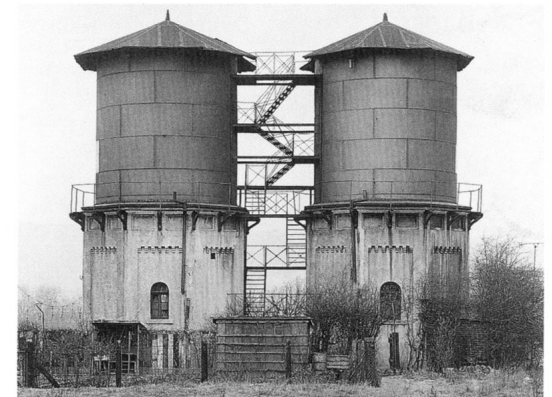


3- Realizzazione di una rete di acquedotto

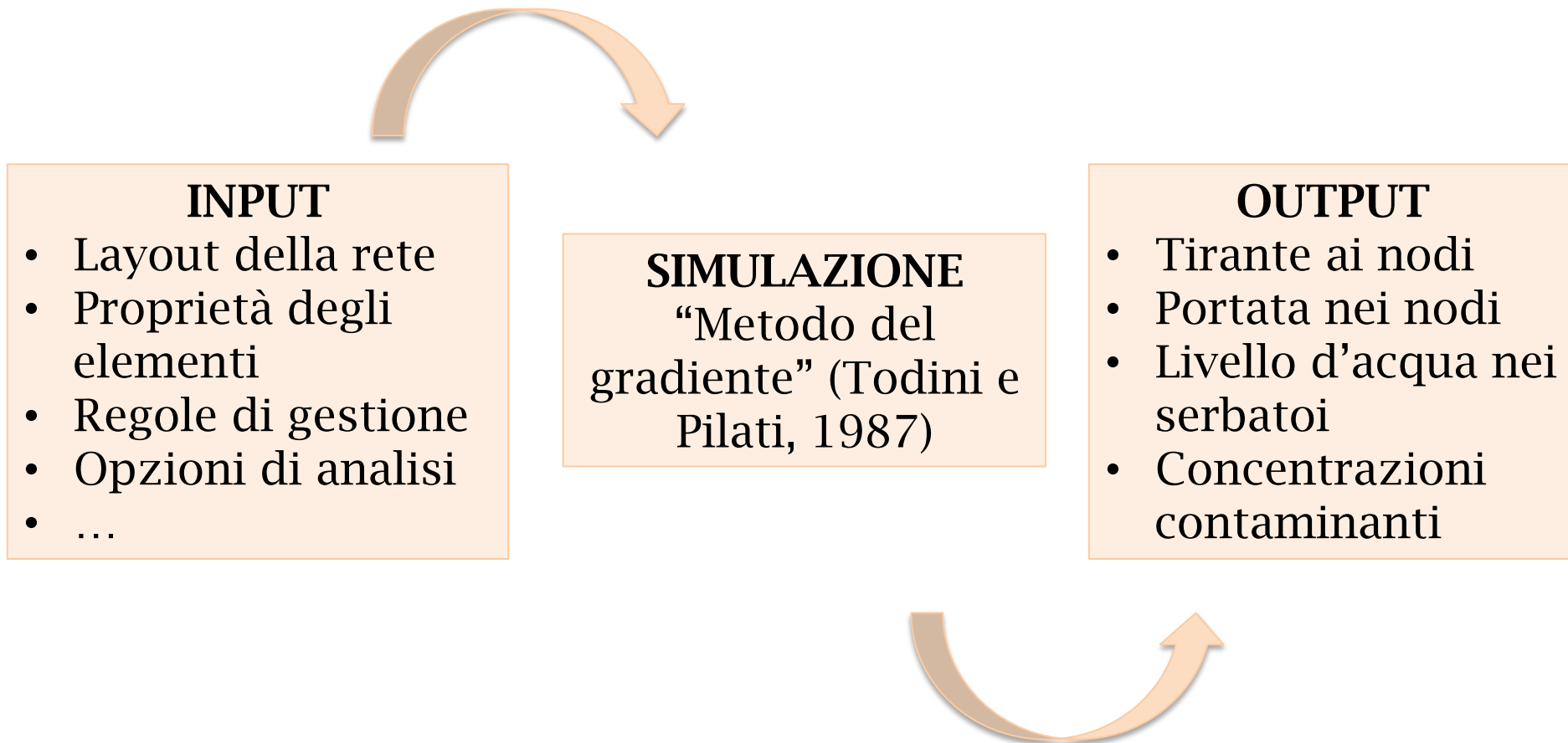


**Stella Elisa (Materiale tratto dalle slides fornite da
ing. Andrea Menapace e Daniel Gerola)**

Cos'è EPANET

- E' un programma che simula a lungo periodo il funzionamento idraulico e la qualità dell'acqua nelle reti di distribuzione (acquedotti)
- E' **open source**, distribuito dalla U.S. Environmental Protection Agency (EPA)
- **outputs:**
 - **Portata** in ogni condotta
 - **Pressione** in ciascun nodo
 - **altezza d'acqua** per ogni serbatoio
 - **Concentrazione** di contaminanti

Come funziona



Cos'è QEPANET

E' un nuovo **plugin** implementato dall'Università di Trento- DICAM (Dipartimento di ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica)

E' ancora **in fase di sviluppo**, quindi potrebbe contenere bugs (da segnalare). Inoltre non tutte le funzioni di EPANET sono state ancora implementate.

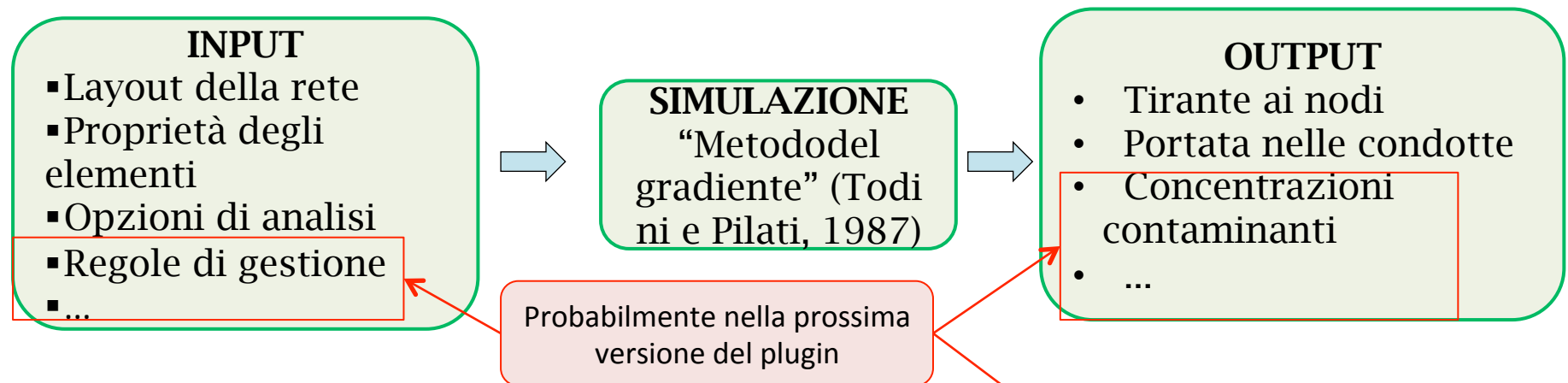
Permette **la comunicazione fra QGIS e EPANET** per simulare il funzionamento delle reti di acquedotto in un **ambiente georeferenziato**:

- Permette di disegnare la rete e analizzare i risultati
- La struttura, le operazioni e le capacità sono simili a quelle di EPANET
- Ha alcune funzioni extra tra cui la visualizzazione 3D delle condotte e la profondità di scavo delle stesse.

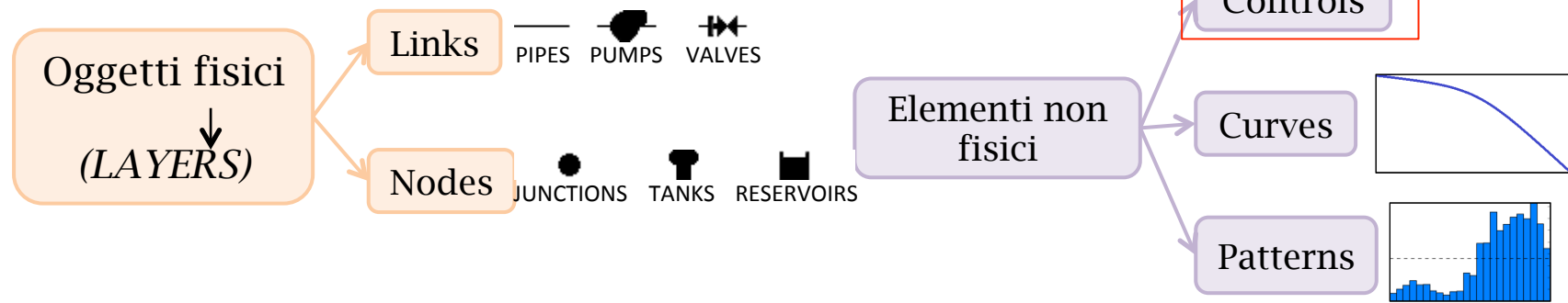
Cos'è QEPANET

COME EPANET, QEPANET ...

