



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI TRENTO

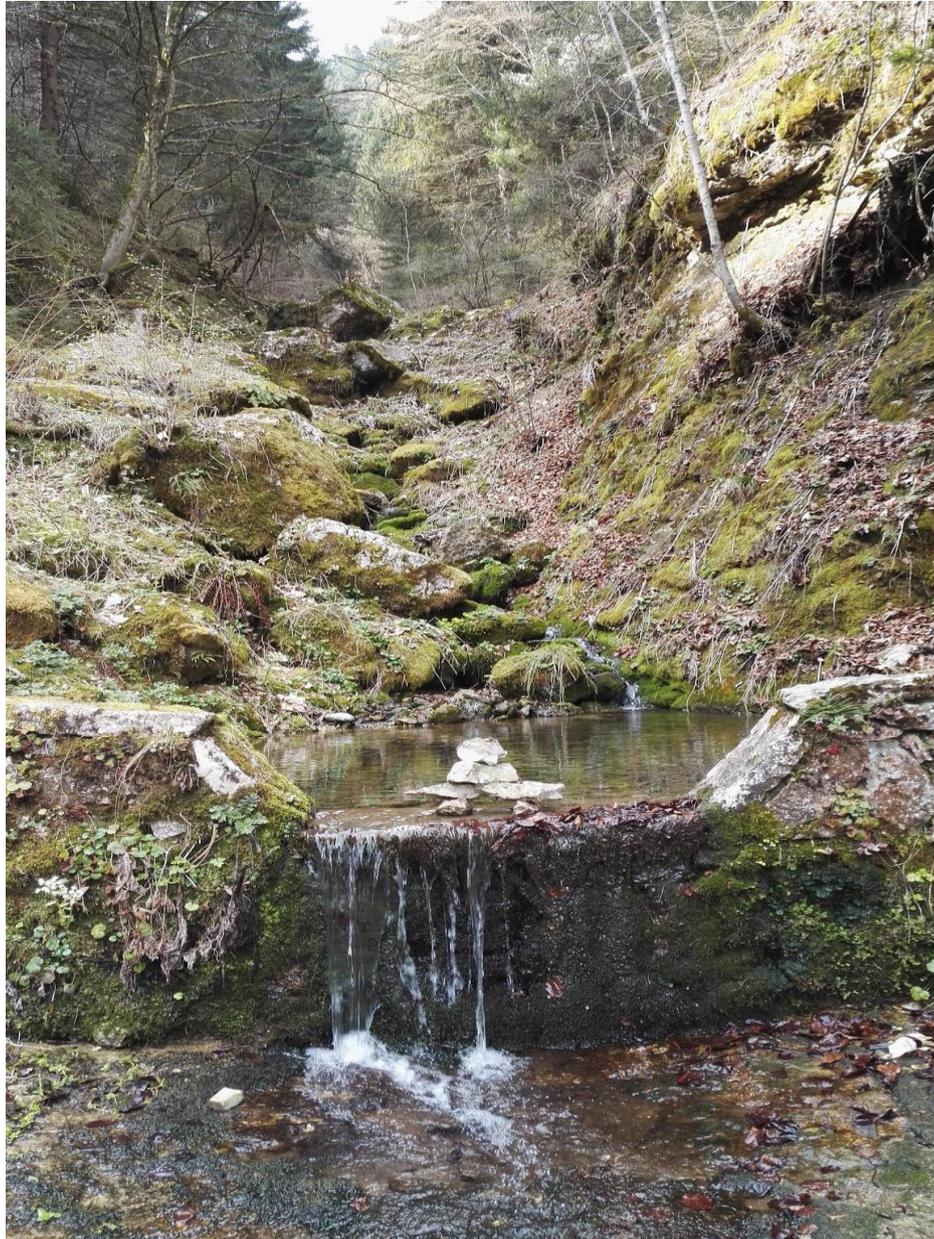
Dipartimento di Ingegneria Civile  
e Ambientale

# Roggia di Sardinia

**Relazione di idrologia - Analisi geomorfometrica di un bacino montano**

**Anno accademico 2016/2017**

**Docente del corso: Riccardo Rigon**



**A cura di:**

**Cristian Brutto 172134**

**Roberto Cunego 172132**

**Maria Cristina Tilica 172205**



# Indice

<b>Contesto geografico</b>	3
<b>Morfologia del territorio</b>	4
<b>Estrazione e analisi del bacino</b>	6
Pitfiller	7
Flow direction	7
Drain direction	9
Mark outlet	11
Slope	12
Curvature	13
Topografic classes	16
Extract network	17
(Water outlet)	20
(Cutout)	20
Net attributes builder	20
Net numbering	22
Rescaled distances	24
<b>Il sopralluogo</b>	25
<b>Bibliografia</b>	41

## Contesto geografico

Roggia di Sardagna è un torrente che scorre tra le pendici del Monte Bondone. Sorge nei pressi del paesino Vason, con una quota di circa 1614 metri sul livello del mare. Passa poi di fianco al Rifugio Ambrosi, vicino a Vaneze e sotto Candriai. Arriva infine nella zona sud del paese di Sardagna, per poi generare una cascata nei pressi del cimitero, dove è situata la centrale idroelettrica abbandonata ormai da tempo. La cascata compie un balzo di 174 metri fino a giungere nella località di San Nicolò. Il rio prosegue ancora per 300 metri circa prima di sfociare nell'Adige a quota 194 m s.l.m.



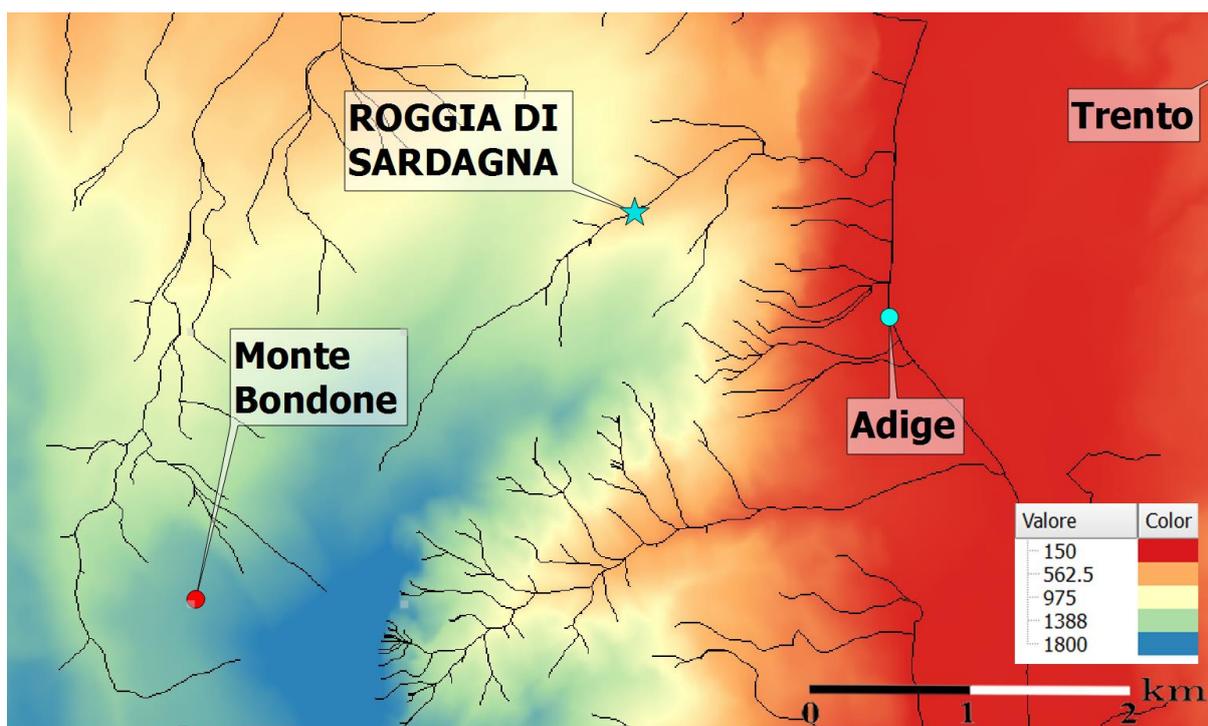
--Cartina tratta dalla cartografia della Società degli Alpinisti Tridentini (di seguito SAT)--

Curiosità sulla cascata del Roggia di Sardagna:

“Esiste una leggenda su questa cascata: racconta la storia di un pastore che porta il gregge a pascolare sul monte Bondone ma precipita da una parete; la moglie andandolo a cercare lo trova morto e inizia a piangere creando così la cascata.”

## Morfologia del territorio

Per iniziare l'analisi, abbiamo scaricato il Digital Elevation Model (di seguito DEM) relativo ai dintorni del nostro bacino, fornito dall'ateneo andando sul sito WebGis. Il file DEM era in formato ".tif" quindi lo abbiamo convertito in ".asc" con JgrassTool. Fatto ciò, abbiamo importato i dati nel software QGIS; esso ci permette di navigare e visualizzare in modo semplice i dati forniti oppure gli output di elaborazione. Grazie a questo ci siamo fatti un'idea generale dell'andamento delle quote; ad esempio è chiaro a primo impatto il dislivello generato dal dirupo che divide Trento dalla parte ovest (la cascata citata sopra prende forma proprio grazie a questo crollo di quota); si nota il cambio della sfumatura dell'arancione, corrispondente al cambio quota repentino.



