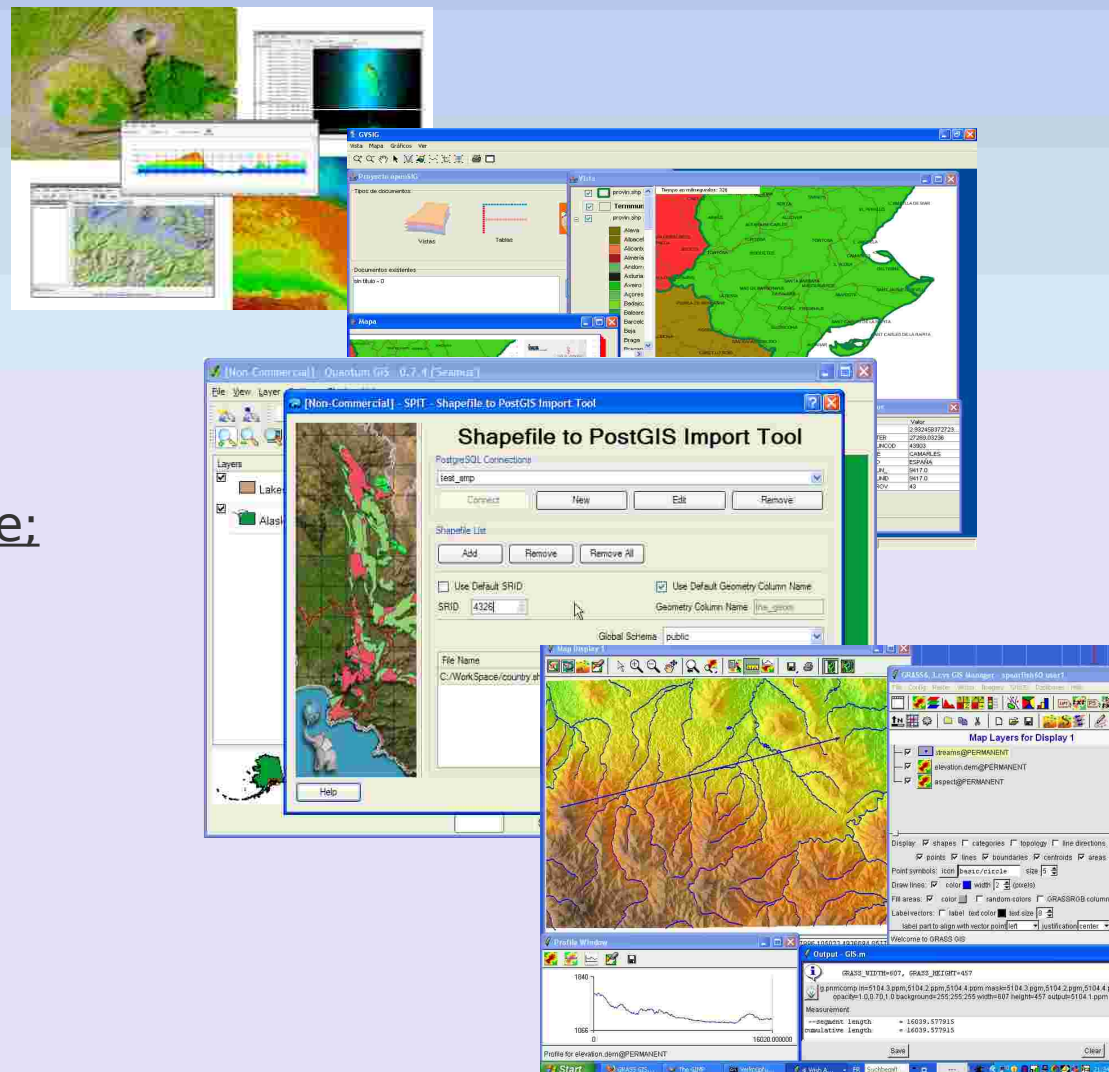


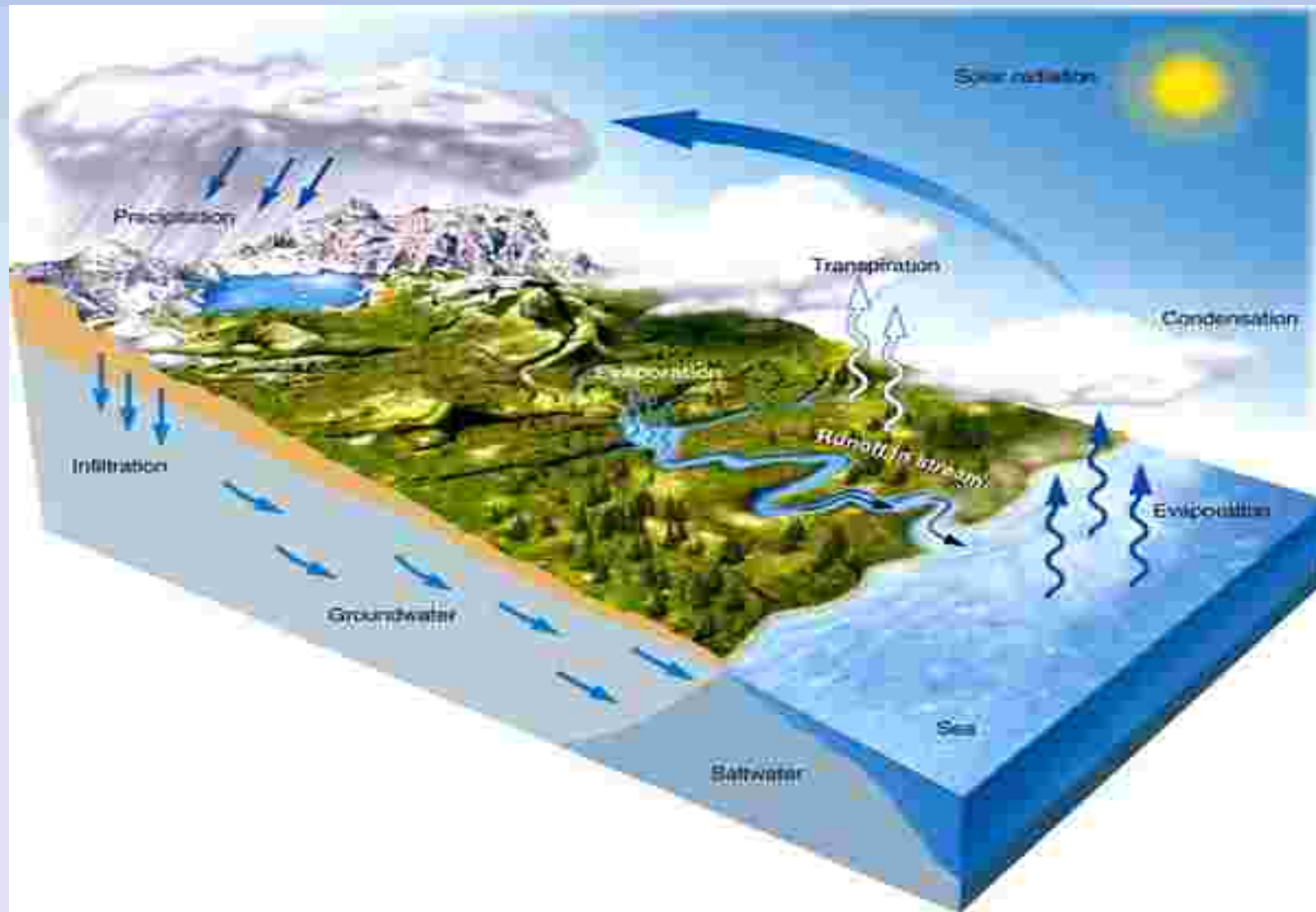
I GIS e l'Open Source

Struttura del seminario:

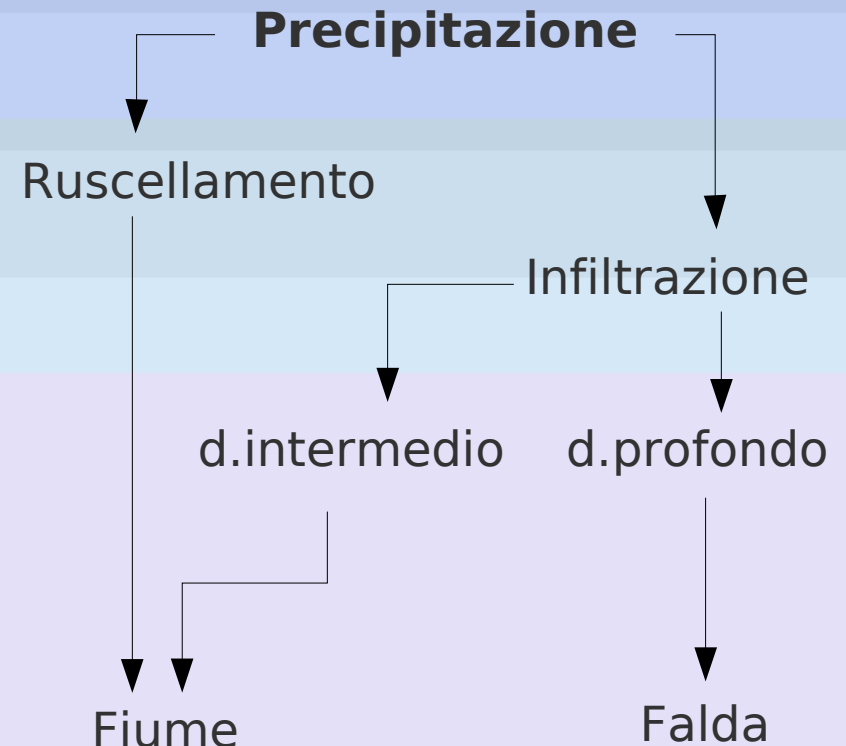
1. Concetti introduttivi;
2. GRASS GIS: installazione;
3. Gestione del dato vettoriale;
4. Gestione del dato raster;
5. Digitalizzazione del dato vettoriale;
6. Applicazioni all'analisi di bacino.



Applicazioni idrogeologiche:

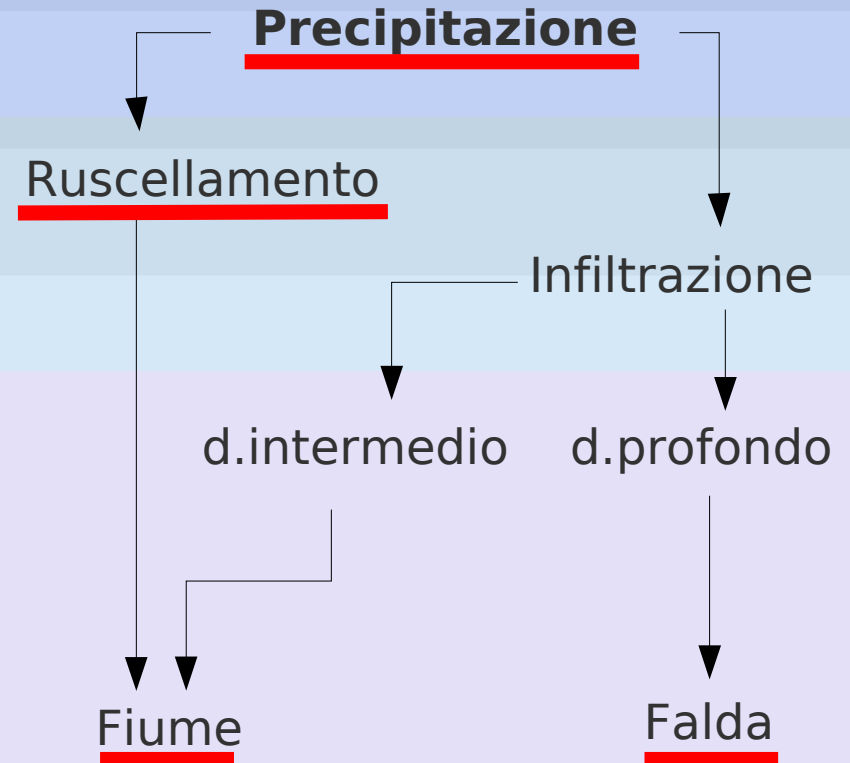
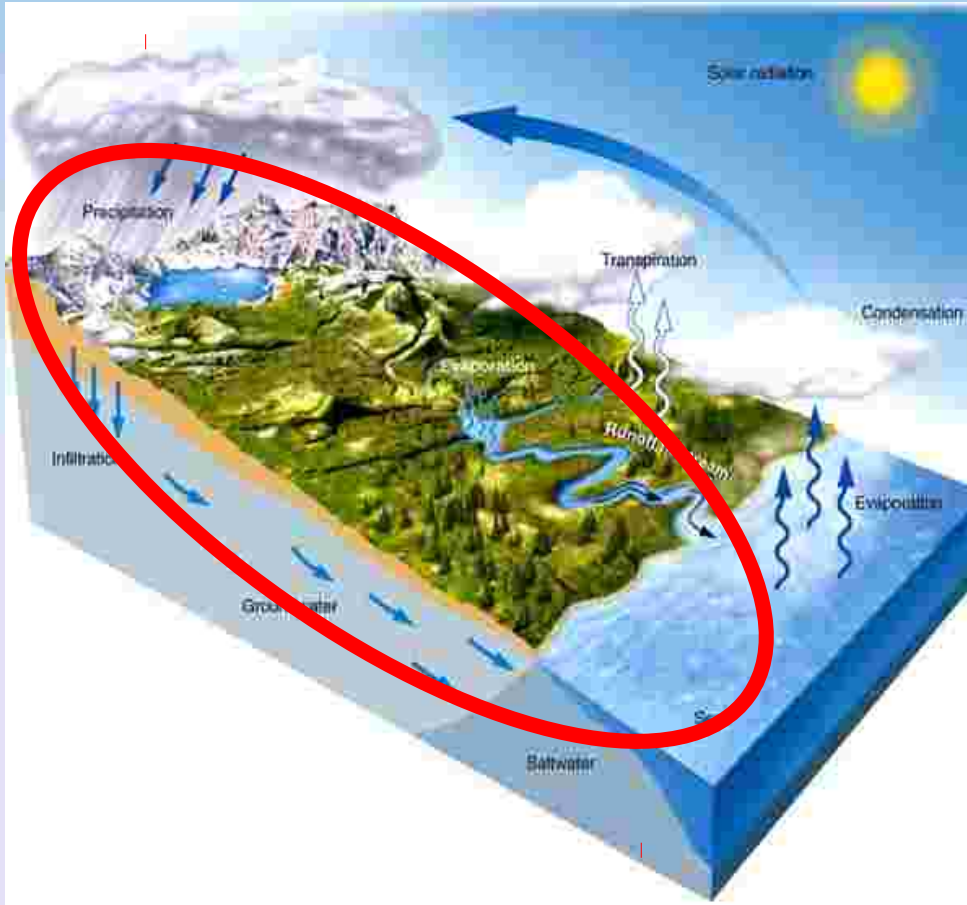


Applicazioni idrogeologiche:



In generale con GRASS è possibile modellare (tramite moduli già presenti o da implementare) tutte le fasi del ciclo dell'acqua: dall'analisi della precipitazione, al calcolo dell'infiltrazione, dalla valutazione del deflusso superficiale all'analisi idrodinamica del deflusso in falda.

Applicazioni idrogeologiche:



In generale con GRASS è possibile modellare (tramite moduli già presenti o da implementare) tutte le fasi del ciclo dell'acqua: dall'analisi della precipitazione, al calcolo dell'infiltrazione, dalla valutazione del deflusso superficiale all'analisi idrodinamica del deflusso in falda.