❑ Si struttura come segue:



❑ Contiene:



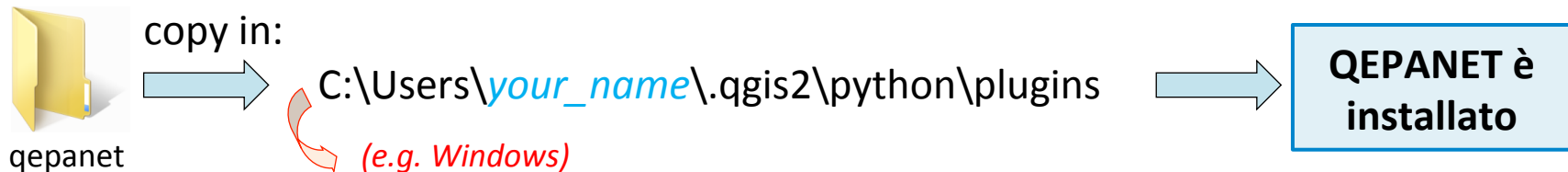
Inoltre con QEPANET:

- La creazione di nodi e condotte è più facile e veloce
- Il livello di zoom è immediato
- La rete è automaticamente georeferenziata
- Attraverso il DTM/DEM si può assegnare l'elevazione dei nodi
- Si può assegnare la profondità dei nodi rispetto alla quota del terreno (delta Z)
- La lunghezza delle condotte è calcolata in 3D
- Si può assegnare il materiale delle condotte a cui associare il coefficiente di scabrezza

Installazione di QEPANET

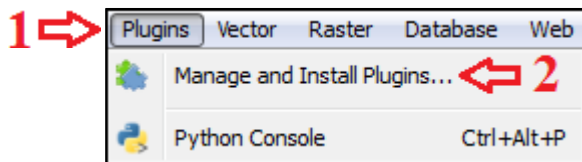
Due modi:

- Mediante una cartella contenente il plugin (nome cartella: “qepanet”):

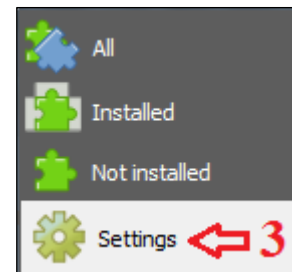


- Con una **repository** connessa al server unitn:

Da QGIS: *Plugins >> Manage and Install Plugins...* Dalla *Menu Bar*

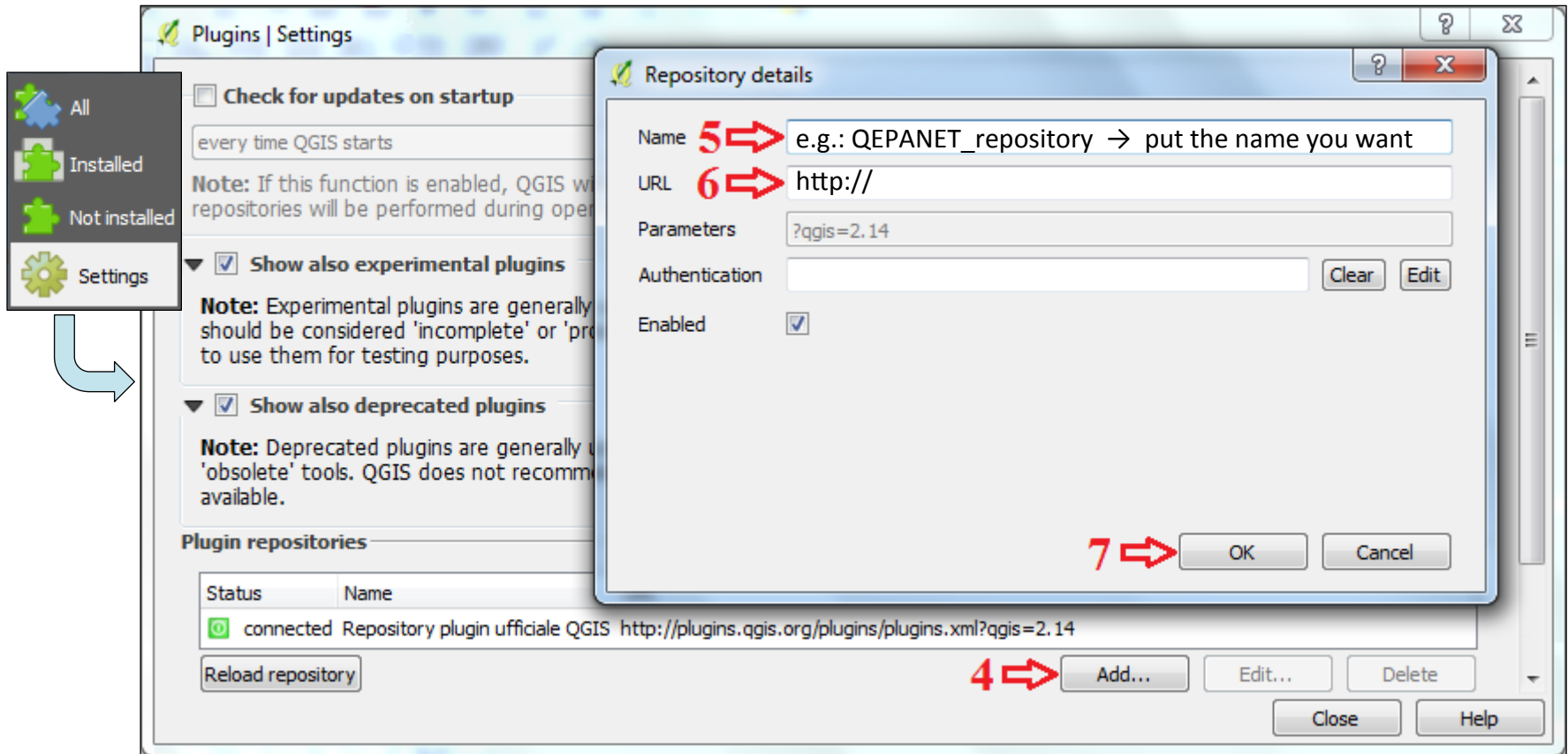


Seleziona *Settings*



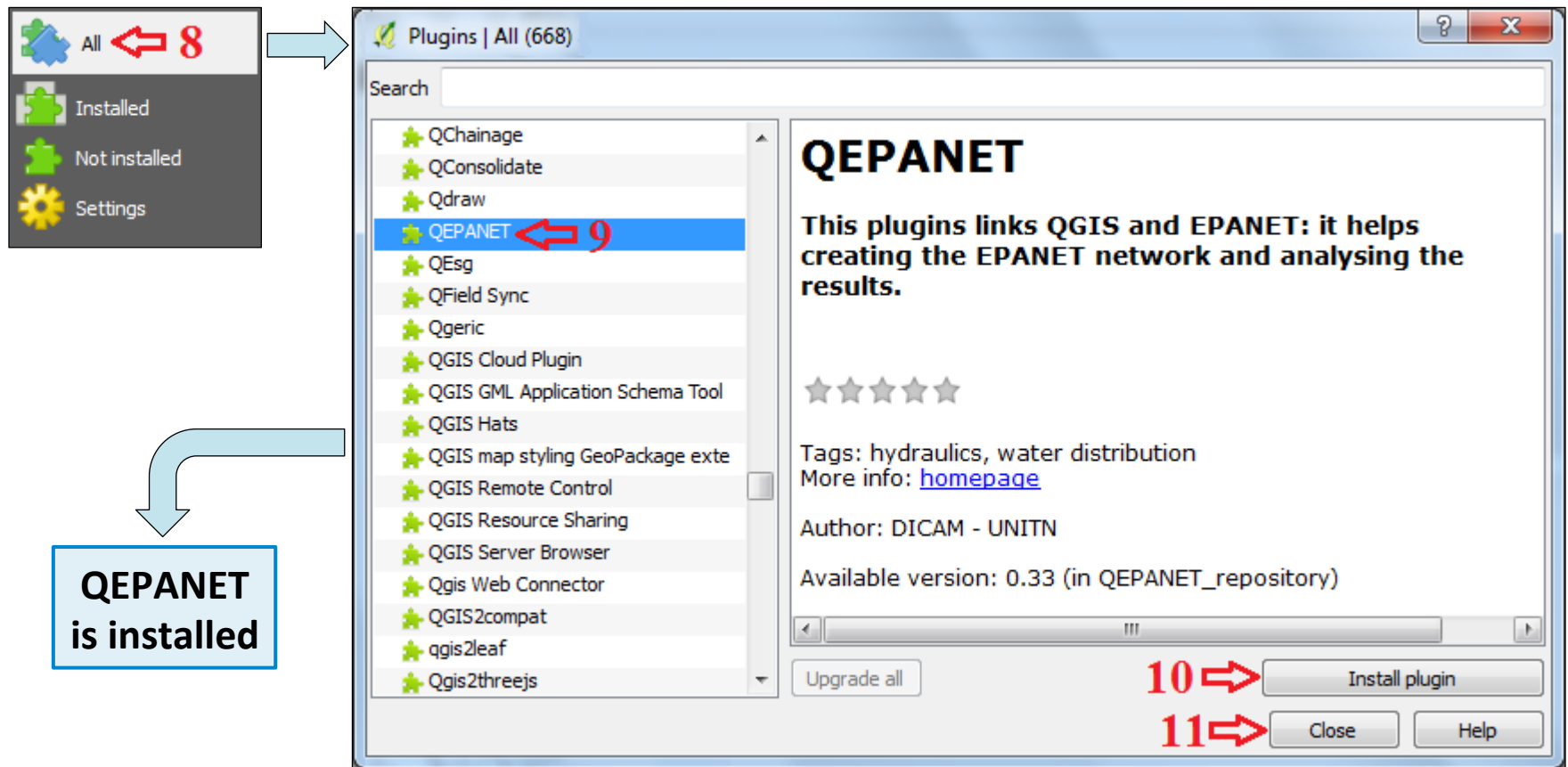
Installazione di QEPANET

... Selezionare **Add...**, compilare i campi **Name** e **URL** e cliccare **OK** ...

