

Università degli Studi di Trento  
Dipartimento di Ingegneria Civile, Ambientale e Meccanica  
Corso di Laurea in Ingegneria Ambientale



Corso di Idrologia

A.A. 2014/15

## **Relazione idrogeomorfologica sul Rio Tovo (VI)**

Carta Nicola	159311
Laghetto Giacomo	159483
Meggiolaro Aliander	157903

Trento, 11 Maggio 2015

## Indice

### 1 Inquadramento del torrente

### 2 Raccolta dati sul campo

2.1	Sbocco del Rio Tovo nel torrente Zara.....	pag.6
2.2	Incrocio del letto del Rio con la strada che collega Castana e Laghi.....	pag.7
2.3	Proseguendo lungo il letto asciutto.....	pag.8
2.4	Ricomparsa dell'acqua.....	pag.9
2.5	Affluente in zona Contrà Penare.....	pag.10
2.6	Affluente nel punto di congiunzione tra la Va di Tovo e la Val dei Borelli.....	pag.11
2.7	Letto di un piccolo affluente in secca.....	pag.12
2.8	Affluente versante est del monte Senghele .....	pag.13
2.9	Proseguendo verso contrà Comparetti.....	pag.14
2.10	Contrà Comparetti.....	pag.15
2.11	Monte Castellone e un'idea complessiva del bacino del Tovo .....	pag.16
2.12	Contrà Facci.....	pag.17
2.13	Verso la diramazione principale.....	pag.18
2.14	Il bivio.....	pag.19
2.15	Ramo di destra.....	pag.20
2.16	Ramo di sinistra.....	pag.21
2.17	STOP.....	pag.21

### 3 Elaborazione e visualizzazione del bacino: Stage e QGIS

3.1	Cos'è Stage.....	pag.22
3.2	Cos'è QGIS.....	pag.22
3.3	Il DTM .....	pag.22
3.4	Introduzione all'analisi eseguita.....	pag.22

### 4 Mappe

4.1	Mosaic12.....	pag.23
4.2	Pitfiller.....	pag.23
4.3	FlowDirections .....	pag.24
4.4	DrainDir .....	pag.25
4.5	MarkOutlets .....	pag.26
4.6	ExtractNetwork.....	pag.26
4.7	WaterOutlet.....	pag.27
4.8	CutOut.....	pag.27
4.9	NetNumbering .....	pag.27
4.10	NetworkAttributesBuilder .....	pag.29
4.11	Slope.....	pag.30
4.12	Curvatures.....	pag.30
4.13	Tc.....	pag.32
4.14	TopIndex.....	pag.33
4.15	RescaledDistance .....	pag.34
4.16	HackLength.....	pag.35
4.17	Le numerazioni del bacino .....	pag.36

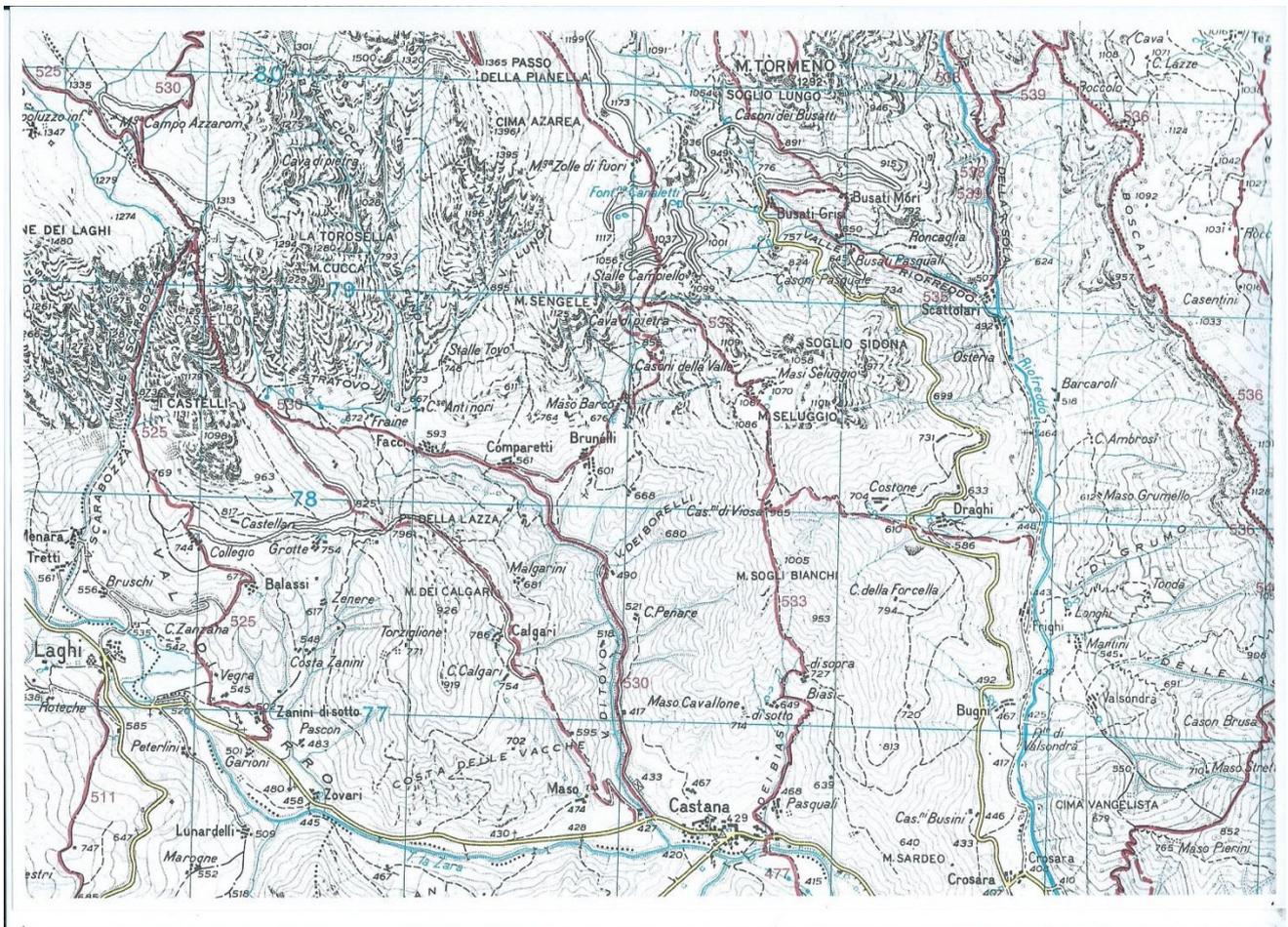
### 5 Bibliografia

# 1 INQUADRAMENTO DEL TORRENTE

Il Rio Tovo si trova nel comune di Arsiero, in provincia di Vicenza.