Analisi delle precipitazioni:

v.voronoi

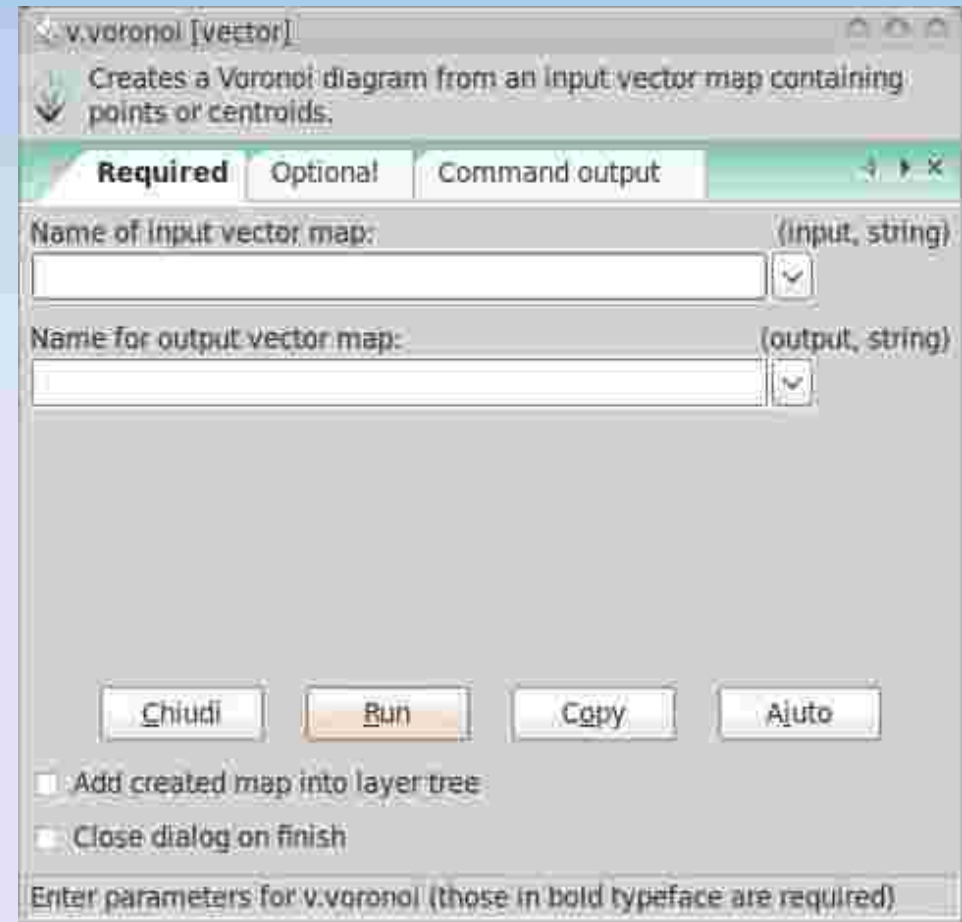
Disegna i poligoni di Thiessen per dato posizionamento dei pluviometri sul terreno:

Input:

- Mappa vettoriale dei punti rappresentanti i pluviometri

Output:

- Mappa vettoriale dei poligoni di Thiessen

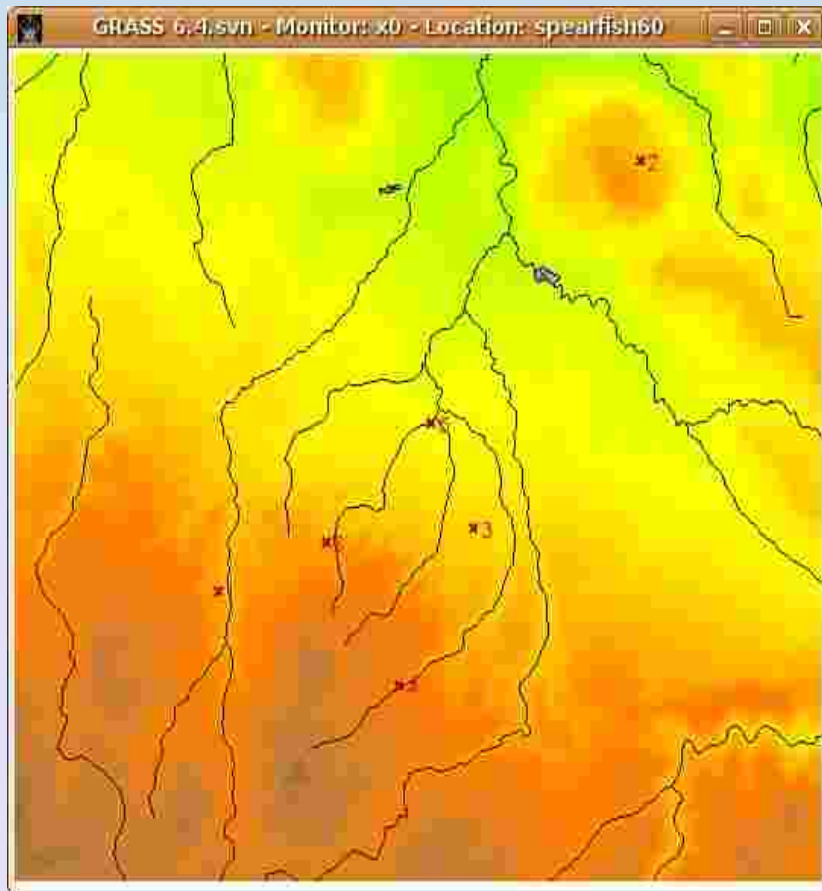


Applicazioni idrogeologiche:



v.voronoi

Si può generare la mappa dei pluviometri con **v.random**:



v.random [vector, statistics]

Randomly generate a 2D/3D vector points map.

Required Optional Command output Manual

Name for output vector map: (output, string)

Number of points to be created: (n, integer)

0

Chiudi Run Copy Ajuto

☐ Add created map into layer tree

☐ Close dialog on finish

Enter parameters for v.random (those in bold typeface are required)

```
v.random output=pluviometri n=6
zmin=0 zmax=0
```

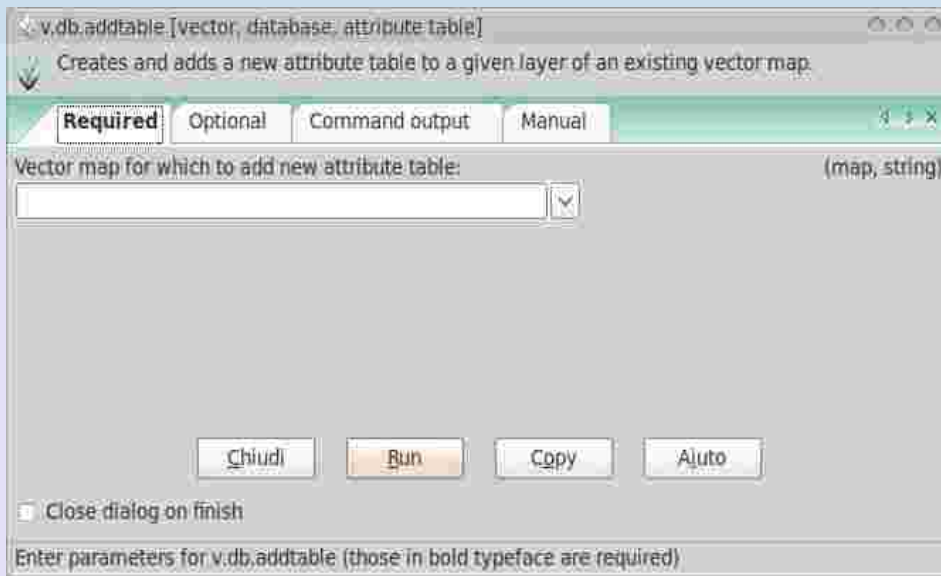
Applicazioni idrogeologiche:



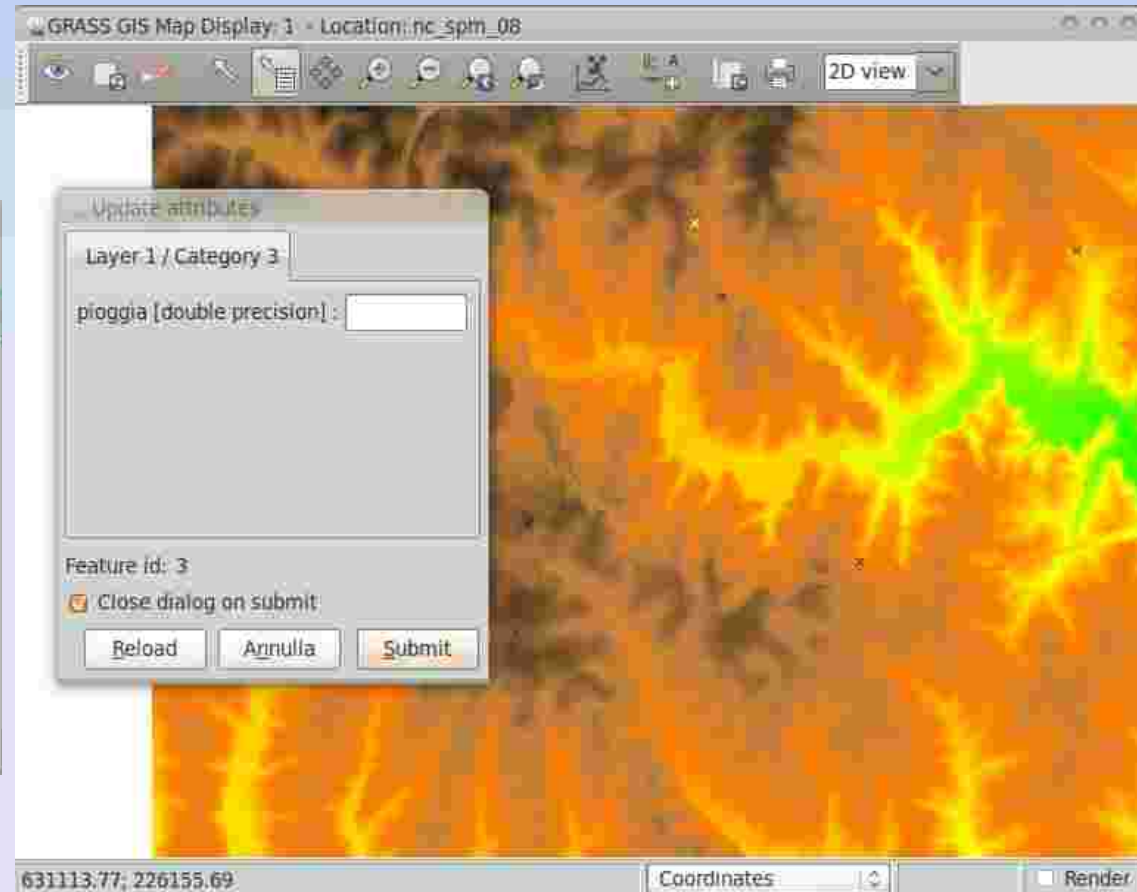
v.voronoj

...creare una tabella in cui ci sia una colonna "pioggia" da riempire con i dati idrologici con **v.db.addtable**:

Si inseriscono i valori di pioggia editando interattivamente gli attributi:



```
v.db.addtable map=pluviometri
layer=1 'columns=cat
integer,pioggia double'
```



Applicazioni idrogeologiche:

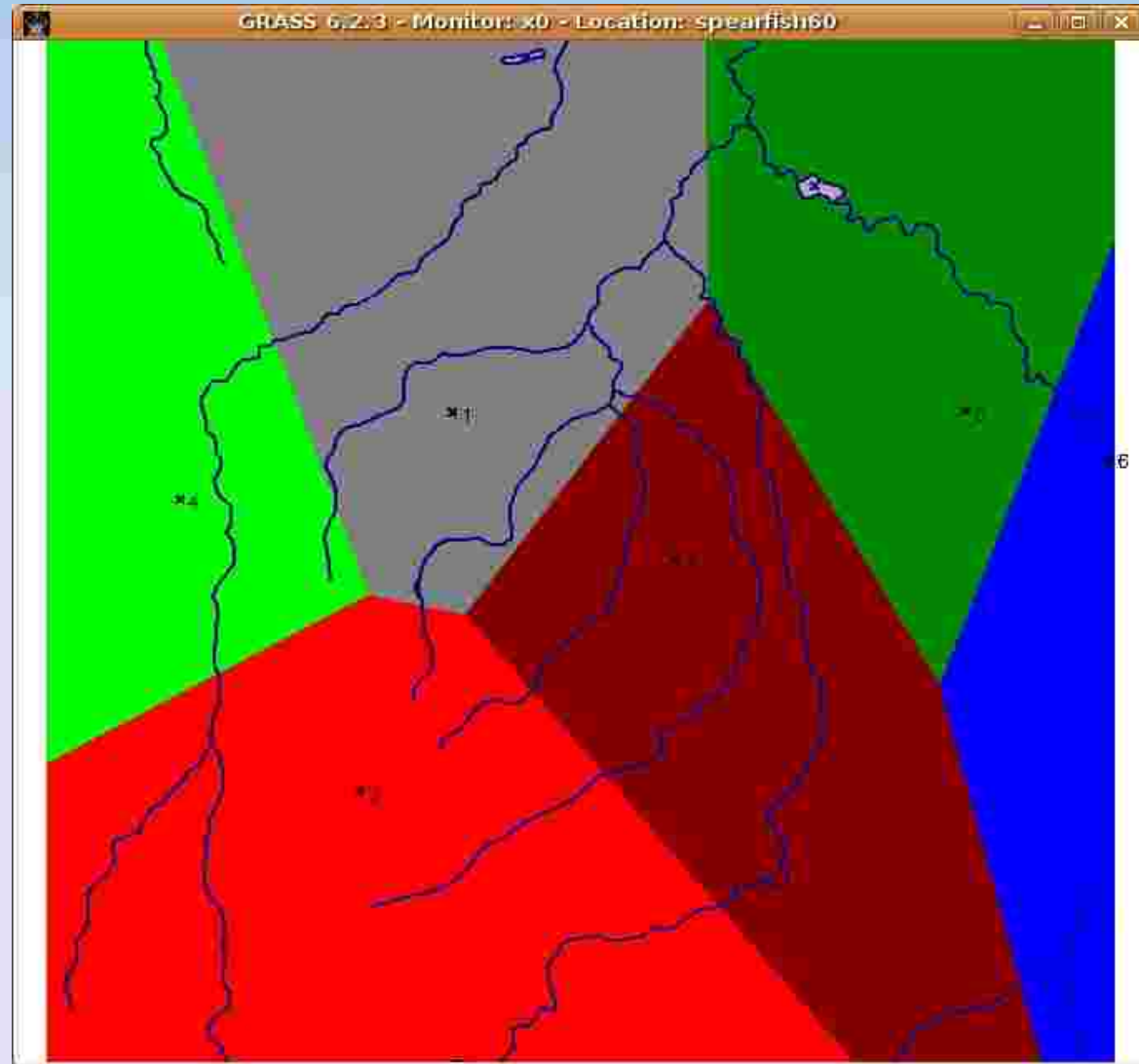


v.voronoi

Non rimane che lanciare
v.voronoi:

```
v.voronoi  
input=punti  
output=poligoni
```

Si può ottenere
un'interpolazione
migliore servendosi delle
potenzialità del formato
raster, ad esempio si
può utilizzare
v.surf.idw...