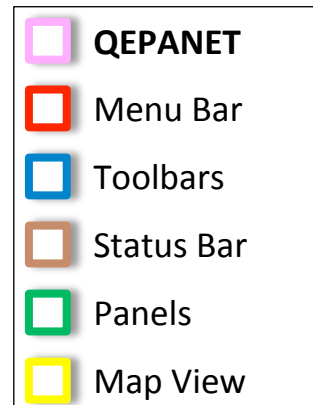
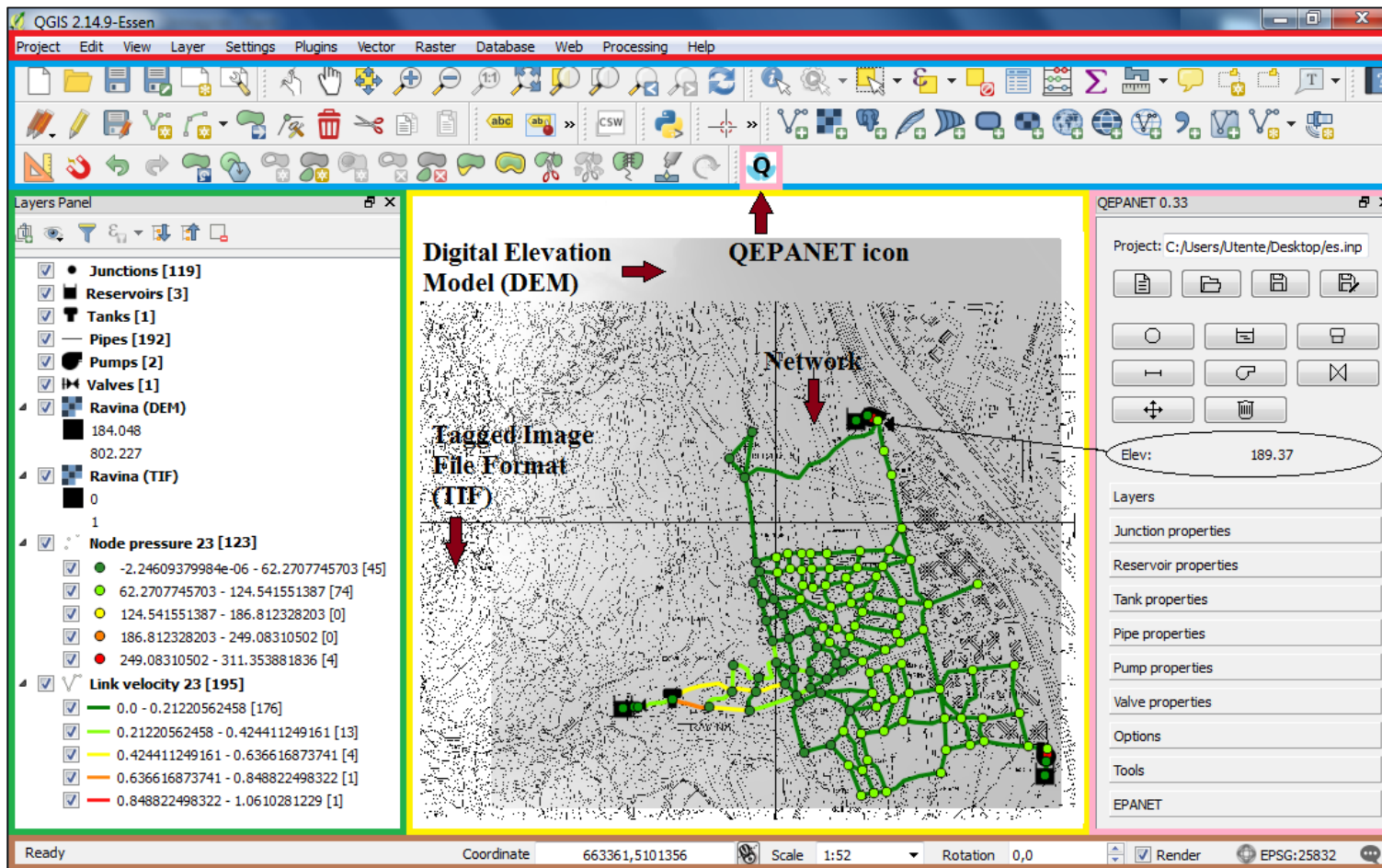


Installazione di QEPANET

... Selezionare *All...*, cercare *QEPANET*, selezionare *Install plugin* e cliccare *OK* ...



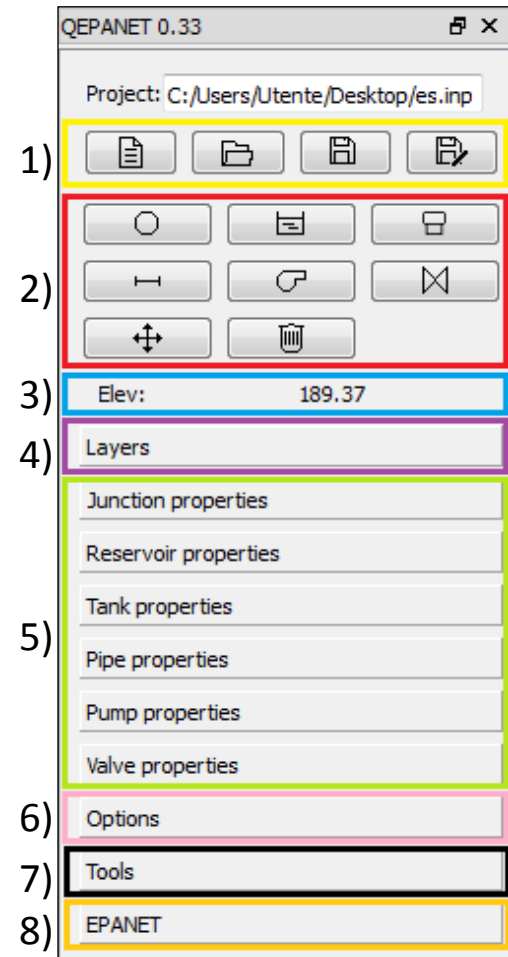
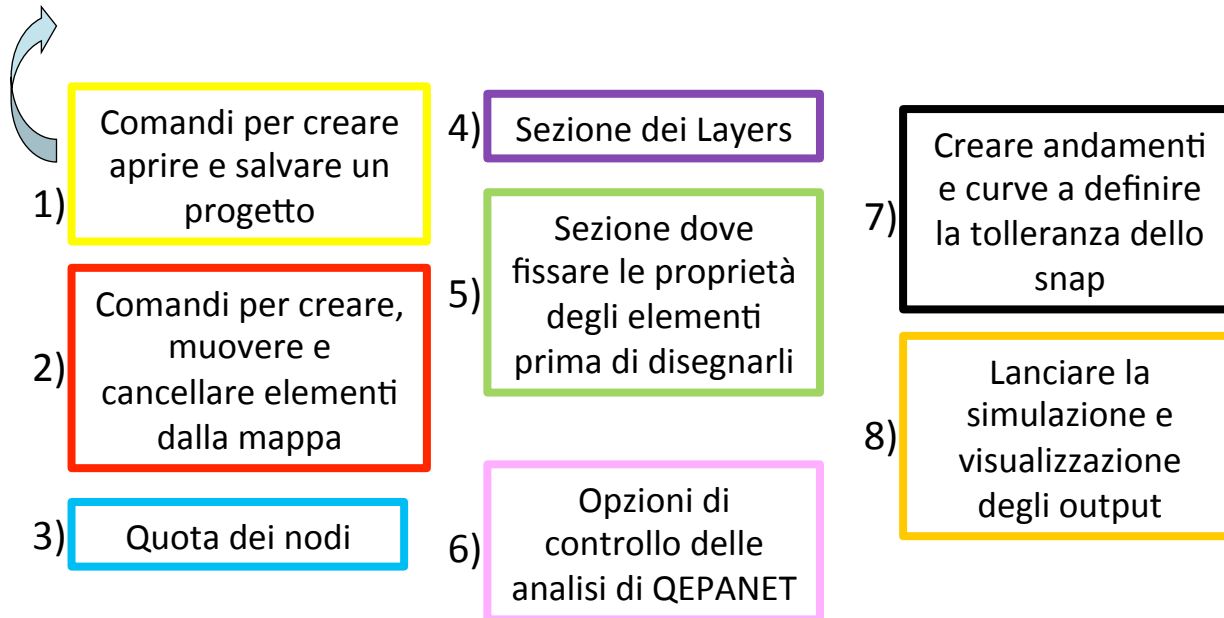
Workspace QGIS e QEPANET



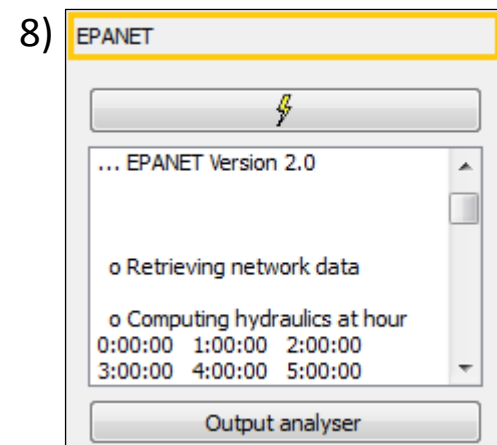
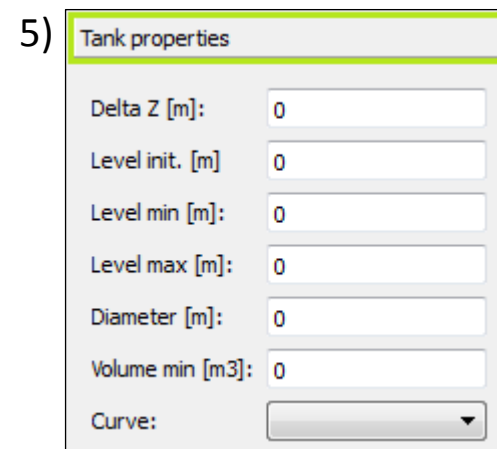
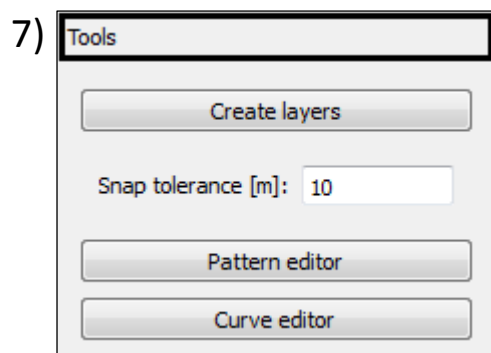
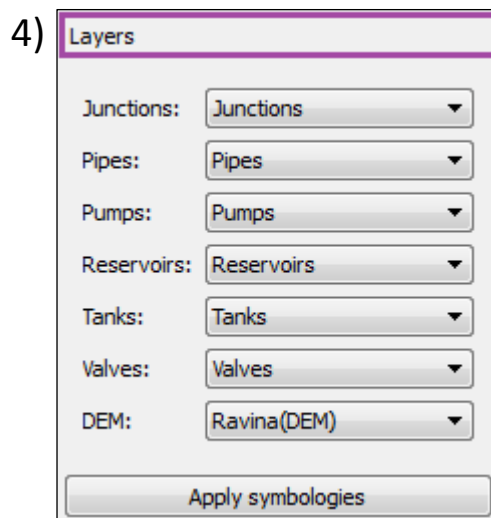
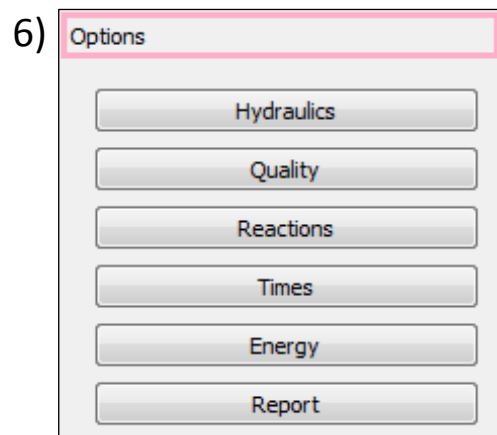
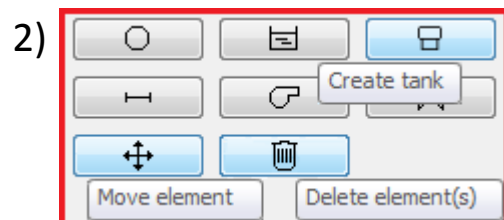
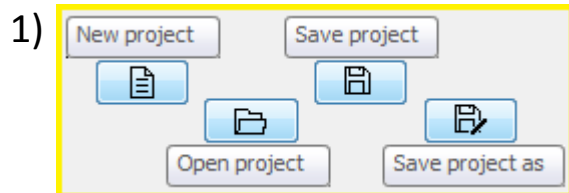
Workspace di QEPANET