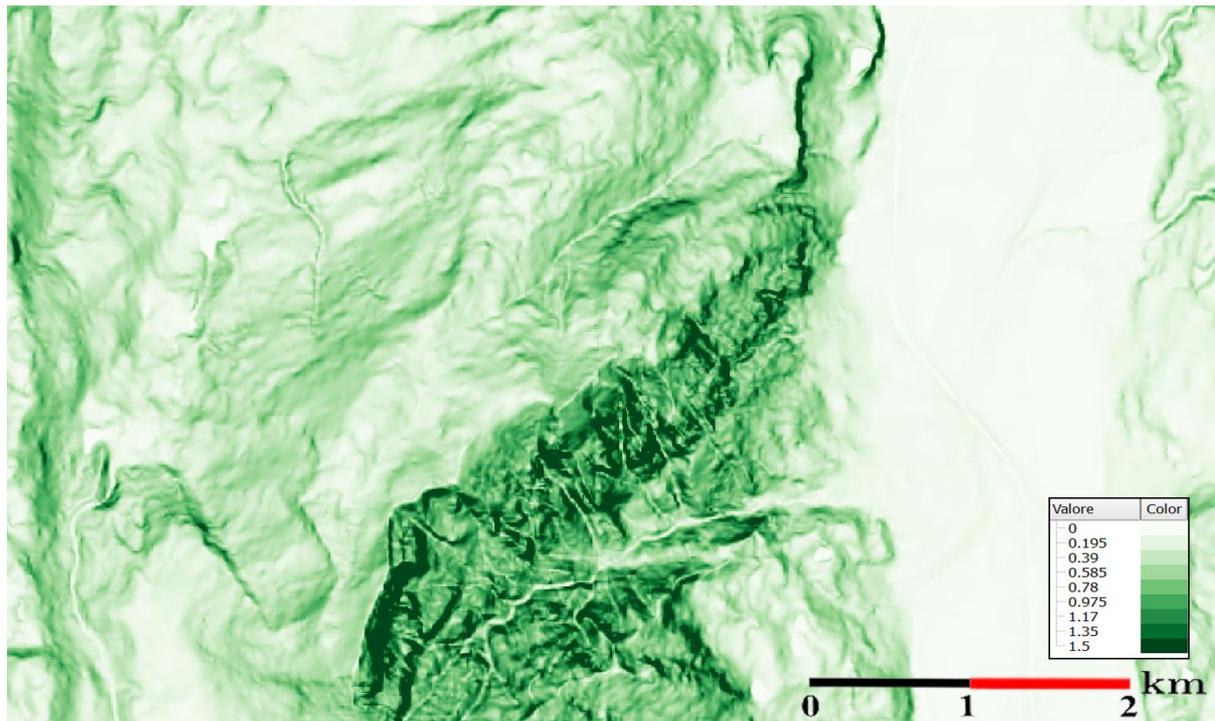
--DEM rappresentante le quote in metri--

Dal DEM possiamo osservare la distribuzione delle quote.

Tenendo presente la descrizione del Roggia fatta nel contesto geografico, notiamo come le quote delle zone significative nei suoi dintorni corrispondono alla realtà.

Infatti, la cima del Monte Bondone è situata a una quota di 1800 m s.l.m. (colore blu nel DEM sopra), Sardagna a circa 500 m e la città di Trento a circa 150 m, avendo usato come riferimento i colori della legenda.

Inoltre, muovendosi dalla sorgente verso valle è visibile intorno al ramo principale del bacino una leggera sfumatura verdastra circondata dal blu, segno della presenza dei versanti scavati dall'acqua nel corso dei secoli. Analogamente per quanto riguarda gli altri torrenti nella mappa.



--Mappa rappresentante le pendenze (usando il comando "[slope](#)")--

Per quanto riguarda l'andamento delle pendenze, si individuano subito i caratteri geomorfologici del terreno. L'area bianca a destra corrisponde alla valle dell'Adige, che ha una larghezza di circa 2 km. Tutti i tratti bianchi visibili nella cartina rappresentano i torrenti montani, infatti i loro alvei sono situati a quota minima rispetto alle aree appena limitrofe.

Si vede, inoltre, la fitta ramificazione del Rio Gola, un altro torrente che nasce dal Bondone e attraversa il paesino di Ravina (circa 1 km a Sud di Sardagna) prima di sfociare nell'Adige.

Dando un'occhiata più attenta, notiamo altri tratti caratteristici della morfologia che abbiamo già nominato sopra, come il dirupo tra Sardagna e Trento.

## Estrazione e analisi del bacino

Come prima cosa sono state applicate le simulazioni (fino all'estrazione del bacino) a un DEM di forma rettangolare che copre anche l'area attorno a Roggia di Sardagna; in questo modo è stato possibile utilizzare la simulazione Water outlet, che ha fornito la maschera del bacino idrografico di interesse con la quale è stato ritagliato il DEM nella simulazione Cutout.

Di seguito sono riportate le operazioni applicate al solo bacino oggetto della relazione da console OMS.

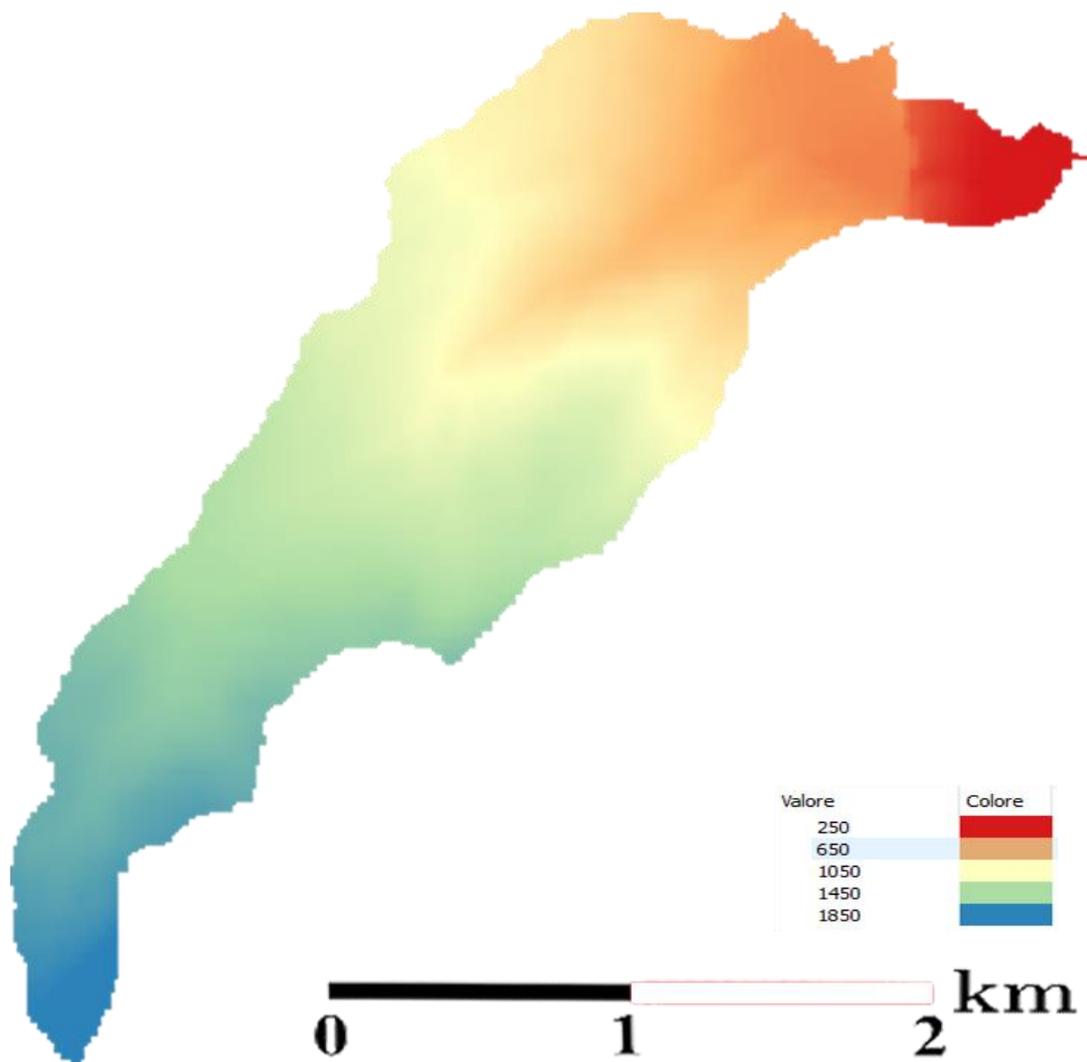
Da notare che i valori massimi e minimi riportati in legenda non sono necessariamente i valori massimi e minimi presenti nei punti della mappa: per questioni grafiche (ottenere mappe che dessero più informazioni) abbiamo fatto variazioni agli estremi delle legende.

## Pitfiller

Questa operazione “riempie i buchi” del DEM: se dovessero essere presenti depressioni locali non presenti nella realtà è importante fare in modo che non vengano considerate come punti di accumulo d’acqua, pena una errata interpretazione del modello da parte delle altre simulazioni.

*Input: DEM*

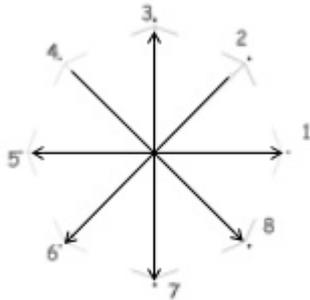
*Output: DEM corretto*



--Rappresentazione del DEM (corretto) con le quote in metri--

## Flow direction

Questo comando calcola per ogni punto la direzione di massima pendenza, individuando quindi quale percorso seguirà il flusso d'acqua. Il modello utilizzato analizza la pendenza tra tutti e 8 i punti circostanti e quello considerato.

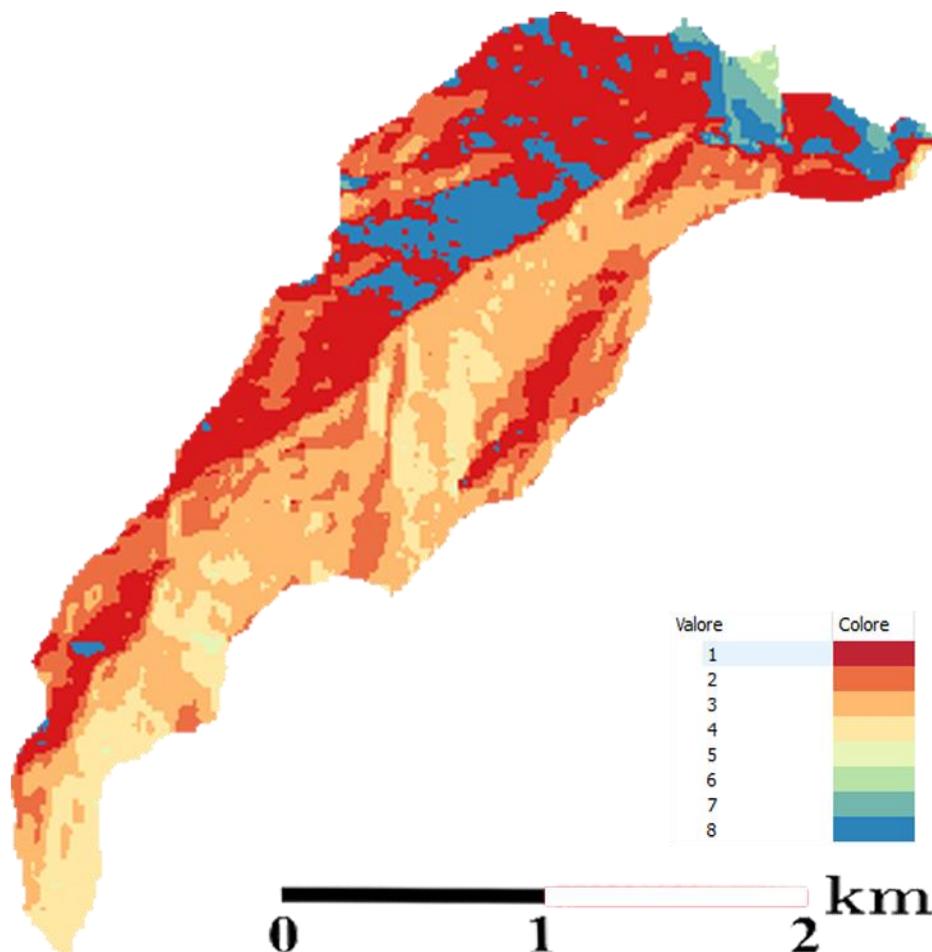


Osservando punti significativi della mappa (punto più alto, punto più basso, bordi...) si può verificare che i valori assegnati a ogni pixel fanno riferimento allo schema a fianco.