Applicazioni idrogeologiche:



v.surf.idw

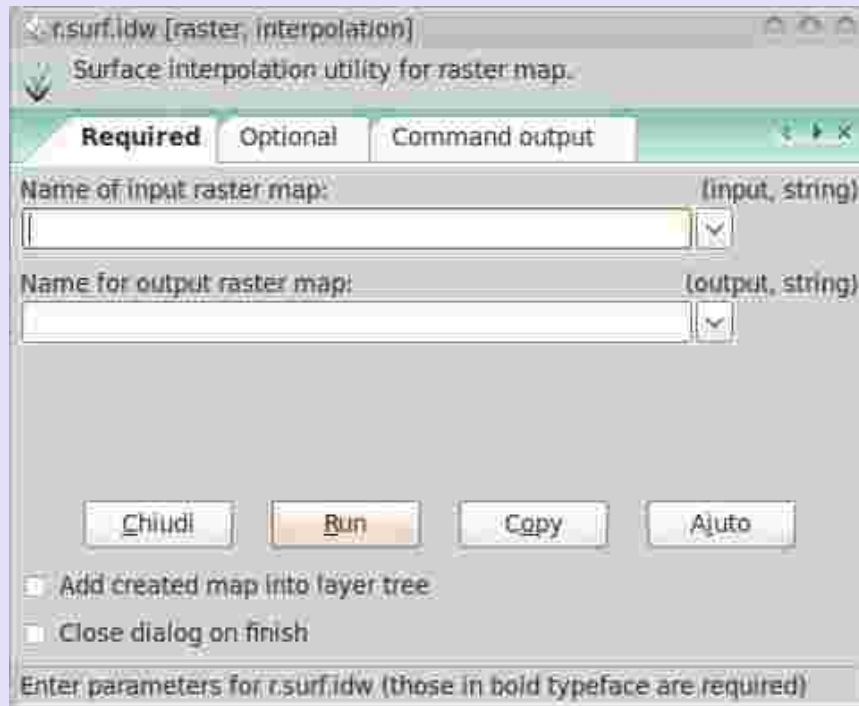
Interpola i dati raster applicando il criterio dei minimi quadrati:

Input:

- Mappa raster da interpolare

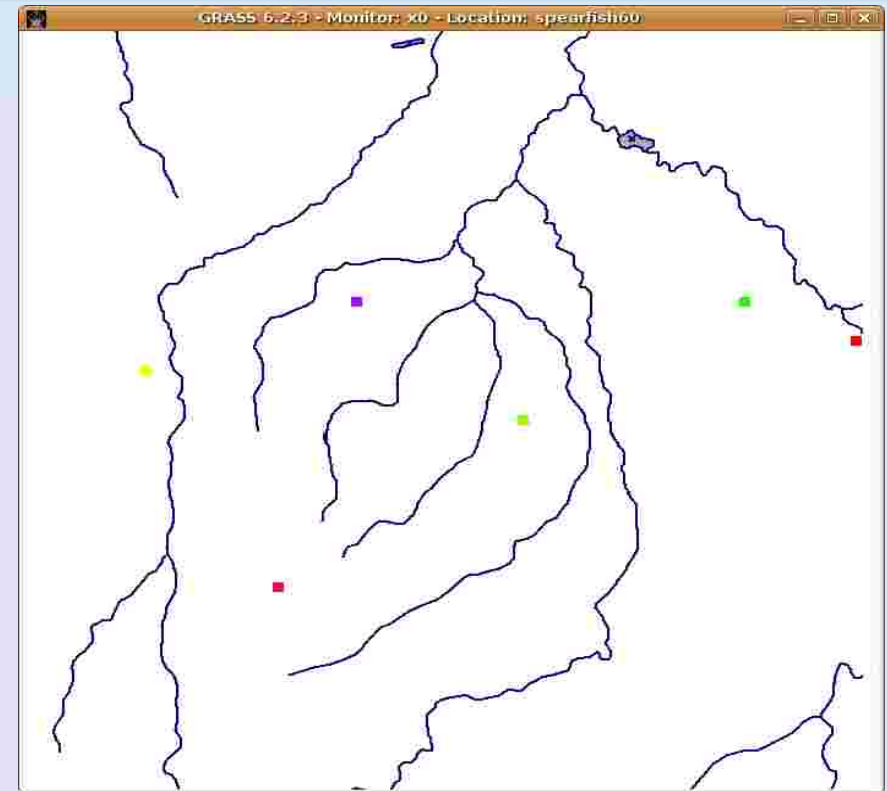
Output:

- Mappa raster interpolata



È quindi necessario trasformare in formato raster la mappa vettoriale dei pluviometri:

```
v.to.rast input=pluviometri
output=pluviometri use=attr
column=pioggia layer=1 value=1
rows=4096
```



Applicazioni idrogeologiche:

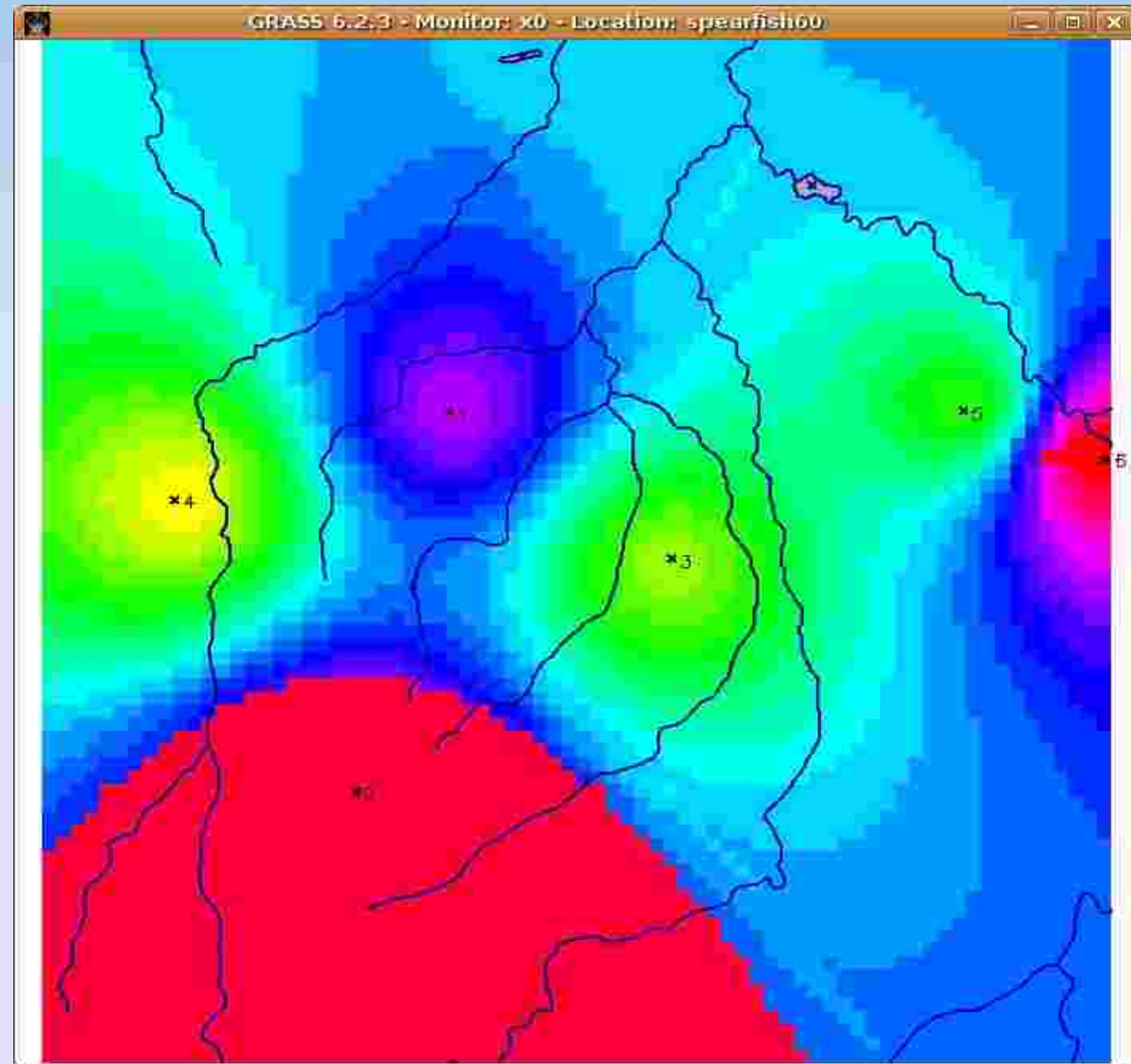


v.surf.idw

Si lancia il comando...

```
r.surf.idw  
input=pluviometri  
output=interpolata  
npoints=12
```

Altri metodi di interpolazione (più raffinati) sono ad esempio **v.surf.rst** o **v.surf.spline**...





r.carve

Rettifica il tracciato fluviale in input per quanto riguarda le quote:

Input:

- DEM
- Reticolo da rettificare
- Larghezza del canale
- Approfondimento aggiuntivo

Output:

- DEM rettificato
- Punti di controllo (opzionale)

r.carve [raster]

Takes vector stream data, transforms it to raster and subtracts depth from the output DEM.

Required Optional Command output Manual

Name of input raster elevation map: (rast, string)

Name of vector input map containing stream(s): (vect, string)

Name for output raster map: (output, string)

Chiudi Run Copy Aiuto

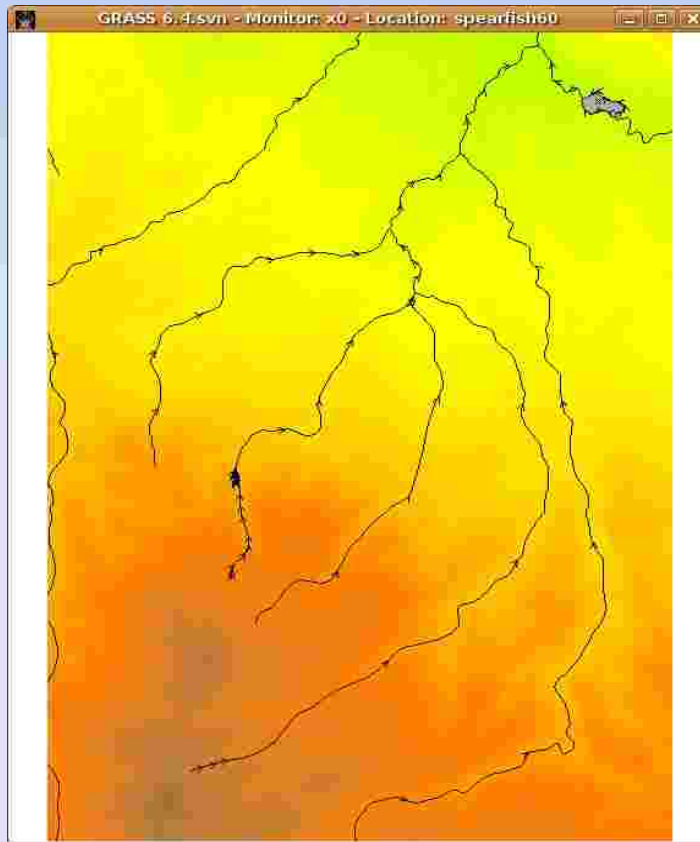
☐ Add created map into layer tree

☐ Close dialog on finish

Enter parameters for r.carve (those in bold typeface are required)



r.carve



r.carve [raster]

Takes vector stream data, transforms it to raster and subtracts depth from the output DEM.

Required Optional Command output Manual

Name of input raster elevation map: (rast, string)

Name of vector input map containing stream(s): (vect, string)

Name for output raster map: (output, string)

Chiudi Run Copy Aiuto

☐ Add created map into layer tree

☐ Close dialog on finish

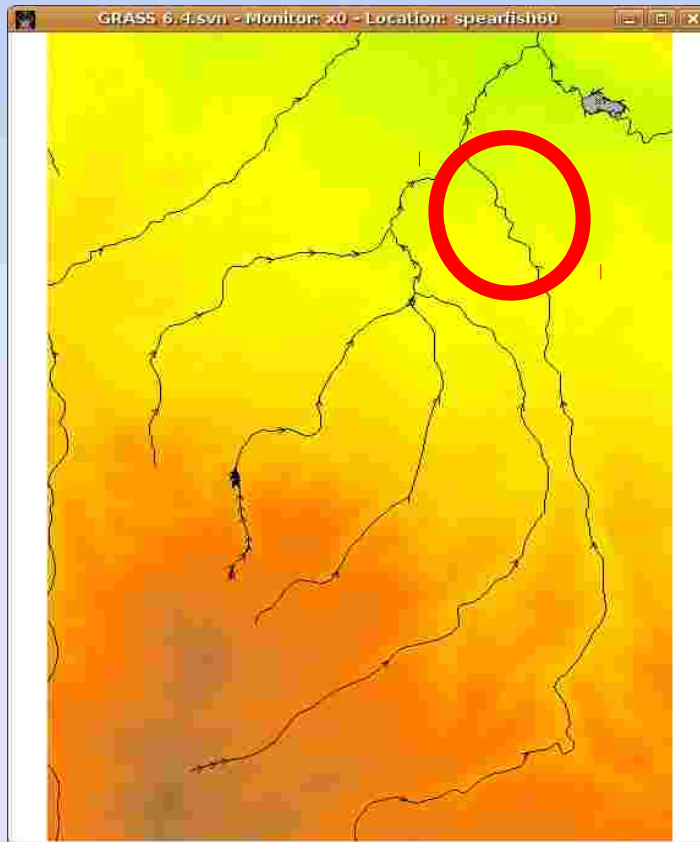
Enter parameters for r.carve (those in bold typeface are required)

Esempio:

```
r.carve -n rast=elevation.dem vect=streams
output=elevation_streams points=out_points
width=10
```



r.carve



r.carve [raster]

Takes vector stream data, transforms it to raster and subtracts depth from the output DEM.

Required Optional Command output Manual

Name of input raster elevation map: (rast, string)

Name of vector input map containing stream(s): (vect, string)

Name for output raster map: (output, string)