- Comandi e icone sono molto simili a quelle di EPANET

(Come EPANET, *QEPANET* lavora con un file .inp)




Workspace di QEPANET

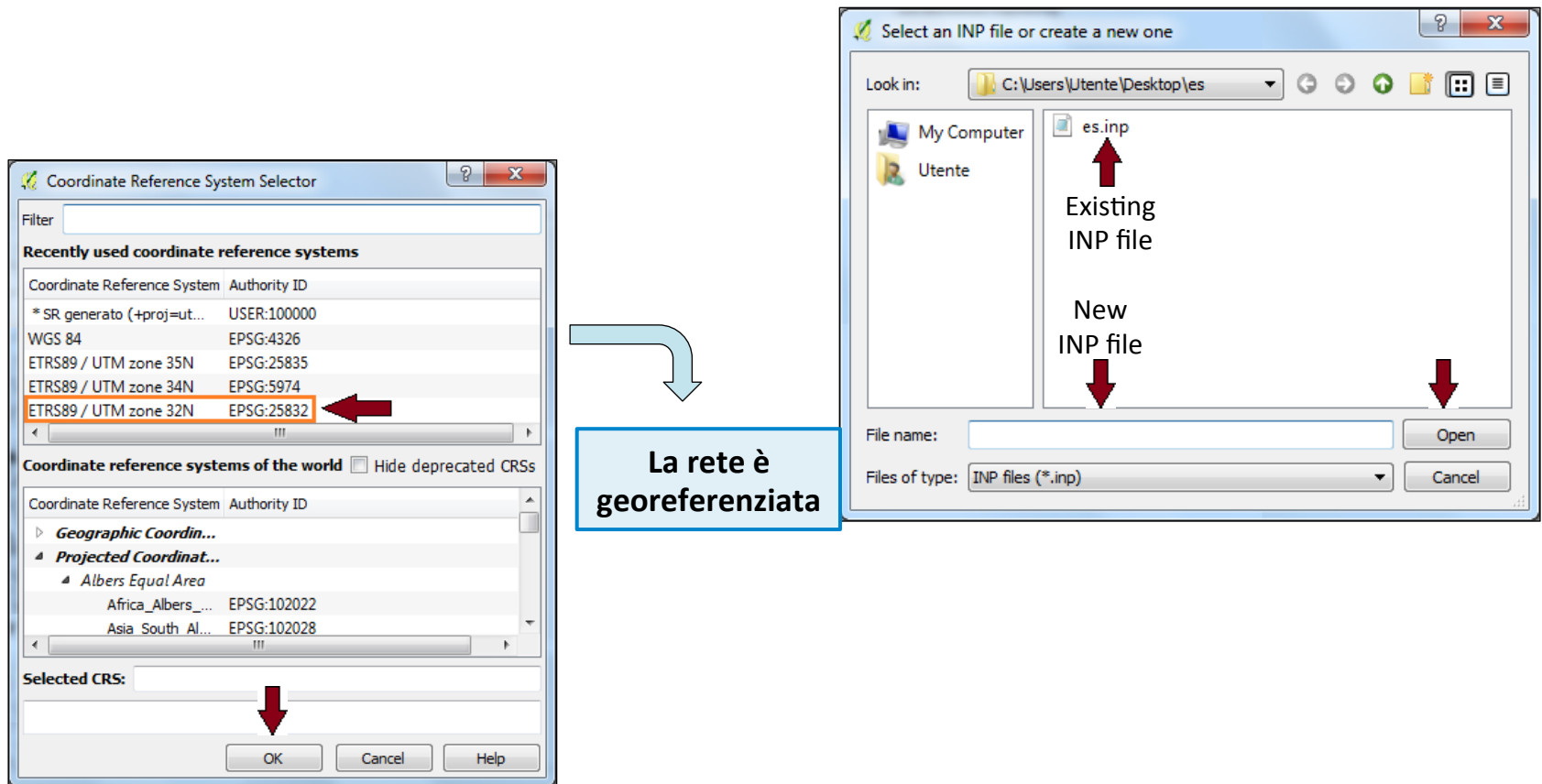


Fasi operative

1. Aprire QEPANET
2. Aprire o creare un progetto
3. Aggiungere mappe DTM/DEM e CTR
4. Definire le opzioni per l'analisi del funzionamento idraulico
5. Disegnare la rete
6. Assegnare e modificare le proprietà degli elementi della rete
7. Selezionare le opzioni di analisi
8. Analizzare il funzionamento idraulico
9. Visualizzazione dei risultati

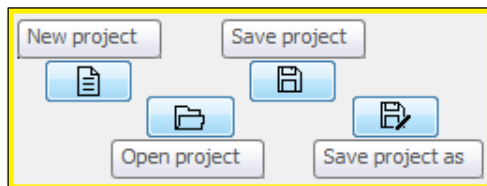
1. Aprire QEPANET

Cliccare l'icona **QEPANET**  per aprire il plugin -> finestra per aprire un .inp file o crearne uno nuovo -> selezionare il sistema di riferimento



2. Aprire o creare un progetto

Si può aprire, creare o salvare un progetto mediante le icone di QEPANET:

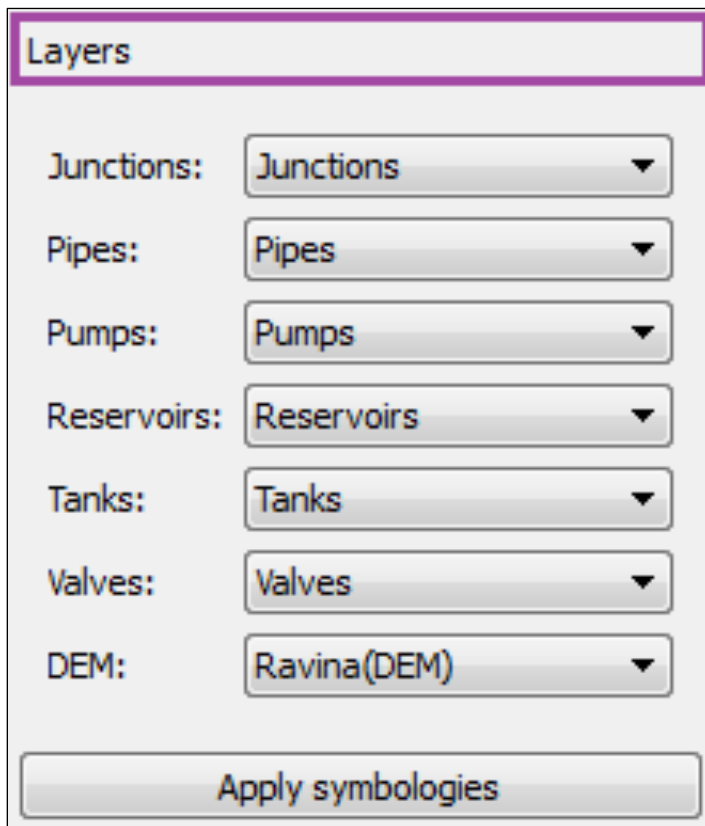


- Creare un nuovo progetto: *QEPANET -> New project*
- Aprire un progetto esistente: *QEPANET -> New project*
- Salvare un progetto: *QEPANET -> Save project/as*

Il progetto è un .inp file identico a quello di EPANET. Dopo la sezione [END] del file .inp, contiene ulteriori informazioni (delta z, materiale condotte, ecc...)

3. Aggiungere il DTM e la CTP

Caricare le mappe DTM e CTP



Layers

Junctions: Junctions ▼

Pipes: Pipes ▼

Pumps: Pumps ▼

Reservoirs: Reservoirs ▼

Tanks: Tanks ▼

Valves: Valves ▼

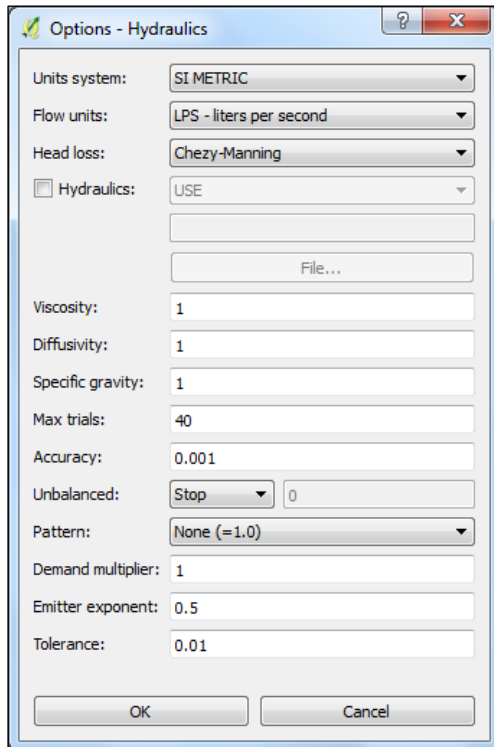
DEM: Ravina(DEM) ▼

Apply symbolologies

Per attivare il DEM nel plugin lo si deve assegnare al campo **DEM** della sezione **Layers** di QEPANET

4. Definire le opzioni di analisi idraulica

Dopo aver creato un nuovo progetto, compare in automatico la finestra di dialogo per selezionare le **opzioni di analisi idraulica**



SI METRIC

LPS – liters per second
LPM – liters per minute
MLD – million liters per day
CMH – cubic meters per hour
CMD – cubic meters per day

Chezy-Manning
Hazen-Williams
Darcy-Weisbach

US CUSTOMARY

CFS – cubic feet per second
GPM – gallons per minute
MGD – million gallons per day
IMGD – Imperial MGD
AFD – acre-feet per day

Darcy-Weisbach Formula

$$H_L = f \frac{L}{d} \frac{v^2}{2g}$$

where:

H_L = headloss (Length)
g = acceleration of gravity in (Length/Time/Time)
L = pipe length (Length)
d = pipe diameter (Length)
v = flow velocity (Length/Time)
f = friction factor (unitless)

Chezy-Manning Formula

$$H_L = \frac{4.66 n^2 L Q^2}{d^{5.33}}$$

where

H_L = headloss in feet
Q = flow in cfs
L = pipe length in feet
d = pipe diameter in feet
n = Manning roughness coefficient

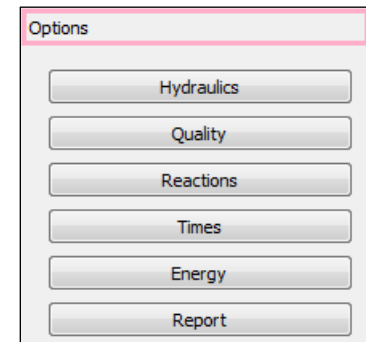
Hazen-Williams Headloss Formula

$$H_L = \frac{4.727 L Q^{1.852}}{C^{1.852} d^{4.871}}$$

where:

H_L = headloss in feet
Q = flow in cfs
L = pipe length in feet
d = pipe diameter in feet
C = Roughness coefficient (Hazen-Williams C-factor)

Per modificarle
successivamente:
Options-> Hydraulics

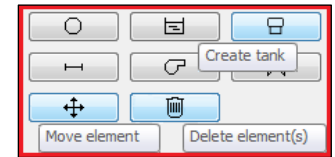


5. Disegnare la rete

Elementi fisici:

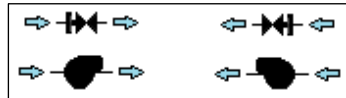
Nodi, sorgenti e serbatoi: cliccare l'icona del rispettivo elemento, muovere il mouse sulla mappa dove lo si vuole collocare e cliccare.

