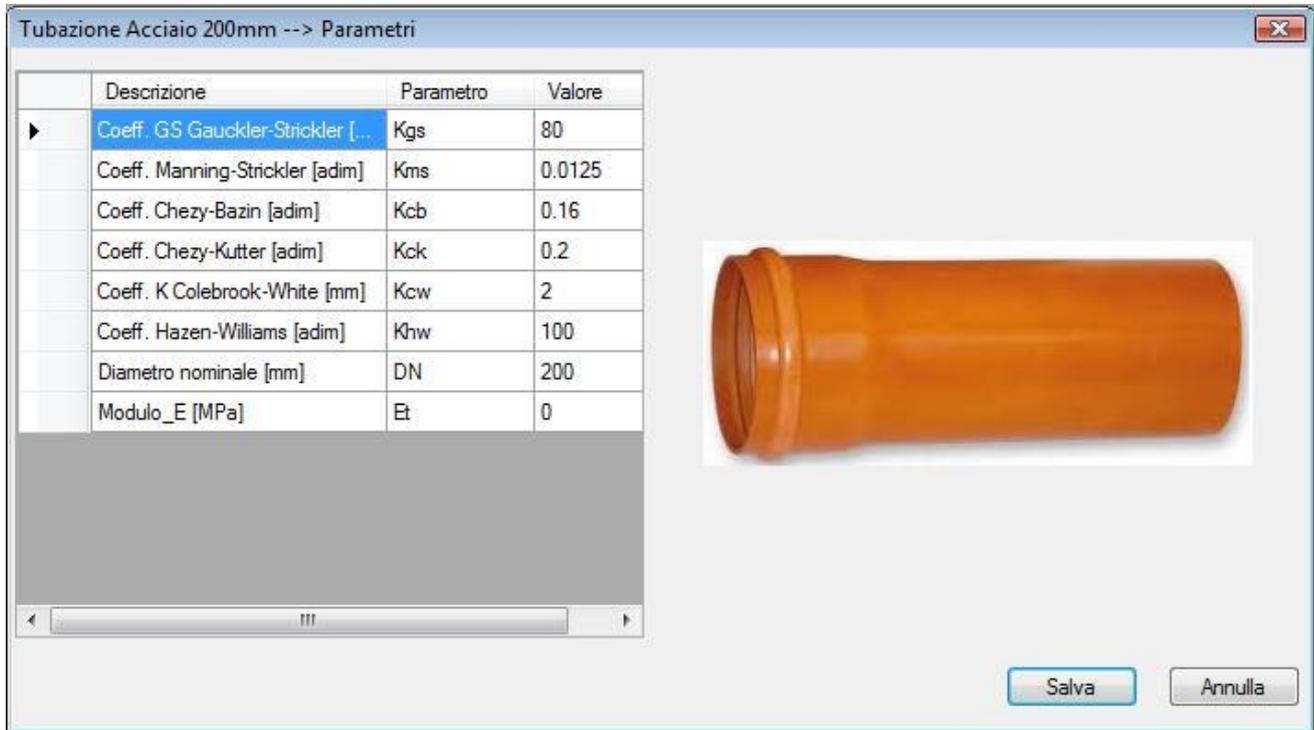
- **La confluenza di due o più canali può avvenire soltanto nei vertici di estremità di un tratto, non nei vertici interni.**
- **Z non rappresenta la quota del canale, ma l'AFFONDAMENTO del fondo del canale rispetto alla quota del terreno**
- **La rete è costituita esclusivamente da canali (non si inseriscono "nodi" della rete). Si dovrà avere sempre cura di utilizzare la funzione OSnap per posizionare correttamente l'estremo finale di un canale in corrispondenza dell'estremo iniziale del successivo**

## IMPORTANTE!

La **scabrezza** di un **canale** viene assegnata, come le caratteristiche geometriche, nella tipologia. Utilizzare l'icona



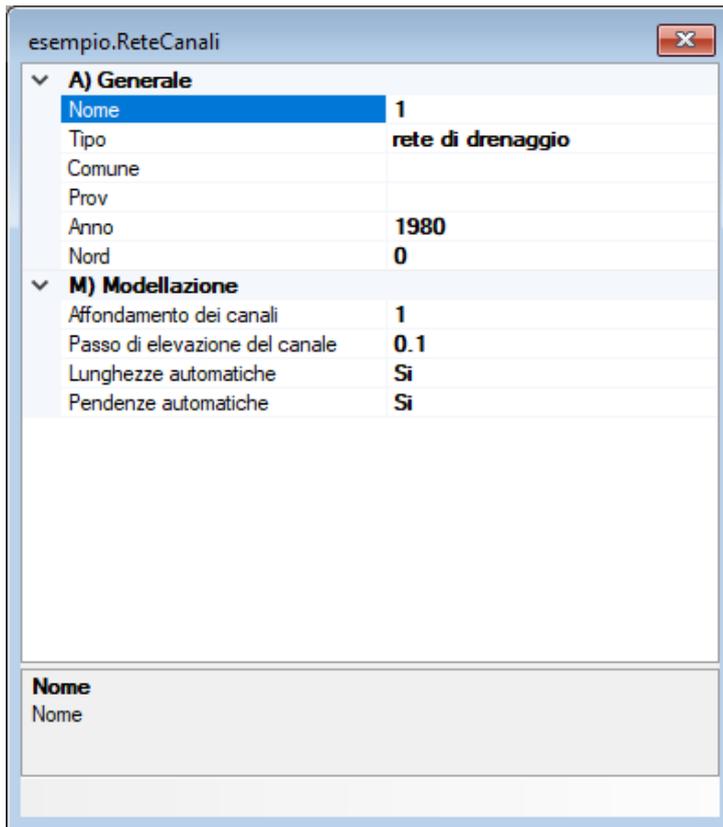
**Definisci parametri** per visualizzare la scheda Parametri, in cui sono riportate le scabrezze relative alle diverse formule di resistenza.



## REAZIONE AUTOMATICA DELLA RETE CON LUNGHEZZE E PENDENZE ASSEGNATE

Di default, durante l'inserimento della rete, il software assegna le lunghezze ai canali desumendole dalle coordinate e così le pendenze.