Chiudi **Run** **Copy** **Aiuto**

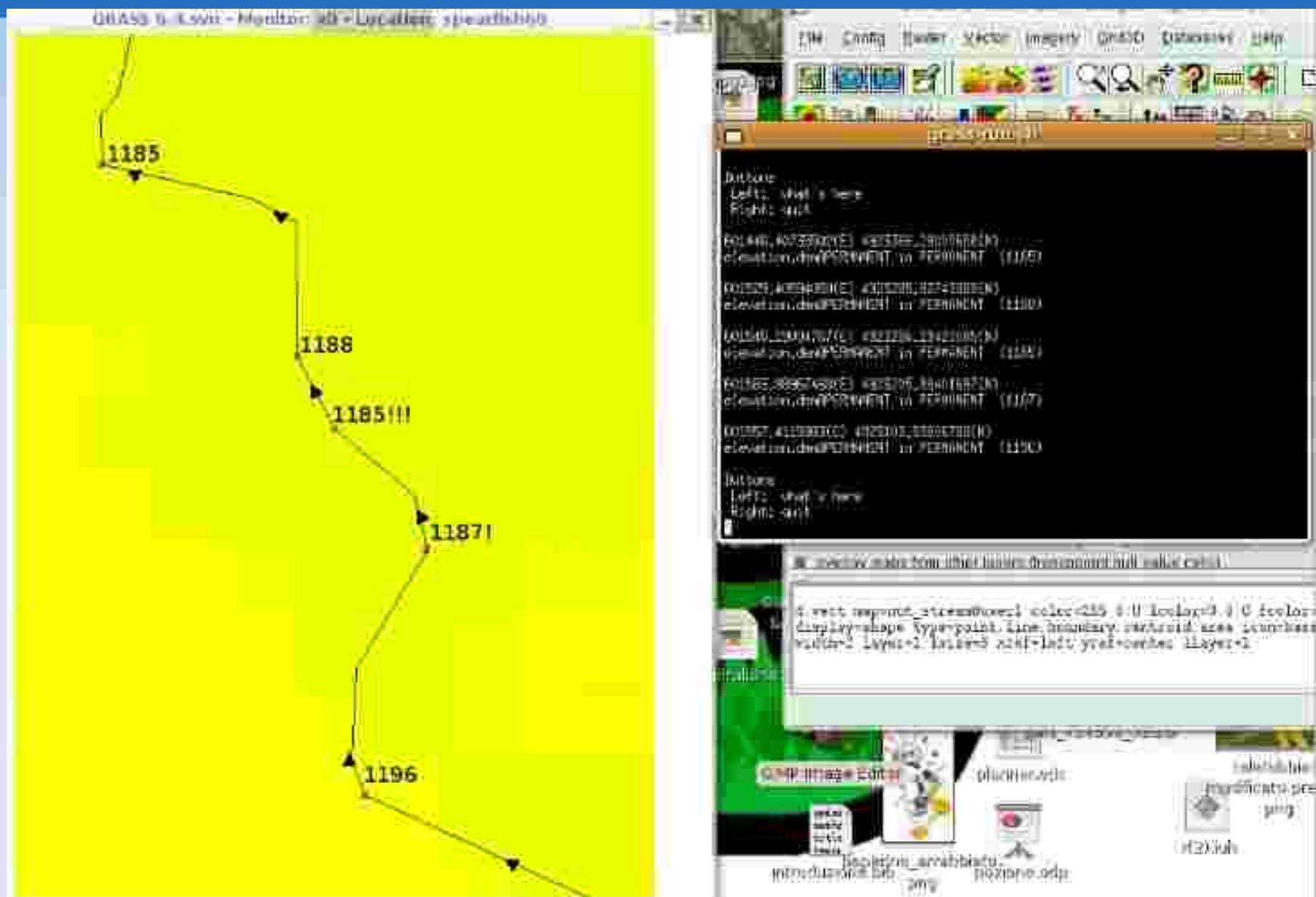
☐ Add created map into layer tree

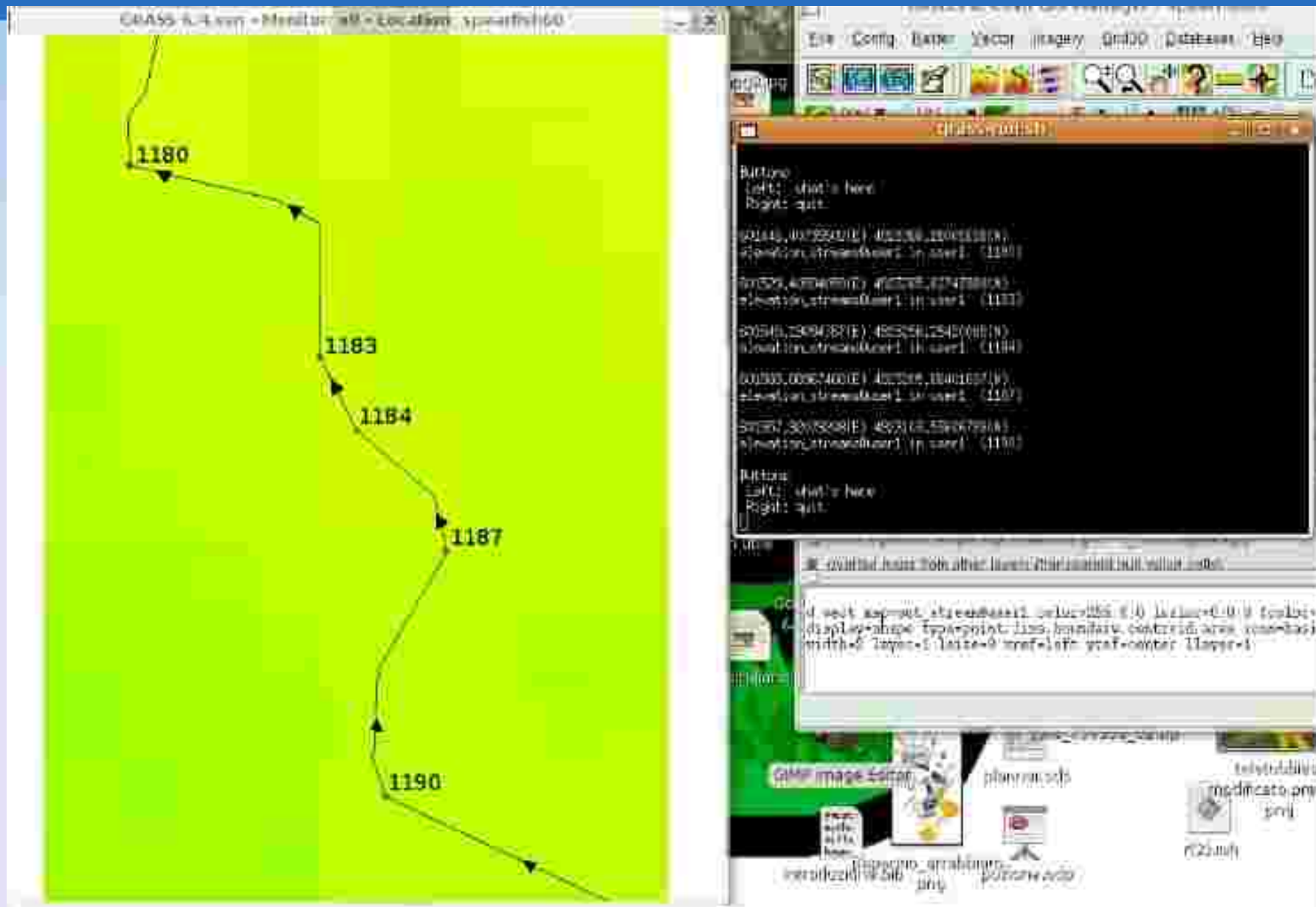
☐ Close dialog on finish

Enter parameters for r.carve (those in bold typeface are required)

Esempio:

```
r.carve -n rast=elevation.dem vect=streams
output=elevation_streams points=out_points
width=10
```







r.lake

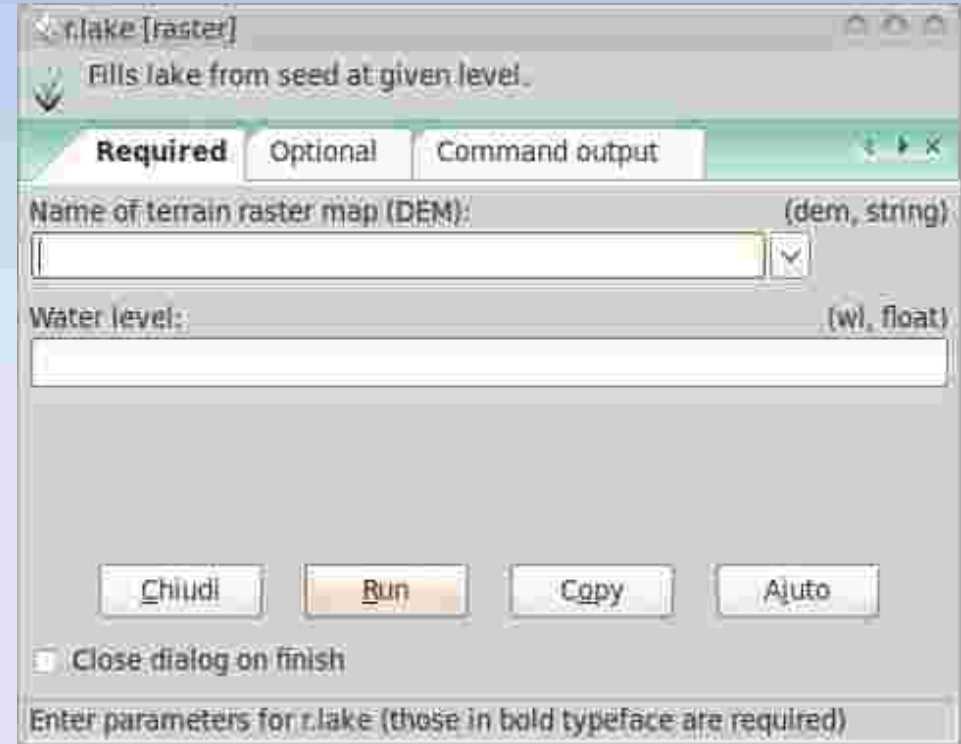
“Allaga” il DEM a partire da un dato punto (note le coordinate) fino ad una data quota:

Input:

- DEM
- Livello dell'acqua desiderato (m.s.l.m.)
- Coordinate del punto di partenza
- Mappa dell'area da allagare

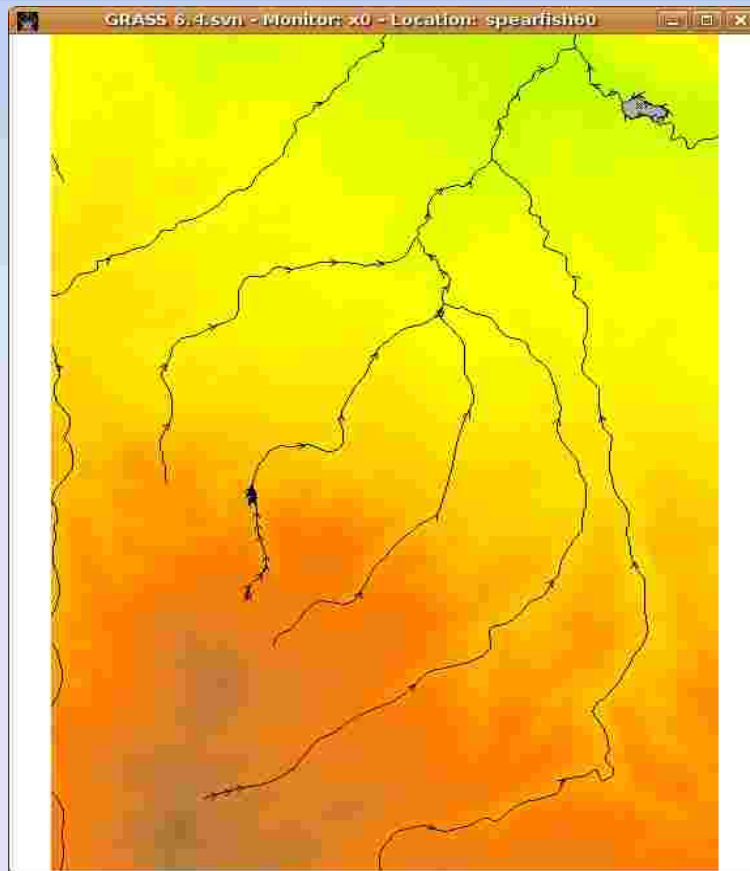
Output:

- Mappa della zona allagata





r.lake



r.lake [raster]

Fills lake from seed at given level.

Required Optional Command output

Name of terrain raster map (DEM): (dem, string)

Water level: (wl, float)

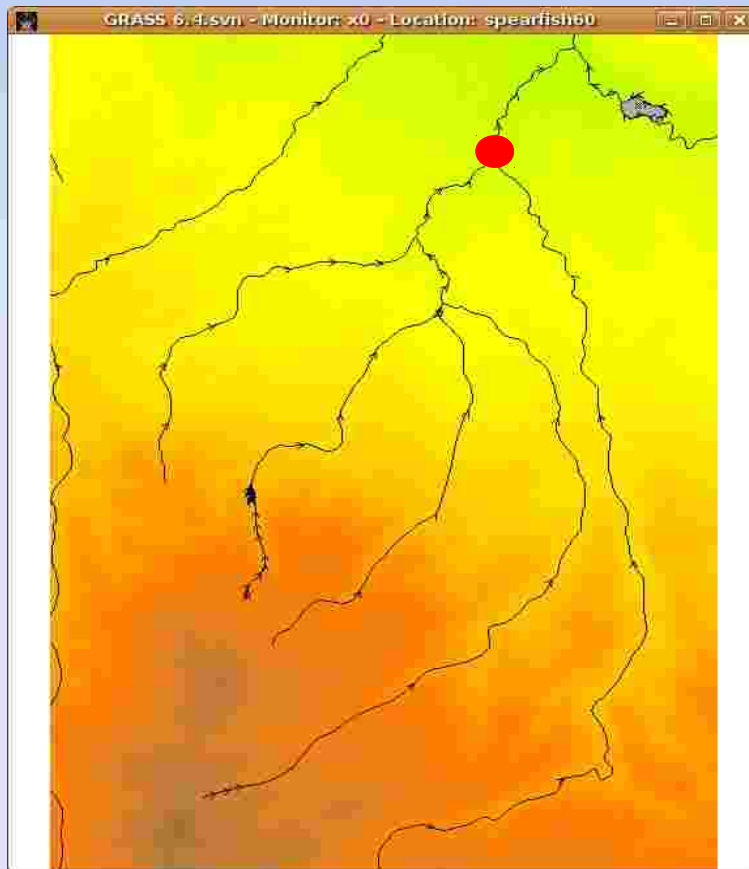
☐ Close dialog on finish

Enter parameters for r.lake (those in bold typeface are required)

Esempio: `r.lake dem=elevation.dem wl=1200
lake=elevation.lake xy=601186.31,4923789.61`



r.lake



r.lake [raster]

Fills lake from seed at given level.

Required Optional Command output

Name of terrain raster map (DEM): (dem, string)

Water level: (wl, float)

☐ Close dialog on finish

Enter parameters for r.lake (those in bold typeface are required)

Esempio: `r.lake dem=elevation.dem wl=1200`
`lake=elevation.lake xy=601186.31,4923789.61`

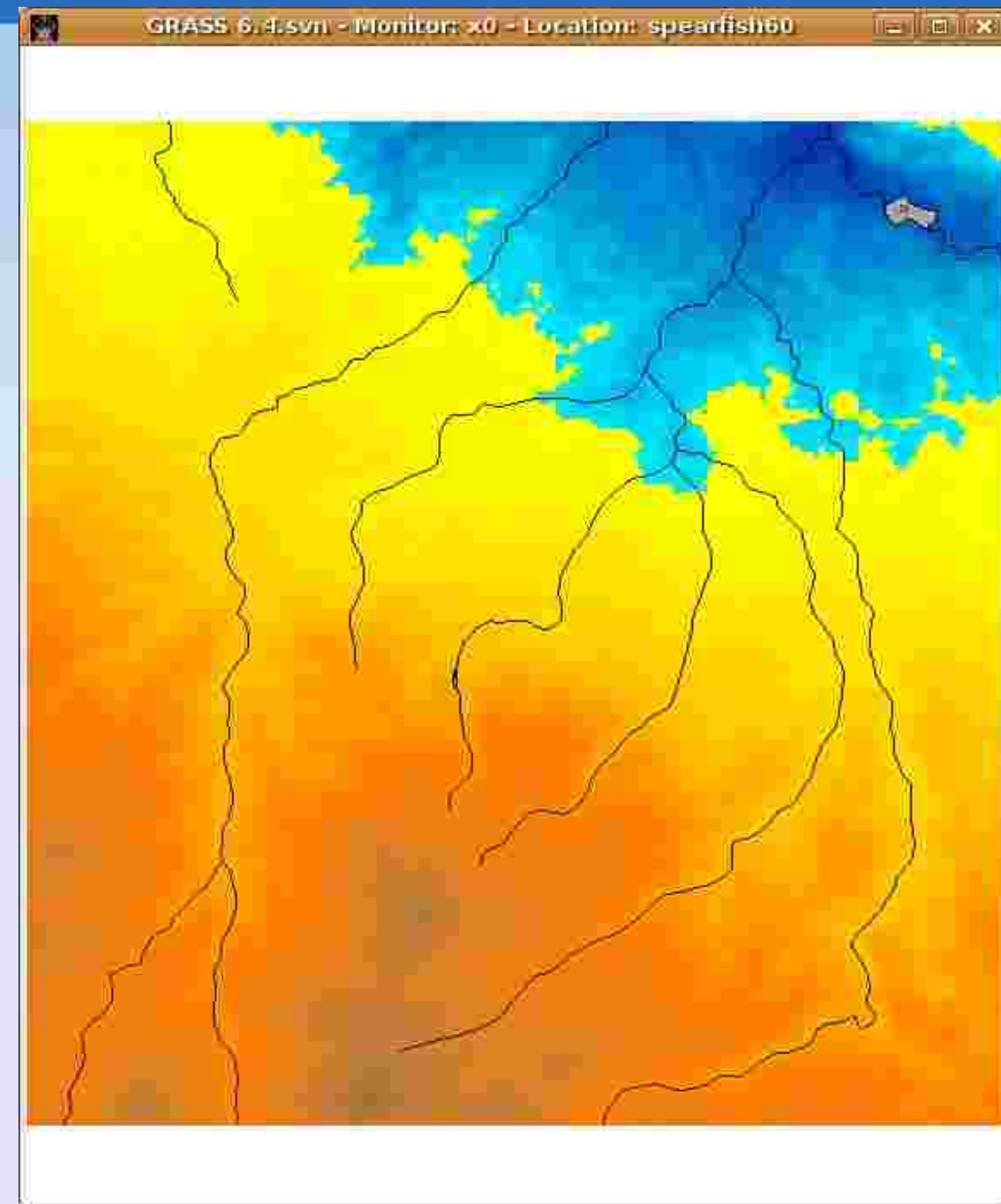


r.lake

Proiettando il DEM e il “lago” creato si evidenziano le zone allagate (in blu).