- possono essere creati lungo un tratto -> la condotta viene automaticamente divisa
- automaticamente si aggiornano quota e coordinate
- si può assegnare la profondità dei nodi rispetto alla quota del terreno (delta z)



Pompe e valvole: cliccare l'icona, snap del cursore su una condotta e cliccare.

- le giunzioni vengono automaticamente create alla fine di tali elementi (distanza 1 m)
- per capovolgere il verso click destro su *pump/valve* -> **Flip orientation**



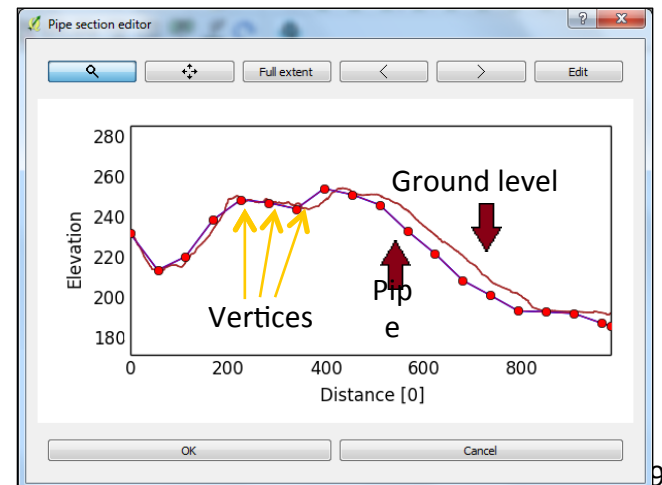
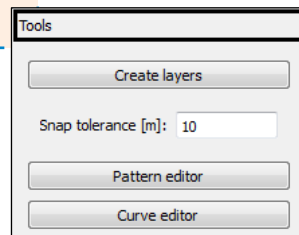
5. Disegnare la rete

Elementi fisici:

Condotte: cliccare l'icona, cliccare sulla posizione iniziale e finale e click destro del mouse per concludere l'operazione.

- Non è necessario che inizino o finiscano in un nodo (le giunzioni vengono create automaticamente alla fine della condotta)
- Se si connette una condotta direttamente a un'altra le due vengono automaticamente divise.
- La lunghezza viene calcolata in 3D (seguono l'andamento del terreno)
- si possono assegnare i vertici della condotta (utile per alcune configurazioni del livello del terreno)
- *pipe* -> *Section*

Snap toleranc nei **Tools** di QEPANET.

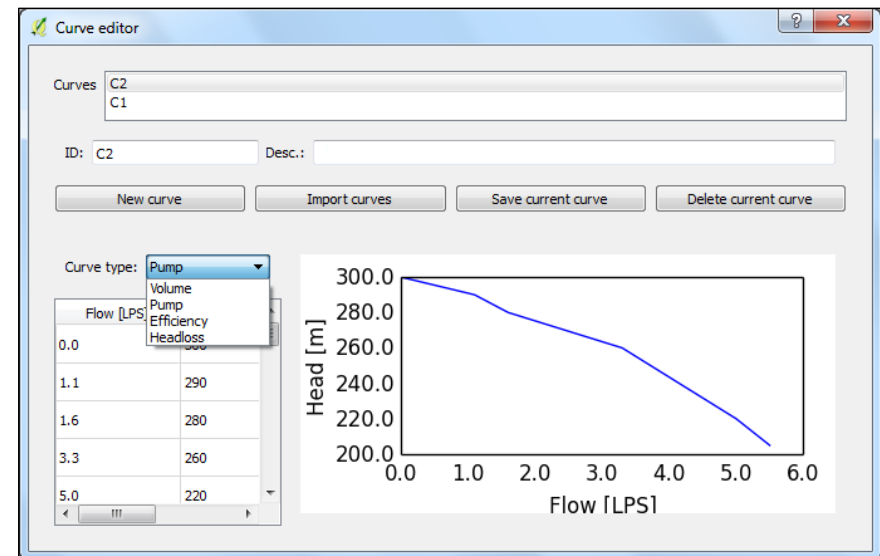
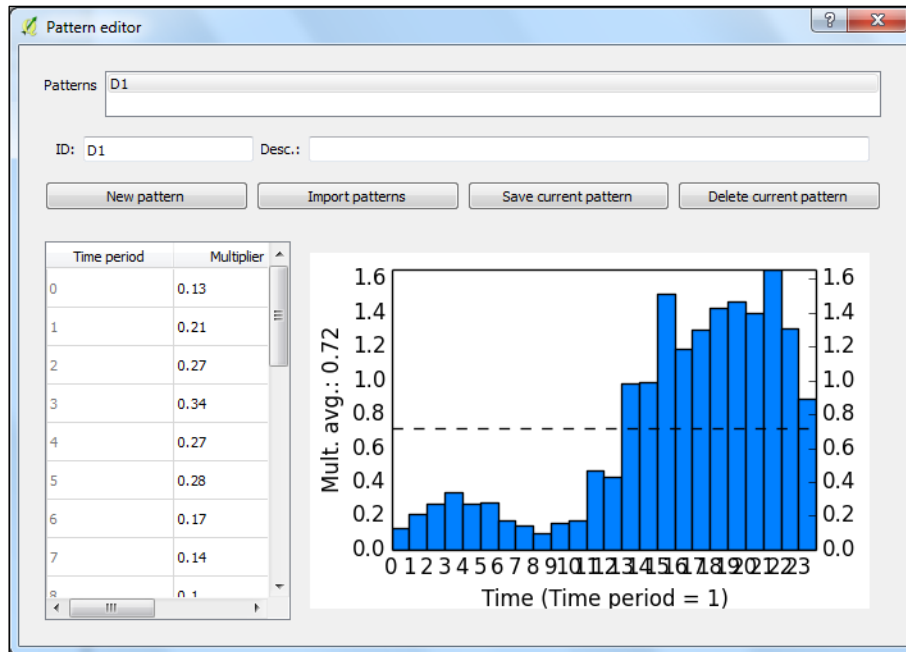
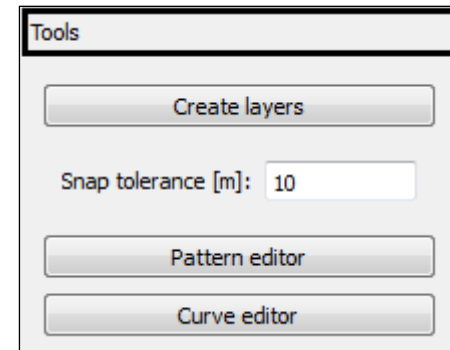


5. Disegnare la rete

Elementi non fisici (curve e andamenti):

Tools -> Curve Editor / Pattern editor

<http://www.oppo.it/home.html> (per le pompe)



6. Assegnare e modificare le proprietà degli elementi

- Prima della creazione degli elementi: *Objects properties*
- Dopo la creazione degli elementi:
 - *QGIS-> Toolbars->Identify Features* (Pulsante info)
 - Da *Tabella attributi* di QGIS

The screenshot illustrates the workflow for identifying and editing features in QGIS. It shows four main windows:

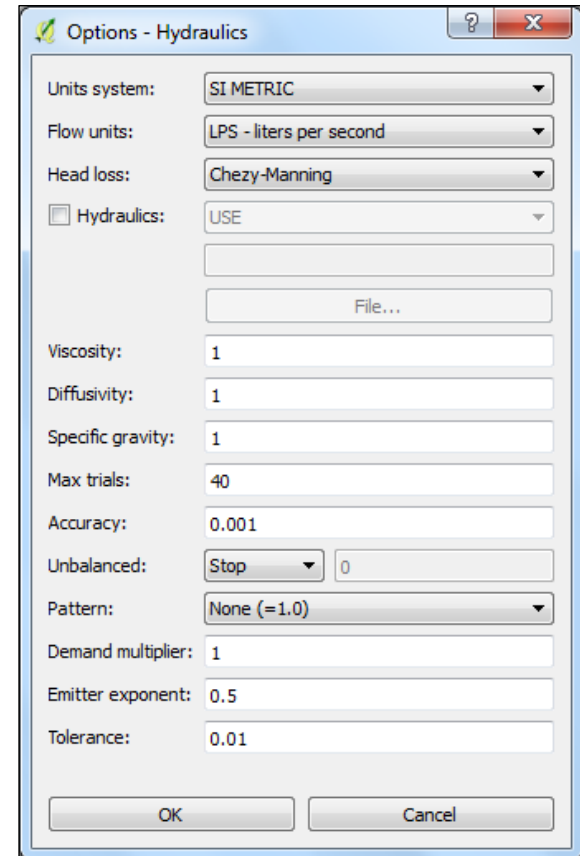
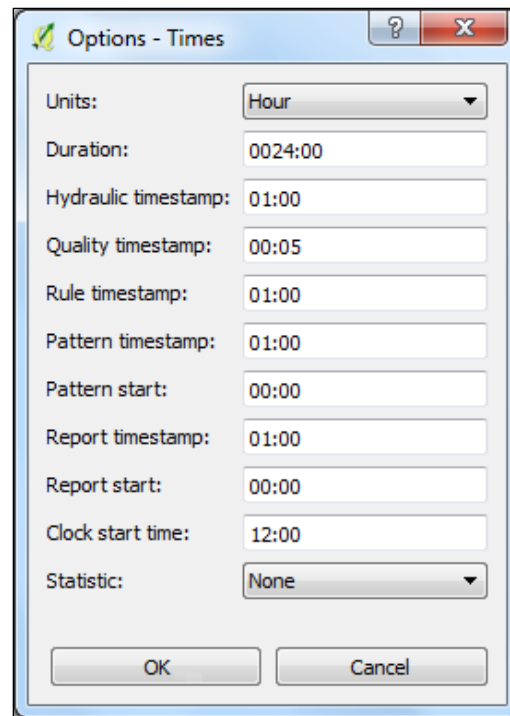
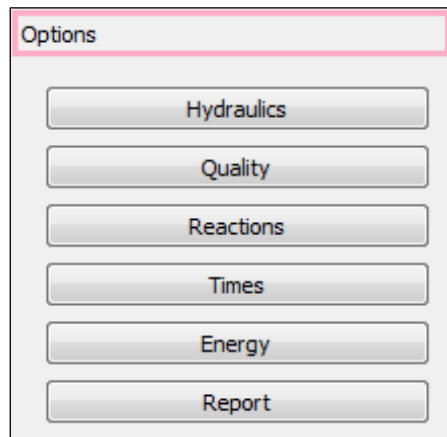
- Identify Results:** A window showing the results of an identification query. It lists features and their attributes. A yellow arrow points from the 'Identify Results' window to the 'Tanks - Feature Attributes' window.
- Tanks - Feature Attributes:** A window showing the attribute values for a selected feature. It lists attributes like 'id', 'elev', 'delta_z', 'init_level', 'min_level', 'max_level', 'diameter', 'min_vol', and 'curve'. A yellow arrow points from the 'Identify Results' window to this window.
- Tanks:** A window showing the attribute table for the 'Tanks' layer. It lists features with their attributes. A yellow arrow points from the 'Identify Results' window to this window.
- Expression:** A window showing the expression for the 'id' attribute. It lists the expression 'T1, 295.4, 0, 2, 0.5, 6, 20, 0'.