È originato da due rami principali: il primo ramo si dilunga nella Valle Stratovo (versante est del monte Castellone, 1293 m s.l.m.), il secondo attraversa prima la Valle Cuccà (versante sud-est del monte Toraro, originata all'altezza di cima Azarea, 1396 m s.l.m.), successivamente la Val Fundi.

Il punto d'incontro tra questi due rami avviene all'altezza di contrà Facci (593 m s.l.m.) che dà origine alla Valle di Tovo. Il Rio Tovo prosegue lungo l'omonima valle in direzione sud-est, prima di subire una brusca deviazione poco dopo contrà Comparetti verso sud.



Il torrente prosegue verso il paese di Castana, ma poco prima di giungervi viene interrato per circa 500 metri e fatto riaffiorare prima dello sbocco nel torrente La Zara in Val di Posina. Le acque dello Zara dopo pochi metri dall'incrocio con il Tovo finiscono nel torrente Posina, che raccogliendo la portata del Rio Freddo poco prima di Arsiero, si immette nel torrente Astico.



## 2 RACCOLTA DATI SUL CAMPO

*“...l'entità di un fiume si può stabilire o in riferimento al suo nome (traccia dell'avventura umana), o in riferimento alla sua integralità idrografica (avventura dell'acqua dal punto sorgente più remoto fino al mare, al di fuori dei nomi assegnati ai vari tratti), il problema è che le due avventure coincidono raramente, di solito l'avventura dell'esploratore va contro corrente, partendo dal mare; quella dell'acqua invece ci finisce, l'esploratore che risale il fiume deve fare testa o croce ad ogni bivio, perché a monte di ogni confluenza tutto si rarefa: l'acqua, a volte l'aria, ma sempre la propria certezza, mentre il fiume che scende verso il mare condensa gradualmente le sue acque e la certezza della sua strada ineluttabile...”*

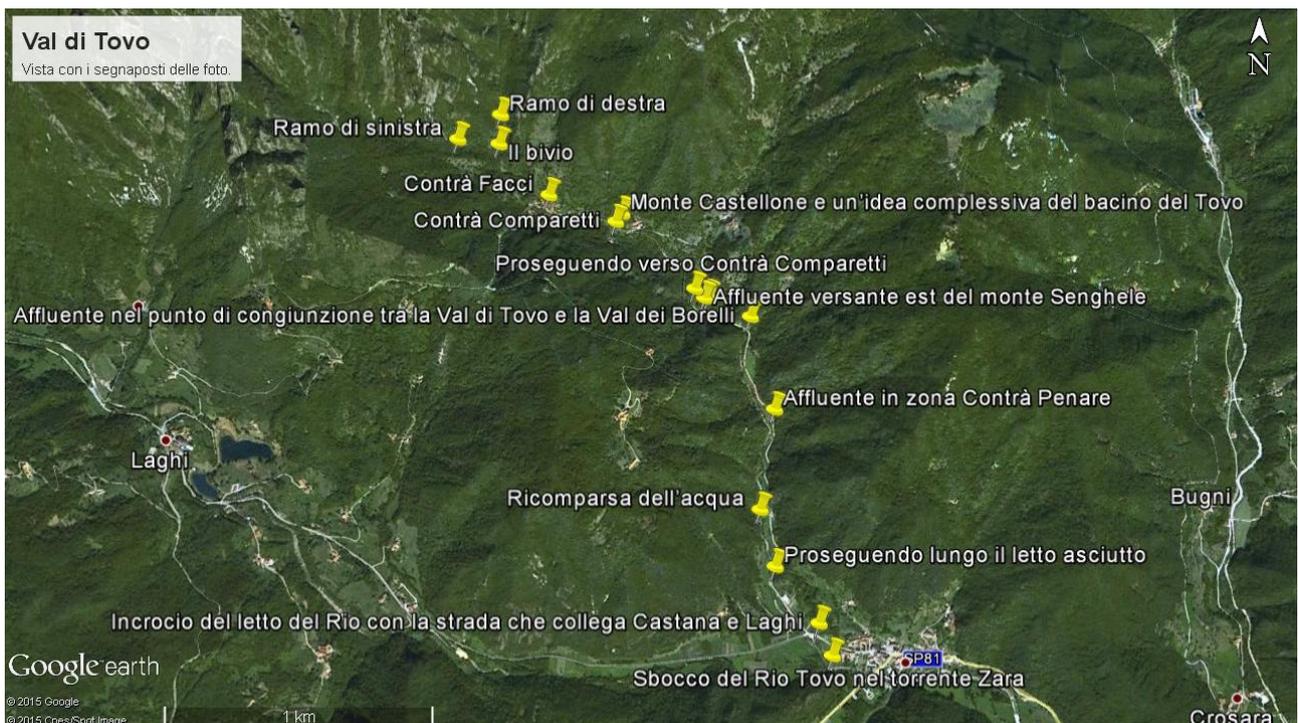
Anche noi, esploratori alle primissime armi, abbiamo provato a ricostruire la storia di questo bacino partendo dal basso e arrivando fino a dove ci era consentito.

Durante la giornata di lunedì 6 aprile 2015 è stato effettuato il sopralluogo al fine di raccogliere dati inerenti al bacino oggetto di studio.