...una vista più realistica delle zone allagate si può ottenere utilizzando NVIZ





r.lake

Per visualizzare il risultato ottenuto su NVIZ si può:

- creare una maschera della zona allagata →

```
r.mapcalc  
'MASK=elevation.lake/  
elevation.lake'
```
- creare un piano alla quota di allagamento →

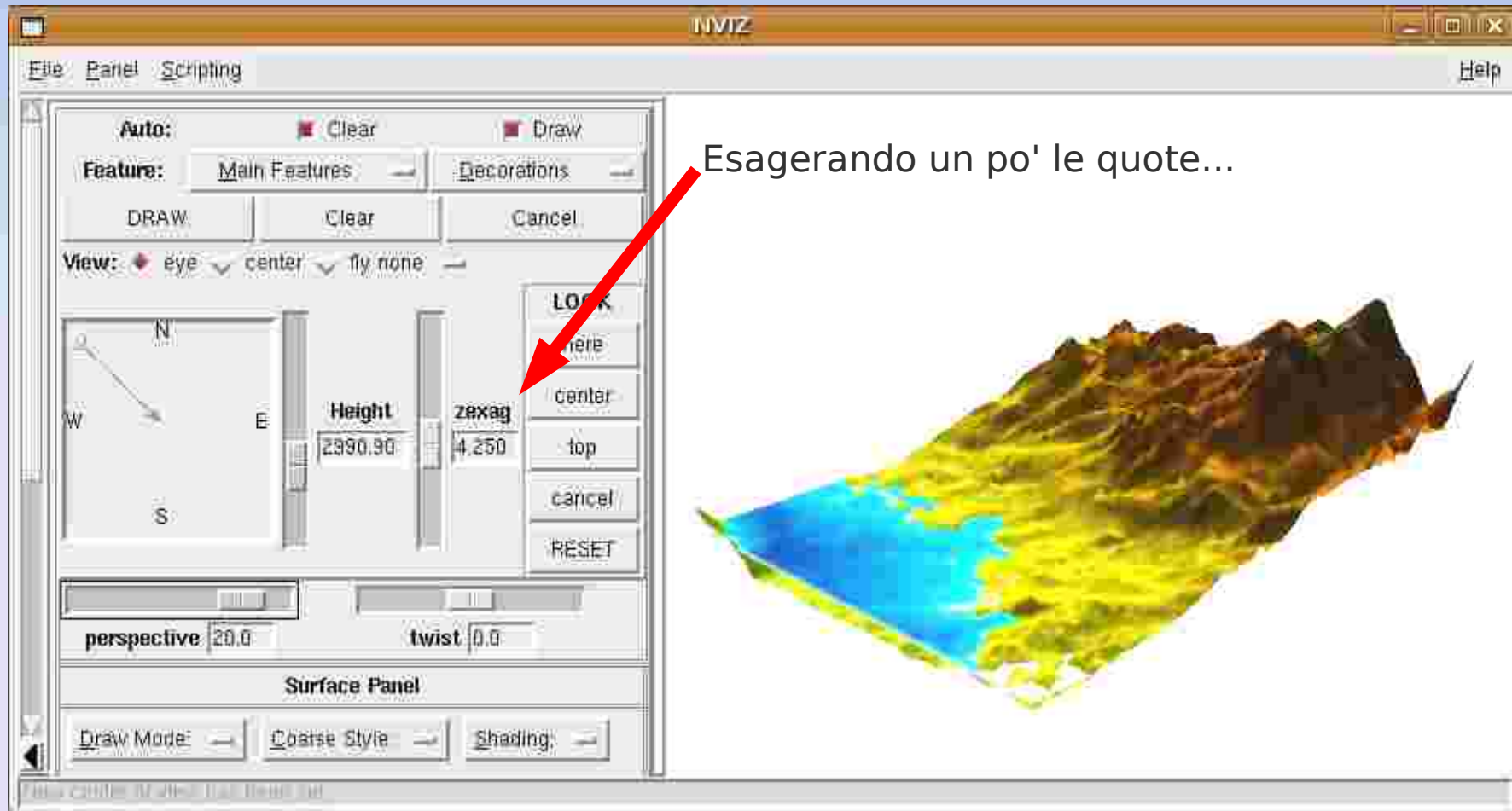
```
r.mapcalc  
'plane=1200'
```
- rimuovere la maschera →

```
g.mremove -f  
rast=MASK
```
- proiettare su NVIZ piano e DEM e impostare su NVIZ i colori relativi alla mappa iniziale... →

```
nviz  
elev=elevation.dem,piano  
color=elevation.dem,eleva  
tion.lake
```



r.lake



...si può ottenere una visualizzazione realistica della situazione.



r.flow

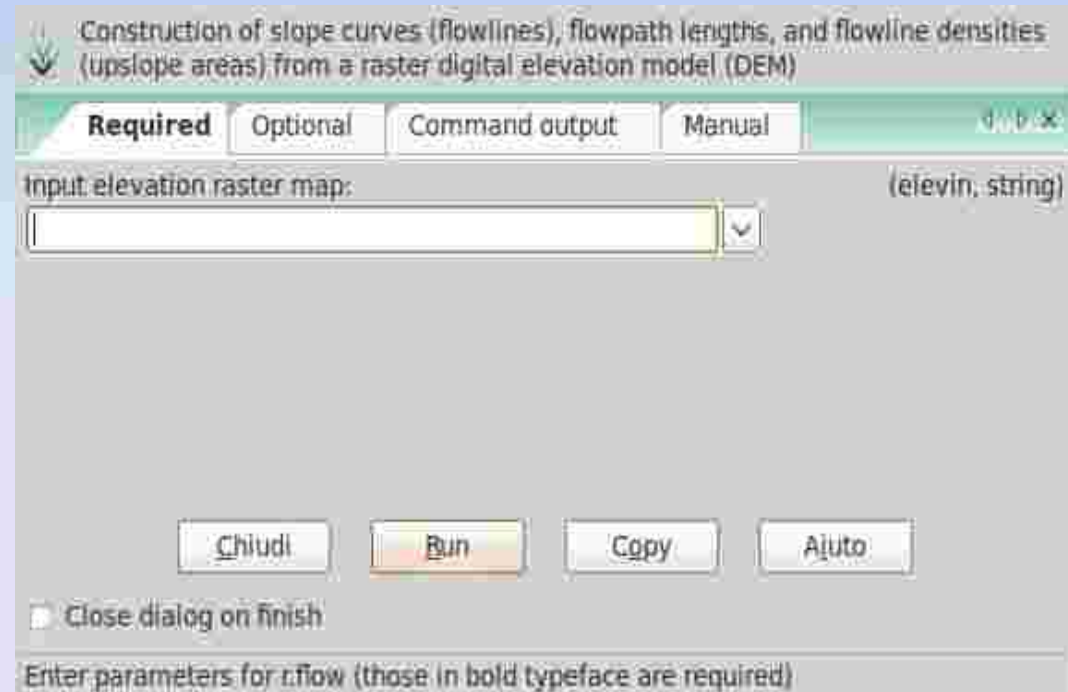
Disegna le linee di deflusso con rispettive aree di drenaggio e lunghezza dei percorsi.

Input:

- DEM
- Mappa raster dell'immersione
- Mappa raster delle barriere (ostacoli al deflusso)

Output:

- Mappa vettoriale delle linee di deflusso
- Mappa raster della distanza dalla più vicina linea di deflusso
- Mappa raster delle aree di drenaggio a monte di ogni linea





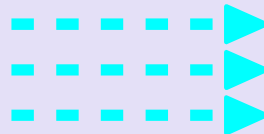
r.flow

Facendo girare **r.flow** si ottiene la mappa delle linee di deflusso

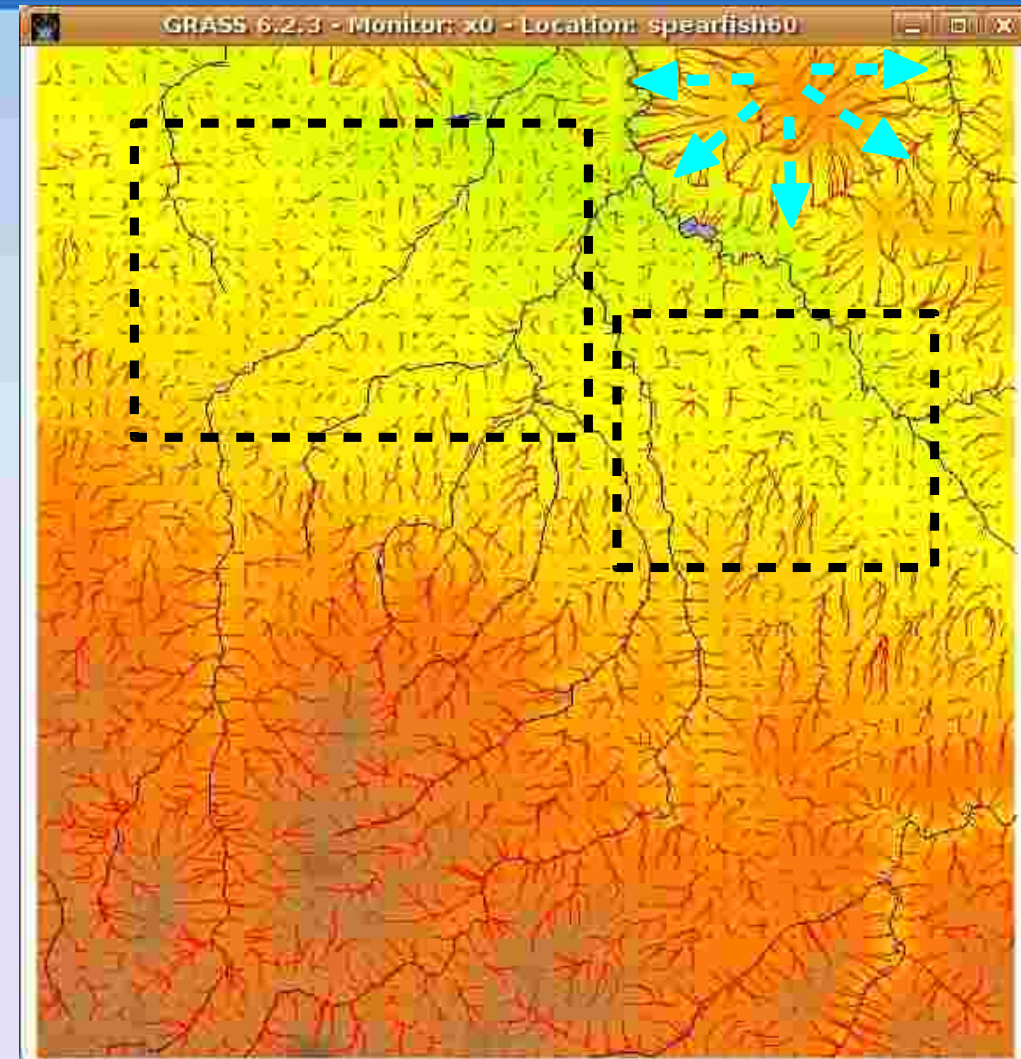


Da notare:

Come l'acqua scende da "monte" verso "valle"



Come l'andamento delle linee è ambiguo in zone pianeggianti



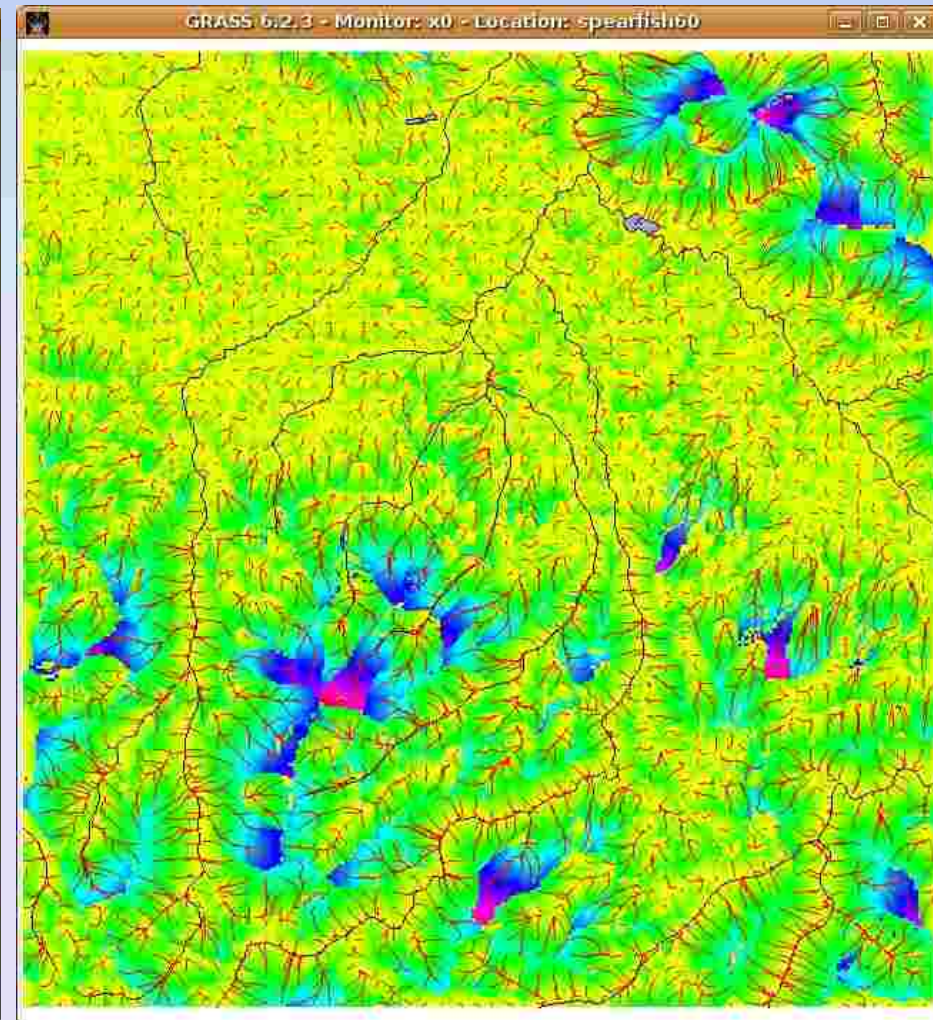
Esempio:

```
r.flow elevin=elevation.dem skip=5 bound=338
flout=flow_vect lgout=flowlength dsout=flowdens
```



r.flow

La mappe di area di drenaggio (in celle) e di lunghezza dei percorsi:





r.watershed

Modulo per l'analisi idrologica a scala di bacino.

Effettua diversi tipi di analisi a carattere idrologico sul bacino ed è piuttosto completo...



...bisogna aver chiaro ciò che si vuole conoscere.

r.watershed [raster]
Watershed basin analysis program.

Input options | Required | Output options | Optional

Input map: locations of real depressions: (depression, string)

Input map: amount of overland flow per cell: (flow, string)

Input map or value: percent of disturbed land, for USLE: (disturbed.land, string)

Input map: terrain blocking overland surface flow, for USLE: (blocking, string)

Input value: minimum size of exterior watershed basin: (threshold, integer)

Input value: maximum length of surface flow in map units, for USLE: (max.slope.length, float)

☐ Close dialog on finish

Enter parameters for r.watershed (those in bold typeface are required)



r.watershed

Input:

- DEM
- Mappa di eventuali depressioni presenti sul DEM
- Mappa della quantità di deflusso per ogni cella
- Mappa di eventuali ostacoli al deflusso sulla superficie
- Threshold o soglia
- Lunghezza massima dei percorsi di deflusso superficiale

Output:

- Mappa di accumulazione
- Mappa delle direzioni di drenaggio
- Mappa dei bacini presenti
- Mappa del reticolo idrografico
- Individuazione dei semi-bacini in funzione della struttura del reticolo

r.watershed [raster]

Watershed basin analysis program:

Required Input options **Output options** Optional

Output map: number of cells that drain through each cell: (accumulation, string)

Output map: drainage direction: (drainage, string)

Output map: unique label for each watershed basin: (basin, string)

Output map: stream segments: (stream, string)

Output map: each half-basin is given a unique value: (half.basin, string)

Output map: useful for visual display of results. DEPRECATED: (visual, string)

Output map: slope length and steepness (LS) factor for USLE: (length.slope, string)

Output map: slope steepness (S) factor for USLE: (slope.steepness, string)

Chiudi Run Copy Ajuto

☐ Close dialog on finish

Enter parameters for r.watershed (those in bold typeface are required)



r. watershed

Threshold?

È il numero minimo di celle che un canale di ordine uno (secondo Horton-Strahler) deve avere a monte perché possa essere considerato tale...



Rappresenta un'area (numero di celle)



Individua di fatto l'“inizio” di un reticolo idrografico:

Da quale punto in poi posso considerare la linea di deflusso un canale (quindi passare da deflusso di versante a deflusso di canale)?

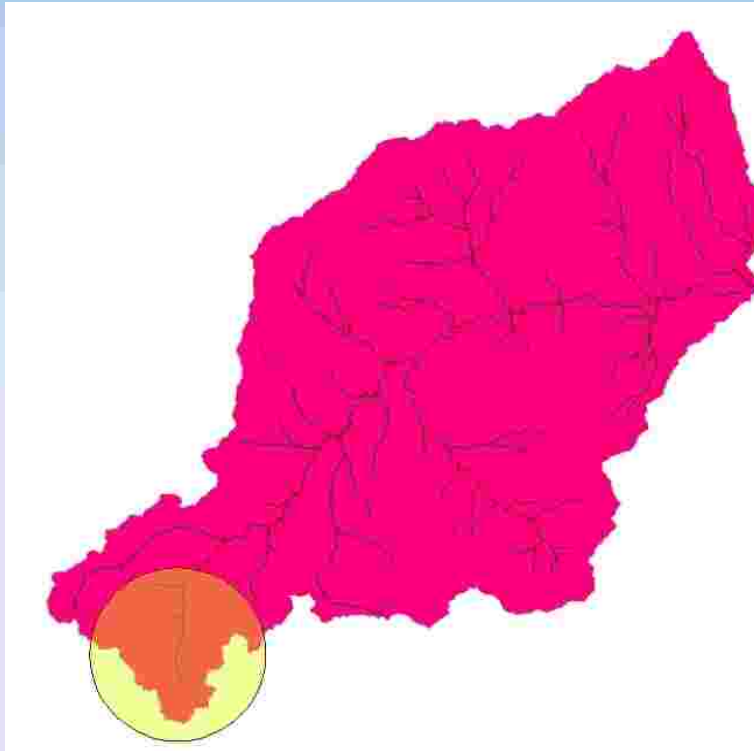
Quante celle devono drenare acqua nella prima cella di un canale di ordine uno?