Yellow arrows indicate the flow of information and the sequence of steps in the workflow.

id	elev	delta_z	init_level	min_level	max_level	diameter
T1	295.4	0	2	0.5	6	20
T2	278.4	0	2	0.5	3	10
T3	300.7	0	2	0.5	6	15

7. Selezionare le opzioni di analisi

Opzioni che controllano come QEPANET analizza una rete:
QEPANET-> Options



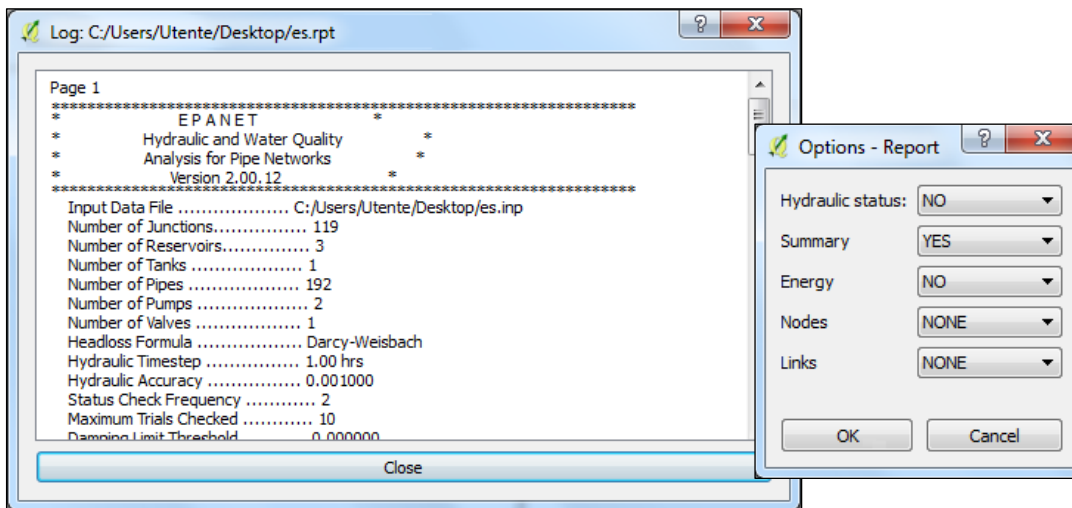
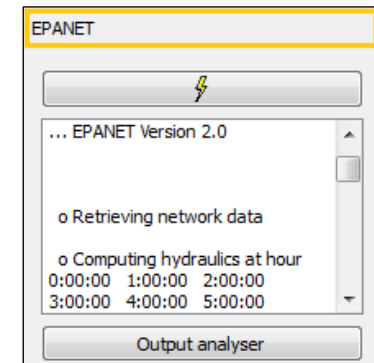
8. Analisi del comportamento idraulico della rete

QEPANET-> EPANET -> Run:

- Selezionare .inp file del progetto
- Per ogni modifica salvare
- Output: **.out file** dei risultati

Run Status Window

Status Report window (Contiene le opzioni settate in *Options-> Report*)



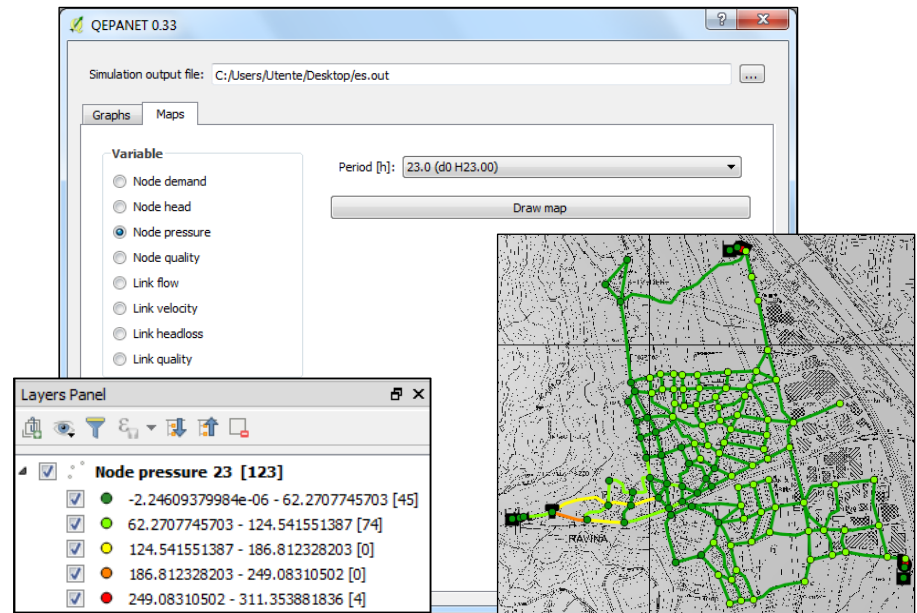
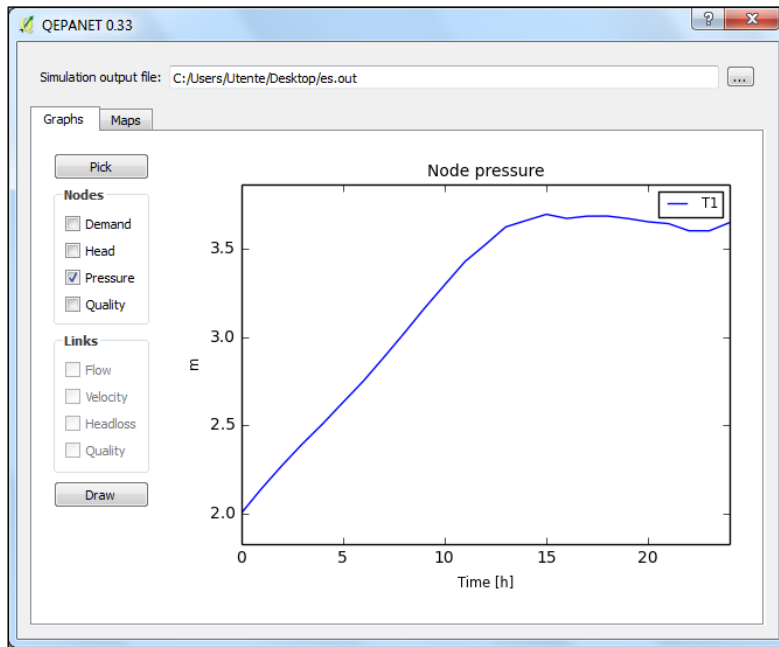
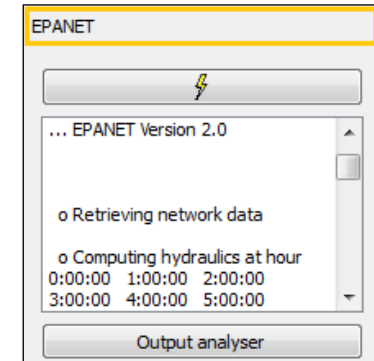
9. Visualizzare i risultati