È stato costeggiato il Rio di Tovo, partendo come già anticipato dal suo sbocco nello Zara (paese di Castana) e arrivando oltre la diramazione principale, i dati sono stati raccolti in ambedue le direzioni per qualche centinaio di metri.

Per il raccoglimento è stato usato un cellulare Android con GPS incorporato e in grado di associare ad ogni foto una coppia di **coordinate**, che sono quindi state rilevate direttamente. In maniera indiretta sono state rilevate invece le **altitudini**: utilizzando il software Google Earth e inserendo le coordinate associate a ciascuna foto, è stato possibile ricavare il valore dell'altitudine.

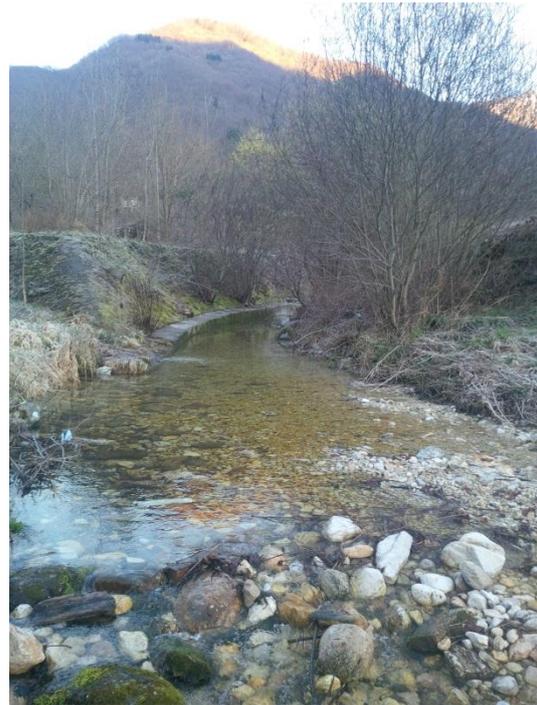
La cartografia utilizzata durante il rilevamento è la Carta dei Sentieri “Valli Posina e Astico” edita dalle sezioni vicentine del C.A.I. la cui scala è 1:20.000.



## 2.1 Sbocco del Rio Tovo nel torrente Zara

Posizione	45°48'58.05"N 11°18'23.00"E
Altitudine	408 m s.l.m.

Lo sbocco si trova a ovest del piccolo paese di Castana.



## 2.2 Incrocio del letto del Rio con la strada che collega Castana e Laghi

Posizione	45°49'2.20"N 11°18'20.65"E
Altitudine	409 m s.l.m.

A nord della confluenza avviene l'incrocio con la Strada Provinciale 81, che collega i comuni di Arsiero e Laghi passando per la frazione del comune di Arsiero, Castana.

La foto denota assenza di acqua, che è stata in precedenza interrata. Nei periodi di pioggia intensa il letto del fiume si riempie d'acqua come ci fanno intuire le forme che la vegetazione ha assunto nel fondale.



### 2.3 Proseguendo lungo il letto asciutto

Posizione	45°49'9.53"N 11°18'12.46"E
Altitudine	451 m s.l.m.

Inoltrandoci lungo la valle il letto del rio rimane asciutto per le prime centinaia di metri in direzione nord-ovest. Sullo sfondo in tutte e tre le foto si può notare la presenza del monte Senghele (1125 m s.l.m.) situato a est della Val Fundi.



## 2.4 Ricomparsa dell'acqua

---

Posizione	45°49'16.89"N 11°18'9.76"E
Altitudine	456 m s.l.m.

---

Proseguendo per 150 m circa in direzione nord l'acqua torna a scorrere nel rio. Le tre foto sono state scattate nella medesima posizione (ci troviamo subito sotto contrà Penare).



## 2.5 Affluente in zona Contrà Penare

Posizione	45°49'30.04"N 11°18'12.62"E
Altitudine	496 m s.l.m.

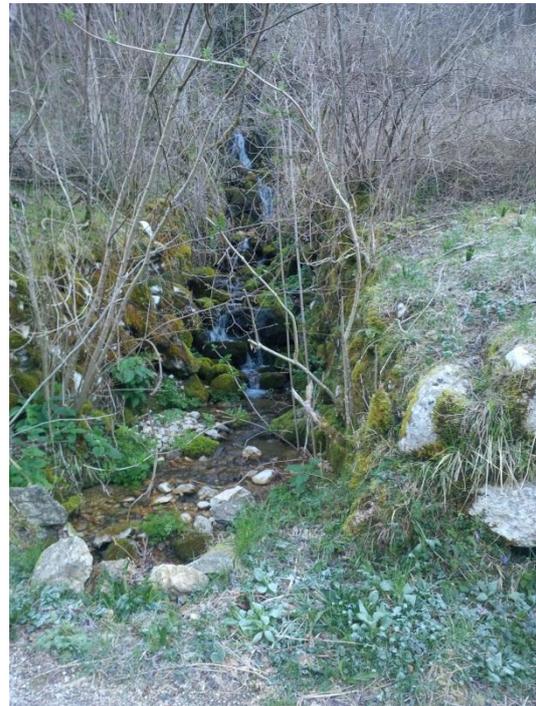
All'altezza di contrà Penare si è notata la presenza di un affluente secco. Dalla forma ben evidente del letto di questo affluente si può evincere che nei giorni di pioggia sia in grado di apportare al rio principale una portata abbastanza rilevante.



## 2.6 Affluente nel punto di congiunzione tra la Val di Tovo e la Val dei Borelli

Posizione	45°49'42.47"N 11°18'8.27"E
Altitudine	502 m s.l.m.

Continuando in direzione nord si arriva in un punto in cui il corso d'acqua subisce una brusca deviazione verso ovest. Dalla parte opposta rispetto a dove curva il torrente, compare un affluente che scende dalla Val Borelli. L'affluente è interrato un istante prima del suo sbocco nel Tovo per consentire il passaggio della strada che porta alla contrà Facci.



## 2.7 Letto di un piccolo affluente in secca

Posizione	45°49'45.04"N 11°18'0.24"E
Altitudine	522 m s.l.m.