Threshold!



r.watershed

Ad esempio, impostando una threshold di 1000 celle...



A valori di threshold
diversi corrispondono
reticoli diversi!



**Inizio del
canale di
ordine 1**

1000 celle



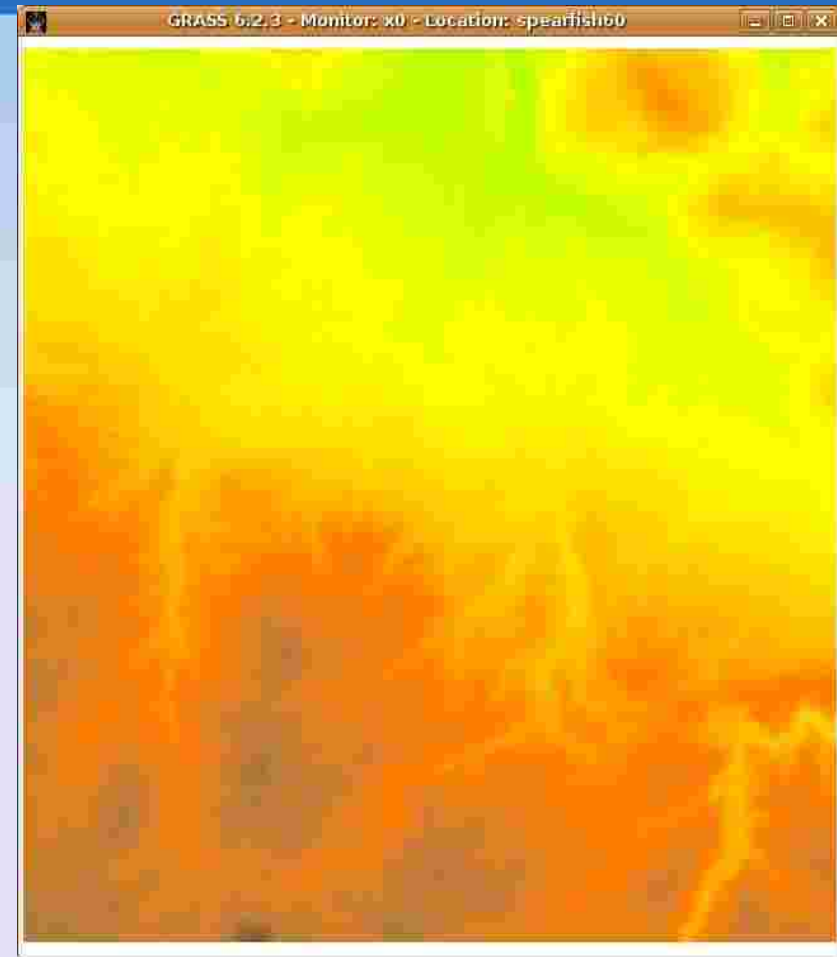
r.watershed

Input:

- DEM
- ~~Mappa di eventuali depressioni presenti sul DEM~~
- ~~Mappa della quantità di deflusso per ogni cella~~
- ~~Mappa di eventuali ostacoli al deflusso sulla superficie~~
- Threshold o soglia
- ~~Lunghezza massima dei percorsi di deflusso superficiale~~

Output:

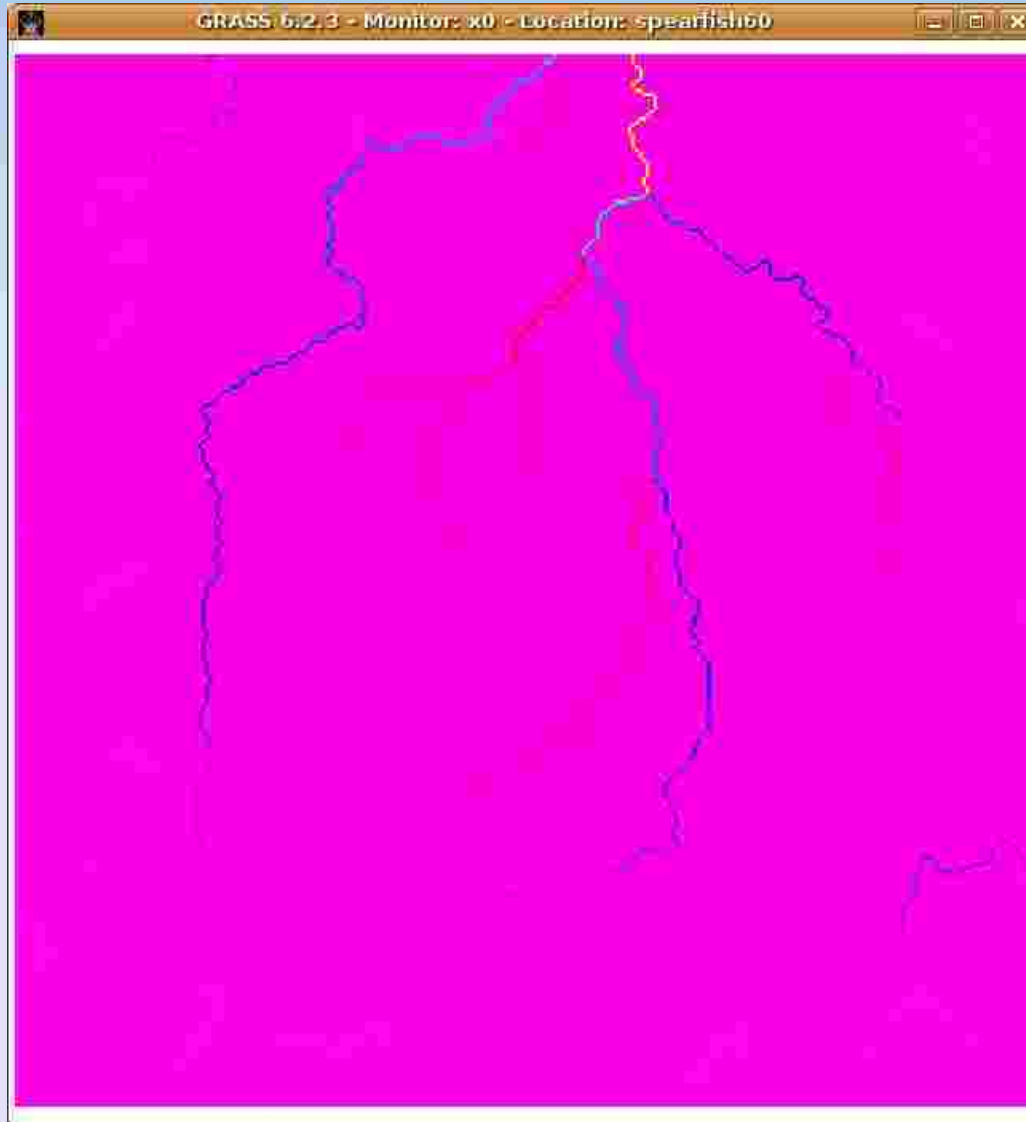
- Mappa di accumulazione
- Mappa delle direzioni di drenaggio
- Mappa dei bacini presenti
- Mappa del reticolo idrografico
- ~~Individuazione dei semi-bacini in funzione della struttura del reticolo~~



```
r.watershed elevation=elevation.dem
threshold=1000
accumulation=flow_accumulation
drainage=flow_direction basin=basin
stream=stream
```



r.watershed



Mappa di accumulazione

Se si interroga si osservano valori negativi...

...questi valori individuano pixel che ricevono acqua da zone al di fuori della regione corrente!

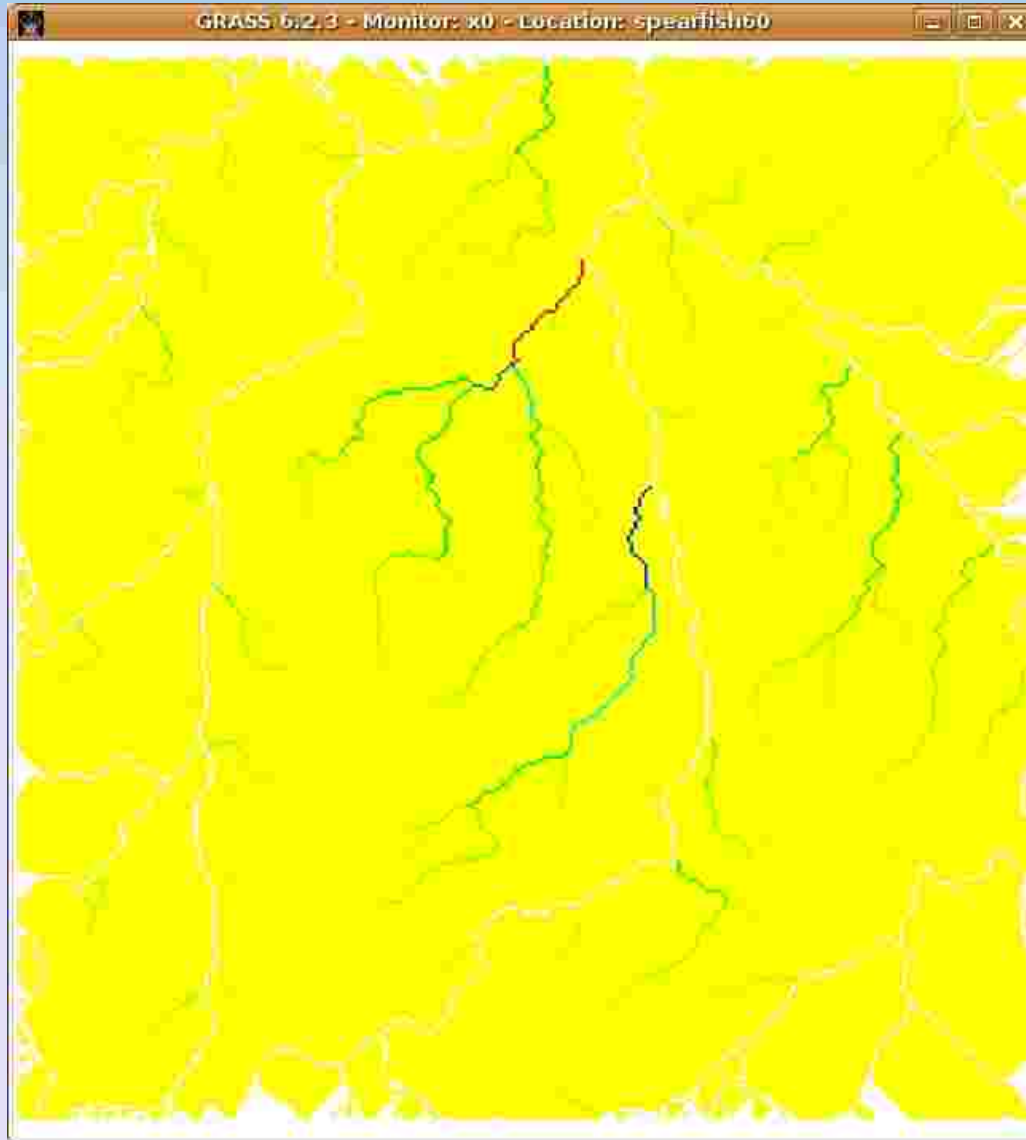
Per identificarli si può eliminare i valori negativi dalla mappa tramite i comandi:

➤ `r.mapcalc`
`'positive=if(flow_`
`accumulation>0,flo`
`w_accumulation,0)'`

➤ `r.null`
`map=positive`
`setnull=0`



r.watershed



Mapa di accumulazione

Se si interroga si osservano valori negativi...

...questi valori individuano pixel che ricevono acqua da zone al di fuori della regione corrente!

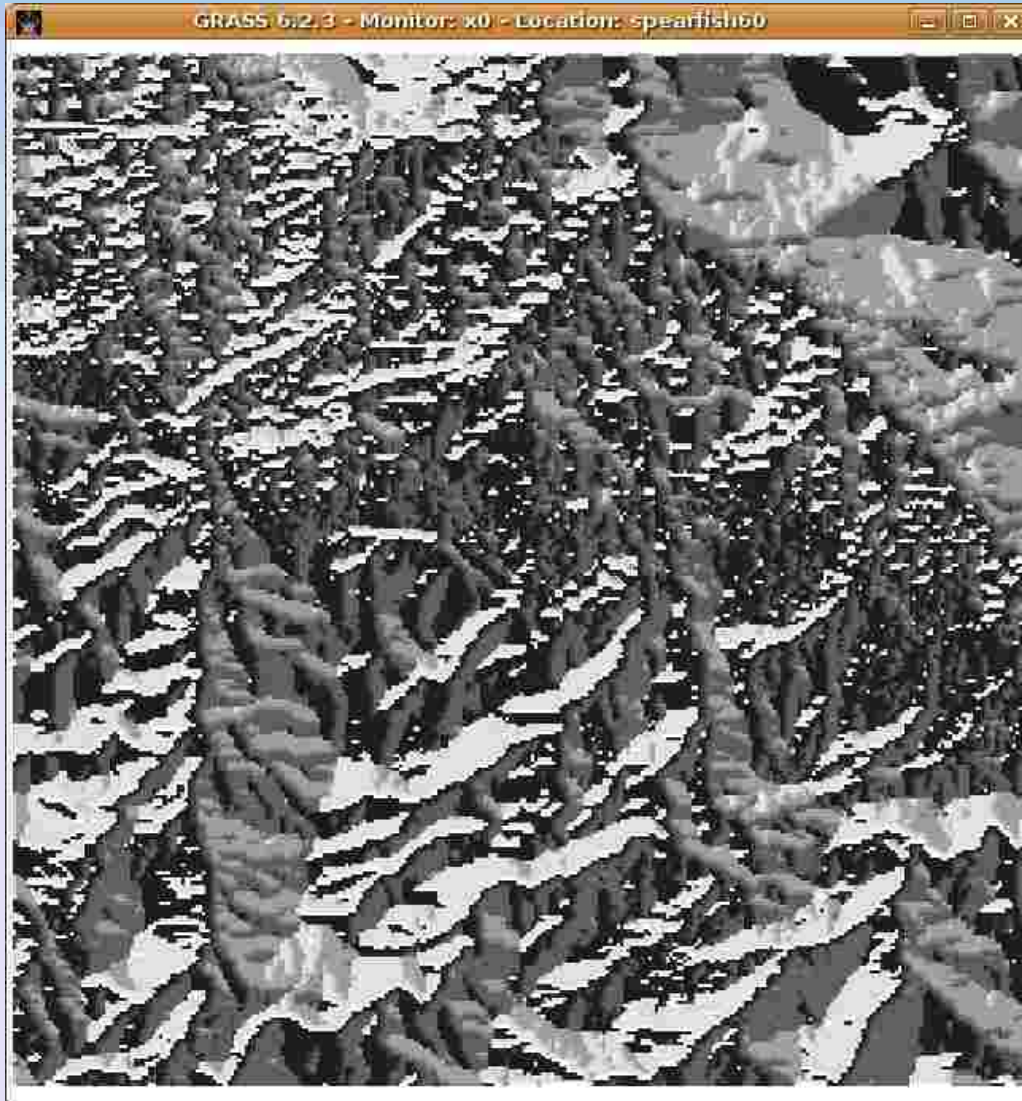
Per identificarli si può eliminare i valori negativi dalla mappa tramite i comandi:

➤ `r.mapcalc`
`'positive=if(flow_`
`accumulation>0,flo`
`w_accumulation,0)'`

➤ `r.null`
`map=positive`
`setnull=0`



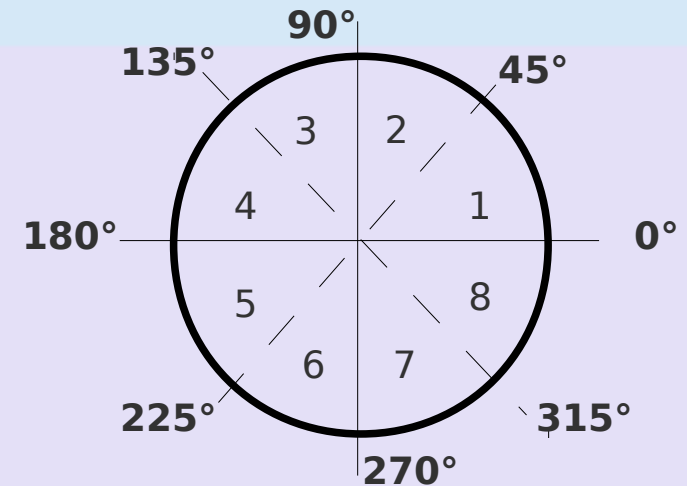
r.watershed



Mapa delle direzioni di drenaggio

Se si interroga si osservano valori che vanno da 1 a 8...