QEPANET-> EPANET -> Output Analyser

- Selezionare l' **.out file** del progetto

Run Status Window

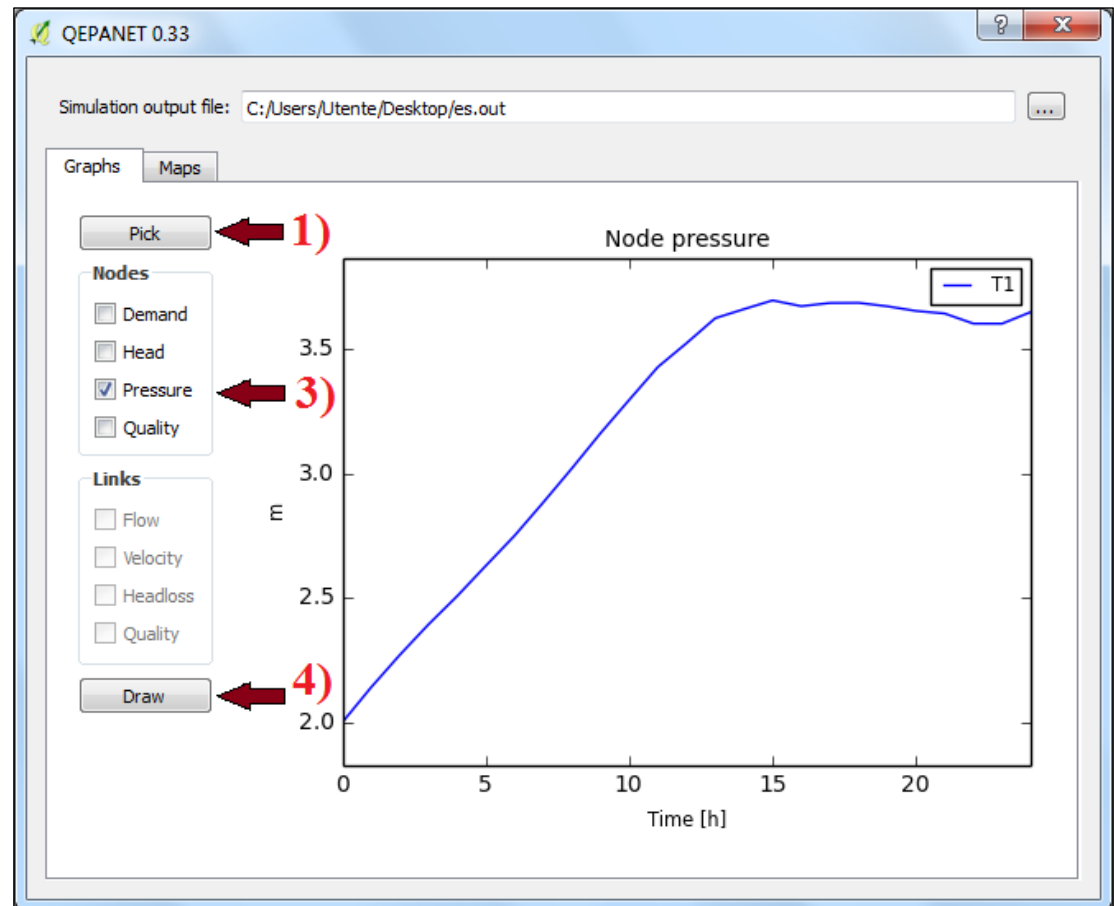
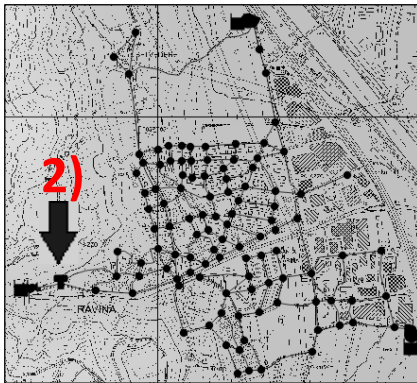
Status Report window (Contiene le opzioni settate in **Options-> Report**)



9. Visualizzare i risultati

QEPANET-> EPANET -> Output Analyser

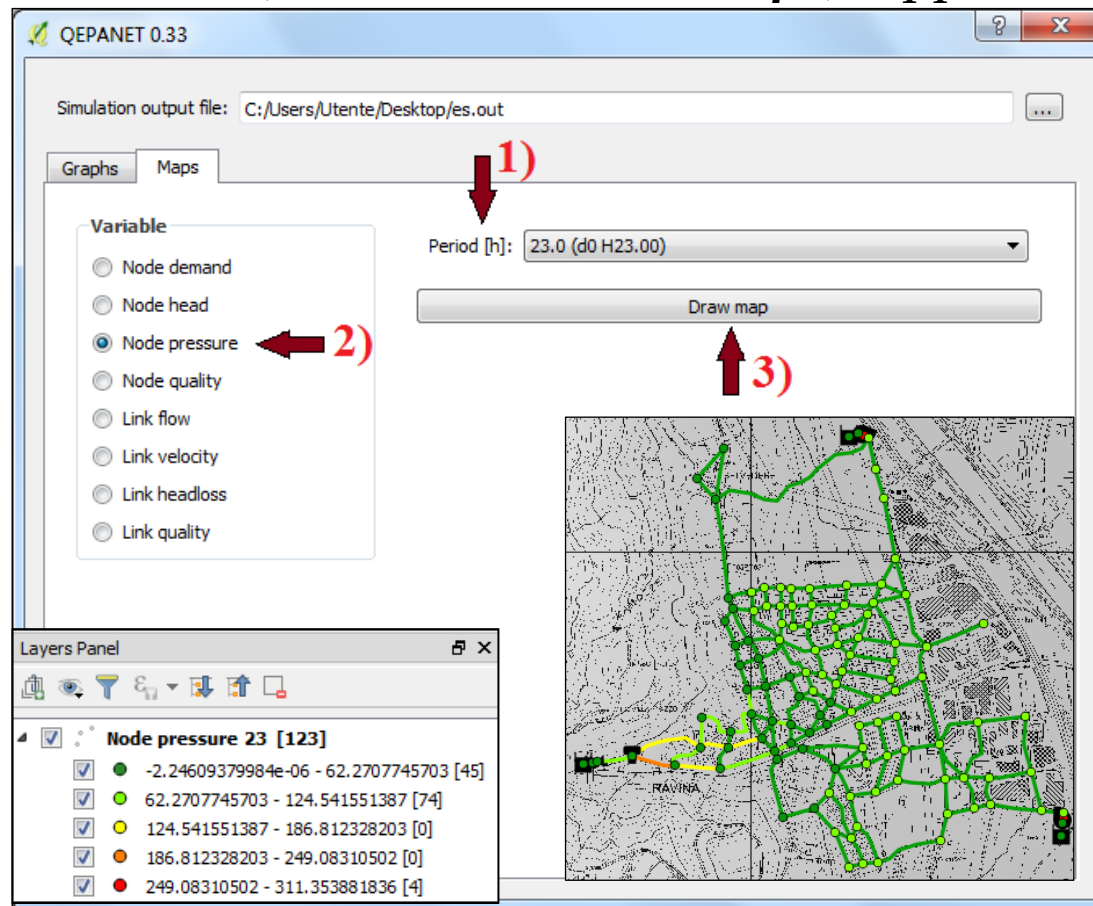
- Mediante un Grafico: **Pick** -> Selezionare uno o più oggetti nella mappa
-> Selezionare la variabile d'output e cliccare su **Draw**



9. Visualizzare i risultati


QEPANET-> EPANET -> Output Analyser

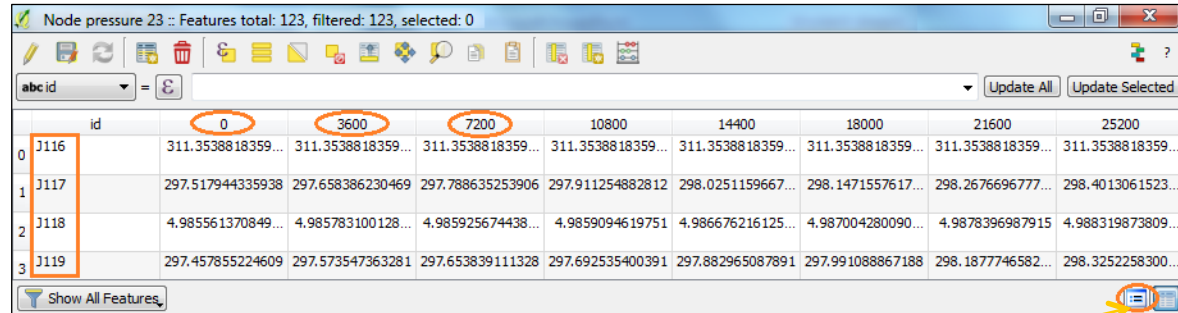
- Sulla mappa: **Period** (e.g. 23 ore) -> Selezionare la variabile di output (e.g. pressione del nodo) -> cliccare **Draw map** (mappa colorata: **Layer Panel**)



9. Visualizzare i risultati

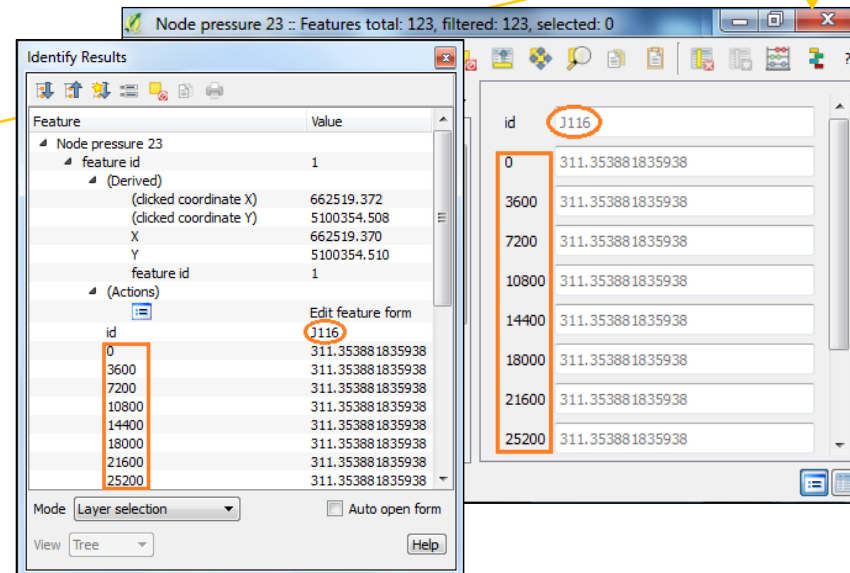
QEPANET-> EPANET -> Output Analyser

- Con una tabella: **Layers panel** -> Selezionare l'output layer -> **QGIS Toolbars** -> 



id	0	3600	7200	10800	14400	18000	21600	25200
J116	311.3538818359...	311.3538818359...	311.3538818359...	311.3538818359...	311.3538818359...	311.3538818359...	311.3538818359...	311.3538818359...
J117	297.517944335938	297.658386230469	297.788635253906	297.911254882812	298.0251159667...	298.1471557617...	298.2676696777...	298.4013061523...
J118	4.985561370849...	4.985783100128...	4.985925674438...	4.9859094619751	4.986676216125...	4.987004280090...	4.9878396987915	4.988319873809...
J119	297.457855224609	297.573547363281	297.653839111328	297.692535400391	297.882965087891	297.991088867188	298.1877746582...	298.3252258300...