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



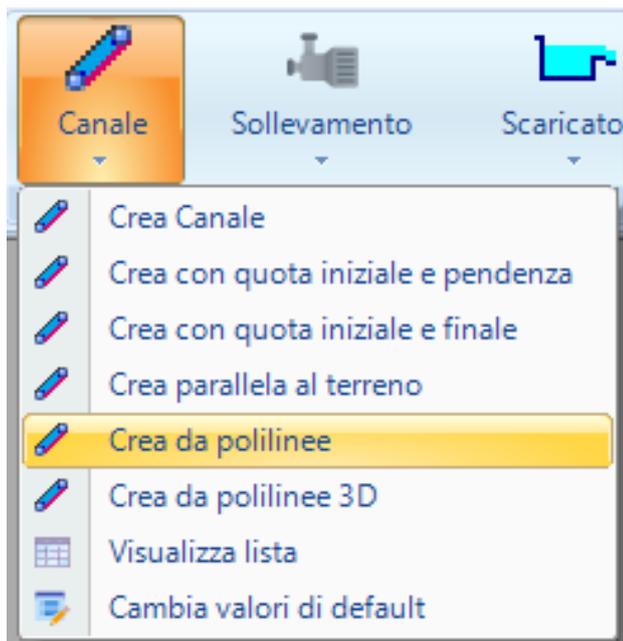
Utilizzare le opzioni “Lunghezze automatiche” e/o “Pendenze automatiche” impostandole a “No”

In questo modo nella scheda proprietà del canale sarà necessario impostare manualmente la lunghezza e/o la pendenza, come si vede nella immagine.

<b>✓ D.2) Dati portata di pioggia</b>	
Area colante	<b>2000</b>
Coeff.di afflusso	<b>0.8</b>
Volume piccoli invasi	<b>30</b>
Tempo di ruscellamento	<b>0</b>
<b>✓ F) Calcolo</b>	
Pendenza di calcolo	<b>0.8</b>
Lunghezza di calcolo	<b>75</b>
<b>✓ V) Verifica</b>	
Verifica idraulica	OK
Formula	Canalino Stiller

#### 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 il canale ricalcando una polilinea esistente nel disegno. E' possibile inoltre convertire direttamente la polilinea in un canale. In tal caso è necessario utilizzare un comando diverso dalla sezione di creazione del canale nel menù “CAD ReteCanali”, come si vede nell’immagine sottostante.



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 creato un canale di uguale geometria e con parametri di default.

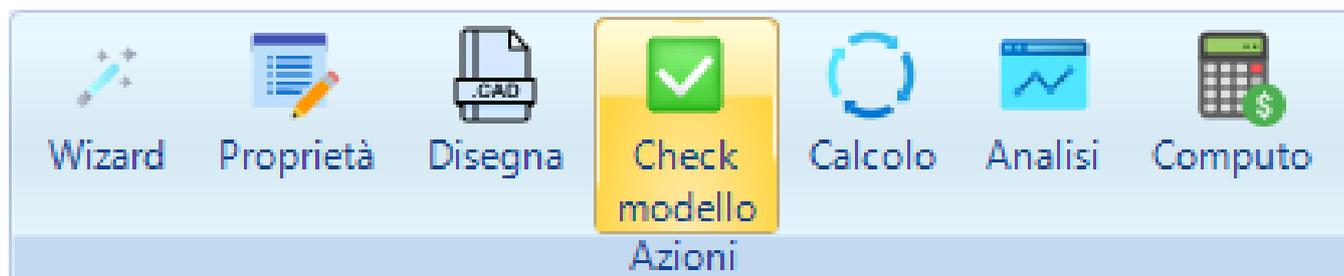
Utilizzando il comando “Cambia valori di default”, è possibile stabilire quali valori si vogliono come default nell’inserimento dei successivi canali.

#### **ATTENZIONE**

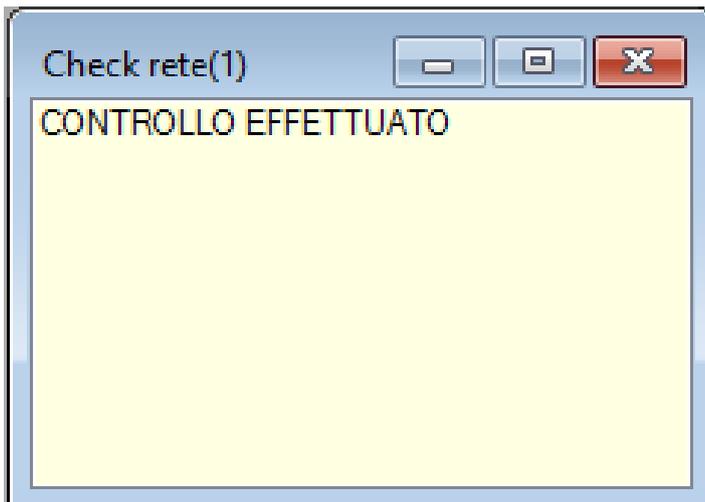
- Se si usa il comando “Crea da polilinee” ricordarsi sempre che dove varia uno dei seguenti parametri è necessario, per la continuità idraulica, creare un nuovo tratto: pendenza, tipologia di canale. Prima di importare occorre valutare se sono rispettati questi criteri, per non dover poi ricorrere a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

#### IL CHECK DELLA RETE

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

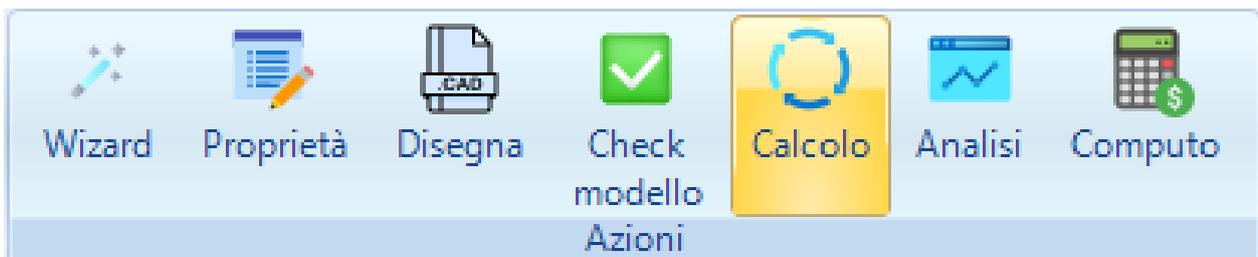


Dall’albero di progetto, selezionando il nodo ReteCanali, utilizzare il comando “Check Modello” per eseguire il check della rete.