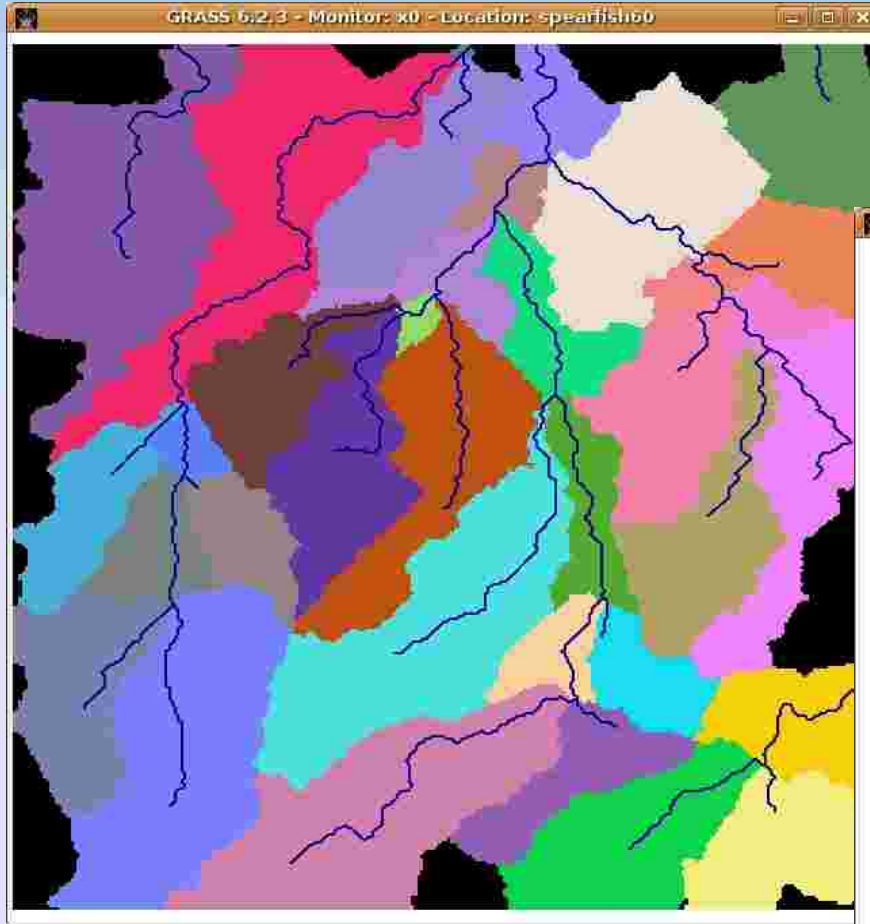
...questi valori moltiplicati per 45 danno (in gradi) la direzione che il flusso segue in quella cella.



Anche in questo caso sono presenti valori negativi che identificano le celle che drenano acqua al di fuori della regione.



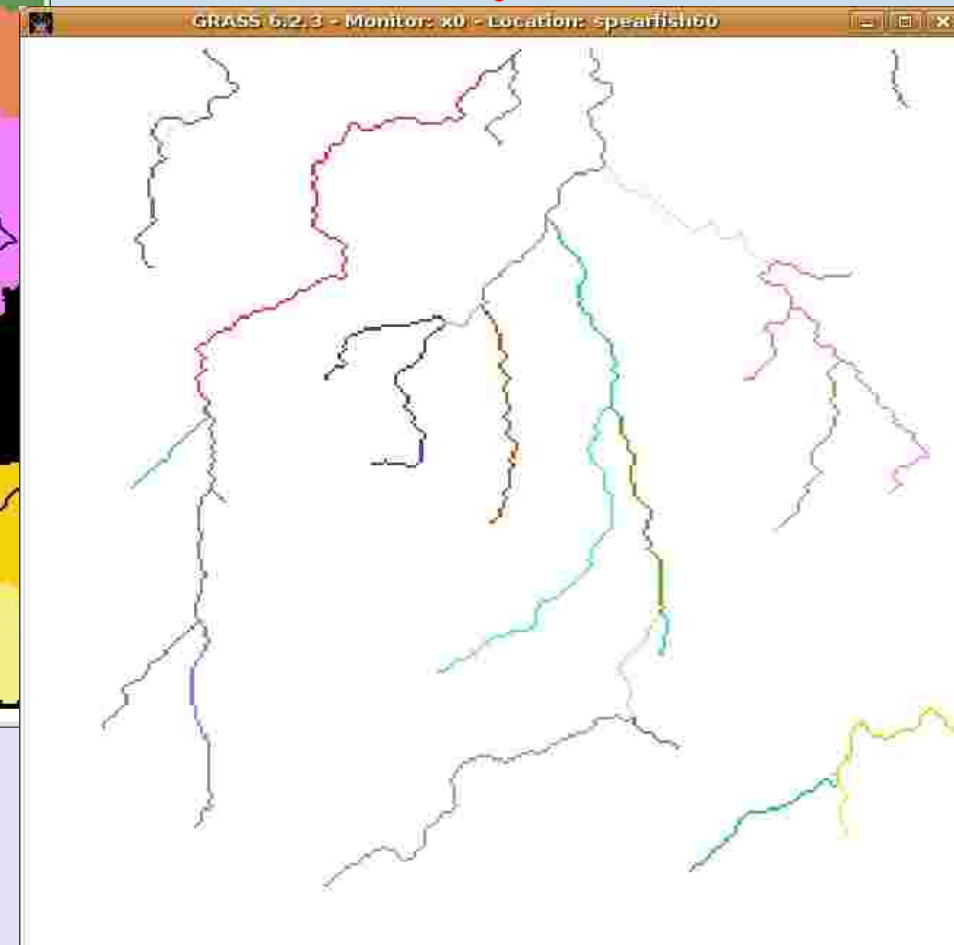
r.watershed



Il bacino associato ha lo stesso colore (e category) del ramo

Mappe del reticolo e dei bacini

Ad ogni ramo è associato un colore (identificativo, category)





r.water.outlet

Individua il bacino a monte di un punto di cui sono note le coordinate

Input:

- Mappa delle direzioni di drenaggio (da r.watershed)
- Coordinate Est e Nord della sezione di chiusura del bacino cercato

Output:

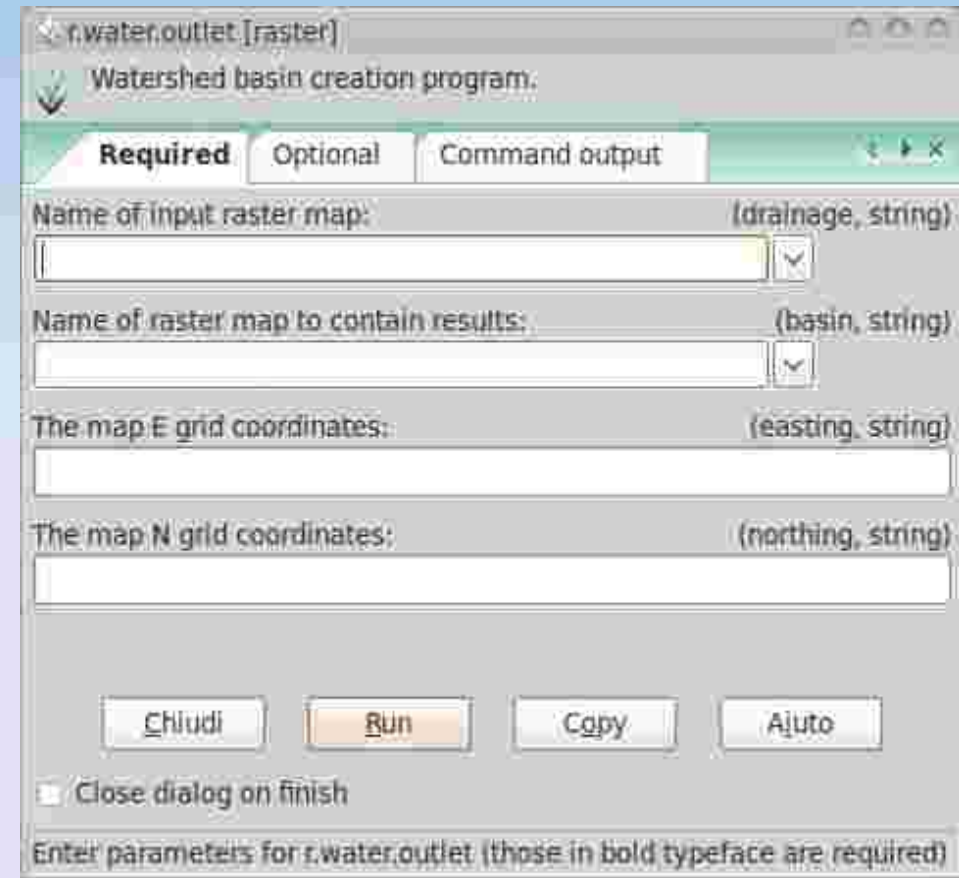
- Mappa raster del bacino

Unico vincolo:

È necessario che il punto ricada davvero all'interno di un reticolo idrografico!!!

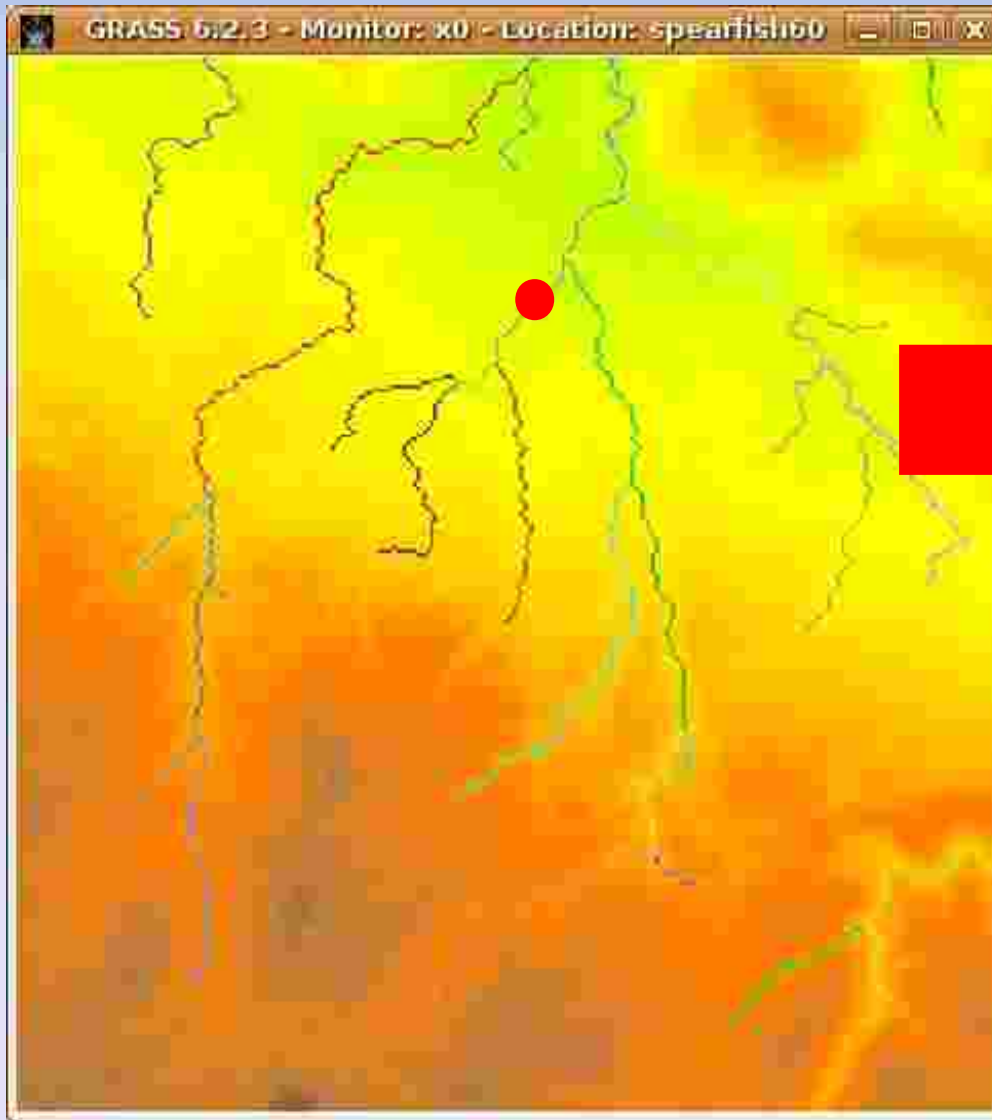


Si può usare la mappa “stream” creata prima con r.watershed e leggere dal DEM le coordinate di un punto appartenente al reticolo

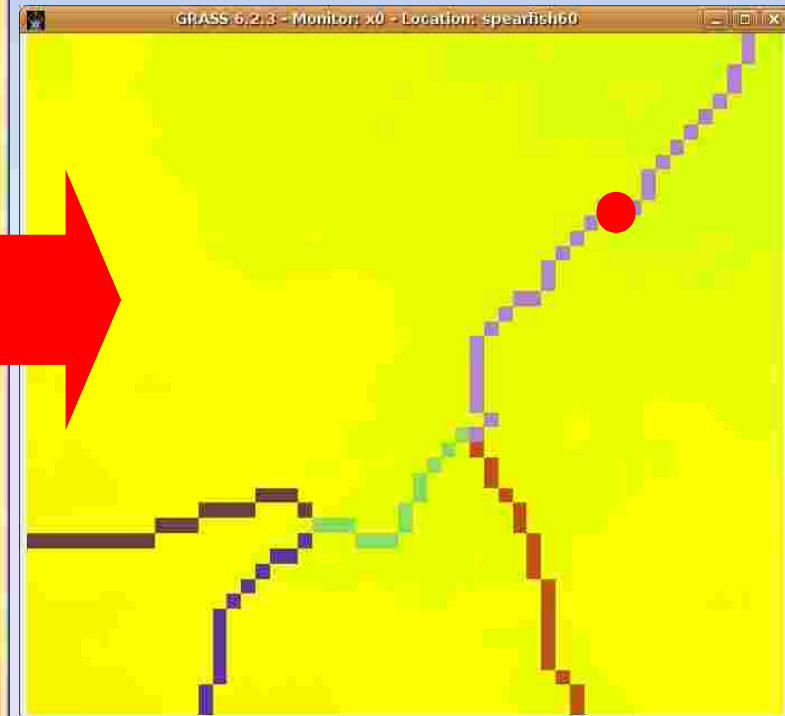




r.water.outlet



Conviene zoomare un pò...