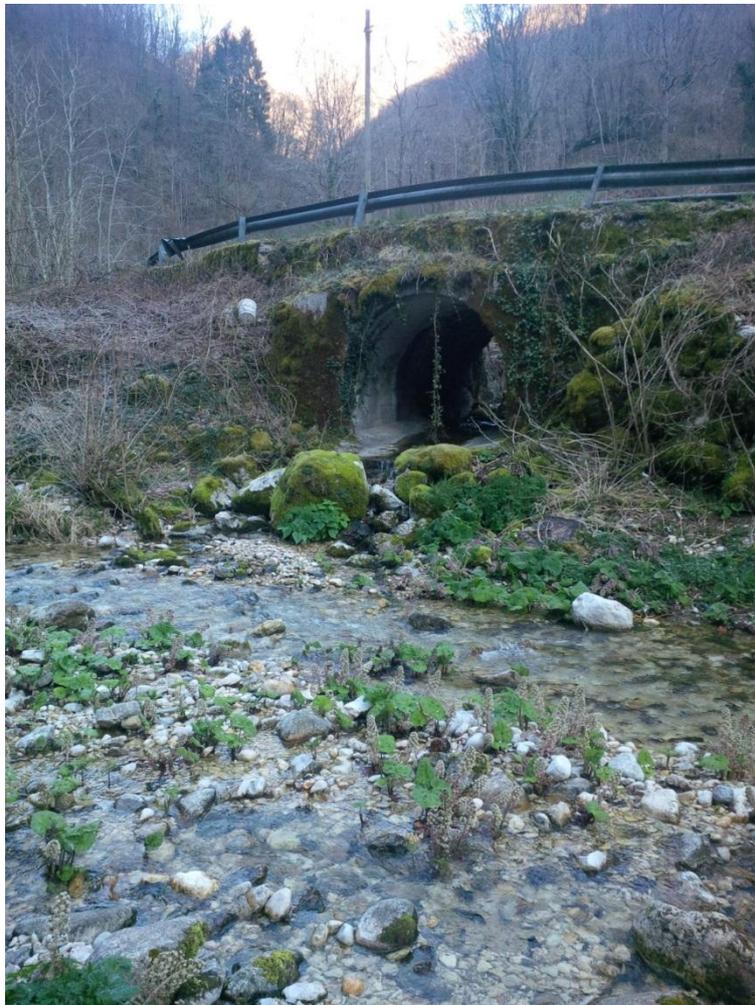
Continuando nella risalita del rio, ecco comparire sulla nostra destra un altro possibile affluente. Possibile perché al momento del nostro rilevamento si trovava in secca. L'incrocio avviene pochi metri dopo la congiunzione con l'affluente appena passato.



## 2.8 Affluente versante est del monte Senghele

Posizione	45°49'44.83"N 11°17'59.47"E
Altitudine	523 m s.l.m.

Il corso principale del bacino del Tovo torna per un breve tratto a mirare verso nord; prima di questo cambio di direzione si immette un ulteriore affluente che raccoglie le acque del versante est del monte Senghele (che può essere intravisto nello sfondo della foto, in netto contrasto con la luce del sole). Anche in questo caso, per questioni legate alla viabilità della valle l'ultimo tratto di questo affluente è stato intubato.



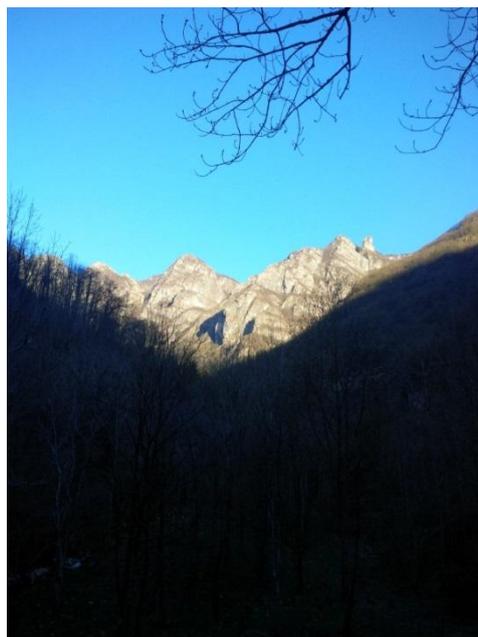
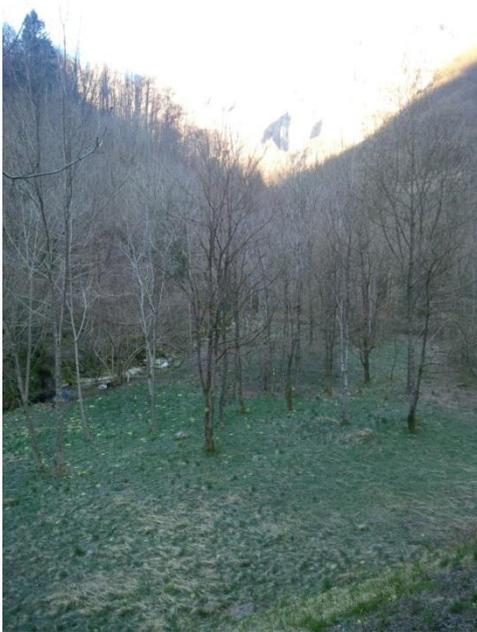
## 2.9 Proseguendo verso Contrà Comparetti

---

Posizione	45°49'46.15"N 11°17'57.65"E
Altitudine	509 m s.l.m.

---

Continuando in direzione nord-ovest sono state scattate queste tre foto in un punto in cui la valle si apriva e per la prima volta si iniziava a intravedere il monte Cuccà.



## 2.10 Contrà Comparetti

Posizione	45°49'55.13"N 11°17'42.54"E
Altitudine	557 m s.l.m.