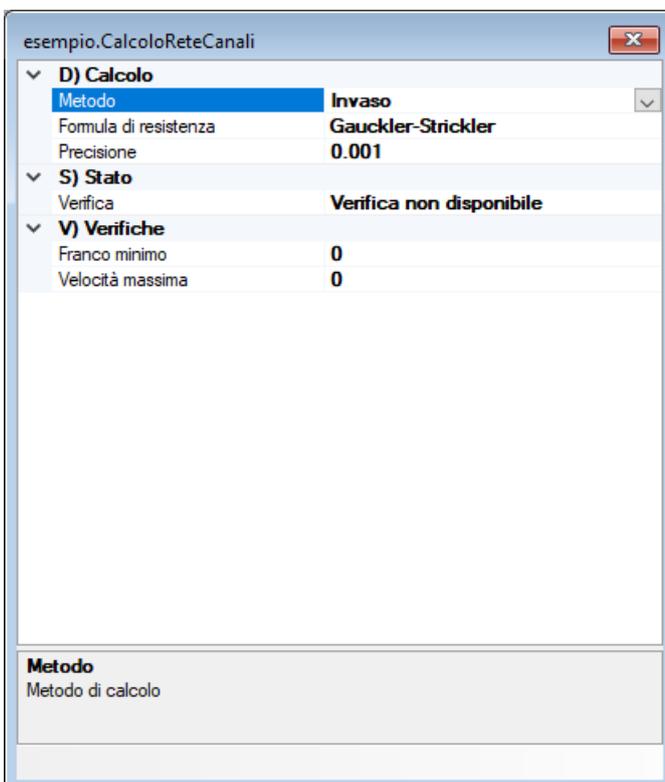


Eventuali errori o warnings saranno riportati in una scheda che si attiva in automatico. Con un doppio click sul singolo errore/warning si attiva la scheda di Proprietà dell'elemento interessato rendendo molto facile la correzione del dato. Dalla scheda si può inoltre utilizzare il comando Localizza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

## IL CALCOLO DELLA RETE



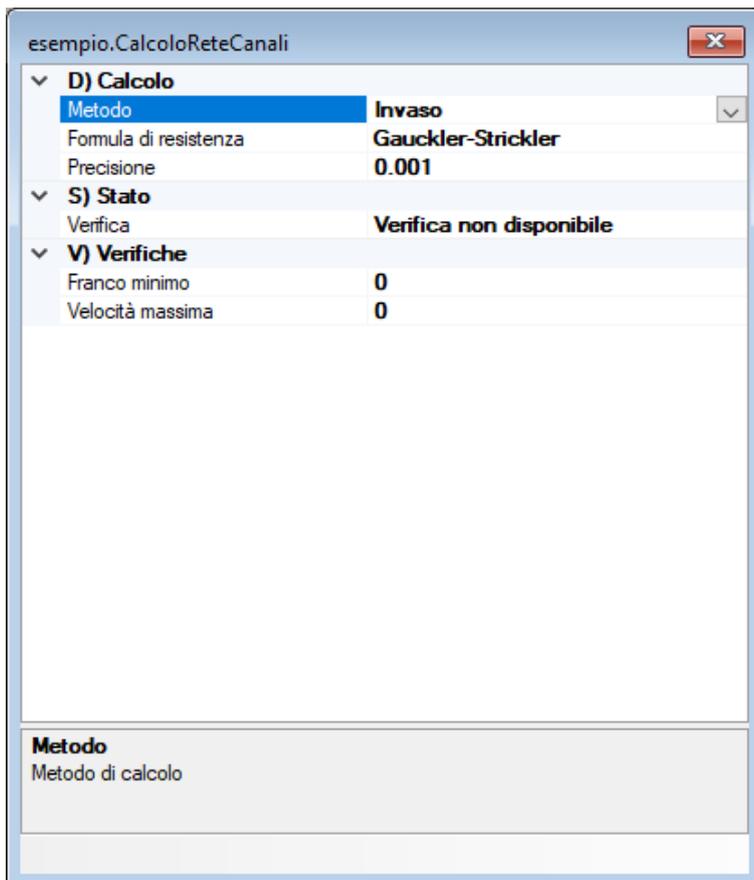
Per lanciare il calcolo dal menù di Progetto utilizzare il comando "Calcolo" per accedere al pannello di calcolo della **ReteCanali**.



Il pannello consente di impostare il metodo di calcolo ed i relativi parametri.

Nel caso in cui si voglia impostare delle soglie per le velocità ed i gradi di riempimento è possibile riempire le proprietà della sezione "Verifiche" con valori diversi da zero (usato come default).

Alla scheda è associato il relativo menù "Scheda CalcoloReteCanali", riportato qui sotto.



Il comando “Calcola” avvia il calcolo della rete, mentre il comando “Legge di Pioggia” consente di modificare i parametri della legge di pioggia dall’apposito pannello. I parametri della legge di pioggia di default sono quelli impostati nel wizard della rete.

---

#### CARATTERISTICHE DELLA PROCEDURA DI CALCOLO

Il software consente di progettare e verificare reti di canali a pelo libero in ipotesi di moto uniforme. Si riportano di seguito dei brevi cenni esplicativi sui metodi di calcolo che è possibile utilizzare per il calcolo della rete.

---

#### METODO DELL'INVASO ITALIANO

Il metodo dell'invaso sfrutta per il calcolo delle portate di pioggia le capacità invasanti della rete.

Le ipotesi alla base del metodo sono stazionarietà e linearità che comportano la invarianza nel tempo delle trasformazioni che il bacino compie sugli input (afflussi) e la validità del principio di sovrapposizione degli effetti. In fase di calcolo si ipotizza che il riempimento dei canali avvenga in modo sincrono e che nessun canale determini fenomeni di rigurgito in tratti di canale a monte. Il metodo si fonda sull’ equazione di continuità. Se si

indica con  $w$  il volume invasato nel bacino, con  $q$  la portata transitante attraverso la sezione di chiusura  $z$  e con  $p$  la portata netta immessa in rete, per la continuità si ha:

$$p(t)dt - q(t)dt = dw$$

considerando costante l'intensità di pioggia e individuando un legame funzionale tra  $w$  e  $q$ , si perviene alla fine ad una relazione in cui si esprime  $q$  in funzione del tempo  $t$ .