- Con una lista (singolo elemento): **Tabella attributi** -> 



id	0	3600	7200	10800	14400	18000	21600	25200
J116	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938
3600	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938
7200	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938
10800	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938
14400	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938
18000	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938
21600	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938
25200	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938	311.353881835938

Attributi elementi

JUNCTIONS

- **ID**
- **ELEV:** quota in m.s.l.m.
- **Delta Z:** profondità del nodo (m)
- **Pattern:** pattern assegnato alla domanda idrica
- **Demand:** domanda idrica (unità usate per la portata p.135 manuale)
- **Emit_coef:** coefficiente per gli emitters (i.e. irrigatori)

PIPES

- **ID**
- **LENGTH:** lunghezza della condotta (m)
- **DIAMETER:** diametro condotta (mm)
- **STATUS:** OPEN, CLOSED, with VALVE (CV)
- **ROUGHNESS:** scabrezza condotta (tab. 3.2 pag 31 manuale, attenzione unità di misura!!! Di solito comunque preferisco lavorare con scabrezze per condotte non nuove)
- **MINOR_LOSS:** coefficiente perdita locale (pag. 32 manuale)
- **MATERIAL:** materiale condotta

Attributi elementi

RESERVOIRS

- **ID**
- **ELEV**: quota in m.s.l.m.
- **Delta Z**: profondità (m)
- **PRESS_HEAD**: altezza piezometrica (pressione) (m)
- **Pattern**: andamento (nessun andamento lasciare vuoto)

TANKS

- **ID**
- **ELEV**: quota al piano campagna in m.s.l.m.
- **Delta Z**: profondità (m)
- **INIT_LEVEL**: altezza del tirante d'acqua dal fondo a inizio simulazione (m)
- **MIN_LEVEL**: minimo tirante d'acqua dal fondo consentito (m)
- **MAX_LEVEL**: massimo tirante d'acqua dal fondo (m)
- **DIAMETER**: diametro se circolare o diametro equivalente (m)
- **MIN_VOL**: volume del serbatoio quando ho tirante minimo (m^3)
- **CURVE**: ID della curva volume-livello. Se non si assegna nessun valore si assume il serbatoio cilindrico.

Attributi elementi

PUMPS

- **ID**
- **PARAM:** HEAD o POWER
- **HEAD:** ID curva portata-prevalenza. Se si lascia vuoto pompa energia costante (vedi sotto).
- **POWER:** potenza fornita dalla pompa (kW). Assume che la pompa sia a energia costante. Se si lascia vuoto allora segue l'andamento della curva portata prevalenza.
- **SPEED:** velocità relativa di settaggio pompa. (per esempio se 1.2 ho il 20% in più rispetto al normale settaggio).
- **SPEED_PATT:** ID della curva che descrive le operazioni di settaggio della pompa. Lasciare vuoto se nessun andamento particolare.
- **STATUS:** OPEN o CLOSED all'inizio delle operazioni di simulazione

TAPS

- **ID**
- **DIAMETER:** diametro (mm)
- **TYPE:** tipo di valvola (pag. 33-34 manuale)
- **SETTING:** operazioni di settaggio della valvola (pag. 73 manuale)
- **MINOR LOSS:** perdita locale a valvola completamente aperta. 0 =no perdita.
- **STATUS:** OPEN/CLOSED o NONE (con NONE si attiva il tipo di settaggio)

Tipi di valvole

- **Valvole riduttrici di pressione (PRV):** limitano la pressione in un punto specifico della rete;
- **Valvole a pressione costante (PSV):** mantengono una pressione assegnata in un punto specifico della rete;
- **Valvole di perdita di pressione (PBV):** forzano una perdita specifica di pressione nel punto. Non sono veri e propri elementi fisici ma servono per simulare una perdita di pressione di cui sia nota l'esistenza, ad esempio a causa della rottura di una tubazione;
- **Valvole di controllo del flusso (FCV):** limitano il flusso ad un valore specifico;
- **Valvole di controllo dell'apertura (TCV):** simulano la parziale chiusura della valvola operando sul coefficiente della perdita localizzata assegnato alla valvola stessa
- **Valvola a scopo generale (GPV)** utilizzate per rappresentare richieste particolari da parte dell'utilizzatore.

Esercitazione

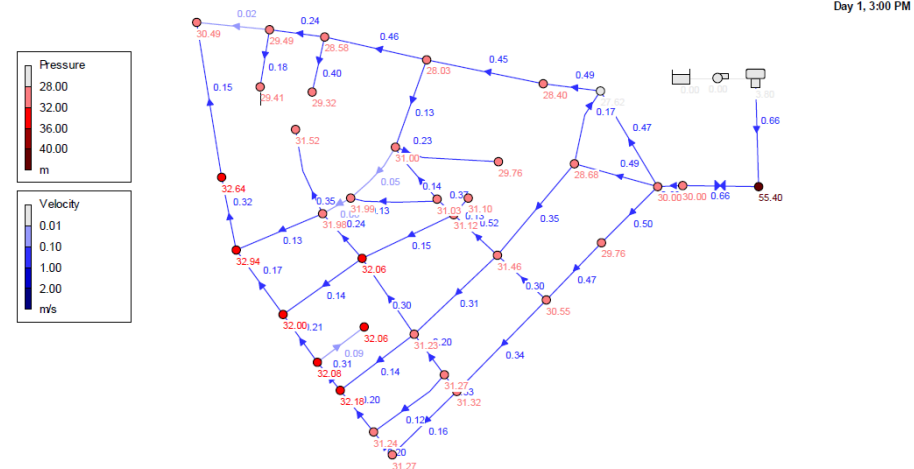
In una città a scelta, selezionare un'area di **almeno 1 km²** da servire con un acquedotto urbano. Si analizzi la domanda idrica in funzione della tipologia di insediamento considerato.

La rete (**chiusa**) deve necessariamente comprendere:

- 2 sorgenti (la portata massima emunta da ogni sorgente $Q_{si} < 70\%$ della portata media richiesta dalla rete nel giorno di massimo consumo Q_g ($Q_{si} < 0.7Q_g$)).
Es. $Q_g = 15 \text{ l/s} \rightarrow Q_{\text{max}} \text{ singola sorgente} = 15 \cdot 0.7 = 10.5 \text{ l/s} \rightarrow Q_{\text{max}} \text{ emunta sorgenti} = 2 \cdot 10.5 = 21 \text{ l/s}$
- 1 serbatoio (almeno)
- 1 pompa (almeno)
- 1 valvola (almeno)
- almeno 30 nodi
- una lunghezza complessiva delle condotte di almeno 10 km.

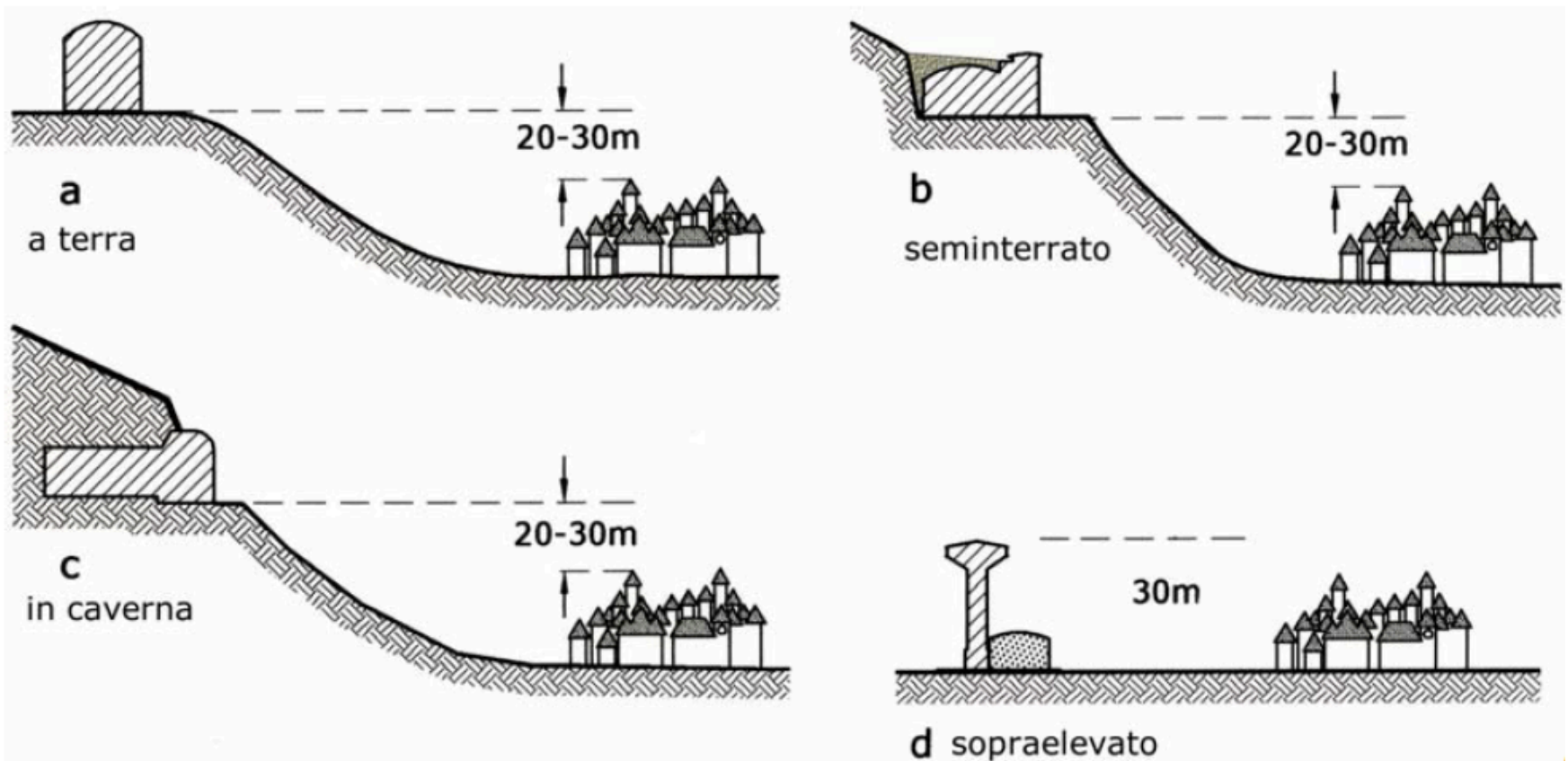
Si effettui il dimensionamento di tutti gli elementi della rete successivamente si ottimizzi la soluzione in modo da ridurre i costi totali.

Per tutte le altre informazioni non fornite ma necessarie si facciano delle ipotesi progettuali, motivandole.



Criteri Progettuali

1. **Criterio di funzionalità:** carico minimo di 1 atm per l'utente più sfavorito (Z_{\max});



Criteri progettuali

2. Criterio di massima affidabilità: vincoli di BUONA NORMA

$$0.5 \text{ m/s} \leq V \leq 2 \text{ m/s}$$

Essendo dei vincoli di buona norma, nel caso in cui non fossero verificate le velocità, il progettista può decidere di :

- Variare i diametri delle tubazioni;
- Cambiare i materiali scelti;
- Rilassare i vincoli.

3. Criterio di minimo costo:

- Scelta dei percorsi stradali pubblici → abbattimento dei costi di scavi e espropri;
- Scelta dei materiali e diametri opportuni → abbattimento dei costi di manutenzione;
- Scelta di un opportuno criterio di funzionamento della pompa;
- ...

<http://www.comune.storo.tn.it/files/appalti/12.%20Computo%20Metrico%20Estimativo.pdf>