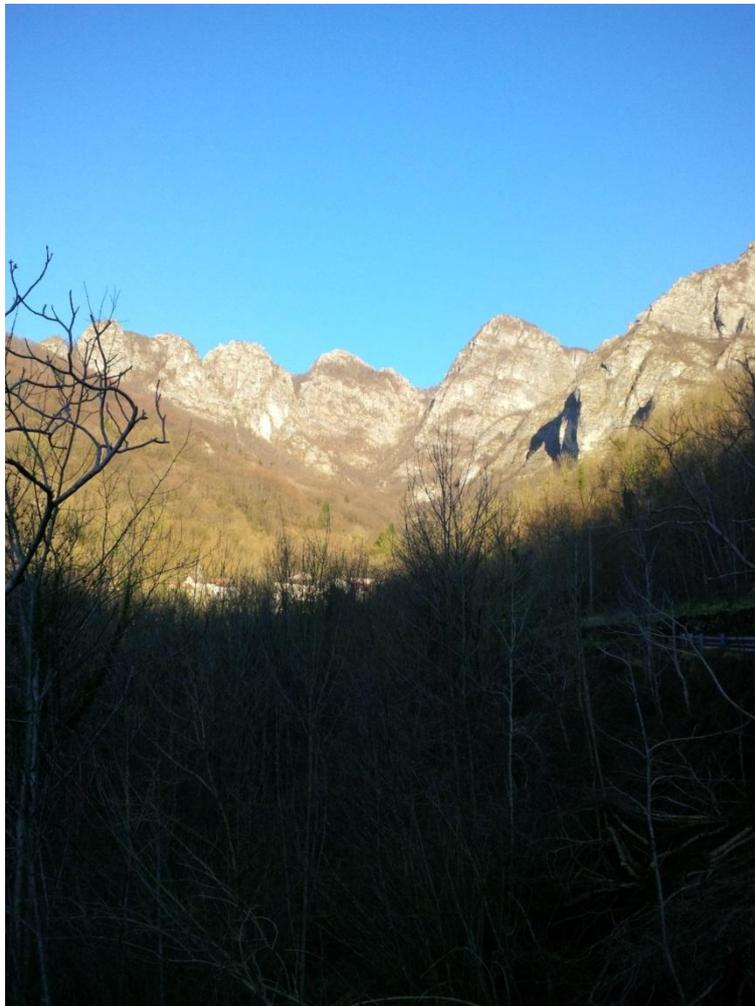
Il Rio Tovo passa sotto contrà Comparetti (561 m s.l.m.) e nell'attraversare questa contrada c'è tempo per una riflessione. In questa valle si trovano posti sconosciuti ai più ma alquanto belli e caratteristici. È un posto dove sembra che il tempo si sia fermato, il rumore dominante è quello dell'acqua che scorre verso valle.



## 2.11 Monte Castellone e un'idea complessiva del bacino del Tovo

Posizione	45°49'56.18"N 11°17'43.75"E
Altitudine	559 m s.l.m.

La foto, scattata da contrà Comparetti in direzione contrà Facci, fornisce una prima visione d'insieme del bacino del Rio Tovo. Nella foto si intravede la contrada successiva situata sotto il Monte Castellone (1293 m s.l.m.); da questo monte si dirama uno dei rami principali del Tovo, mentre alla sua destra (non del tutto visibile in foto) il Monte Cuccà da cui invece raccoglie le acque il secondo ramo del rio.

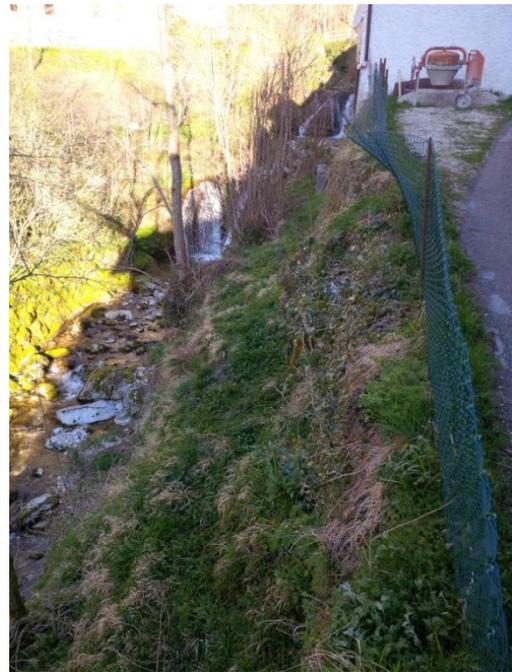


## 2.12 Contrà Facci

Posizione	45°49'58.38"N 11°17'29.88"E
Altitudine	599 m s.l.m.

Compiendo un dislivello di 30 m circa si giunge alla contrada Facci (o Tovo, come visibile in foto). Rappresenta l'ultimo punto facilmente agibile della valle, dopo di che le pendenze diventano significative per la presenza dei monti più volte citati. È grande il doppio rispetto a contrà Comparetti, ma altrettanto caratteristica.

Il torrente scorre adiacente alle case.



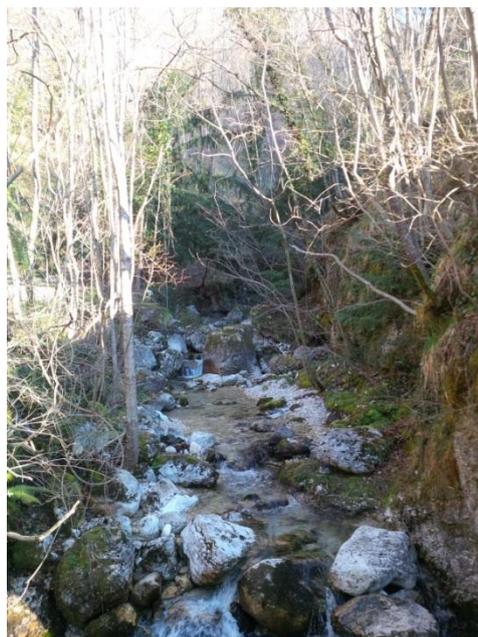
### 2.13 Verso la diramazione principale

---

Posizione	45°50'4.06"N 11°17'24.26"E
Altitudine	650 m s.l.m.