*Input: DEM corretto*

*Output: Direzioni di flusso*

Topologia rettangolare  
(8 direzioni)



--Rappresentazione delle Flow Direction secondo lo schema riportato sopra--

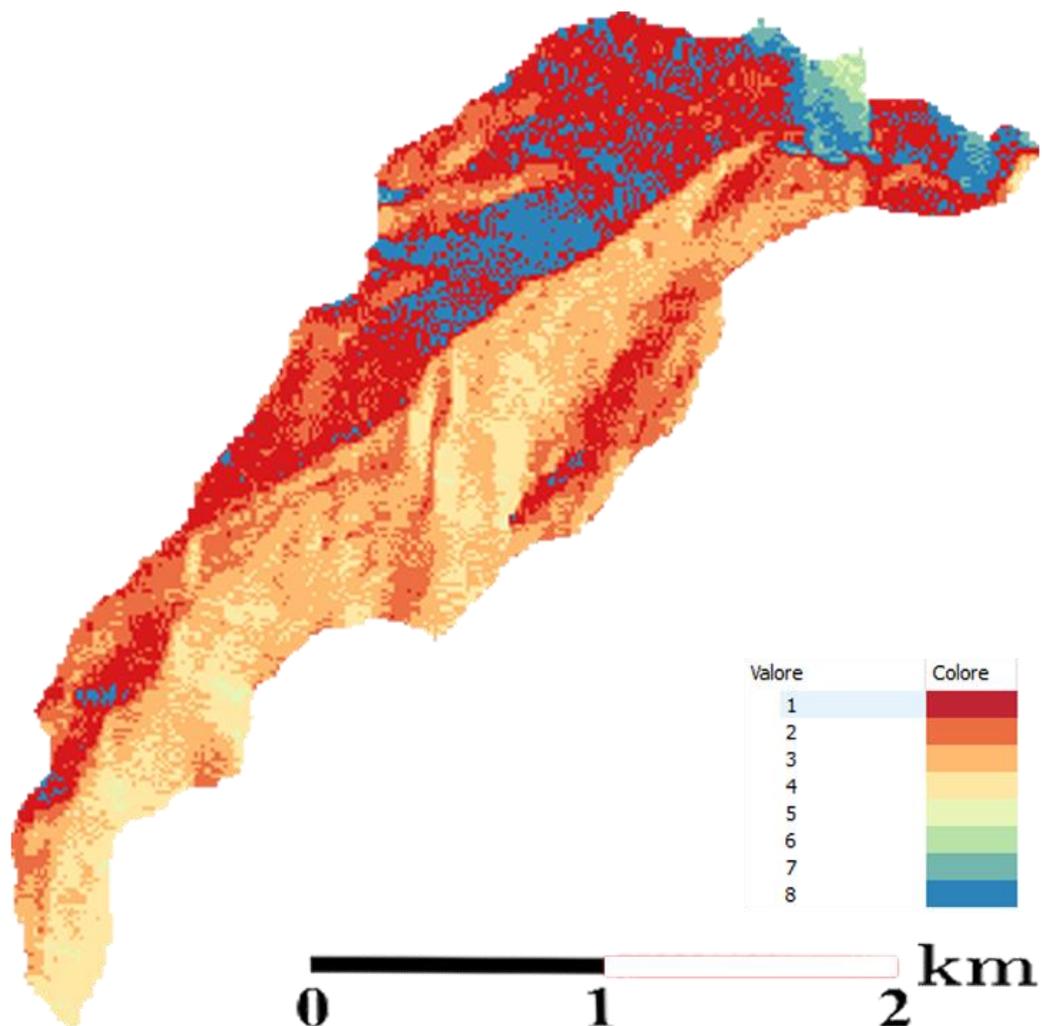
## Drain direction

Questo sim file migliora il risultato ottenuto dalla simulazione precedente, rendendolo più coerente con la realtà: le direzioni di drenaggio vengono calcolate cercando di minimizzare la deviazione del flusso appena determinato rispetto a un ipotetico flusso reale; si fa quindi in modo che il fluido non si muova all'interno del bacino compiendo percorsi spigolosi, non giustificabili dal punto di vista fisico. Viene fornita inoltre la mappa con le aree contribuenti; esse sono la somma dei pixel che confluiscono in un punto del bacino seguendo le direzioni di drenaggio.

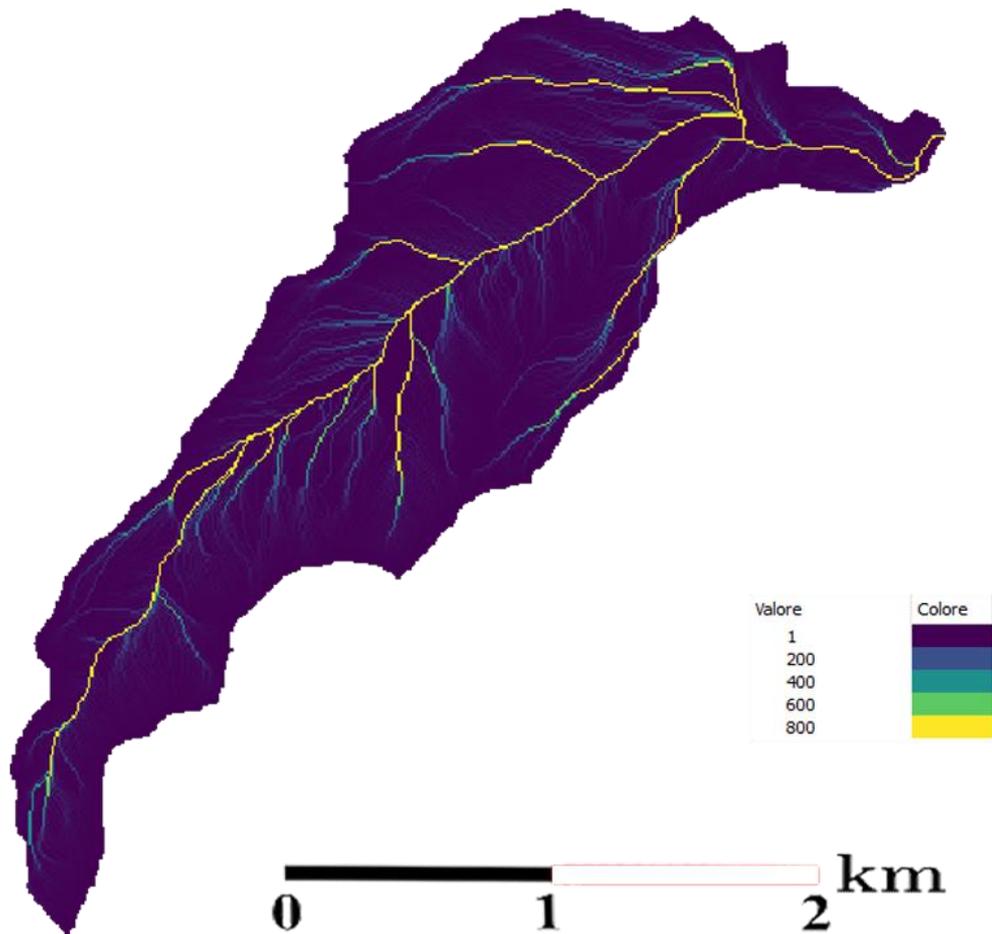
*Input: DEM corretto; Direzioni di flusso*

*Parametri: metodo direzione trasversale (D8-LTD)*

*Output: Direzioni di drenaggio; Aree contribuenti totali*



--Rappresentazione delle Drain Direction secondo il medesimo schema--



--Rappresentazione grafica delle TCA (total contributing area)--

*Durante le prove...*

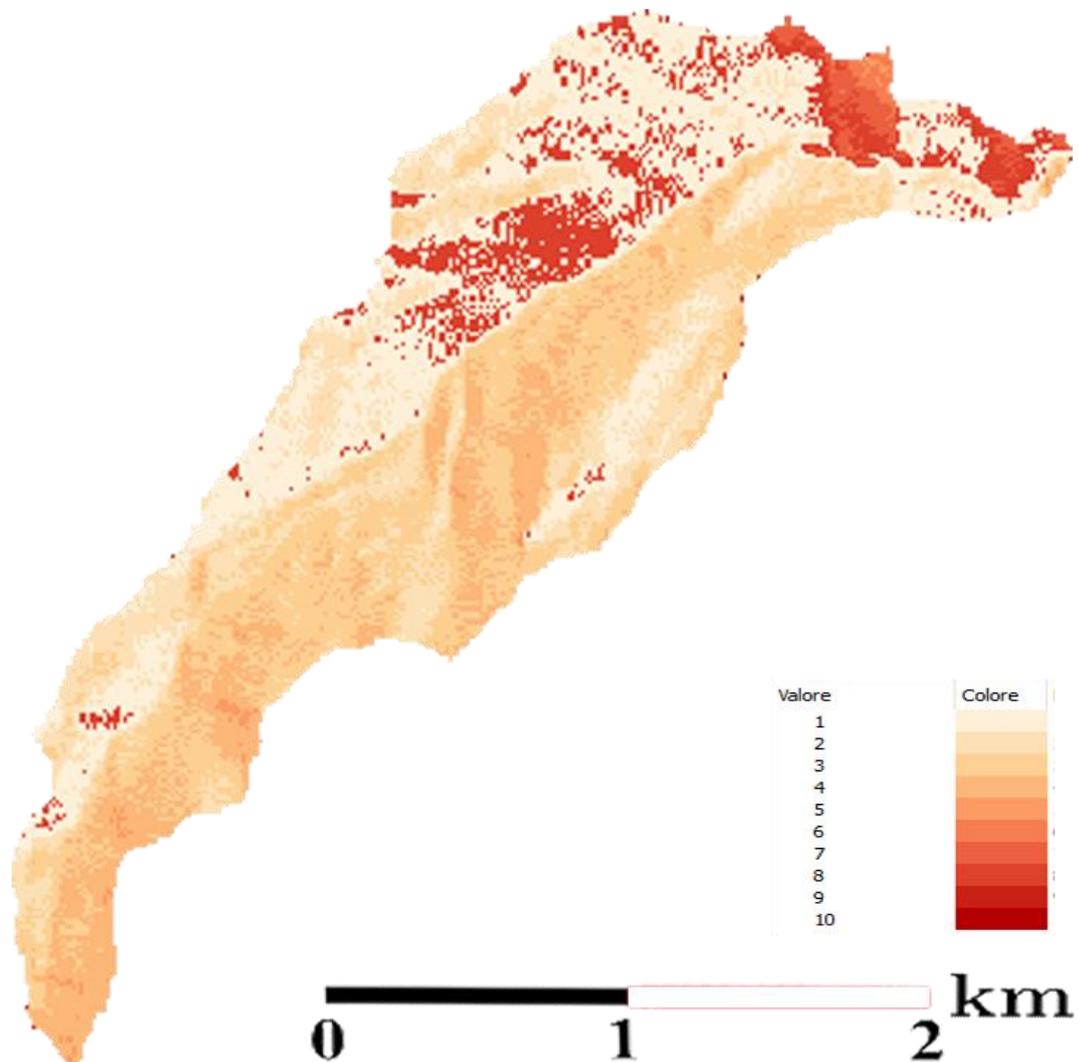
Confrontando la mappa del tca riferita al solo bacino e quella comprendente anche le zone circostanti abbiamo osservato che nello stesso punto (uscita dal bacino) il valore di aree contribuenti cambia: 46921 contro 50862. Questo probabilmente è dovuto a un errore nel calcolo delle direzioni di flusso (esiste un collegamento con [il problema riscontrato nel "mark outlet"](#): se esistono più punti di uscita dal bacino anche la somma delle aree contribuenti sarà diversa)