In particolare si fa riferimento alla relazione (valida nel caso in cui il moto vario si possa definire come sovrapposizione di moti uniformi):

$$w = K\omega$$

che rappresenta un legame di tipo lineare tra il volume invasato ( $w$ ) e la sezione idrica ( $\omega$ ).

La successiva integrazione della su indicata equazione di continuità tra gli istanti  $T_1=0$  e  $T_2=Tr$  (tempo di riempimento del canale, cui corrisponde una portata  $Q$ ) ci permette di individuare qual'è il tempo (tempo di riempimento  $Tr$ ) necessario perchè il canale convogli la massima portata possibile:

$$Tr = W/Q * \ln(p/(p-Q))$$

Se allora l'evento meteorico di intensità costante pari ad  $i$  ha una durata  $T_p < Tr$  nel canale non si raggiungerà il massimo livello previsto, che invece viene raggiunto per  $T_p = Tr$ . Nel caso in cui, invece, dovesse risultare  $T_p > Tr$ , allora ci sarà un intervallo di tempo pari a  $(T_p - Tr)$  in cui il canale esonderà non essendo in grado di convogliare la portata in arrivo.

Appare ovvio, quindi, che la condizione di corretto proporzionamento dello speco è quella che si realizza nel caso che  $T_p = Tr$ , cioè nel caso in cui il tempo di pioggia eguagli proprio il tempo di riempimento del canale. In questa ottica nasce il metodo dell'invaso non come metodo di verifica, ma come strumento di progetto: ed infatti, se si impone l'uguaglianza  $T_p = Tr$  e si sostituiscono le espressioni analitiche ai due termini si perviene alla relazione (1):

$$u = K \frac{n(\varphi a)^{\frac{1}{n}}}{w^{\frac{1}{n}-1}}$$

dove:

$u$  = coefficiente udometrico della sezione, rappresenta la portata per unità di superficie ( $Q/A$ );

$K$  = costante che vale 2168 per sezioni ovoidali, 2518 per sezioni rettangolari o trapezie, 2878 per sezioni triangolari.

$n$  = esponente della legge di pioggia

$a$  = coefficiente della legge di pioggia  $h=at^n$

$\phi$  = coefficiente di afflusso

Per quanto concerne l'utilizzo della (1), assegnata la legge di pioggia e il coefficiente di afflusso, si fissa un valore di primo tentativo di  $w$ , diciamolo  $w_1$ . Dalla (1) si può così risalire al valore di  $u$  e quindi della portata mediante la conoscenza delle scale di deflusso delle sezioni, e si confronta il volume proprio invasato  $W$  così ricavato con quello iniziale di tentativo  $W_0$ . Se  $W = W_0$  (a meno di una certa precisione), allora l'ipotesi iniziale è corretta ed il problema è risolto; se invece  $W - W_0$  è maggiore della precisione assegnata è necessario iterare il procedimento.

---

#### METODO DELLA CORRIVAZIONE

Il metodo della corrivazione tiene conto per il calcolo delle portate pluviali del tempo necessario affinché la pioggia, caduta in una certa zona del bacino, raggiunga la sezione terminale di un tratto della rete drenante.

Il bacino imbrifero è visto come un dispositivo atto a trasformare gli afflussi (input) in deflussi (output), con modalità dipendenti da ipotesi di linearità e stazionarietà; la portata, transitante attraverso la sezione terminale considerata, si valuta come somma dei contributi delle aree elementari gravanti a monte della sezione stessa. Tale metodo non considera quindi la capacità d'invaso della rete ma solo la sua capacità di trasferimento.

Il tempo di corrivazione  $t_c$ , cioè il tempo necessario affinché una goccia precipitata nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura, è valutato indipendentemente dalla possibile interferenza nel deflusso della goccia con altre particelle d'acqua. I processi di trasferimento sono indipendenti dalla condizione in rete.

Nel caso di una rete di fognatura  $t_c = (t_r + t_p)$

dove:

$t_r$  = tempo di ruscellamento indica il tempo che impiega la particella per raggiungere il collettore,

$t_p$  = tempo di percorrenza. che dipende dalla velocità che si viene ad instaurare nel collettore fognario.

In genere a  $t_r$  si assegna un valore dell'ordine della decina di minuti. Il peso di  $t_r$  sulla valutazione di  $t_c$  decresce allo aumentare del tempo  $t$ ; è chiaro che quindi un eventuale errore sulla determinazione di  $t_r$  si risente sui primi tratti e poi va via via attenuandosi.

Si ammette che la pioggia critica, per una data sezione di fognatura, abbia una durata pari al  $t_c$  dell'acqua caduta nel punto più lontano del bacino sotteso dalla sezione.

Il procedimento è iterativo in quanto il tempo di percorrenza, non disponibile, se non a progettazione avvenuta del collettore, viene ipotizzato a priori, verificandolo e correggendolo iterativamente finché i due valori risultano pressoché uguali.

---

#### METODO SEMPLIFICATO DI IANNELLI

Il metodo semplificato di Iannelli si fonda sui presupposti che sono alla base del metodo dell'Invaso e consente una valutazione diretta (cioè non iterativa), per quanto approssimata, dei volumi propri invasati. Si basa sui risultati ottenuti da G. Cotecchia il quale ha individuato una relazione esistente tra l'area del bacino interessato e i valori del rapporto tra volume di invaso proprio e volumi dei piccoli invasi.

Tale metodo prevede l'introduzione di un parametro, il Coefficiente di Cotecchia, che in genere assume i seguenti valori:

0.27 per territori a forte pendenza;

0.29 per territori a media pendenza;

0.33 per territori a debole pendenza.

---

#### METODO RAZIONALE

E' possibile anche utilizzare il più generico metodo razionale.

In tal caso occorre definire quale formula utilizzare per il calcolo del tempo di corrivazione.