---

Lasciando alle nostre spalle l'ultima contrada le pendenze si fanno più significative, di conseguenza anche il moto dell'acqua nel rio diventa più irregolare con presenza di continue cascatelle e pozze in cui l'acqua si accumula.



## 2.14 Il bivio

Posizione	45°50'4.78"N 11°17'20.57"E
Altitudine	655 m s.l.m.

Si giunge dunque al primo vero bivio significativo della nostra risalita. Il ramo di destra prosegue prima lungo la Val Fundi, successivamente lungo la Val Cuccà; quello di sinistra si arrampica lungo il versante est del monte Castellone dopo aver attraversato la Valle Stratovo. I due rami non differiscono troppo a livello di portata, risulta quindi difficile identificare un ramo “principale” per cui proseguire.



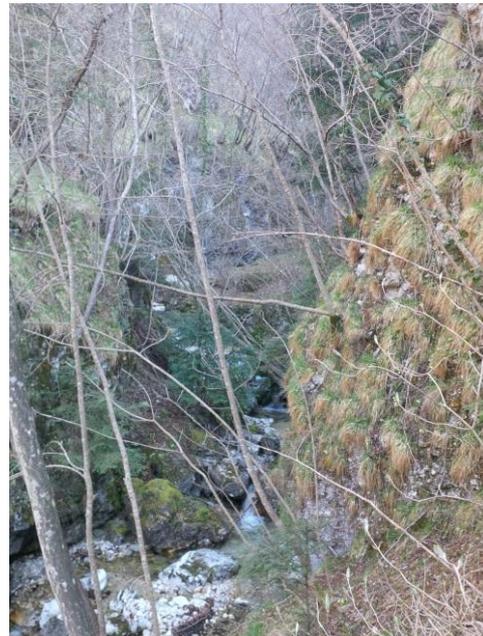
## 2.15 Ramo di destra

---

Posizione	45°50'8.47"N 11°17'20.92"E
Altitudine	680 m s.l.m.

---

Decidiamo di proseguire lungo la Val Fundi. Dopo qualche centinaio di metri il cammino si fa sempre più impervio e, data la mancanza di sentieri praticabili, torniamo sui nostri passi per provare la fortuna sul ramo di sinistra.



## 2.16 Ramo di sinistra

---

Posizione	45°50'5.07"N 11°17'13.02"E
Altitudine	685 m s.l.m.

---

Stessa situazione nel ramo di sinistra, che scende lungo la Valle Stratovo.



## 2.17 STOP

Nelle immediate vicinanze delle posizioni precedenti, sono state scattate anche queste ulteriori foto che rendono bene la situazione di impossibilità di continuare nel nostro percorso di recupero dati e di ricerca della sorgente.



## 3 ELABORAZIONE E VISUALIZZAZIONE DEL BACINO: STAGE E QGIS

### 3.1 Cos'è Stage

Stage, Spatial Toolbox and Geoscript Environment, è un interfaccia grafica contenente diversi moduli. Tra questi i JGrassTools per l'analisi idrologica (Horton Machine), altri più generici JGrassGears per operazioni GIS (Vector Processing & Raster Processing) ed infine altri potenti toolbox come LESTO per analisi forestali e altri scopi che però non useremo. Useremo dunque Stage per elaborare le mappe di cui avremo bisogno. Per visualizzarle useremo QGIS.

### 3.2 Cos'è QGIS

QGIS è un Sistema di Informazione Geografica Libero e Open Source in cui è possibile visualizzare (e non solo... ) dati georiferiti sia raster che vettoriali. Nel nostro caso si presta benissimo come mero visualizzatore. Infatti le operazioni di importazione delle mappe in QGIS funzionano con la logica del Drag & Drop, ossia basta trascinare i dati sopra il programma per visualizzarli. È possibile inoltre tramite appositi plugins creare e aprire Location Grass, ossia compatibili sia con Grass che con Stage.

### 3.3 Il DTM

Il DTM, Digital Terrain Model o Modello Digitale del Terreno, come suggerisce il nome rappresenta la distribuzione delle quote riferite al solo terreno e non tiene conto di tutti gli oggetti insistenti su quest'ultimo (ad es. vegetazione, edifici ed altri manufatti). Si presenta in formato raster in cui ogni cella, detta pixel, contiene un valore di elevazione da una quota di riferimento. Nel nostro caso si è utilizzato un DTM, scarico dall' Infrastruttura dei Dati Territoriali della Regione Veneto, con una risoluzione di 5m ossia ogni cella (pixel) misura 5m di lato.

### 3.4 Introduzione all'analisi eseguita

Tramite le Horton Machine è possibile produrre una moltitudine di mappe differenti, utili per analisi a diversi livelli di profondità tecnica. In questo lavoro si è preferito produrre e presentare solamente le mappe ritenute più utili a dare un inquadramento idrogeomorfologico generale al bacino di interesse.

## 4 MAPPE

Si riportano di seguito i passaggi seguiti per ricavare il reticolo idrografico

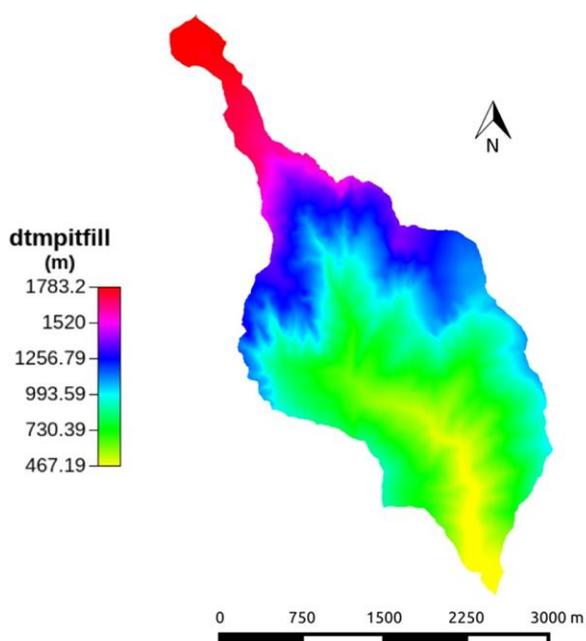
### 4.1 Mosaic12

Prima di poter iniziare l'analisi idro-geomorfologica con gli strumenti delle *Horton Machine*, è necessario ottenere una mappa unica del DTM, a partire dai diversi fogli del DTM che abbiamo precedentemente importato nella *location*. Il comando che utilizzeremo, Mosaic12, si trova nei moduli di manipolazione raster e permette di unire fino a 12 fogli diversi inserendoli però uno ad uno.