## Mark outlet

Assegna un valore predefinito (10 in questo caso) ai punti di uscita del flusso d'acqua dal modello digitale considerato.

*Input: Direzioni di flusso*

*Output: Outlet del bacino*



--Mappa del Mark outlet--

*Durante le prove...*

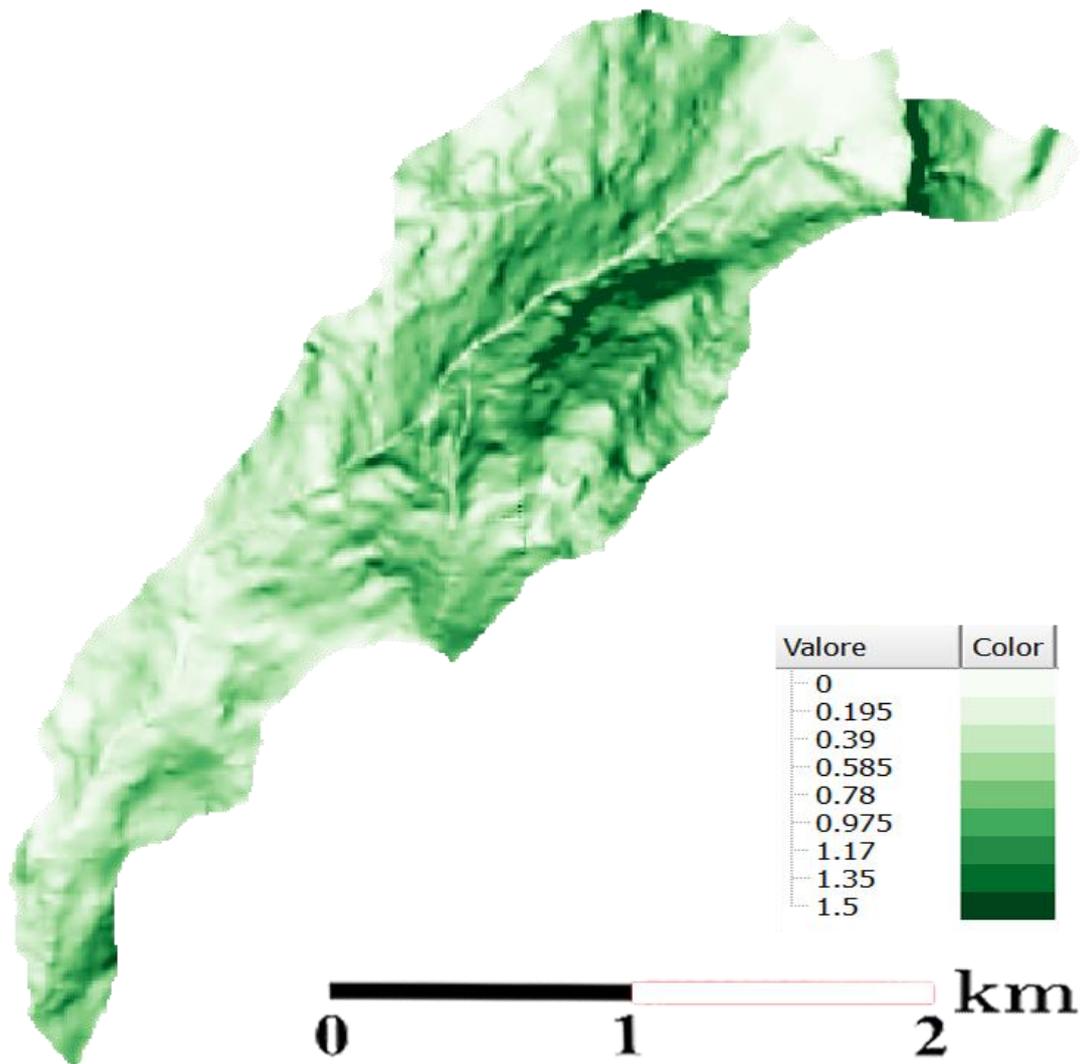
Abbiamo osservato che più di un punto è segnato come uscente dal bacino; questo ci ha un po' sorpresi perchè ci aspettavamo che ne esistesse solo uno, per come è stato estratto il bacino.

## Slope

Il comando quantifica il dislivello tra due punti adiacenti lungo la direzione di drenaggio e lo divide per la dimensione del pixel (la diagonale nel caso in cui i due pixel non condividano un lato) permettendo così di ottenere una mappa con le pendenze per ogni punto.

*Input: DEM corretto; Direzioni di flusso*

*Output: Pendenze*



--Mappa delle pendenze (valori adimensionali)--

E' interessante osservare che già da questa mappa è possibile riconoscere il percorso che seguirà Roggia di Sargagna. È visibile inoltre il cambio di pendenza a destra dell'alveo ben più marcato rispetto a sinistra.

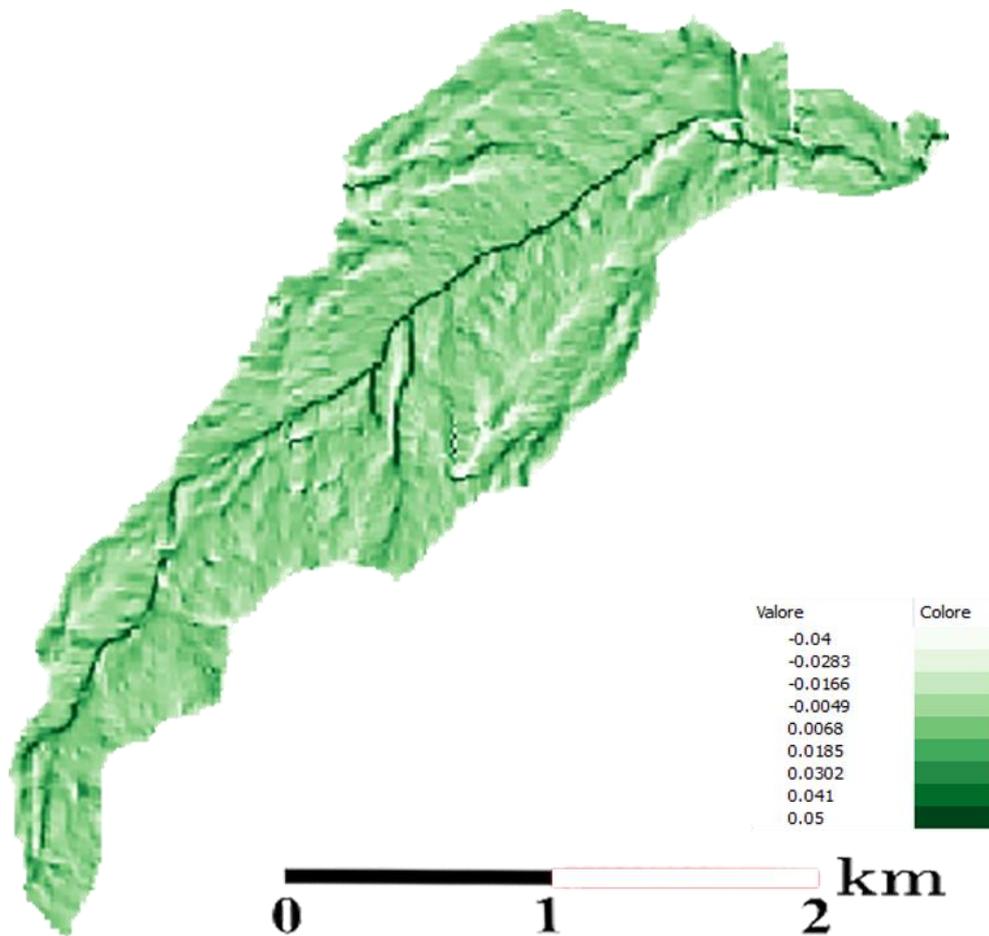
## Curvature

Input: DEM corretto

Output: C\_longitudinale; C\_planare; C\_tangenziale

Grazie al DEM (corretto dal pitfiller) questo comando calcola:

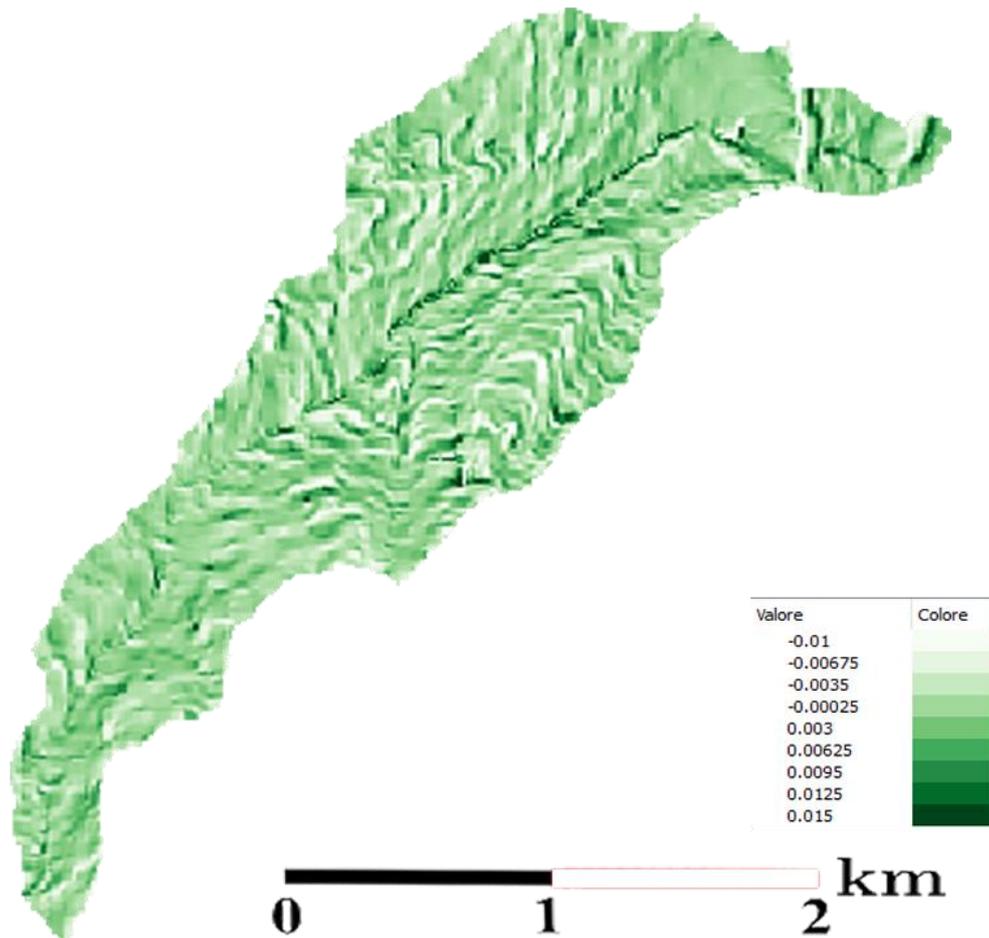
1) Le curvature planari, rappresentate dalla variazione dei vettori tangenti alle linee di livello, ossia il luogo dei punti con la stessa quota (quindi il gradiente delle quote lungo questa linea è nullo).



--Rappresentazione delle curvature planari--

È possibile notare evidenti valori alti dove si vedrà scorrere il corso d'acqua

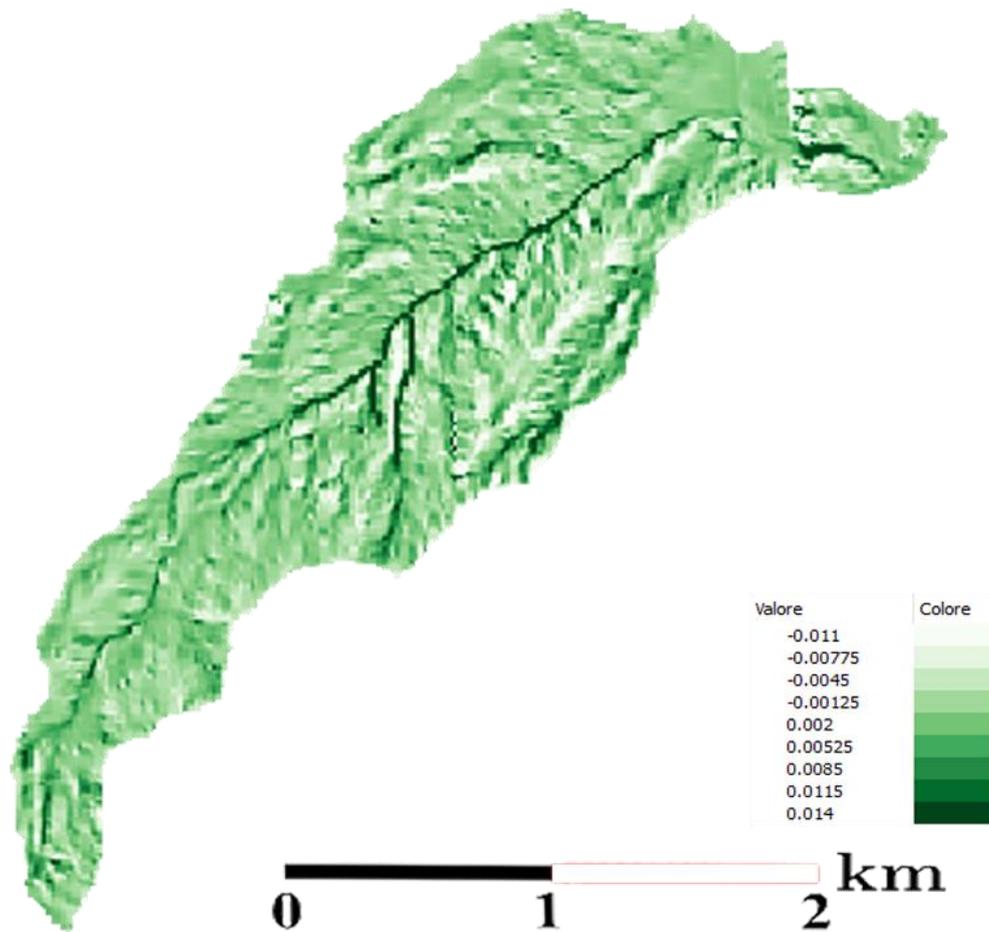
2) Le curvature longitudinali, ovvero la deviazione del gradiente andando da valle verso monte (il valore è negativo se il gradiente aumenta).



--Rappresentazione delle curvature longitudinali--  
(i valori in tabella corrispondono alla variazione dell'inclinazione del gradiente)

Si osservano valori più elevati lungo il corso d'acqua

3)Le curvature tangenziali, cioè le curve generate dall'intersezione tra le linee di livello e il piano perpendicolare al gradiente (sono quindi proporzionali alle curvature planari).

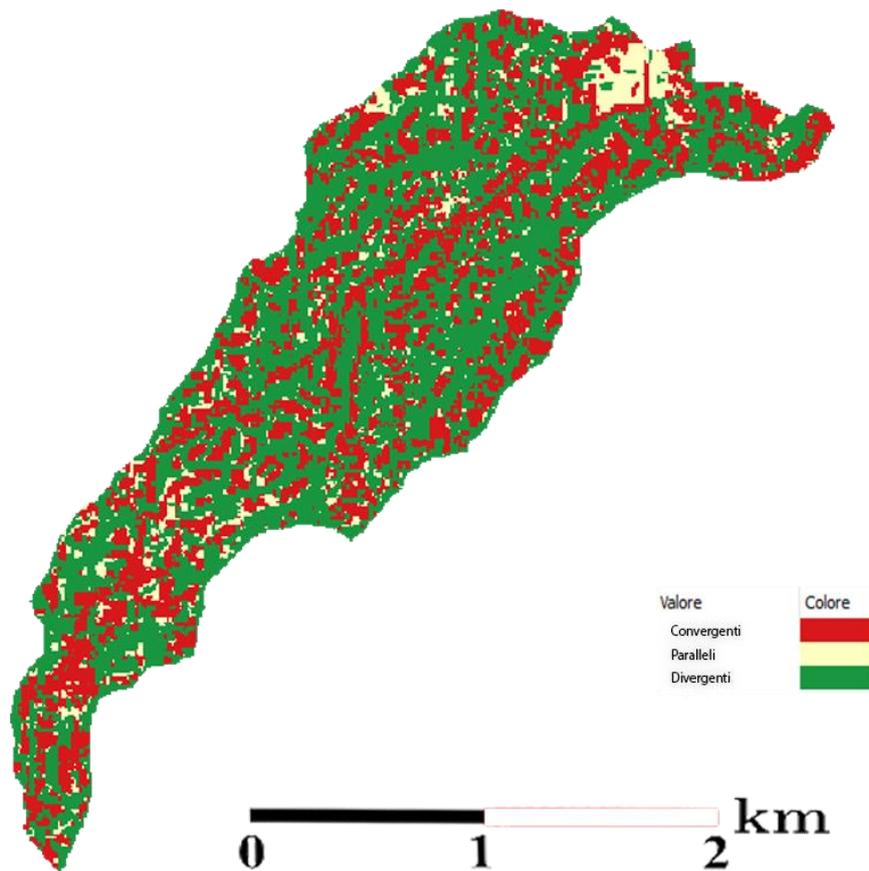
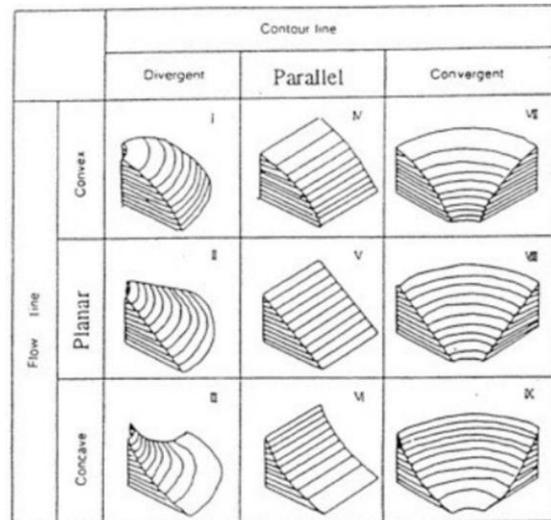


--Rappresentazione delle curve tangenziali--

## Topographic classes

Interpolando i valori di curvature longitudinali e planari si ottiene, per ogni pixel, una delle nove possibili classi topografiche (visualizzate nella figura a destra) così da avere una corretta approssimazione dell'andamento del suolo in quel punto.

*Input: C\_longitudinale; C\_tangenziale*  
*Output: Classi topografiche convergenti*



--Mappa con l'assegnazione delle classi topografiche--

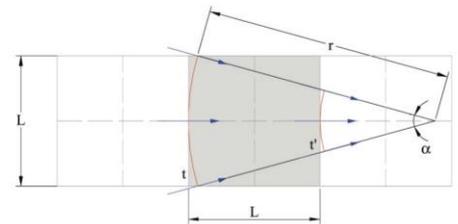
### *Durante le prove...*

Abbiamo notato che le parti in colore rosso si dispongono seguendo il percorso del fiume; effettivamente, sovrappannendo la mappa dell'extract network questa osservazione sembra avere fondamento.

## Extract network

Fornisce la rete idrografica. Per ottenerla si possono usare più metodi:

- 1) Soglia sulle aree contribuenti: deve essere assegnato il valore minimo di area contribuyente che deve avere un punto per essere considerato canale.
- 2) Soglia sul prodotto tra aree contribuenti e pendenza: si basa sull'ipotesi che il canale nasca quando comincia l'erosione del suolo; questo avviene quando lo sforzo tangenziale supera una certa soglia, che dipende in prima approssimazione dal prodotto tra l'area contribuyente e la pendenza.
- 3) Soglia sul prodotto tra aree contribuenti, pendenza e punti convergenti: aggiungendo la conoscenza delle classi topografiche convergenti è possibile determinare una soglia che considera l'ipotesi del punto 2 solo nei pixel convergenti. Nella figura a destra si nota come geometricamente una classe di tipo convergente influenzi maggiormente l'area contribuyente.