...per leggere bene le coordinate



r.water.outlet

Lanciamo il comando:

```
r.water.outlet drainage=flow_direction basin=basin2  
easting=600996.94 northing=4923642.55
```

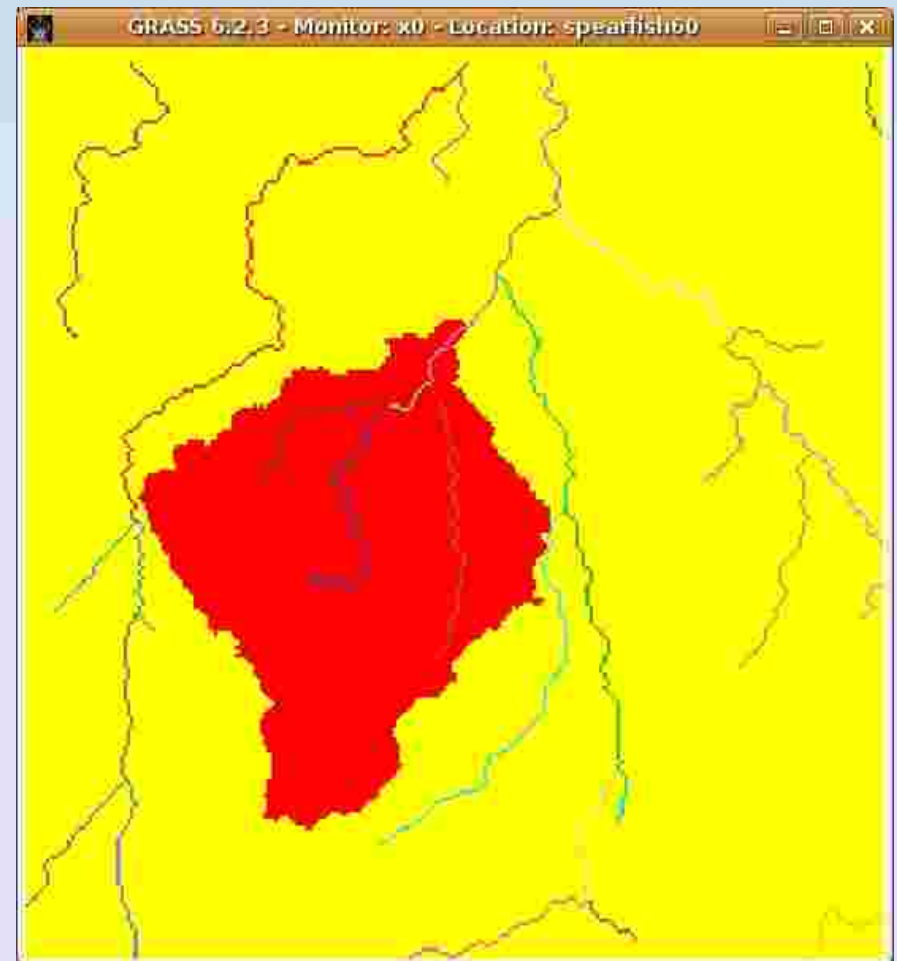
E otteniamo:

Una mappa raster che vale 1
nei pixel che appartengono al
bacino, zero altrove



Consigli di visualizzazione:

- Spesso conviene assegnare valore Null (anziché zero) ai pixel che non appartengono al reticolo
- Perché il reticolo possa essere più evidente conviene trasformarlo in vettoriale





r.water.outlet

Lanciamo il comando:

```
r.water.outlet drainage=flow_direction basin=basin2  
easting=600996.94 northing=4923642.55
```

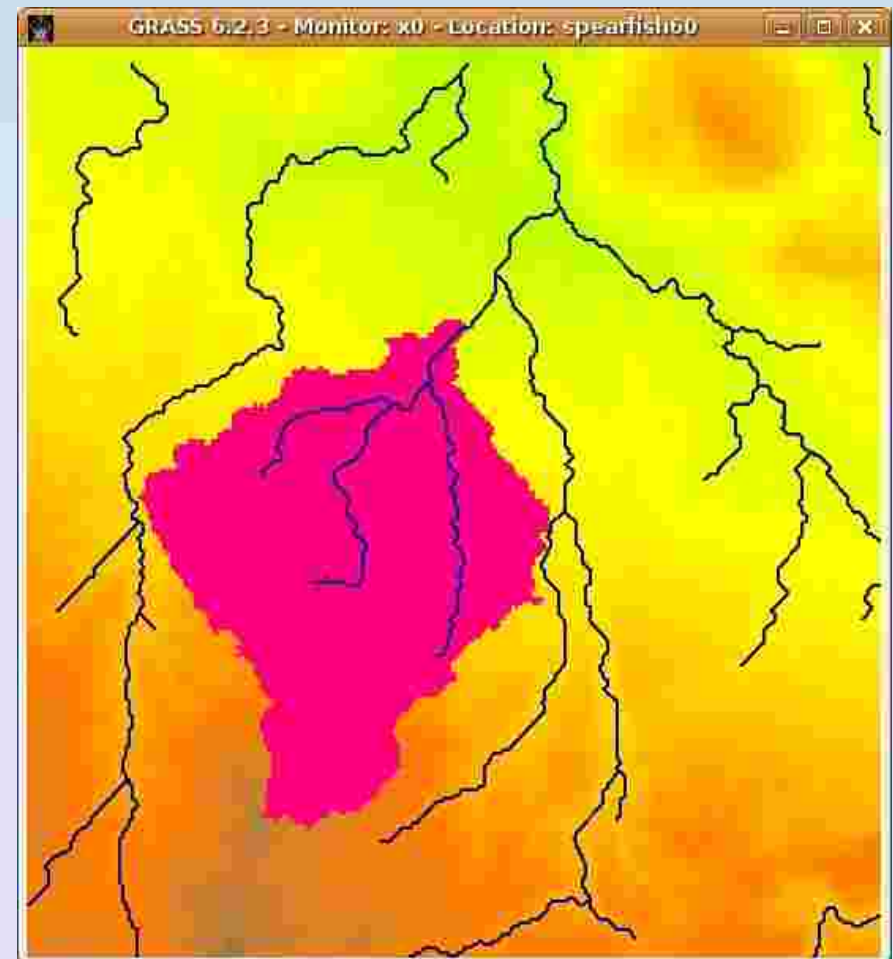
E otteniamo:

Una mappa raster che vale 1
nei pixel che appartengono al
bacino, zero altrove



Consigli di visualizzazione:

- Spesso conviene assegnare valore Null (anziché zero) ai pixel che non appartengono al reticolo
- Perché il reticolo possa essere più evidente conviene trasformarlo in vettoriale





r.water.outlet

...a cosa serve?

A calcolare il LAG del bacino, usato in molti modelli pioggia-portata (vd. Discretizzazione dell'integrale di convoluzione)

Δt tra il baricentro dello ietogramma netto e il picco dell'onda di piena

$$\text{LAG} = 1.19 A^{0.33}$$

r.report
map=basin2
units=k

```

annalisa@annalisa-laptop: ~
File Edit View Terminal Tabs Help
r.to.vect complete.
GRASS 6.2.3 (spearfish60): ~ > r.report map=basin2 units=k
r.stats: 100%
+-----+
| RASTER MAP CATEGORY REPORT | Thu Oct 16 23:26:10 2008 |
+-----+
| LOCATION: spearfish60 |
+-----+
| north: 4925940 east: 604560 |
| REGION south: 4918500 west: 597210 |
| res: 30 res: 30 |
+-----+
| MASK: none |
+-----+
| MAP: (untitled) (basin2 in PERMANENT) |
+-----+
| Category Information |
+-----+
| # | description | square |
|  |  | kilometers |
| 1 |  | 8.098200 |
| * | no data. | 15.505000 |
+-----+
| TOTAL | 54.684000 |
+-----+
GRASS 6.2.3 (spearfish60): ~ >

```



r.water.outlet

...a cosa serve?

A calcolare il tempo di corrivazione del bacino, usato in altrettanti modelli pioggia-portata (ad esempio Clark)

Tempo al quale tutta la superficie del bacino contribuisce alla formazione di deflusso diretto

Giandotti:

$$T_c = \frac{(4 A^{0.5} * 1.5 L)}{0.8 H^{0.5}}$$

A = area bacino (nota)

L = lunghezza dell'asta principale

H = dislivello medio del bacino rispetto alla sezione di chiusura

```
r.mapcalc 'MASK=basin2'
```

```
r.mapcalc  
'net=MASK*streams@PERMANENT'
```

```
g.mremove -f rast=MASK
```

```
r.to.vect input=net output=net
```

Quindi si interroga la mappa e si evince la lunghezza dell'asta principale



Alternativa: **v.mainchannel**



r.strahler.sh

Crea la mappa vettoriale di un reticolo ordinato secondo Horton-Strahler a partire da un DEM:

Input:

- DEM
- Coordinate x e y (Est e Nord) della sezione di chiusura
- Threshold
- Mappa in background da plottare durante l'analisi

Output:

- Mappa vettoriale ordinata
- File di testo con riportati topologia e category per ogni ramo

r.strahler [strahler, streams, vector]

Create a vector map of strahler ordered streams of a single basin starting from a DEM

Required Optional Command output

Name of DEM raster map: (dem, string)

minimum size of exterior watershed basin: (thr, integer)

Name of streams ordered map created: (output, string)

Name for output text file: (textoutput, string)

Buttons: Chiudi, Run, Copy

Checkboxes: ☐ Add created map into layer tree, ☐ Close dialog on finish

Enter parameters for r.strahler.sh (those in bold typeface are required)



r.strahler.sh

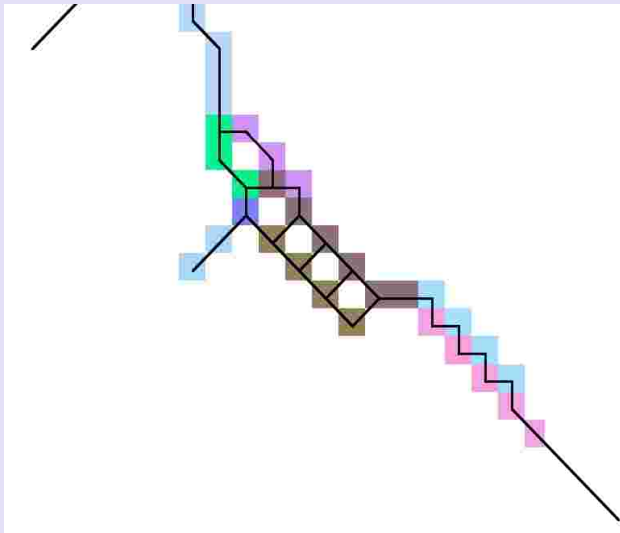
Si serve di **v.strahler**

Prende in input un reticolo vettoriale topologicamente pulito

Restituisce il reticolo ordinato

Estraendo dal DEM reticoli con i più comuni tools di estrazione si incorre in errori topologici

In r.strahler.sh questi errori sono stati corretti tramite l'utilizzo di una serie di comandi



Esempio:

```
r.strahler.sh -i dem=elevation.dem@PERMANENT thr=1000
output=streams_1000 textoutput=streams_1000
bkgrmap=elevation.dem@PERMANENT
```



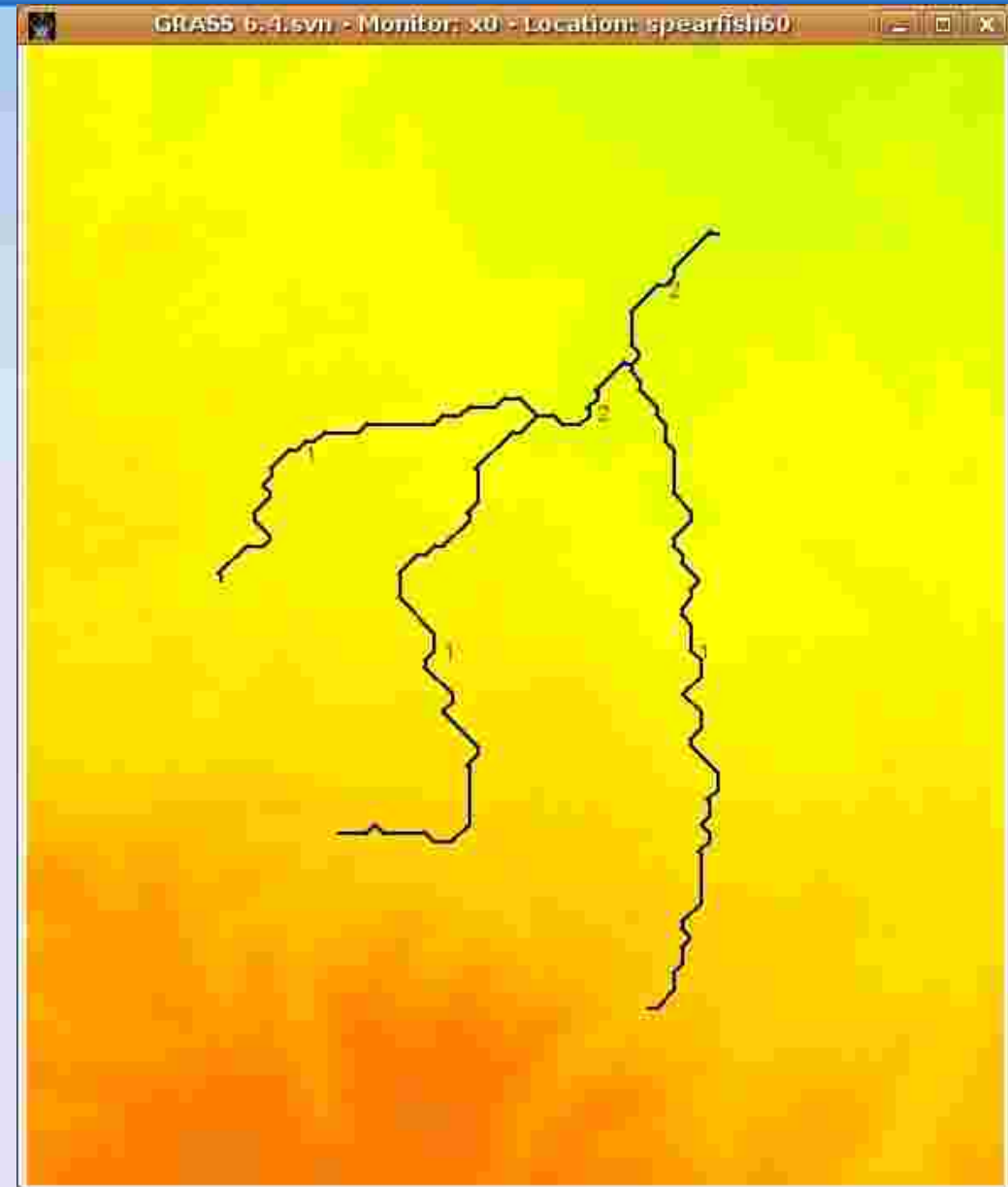
r.strahler.sh

Si ottiene una mappa vettoriale in cui ogni ramo ha l'ordine di Strahler al posto della category...



...e una tabella in cui, per ogni asta, è riportata anche la topologia:

streams_1000				
1	Result of Strahler Order ==			
2	Category:	Line:	Basin:	Order:
3	4	1	1	2
4	5	2	1	1
5	7	3	1	2
6	34	4	1	1
7	30	5	1	1





r.broscoe.sh

Identifica, svolgendo un'analisi statistica, la “giusta” threshold di estrazione del reticolo:

Input:

- DEM
- Coordinate x e y (Est e Nord) della sezione di chiusura
- Valori di threshold che si vogliono testare
- Parametro “lesser than” (esclude eventuali errori del DEM)

Output:

- File di testo con riportati i risultati dei tests statistici
- Grafico thrVSmaxord
- Grafico linear_regression.pdf
- Grafico waerden_test.pdf
- Grafico all_tests.pdf

r.broscoe [waerden.test, t.test, mean stream drop]

Calculates waerden test and t test statistics for some values of threshold, on a single basin according to A. J. Broscoe theory (1959)

Required Optional Command output

Name of DEM raster map: (dem, string)

Threshold values to calculate statistics on (separated by <space>): (thresholds, integer)

x coord of outlet: (xcord, float)

y coord of outlet: (ycord, float)

Lesser than (in meters), the program doesn't consider stream drops lesser than this: (lt, integer)

Resultant text file to write statistics into: (result, string)

Close dialog on finish

Enter parameters for r.broscoe.sh (those in bold typeface are required)

Buttons: Chiudi, Run, Copy

Quest'opera è stata rilasciata sotto la licenza Creative Commons Attribuzione Stessa Licenza 2.5

Copyright© Annalisa Minelli 2009
annalisa.minelli@gmail.com



Attribuzione - Condividi allo stesso modo 2.5 Italia

Tu sei libero:

- di riprodurre, distribuire, comunicare al pubblico, esporre in pubblico, rappresentare, eseguire e recitare quest'opera
- di modificare quest'opera
- di usare quest'opera per fini commerciali

Alle seguenti condizioni:



Attribuzione. Devi attribuire la paternità dell'opera nei modi indicati dall'autore o da chi ti ha dato l'opera in licenza.



Condividi allo stesso modo. Se alteri o trasformi quest'opera, o se la usi per crearne un'altra, puoi distribuire l'opera risultante solo con una licenza identica a questa.

- Ogni volta che usi o distribuischi quest'opera, devi farlo secondo i termini di questa licenza, che va comunicata con chiarezza.
- In ogni caso, puoi concordare col titolare dei diritti d'autore utilizzi di quest'opera non consentiti da questa licenza.

Le utilizzazioni consentite dalla legge sul diritto d'autore e gli altri diritti non sono in alcun modo limitati da quanto sopra.

Questo è un riassunto in linguaggio accessibile a tutti del Codice Legale (la licenza integrale).

Limitazione di responsabilità