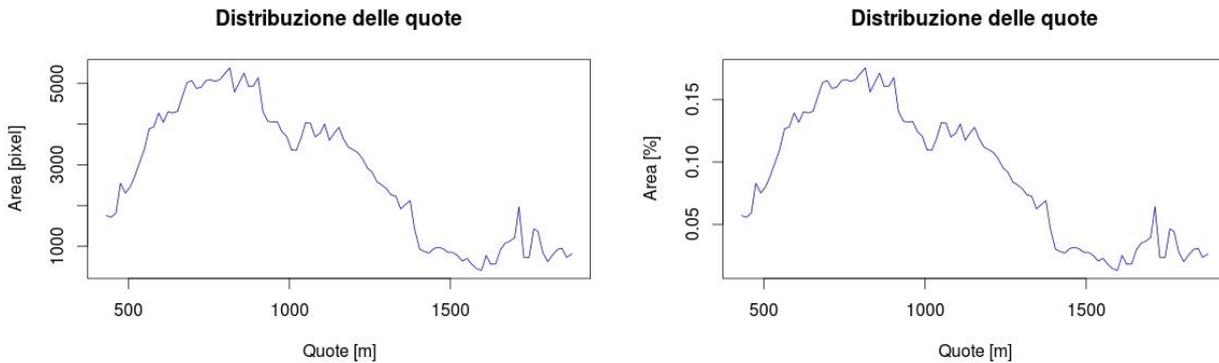
### 4.2 Pitfiller

Un altro preliminare e importantissimo comando è il Pitfiller (letteralmente "riempibuchi") che permette di riempire i punti di depressione presenti nel DTM, dovuti a errori di calcolo nella fase di creazione dello stesso, in modo da poter definire poi in maniera univoca le direzioni di drenaggio. Tramite il comando RasterSummary è possibile avere ulteriori informazioni quali

Altezza minima	423.37 m s.l.m.
Altezza massima	1883.98 m s.l.m.
Altezza media	968.26 m s.l.m.

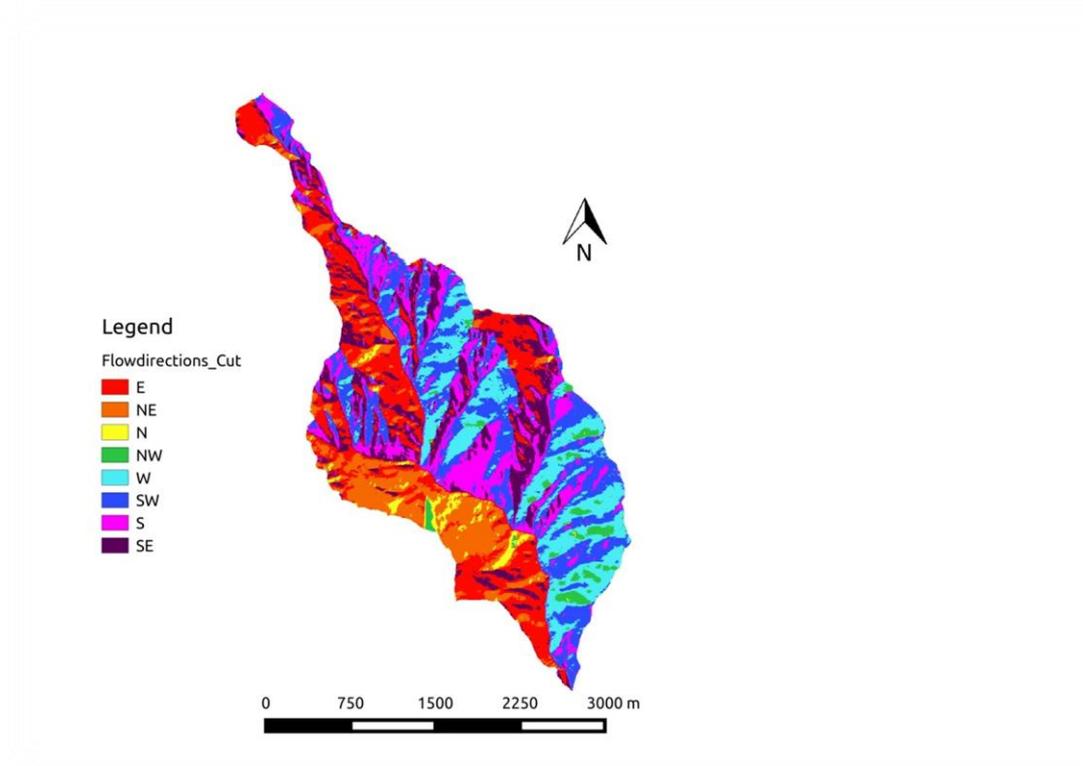


Sempre attraverso il comando RasterSummary è possibile ottenere altre statistiche come l'istogramma delle distribuzione dei valori contenuti nella mappa. I valori dell'istogramma vengono stampati nella console e poi tramite un plot di R si ha una visualizzazione più immediata



### 4.3 FlowDirections

Il comando FlowDirections calcola le direzioni di drenaggio nella direzione della massima pendenza discendente identificando per ogni cella del DTM una delle 8 celle vicine. I numeri convenzionali presenti nella mappa di output vanno dall'1 all'8, rappresentano le direzioni di drenaggio, dove 1 corrisponde alla direzione est. Naturalmente questa ipotesi di sole otto direzioni di drenaggio rappresenta un enorme semplificazione rispetto alla situazione naturale. Ci si può quindi attendere che le direzioni di drenaggio calcolate non corrispondano fedelmente a quelle reali.