D) Calcolo	
Metodo	Razionale
Formula di resistenza	Gauckler-Strickler
Calcolo tempo di corrivazione	Giandotti
Precisione	0.001

---

#### SCELTA DELLA FORMULA DI RESISTENZA

Il calcolo delle caratteristiche idrauliche può essere svolto adottando una delle seguenti:

---

#### FORMULA DI GAUCKLER-STRICKLER

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

R = raggio idraulico

$i_f$  = cadente piezometrica

$K_{str}$  = coefficiente di scabrezza, compreso tra 10 e 200

---

#### FORMULA DI MANNING-STRICKLER

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

$1/n$  = coefficiente di scabrezza , con n compreso tra 0.005 e 0.1

---

#### FORMULA DI CHEZY-BAZIN

$$V = K_B \sqrt{Ri_f}$$

dove:

$$K_B = \frac{87}{\left(1 + \frac{\gamma}{\sqrt{R}}\right)}$$

con  $\gamma$  parametro di scabrezza, compreso tra 0.01 e 3

#### FORMULA DI CHEZY-KUTTER

$$V = K_K \sqrt{Ri_f}$$

dove:

$$K_K = \frac{100}{\left(1 + \frac{m}{\sqrt{R}}\right)}$$

con m parametro di scabrezza, compreso tra 0.01 e 3

#### RISULTATI DEL CALCOLO

Per ogni tratto della rete il programma fornisce i seguenti dati di pioggia:

- *Area colante totale [ha]*

E' l'area di tutto il bacino imbrifero fino alla sezione di chiusura rappresentata dal picchetto finale del tratto.

- *Coefficiente di afflusso medio*

Indica l'aliquota impermeabile dell'area colante totale che effettivamente contribuisce alla formazione della portata defluente nel tratto. Si ottiene come media pesata dei coefficienti di afflusso dei tratti che precedono il tratto in questione.

- *Volume invasato Wp [m3/ha]*

Rappresenta la somma dei volumi invasati in rete fino al tratto in questione.

- *Parametri della legge di pioggia: a ed n*

Questi parametri possono variare da tratto a tratto se è stata utilizzata nel calcolo l'opzione "Effetto Area (Puppini)".

- *Coefficiente udometrico [l/sha]*

Contributo di piena per unità di superficie: Q/A.

- *Tempo di Corrivazione [min]*

Tempo necessario affinché una goccia precipitata nel punto più lontano del bacino raggiunga la sezione di chiusura. E' una variabile propria del metodo della Corrivazione.

- *Intensità [mm/h]*

Rappresenta l'altezza di pioggia di una precipitazione rapportata all'intervallo di tempo in cui è caduta.

- *Portata di pioggia [mc/s]*

Portata, dovuta alla pioggia, defluente nel tratto.

Inoltre, sempre per ogni tratto della rete, sono riportati i risultati delle verifiche idrauliche:

- *Portata nera, media e di punta [l/s]*

Portata nera, media e di punta, defluente nel tratto

- *Portata totale [mc/s]*

Somma della portata nera di punta e della portata di pioggia.

- *Tirante minimo [m]*

Altezza d'acqua quando defluisce nel canale soltanto la portata media nera.

- *Tirante massimo [m]*

Altezza d'acqua quando defluiscono nel canale la portata di pioggia e la portata di punta nera.

- *Grado di riempimento massimo [%]*

Percentuale di riempimento della sezione riferita alla sua altezza totale quando in essa defluisce la portata di pioggia più la portata di punta nera.

- *Velocità minima [m/s]*

Si verifica quando defluisce nel canale la sola portata media nera.

- *Velocità massima [m/s]*

Si verifica quando defluiscono nel canale la portata di pioggia e la portata di punta nera.

Tali risultati possono essere visualizzati dalla lista dei canali in modo sintetico e dalle schede di proprietà di ciascun canale in dettaglio.

Tutti i risultati sono riportati nella relazione.

I metodi classici non prevedono la presenza di sollevamenti, scaricatori e vasche di laminazione. Pertanto in questi casi sarebbe opportuno eseguire un'analisi completa del comportamento idraulico ricorrendo ad una simulazione, utilizzando il software SWMM (rif. Capitolo Simulazione della rete).

Il solutore, adottando ipotesi semplificative, riesce comunque ad inserire tali elementi nella rete senza compromettere le ipotesi su cui si basano i metodi classici.

Dal punto di vista del calcolo, infatti, il solutore, quando si trova in presenza di tali manufatti, che sono modellati come elementi puntuali in un qualsiasi punto della rete, effettua la seguente procedura. Crea una sconnessione tra la rete a monte e quella a valle del manufatto.

La rete a monte, nel caso di sollevamenti o di vasche di laminazione che ricevono l'intera portata, si comporta da rete isolata che termina in corrispondenza del manufatto.

La rete di valle riceve, invece, nel caso del sollevamento la portata massima sollevata dall'impianto, mentre nella vasca di laminazione riceve la portata uscente in funzione del sistema di svuotamento a battente o a sfioro

della vasca.

Il caso dello scaricatore, pur differenziandosi per il fatto che esso scarica solo parzialmente la portata (in funzione di quella di arrivo), è comunque analogo in quanto la rete viene comunque logicamente separata con una rete di monte e con una di valle con caratteristiche diverse.

Per quanto riguarda il dimensionamento della vasca di laminazione, è possibile effettuarlo direttamente dal modulo Canali se nella configurazione è disponibile anche il software Lamina.

Per l'impianto di sollevamento e lo scaricatore il relativo dimensionamento potrà essere eseguito con due moduli aggiuntivi disponibili in futuro.

---

#### RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

Per un'analisi dettagliata dei metodi di calcolo utilizzati si rinvia alla letteratura tecnica specializzata tra cui si consiglia:

AA.VV.	Manuale di ingegneria civile	Ed. Scientifiche Cremonese	Roma, 1982
Deppo, Datei	<i>Fognature</i>	Edizioni Progetto	Padova, 2014
Di Fidio	Fognature	Pirola editore	1989
Frega	Lezioni di acquedotti e fognature	Liguori	Napoli, 1984

G.Ippolito	Appunti di costruzioni idrauliche	Liguori	Napoli, 1993
Supino	Reti idrauliche	Patron	1965
G.N.D.C.I.	Progetto Speciale VAPI	<a href="http://caronte.gndci.cs.cnr.it">http://caronte.gndci.cs.cnr.it</a>	2006

## LA SIMULAZIONE DELLA RETE

Il software **Canali** consente di calcolare le portate massime per ciascun canale della rete con i metodi classici dell'invaso e della corrivazione e dei loro derivati.

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 **SWMM**.

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

Una versione di SWMM 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->SWMM", come riportato nell'immagine.



Verrà visualizzata una finestra che consentirà di impostare dei parametri di esportazione.