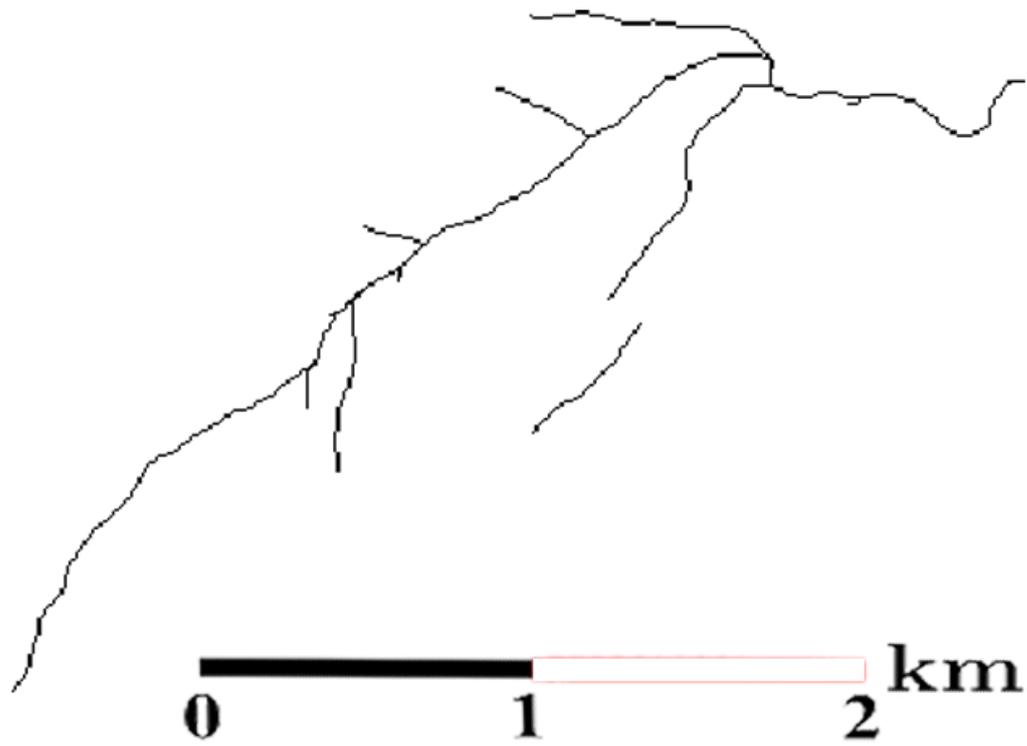


Abbiamo utilizzato il 3° metodo per cercare di migliorare il risultato unendo più informazioni possibili.

*Input: Aree contribuenti totali; Direzioni di flusso; Pendenze; Classi topografiche convergenti*

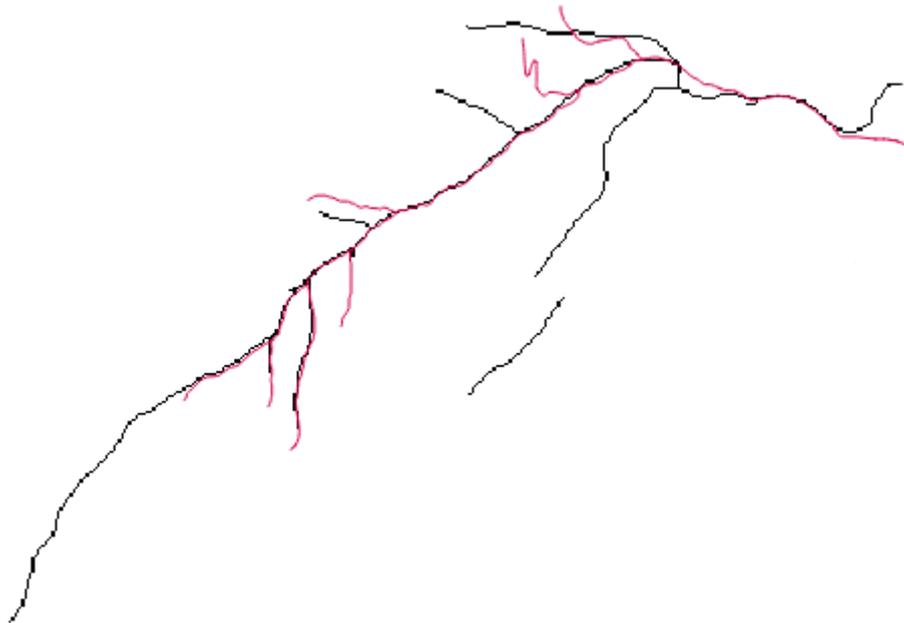
*Parametri: metodo "tca in convergent sites"; valore soglia: 15*

*Output: Rete del bacino*



--Mappa dell'extract network--

Per verificare la bontà del risultato ottenuto abbiamo sovrapposto una rete di riferimento.



--Confronto tra la nostra rete (in nero) e una rete di riferimento (in rosso)--

#### *Durante le prove...*

Abbiamo fatto varie prove prima di ottenere questa rete, sia variando il metodo di calcolo (tca/tca and slope/tca in convergent sites) sia variando la soglia; abbiamo constatato che la distribuzione della rete rimane la stessa, quello che varia è il numero di rami e la loro lunghezza. La scelta di questa particolare soglia è frutto:

- dell'idea che ci siamo fatti del bacino durante il sopralluogo, che non aveva molti affluenti (limite sulla soglia minima)
- dell'osservazione che ad una certa soglia anche l'Adige viene troncato (limite sulla soglia massima)

Infine, si può notare che uno dei rami secondari del fiume risulta tagliato a metà: ipotizziamo che sia dovuto ad un errore nelle direzioni di flusso. Questa interruzione influenzerà anche le simulazioni successive.

## (Water outlet)

Assegnate le coordinate di un punto restituisce il bacino a monte la cui acqua confluisce in quel pixel. Data questa definizione, una verifica che è possibile fare per controllare assenza di errori grossolani è applicare il mark outlet al bacino appena ottenuto: alle coordinate fornite deve esistere un punto di outlet e deve essere l'unico.

*Input: Direzioni di flusso*

*Parametri: coordinata Nord; coordinata Est*

*Output: Maschera del bacino*

## (Cutout)

Permette di ritagliare una mappa fornendo una maschera. Nel nostro caso la maschera sarà il sottobacino ottenuto dal water outlet; in questo modo le mappe riporteranno solo i dati del bacino di Roggia di Sardegna.

*Input: DEM; Maschera del bacino*

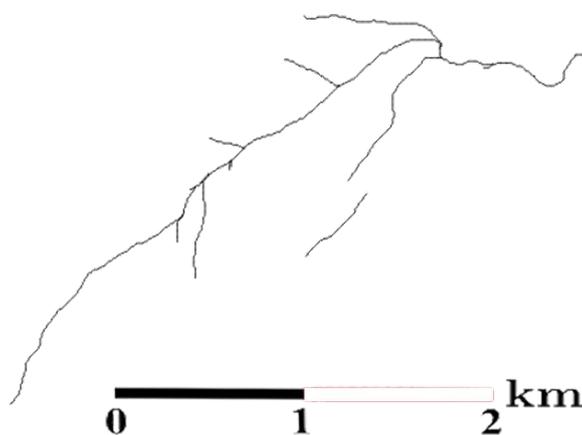
*Output: DEM ritagliato*

## Net attributes builder

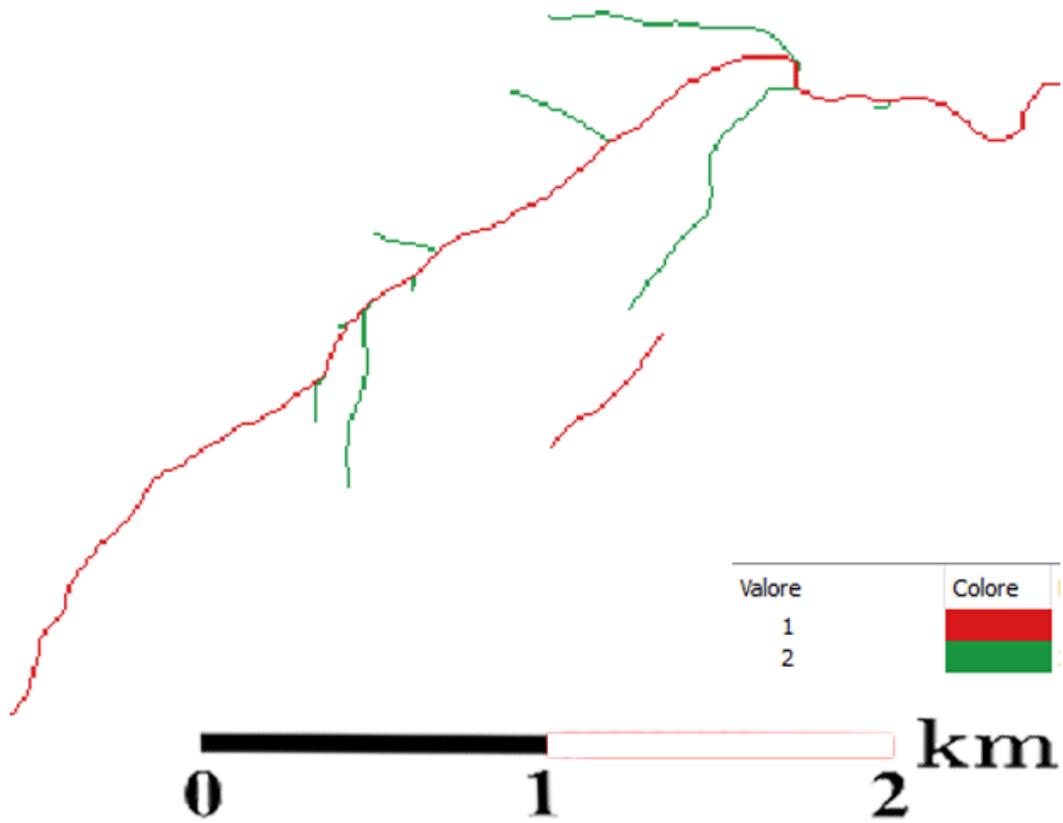
Questo comando permette di ottenere la rete in forma vettoriale, che fornisce informazioni per ogni ramo sulla numerazione di Hack, Strahler, la quota di inizio e fine. Viene prodotta inoltre la rete in cui ad ogni punto è assegnato un numero secondo la numerazione di Hack.