Esportazione su file .inp

Seleziona... file swmm: (non assegnato)

Opzioni SWMM

Durata della simulazione in ore: 6

Durata della pioggia: 1 h 0 minuti

Forma della pioggia: uniforme

Esporta Apri Chiudi

Occorrerà definire la durata della simulazione, espressa in ore, e la durata della pioggia. Inoltre si dovrà indicare la forma della pioggia se uniforme, triangolare o chicago, in quanto SWMM non supporta la legge di pioggia e pertanto il software Canali genererà un ietogramma compatibile con la legge di pioggia selezionata nel modello.

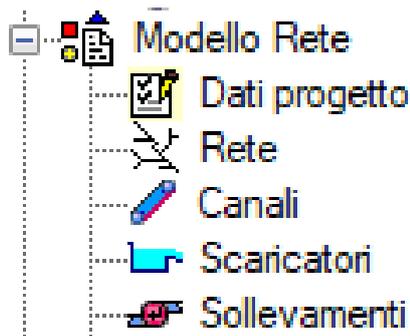
A questo punto si esportano i dati e si utilizza il comando apri per accedere a SWMM ed eseguire l'analisi della rete.

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

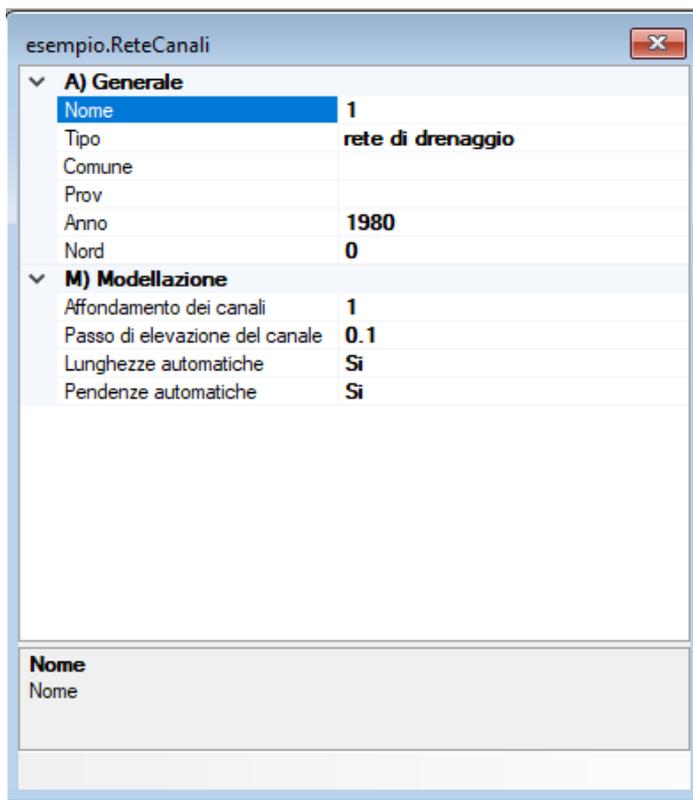
In questo caso si utilizza il comando "Esporta->Reti di deflusso" che genera un nuovo progetto in formato .defnet.

## GLI ELEMENTI DEL MODELLO

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



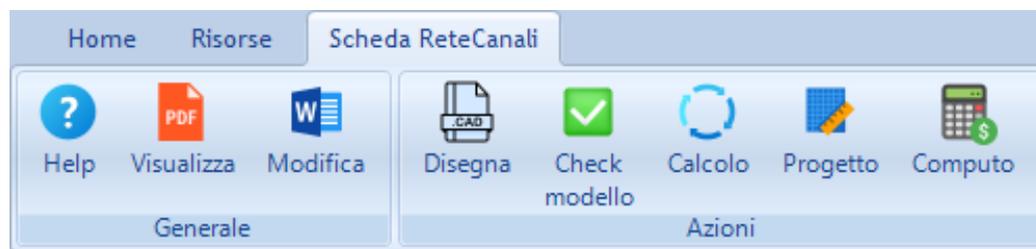
LA RETE



L'elemento **ReteCanali** rappresenta l'intera rete che contiene i vari elementi del modello e sulla quale è possibile eseguire le varie 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 rete) e non esiste dunque una lista di reti di canali.

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 vari azioni che possono essere eseguite sull'elemento "ReteCanali", come si vede nella immagine superiore. I suddetti comandi sono stati illustrati nei relativi captoli.

CANALI

esempio.Canali(8)

	Nome	Lunghezza	Pendenza media	Tipologia
▶	1	293.06	0.2	R100x80
	2	296.94	0.4	R100x80
	3	296.74	0.5	R100x80
	4	292.68	0.7	R100x80
	5	274.83	0.3	R100x80
	6	349.68	0.2	R100x80
	7	696.69	0.1898	R100x80
	8	369.08	0.3	R100x80

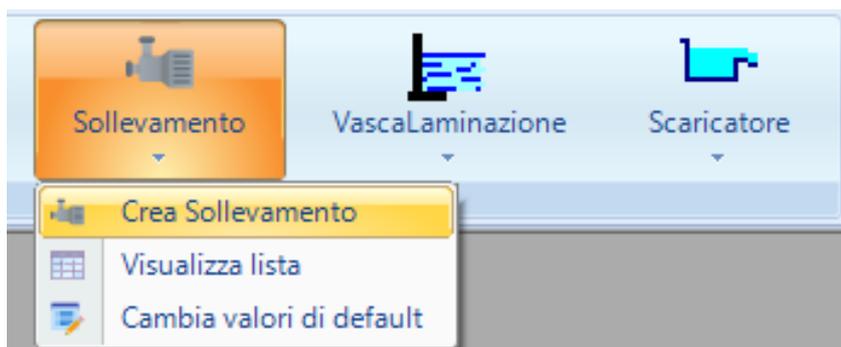
Il canale è l'elemento principale del modello Canali in quanto è l'unico elemento necessario per eseguire il calcolo della rete. La Rete minima è quella costituita da un singolo canale. Dall'albero di progetto, sul nodo canali si utilizza il comando "Lista" per visualizzare tutti gli elementi canale disponibili nel modello. Dalla lista, selezionando una riga, con il comando "Proprietà" si accede alla scheda proprietà del canale selezionato.

esempio.Canale (1/8)

<b>▼ A) Generale</b>	
Nome	1
Categoria	(non assegnato)
Tipologia	R100x80
Stile	Canale
<b>▼ C) Geometria</b>	
Altezza	0.8
Lunghezza	293.06
Quota iniziale	21.62
Quota finale	21.03
Pendenza media	0.2
Dislivello	-0.59
<b>▼ D) Caratteristiche idrauliche</b>	
Qo	0
V	0.03
Qmax	1.14
<b>▼ D) Dati portata di pioggia</b>	
Area colante	0.3
Coeff. di afflusso	0.8
<b>▼ F) Calcolo</b>	
Pendenza di calcolo	0.2
Lunghezza di calcolo	293.06
<b>▼ V) Verifica</b>	
K	70
h	0
Franco	0.8
Coeff. idrometrico	0
Tempo di corivazione	0
<b>Categoria</b>	
Categoria	

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

## SOLLEVAMENTI

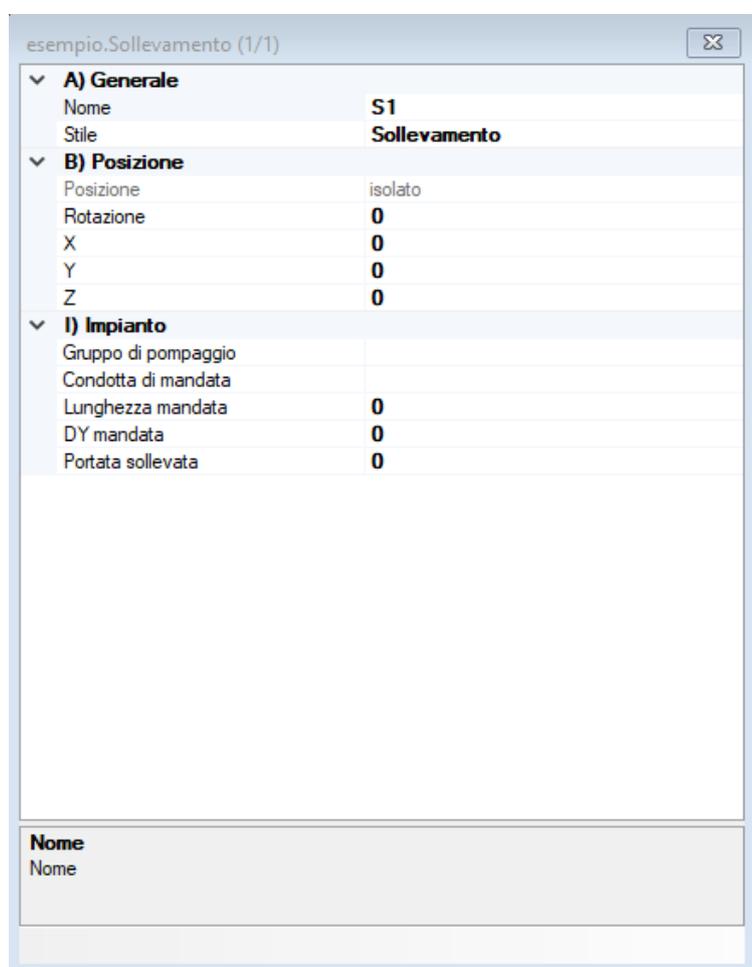


Il sollevamento è un elemento del modello che può essere utilizzato quando nella rete c'è un salto di quota che deve essere superato meccanicamente.

L'inserimento grafico del sollevamento è di tipo puntuale e deve essere introdotto alla fine di un canale. Il canale successivo dovrà avere una

quota necessariamente superiore.

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



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

Per quanto riguarda il comportamento del solutore di calcolo in presenza di un sollevamento si rinvia al capitolo sul calcolo della rete nel paragrafo "Sollevamenti, scaricatori e vasche di laminazione".

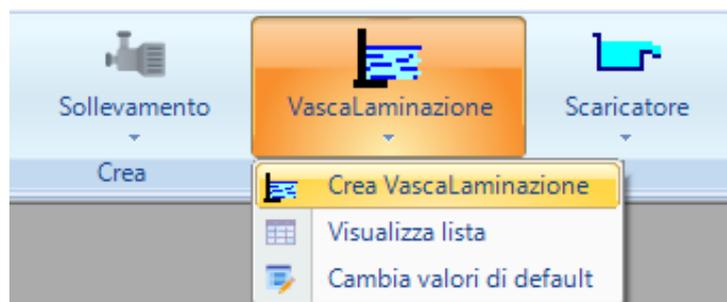
Nell'Archivio Tipologie selezionando la categoria Pompe è possibile scegliere la pompa che presenta la curva caratteristica più adatta.

## VASCHE DI LAMINAZIONE

La vasca di laminazione è un elemento del modello che può essere utilizzato quando nella rete si voglia eseguire un effetto di laminazione in modo da alleggerire la rete di valle o limitare la portata nel recettore finale.

L'inserimento grafico della vasca di laminazione è di tipo puntuale e deve essere introdotto alla fine di un canale.

Per inserire la vasca di laminazione è sufficiente utilizzare la sezione "Crea" del menù "CAD ReteCanali"



esempio.VascaLaminazione (1/1)

<b>▼ A) Generale</b>	
Nome	V1
Stile	VascaLaminazione
<b>▼ B) Posizione</b>	
Rotazione	0
X	0
Y	0
Z	0
<b>▼ G) Geometria</b>	
Livello	0
Livello minimo	0
Livello massimo	0
Forma	Rettangolare
Lunghezza	0
Larghezza	0
Superficie	0
Volume	0
<b>▼ K) Calcolo</b>	
Portata scaricata	0
<b>Nome</b>	
Nome	

Selezionando la vasca appena inserita dal menù “CAD VascaLaminazione” con il comando “Proprietà” sarà possibile visualizzare la scheda delle proprietà.

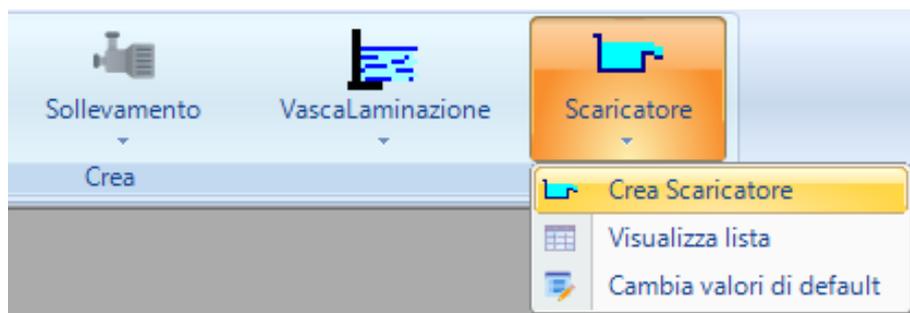
Per quanto riguarda il comportamento del solutore di calcolo in presenza di una vasca di laminazione si rinvia al capitolo sul calcolo della rete.