*Input: Aree contribuenti totali; Direzioni di flusso; Rete del bacino; DEM corretto*

*Output: Rete secondo la numerazione di Hack; Rete vettoriale del bacino*



--Rappresentazione della rete in forma vettoriale--



-- Mappa con evidenziata la rete secondo la numerazione di Hack--

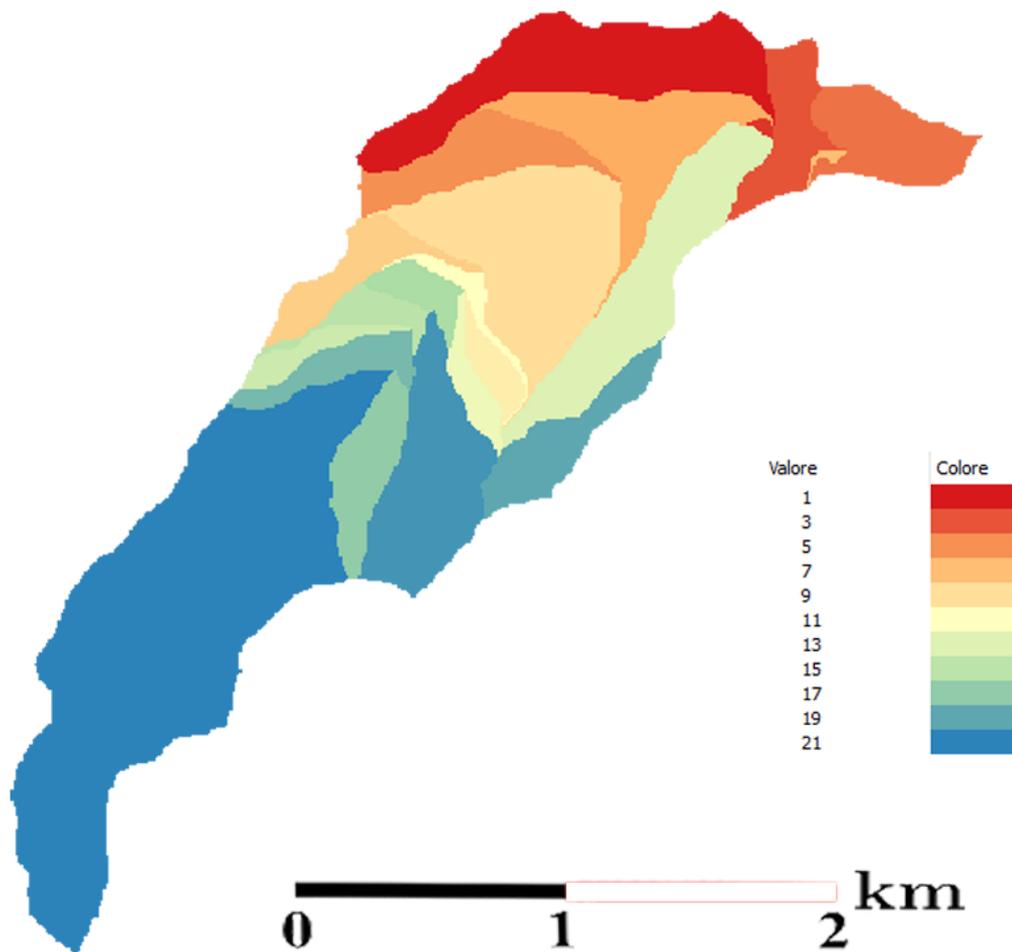
## Net numbering

Estrae i sottobacini e la mappa della rete numerata.

*Input: Aree contribuenti totali; Direzioni di flusso; Rete vettoriale del bacino*

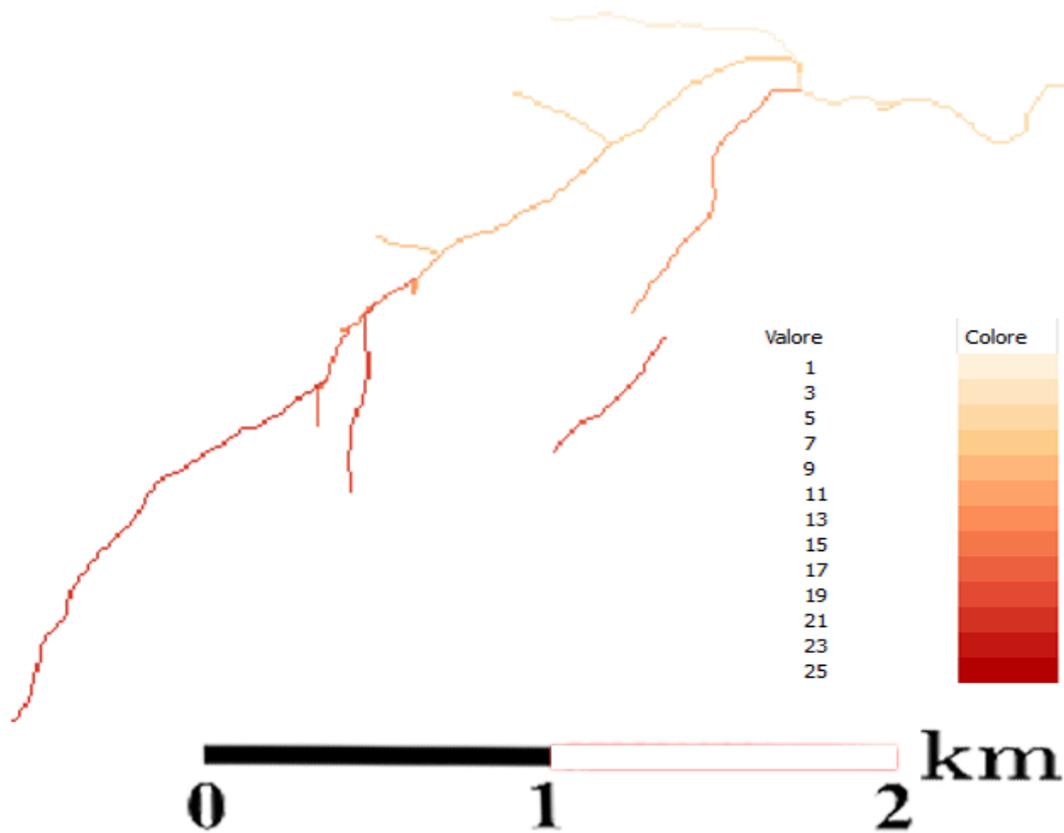
*Parametri: valore soglia dei sottobacini: 50*

*Output: Numerazione della rete; Sottobacini*



--Rappresentazione dei sottobacini--

La colorazione sembra variare dall'alto verso il basso (Nord-Sud), ma questo non ha significato fisico



--Rappresentazione della rete numerata--

*Durante le prove...*

Abbiamo provato a variare sensibilmente (anche fino 100000) la soglia per la definizione dei sottobacini, non ottenendo mai variazioni. Ci ha sorpresi dato che, per esempio, alcuni sottobacini sono formati da un numero di pixel inferiore a 100000.

## Rescaled distances

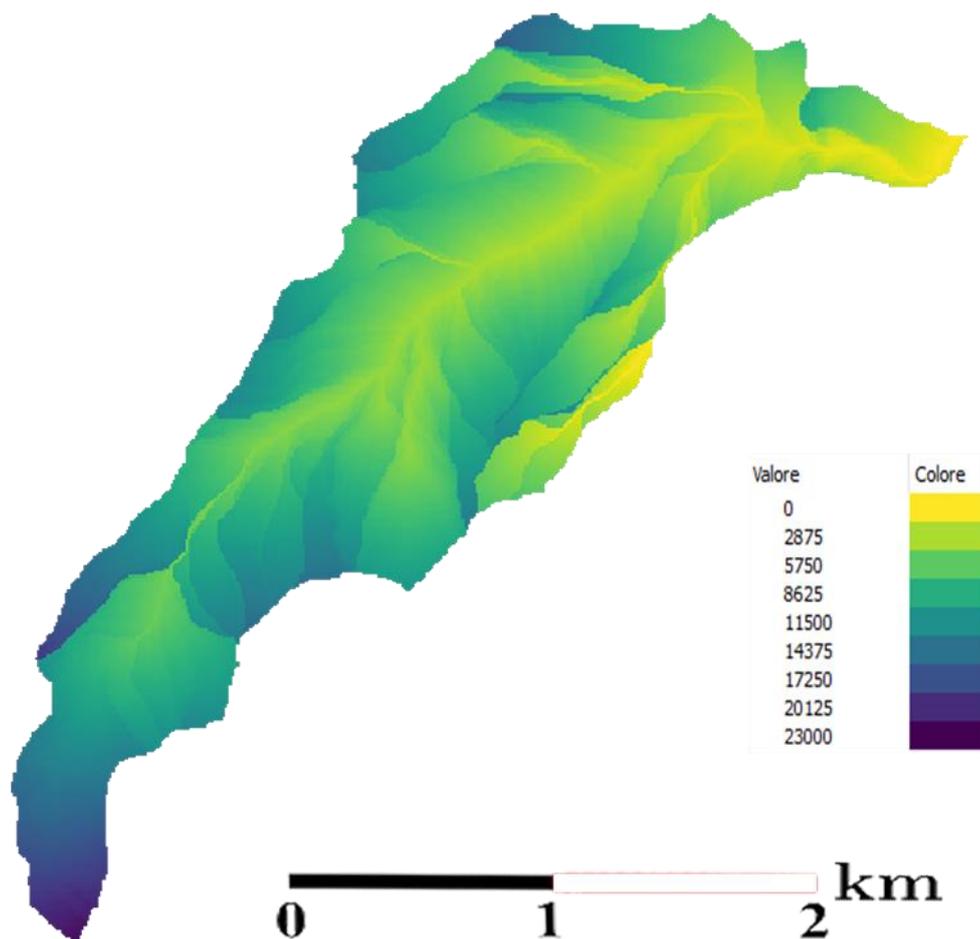
Calcola la distanza di ogni punto dal punto di uscita del bacino, seguendo le linee di drenaggio.

Si tiene anche conto del fatto che nei canali e nei versanti la velocità dell'acqua varia.

*Input: DEM corretto; Direzioni di flusso; Rete vettoriale del bacino*

*Parametri: Rapporto tra le velocità nei canali e nei versanti: 10*

*Output: Distanze riscalate*



--Rappresentazione della distanza di ciascun punto dal punto di uscita del bacino--  
I valori più alti (blu) si trovano nel punto di inizio di ogni ramo, mentre la sfumatura tende al giallo avvicinandosi all'outlet del bacino e in corrispondenza del ramo principale

## Il sopralluogo

Per comprendere meglio la realtà morfologica del nostro bacino, abbiamo svolto indagini in sito lungo il suo percorso, partendo da valle per arrivare circa a metà della sua lunghezza, poche centinaia di metri sotto il paesino Vaneze.

Per quanto permesso dalla morfologia del territorio, durante l'escursione siamo riusciti ad individuare principalmente 6 punti in cui è visibile il torrente, di cui abbiamo segnato le coordinate trovate su Google Maps (che usa il sistema WGS84).

Di seguito troviamo la mappa tratta da GoogleMaps, con evidenziato il nostro bacino ed etichettati i punti in corrispondenza del torrente a cui abbiamo avuto accesso. Abbiamo anche tracciato (in rosso) il percorso fatto da noi a piedi nel tentativo di trovare il maggior numero di zone accessibili del bacino.



--Foto 1- Mappa completa Roggia di Sardagna--

Chiedendo informazioni ci è stato detto che l'ultimo tratto del Roggia di Sardagna, tra il punto di arrivo della cascata e il punto di affluenza nel fiume Adige, non è percorribile perchè i terreni appartengono a privati.

Ci siamo quindi recati nel paesino di Sardagna grazie alla funivia situata presso il ponte San Lorenzo sopra l'Adige, alzandoci quindi di circa 200 m di quota.

Entrando nel paese, arrivati in piazza, ci siamo trovati di fronte a una cartina escursionistica, su cui erano tracciati i vari sentieri della SAT. Grazie a questa abbiamo individuato i sentieri che seguivano più da vicino l'alveo del torrente.



--Foto 2- Cartina escursionistica presso la piazza di Sardagna ( Altitudine 566 m)--

Inizialmente siamo andati in prossimità del primo punto accessibile del bacino (punto A), cioè sopra la cascata, vicino alla chiesa cimiteriale del paesino. Superati gli orti ivi presenti, ci siamo trovati di fronte alla recinzione della ex centrale idroelettrica, proprio dove il rio si trasforma in cascata.



Foto 3- Rio nei pressi della centrale idroelettrica

Coordinate punto A:  
46°03'38.8"N 11°06'08.3"E  
Altitudine: 527 m



-- Foto 4- Rio subito prima del dirupo (sempre in corrispondenza del punto A)--

Pochi metri sopra il punto A, davanti al cancello della ex centrale, il Roggia scorre sotto un ponticello, in corrispondenza del punto B, da dove abbiamo fatto le foto 5 e 6.



--Foto 5- Rio davanti al cancello della centrale (punto B)--



--Foto 6- Rio visto dal ponticello davanti alla centrale (punto B)--

Coordinate punto B:  
46°03'39.7"N 11°06'04.2"E  
Altitudine: 529 m

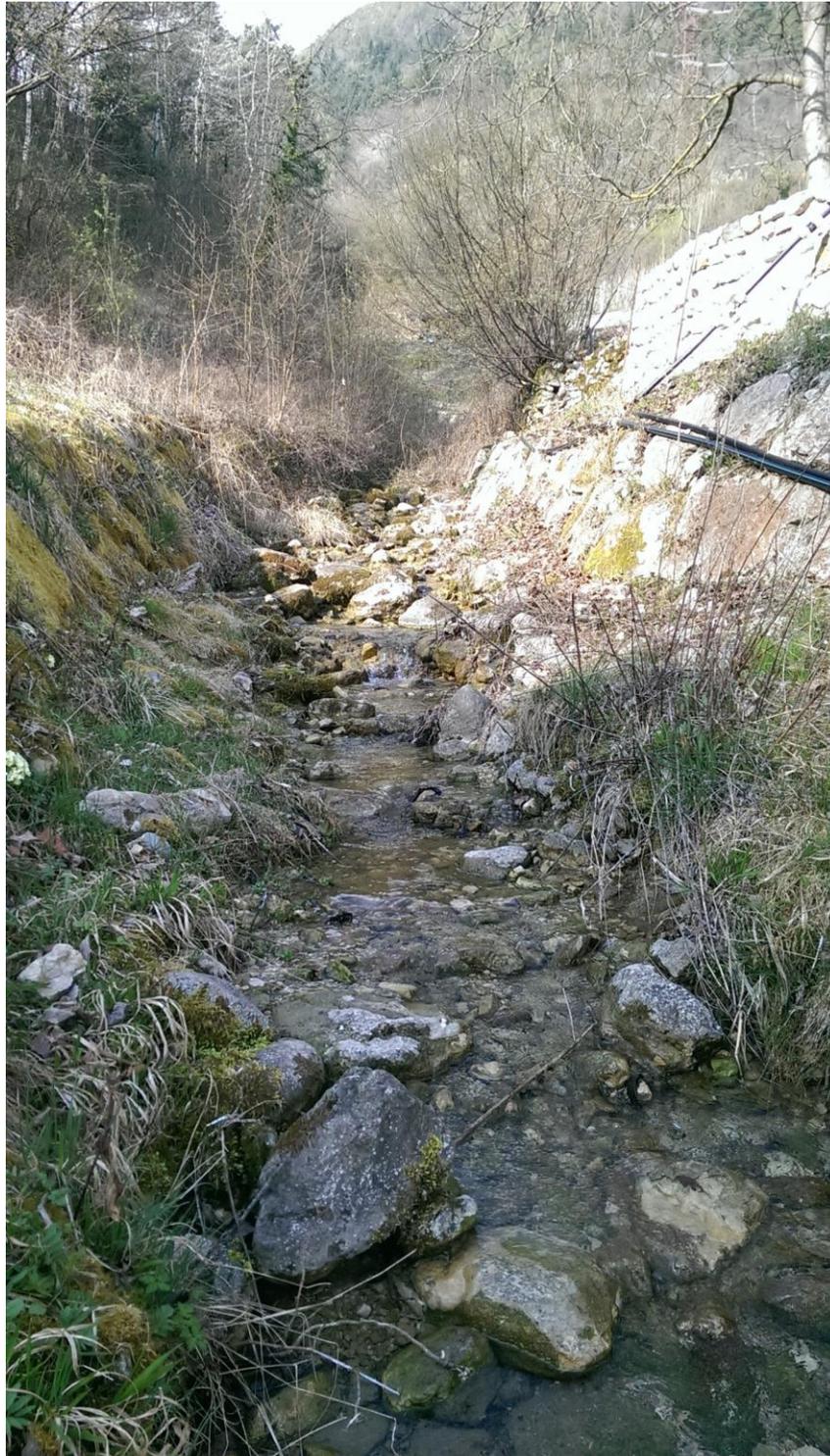
A causa della mancanza di un sentiero lungo il torrente, siamo ritornati in paese, trovando l'inizio di un sentiero segnato, appena a sud del centro abitato.



--Foto 7- Rio in corrispondenza dell'inizio del sentiero (punto C )--

Coordinate punto C:  
46°03'41.9"N 11°05'44.2"E  
Altitudine: 575 m

Imboccato il sentiero, lo abbiamo abbandonato subito per seguire il torrente, visto che la vegetazione ce lo permetteva; in questo punto il corso d'acqua divideva gli orti dei paesani dal bosco situato a sud.



--Foto 8- Rio al limitare del paesino (punto C)--



--Foto 9- Rio al limitare del paesino (punto C)--

Una volta qui abbiamo provato a risalire lungo il torrente, ma visto che le piante troppo fitte ci impedivano di farlo, ci siamo ricollegati al sentiero preso inizialmente, scalando il pendio attraverso la vegetazione.

Proseguendo lungo il sentiero, abbiamo tracciato parte del Giro dei Castagni (passeggiata attorno al paese), arrivando nel punto D dove il sentiero attraversa nuovamente il torrente, per poi piegarsi su sé stesso ritornando verso il centro abitato. In questo punto, però, la portata del fiume non era visibile in superficie; l'acqua si era quindi infiltrata nel terreno, per ritornare poi in superficie nel tratto tra i punti D e C.



Foto 10- Rio secco (punto D)--

Coordinate punto D:  
46°03'34.7"N 11°05'27.9"E  
Altitudine: 715 m

Al primo incrocio ci sono state date ulteriori indicazioni dai locali per continuare la risalita del corso d'acqua, questa volta sul sentiero 0645 della SAT, svoltando quindi a sinistra. Lo abbiamo percorso fino all'incrocio di un altro sentiero più battuto del precedente, quindi abbiamo continuato su questo fino ad arrivare al punto E, in cui il Rio, tornando visibile in superficie, attraversava il sentiero da noi percorso.



--Foto 11- Rio in corrispondenza del punto E, dove attraversa il sentiero--

Coordinate punto E:  
46°03'20.2"N 11°04'55.8"E  
Altitudine: 967 m



--Foto 12- Rio in corrispondenza del punto E (costruzione piramidale al centro dello stramazzo)--

Data l'assenza di un bosco fitto abbiamo tentato di risalire lungo il corso d'acqua, ma i grossi sassi erano poco stabili e ricoperti di muschi e altre piante che a contatto con l'acqua (il terreno era imbibito d'acqua) li rendevano scivolosi. Abbiamo comunque notato che l'acqua in superficie era assente poco sopra di dove è stata scattata la Foto 12, probabilmente infiltratasi sotto la grande quantità di sassi caduti proprio nell'alveo del Rio ormai da tempo.



-- Foto 13- Letto del torrente, sovrastante al punto E--

Continuando quindi sul sentiero, dopo pochi metri questo riprendeva la direzione verso il torrente; poco dopo ci siamo ritrovati di fronte ad un punto di convergenza di due rami del nostro bacino. Quest'ultimo è stato anche il punto a quota più alta da noi raggiunto (punto F): il ramo destro era secco, ma la morfologia del terreno ci ha fatto intuire la presenza di un corso d'acqua nel passato (presenza che abbiamo potuto confermare grazie alla cartina della SAT, in cui quest'affluente è evidenziato),

mentre il ramo sinistro sfociava da dietro una cascatella impossibile da risalire, viste le dimensioni del masso da dietro al quale compariva.



-- Foto 14- Ramo secco (destra) del Roggia (punto F)--

Coordinate punto F:  
46°03'15.3"N 11°04'47.5"E  
Altitudine: 1020m



--Foto 15- Risalendo sul ramo sinistro del torrente (punto F)--



-- Foto 16- Ultimo punto visto (punto F)--

Arrivati a questo punto, dopo aver percorso circa 3 km sui sentieri del Bondone, il nostro viaggio si è concluso.



## Bibliografia

[AboutHydrology](#)

[Cascata di Sardegna](#)

[Google Maps usa WGS84](#)

[Idrografia di riferimento](#)

[OMS](#)

[QGIS](#)

[Sardegna](#)

[Società degli Alpinisti Tridentini](#)

[WebGIS UNITN](#) (link funzionante solo dall'interno della Facoltà)