## SCARICATORI

Lo scaricatore è un elemento del modello che può essere utilizzato quando nella rete si voglia eseguire lo smaltimento di una parte della portata in modo da alleggerire la rete di valle o contenere la portata finale che deve raggiungere il recapito finale.

L’inserimento grafico dello scaricatore è di tipo puntuale e deve essere introdotto alla fine di un canale.

Per inserire il canale è sufficiente utilizzare la sezione “Crea” del menù “CAD ReteCanali”



esempio.Scaricatore (1/1)

<b>▼ A) Generale</b>	
Nome	S1
Stile	Scaricatore
<b>▼ B) Posizione</b>	
Posizione	isolato
Rotazione	0
X	0
Y	0
Z	0
<b>▼ D) Calcolo</b>	
Tipo portata	Q nota
Quantità da scaricare	0
Quantità scaricata	0

**Nome**  
Nome

Selezionando lo scaricatore appena inserito dal menù "CAD Scaricatore" con il comando "Proprietà" sarà possibile visualizzare la scheda delle proprietà.

**IMPORTANTE!**

**Non è possibile posizionare uno scaricatore alla confluenza di più canali. Il vertice sul quale si assegna uno scaricatore deve avere un solo canale entrante ed un solo canale uscente.**

E' possibile scegliere tra tre tipi di scaricatori, in funzione del calcolo della portata da scaricare:

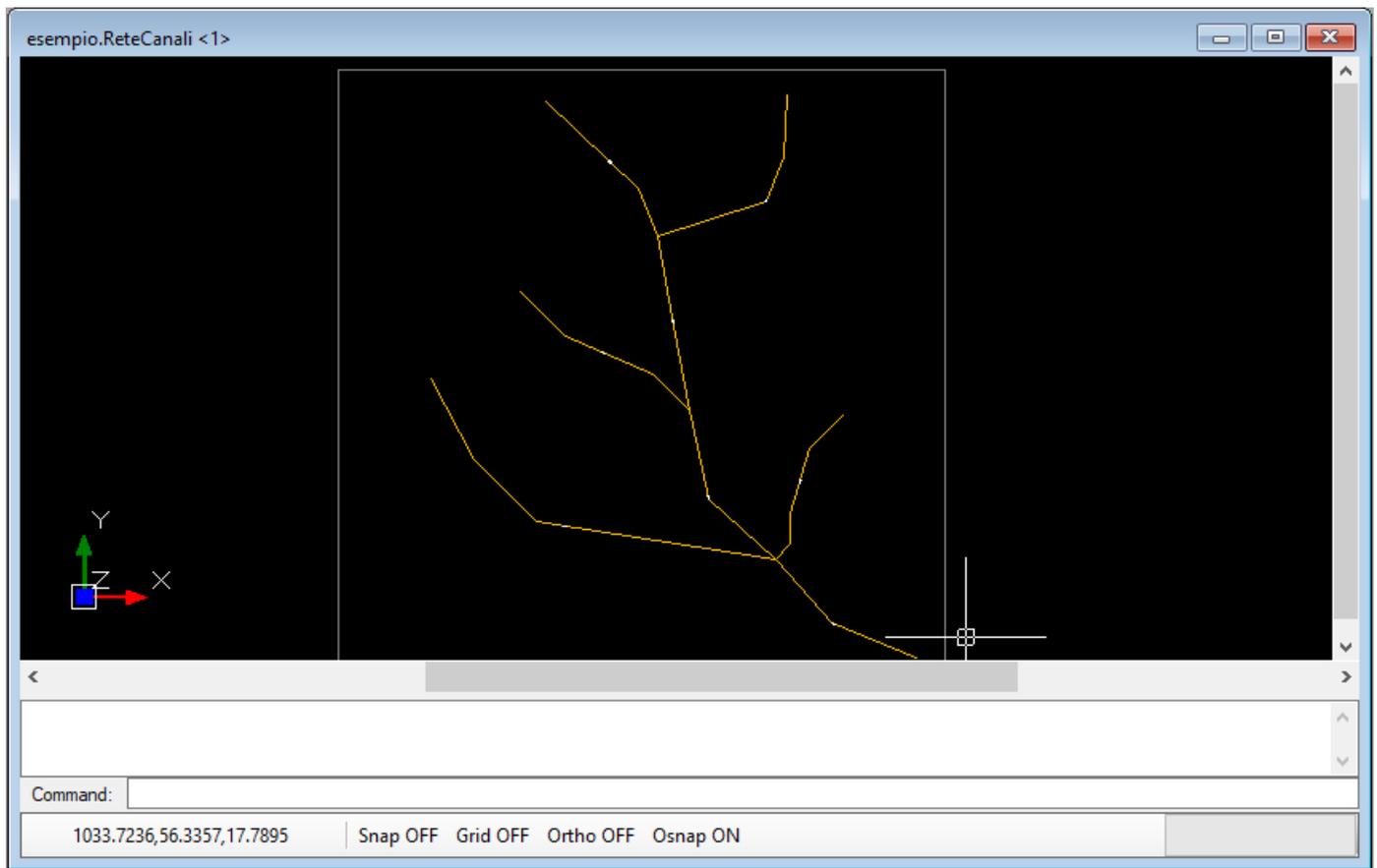
- Scaricatori a portata nota, per i quali occorre assegnare un valore in mc/s della portata da scaricare;
- Scaricatori a percentuale fissata, per i quali la portata da scaricare viene calcolata come percentuale sulla portata di pioggia che passa per il canale (il valore da assegnare è la percentuale);

**LA VISTA GRAFICA DELLA RETE**

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

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

In questo paragrafo ci si limita a descrivere le peculiarità della vista grafica della fognatura.



Alla vista grafica della rete vengono associati i menù “CAD” e “CAD ReteCanali”. Il primo è comune a tutte le finestre grafiche, mentre il secondo è personalizzato per l’elemento ReteCanali. 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 ReteCanali.

In particolare la sezione “Azioni” riporta i possibili comandi della Rete che possono essere eseguiti quando ci si trova sulla finestra grafica dell’ReteCanali.

La sezione “Crea”, invece, consente di inserire tutti gli elementi del modello della rete in modo grafico sull’area di disegno.