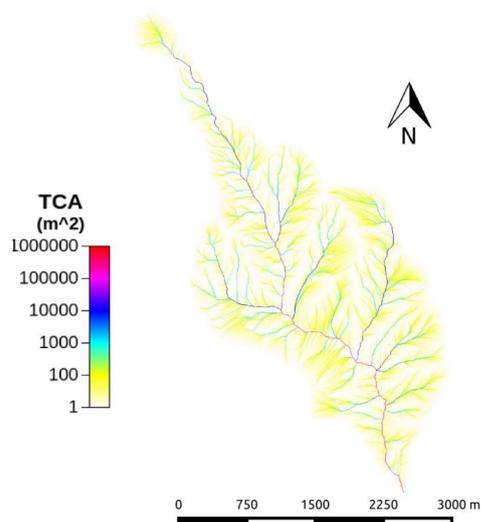
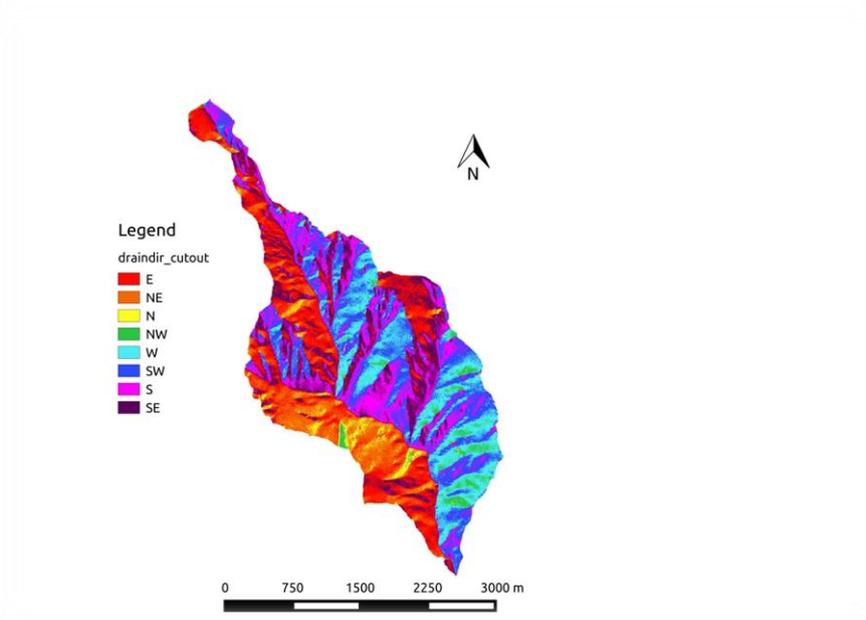


## 4.4 DrainDir

Per correggere la deviazione delle direzioni di drenaggio rispetto a quelle reali si usa il comando DrainDir che tramite un algoritmo reindirizza il flusso quando la deviazione supera un certo valore di soglia. Il comando lavora con due possibili metodi:

- Metodo D8-LAD, in cui valuta la deviazione angolare (usato, di default)
- Metodo D8-LTD, in cui valuta invece la deviazione trasversale.

Il comando fornisce infine anche le aree contribuenti, o TCA, ossia preso un punto del bacino l'area che contribuisce all'afflusso in quel punto.



## 4.5 MarkOutlets

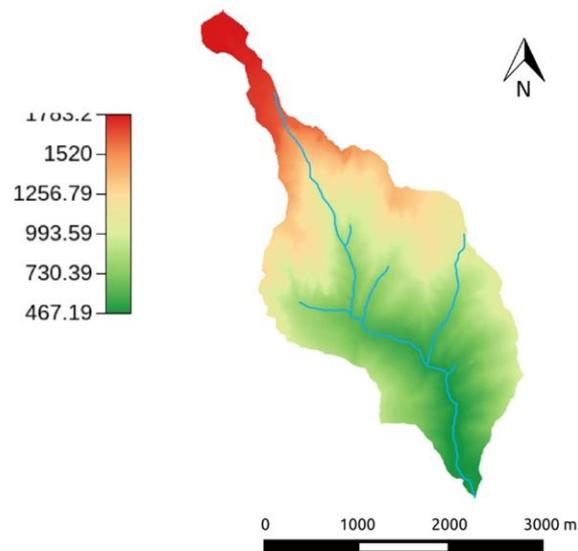
Molti comandi per essere eseguiti correttamente richiedono che la mappa delle direzioni di drenaggio abbia un ulteriore valore. Questo nuovo valore rappresenta la classe dei cosiddetti outlets del bacino ossia dei punti che drenano all'esterno del bacino. Il comando MarkOutlets fa proprio questo attribuendo un valore convenzionale 10 a questa classe di punti.

## 4.6 ExtractNetwork

Il comando ExtractNetwork permette di estrarre il reticolo idrografico mediante tre possibili metodi:

- mediante una soglia sulle aree contribuenti, in cui solo i punti con area contribuyente maggiore della soglia danno luogo alla formazione dei canali.
- mediante soglia sul prodotto tra aree contribuenti e pendenza (questa quantità stima lo sforzo tangenziale)
- mediante soglia analoga alla precedente considerando però solo i punti convergenti

Dopo aver individuato i punti di inizio dei canali, con una di queste tre soglie, il reticolo viene costruito considerando tutti gli altri punti posti a quote minori. Nel nostro si è scelto di utilizzare una soglia sulle sole aree contribuenti e più precisamente una soglia di 10000 m<sup>2</sup>.



#### 4.7 WaterOutlet

Con il comando WaterOutlet è possibile estrarre il bacino di interesse. Il comando richiede come input la mappa delle direzioni di drenaggio (meglio se calcolate con DrainDir) e le coordinate del punto che si vuole assumere come chiusura del bacino. Molto importante verificare preventivamente che il punto scelto abbia valore 2 nella mappa restituita da ExtractNetwork. Per far ciò si utilizza lo strumento info di QGIS che ci darà anche le coordinate del punto.

#### 4.8 CutOut

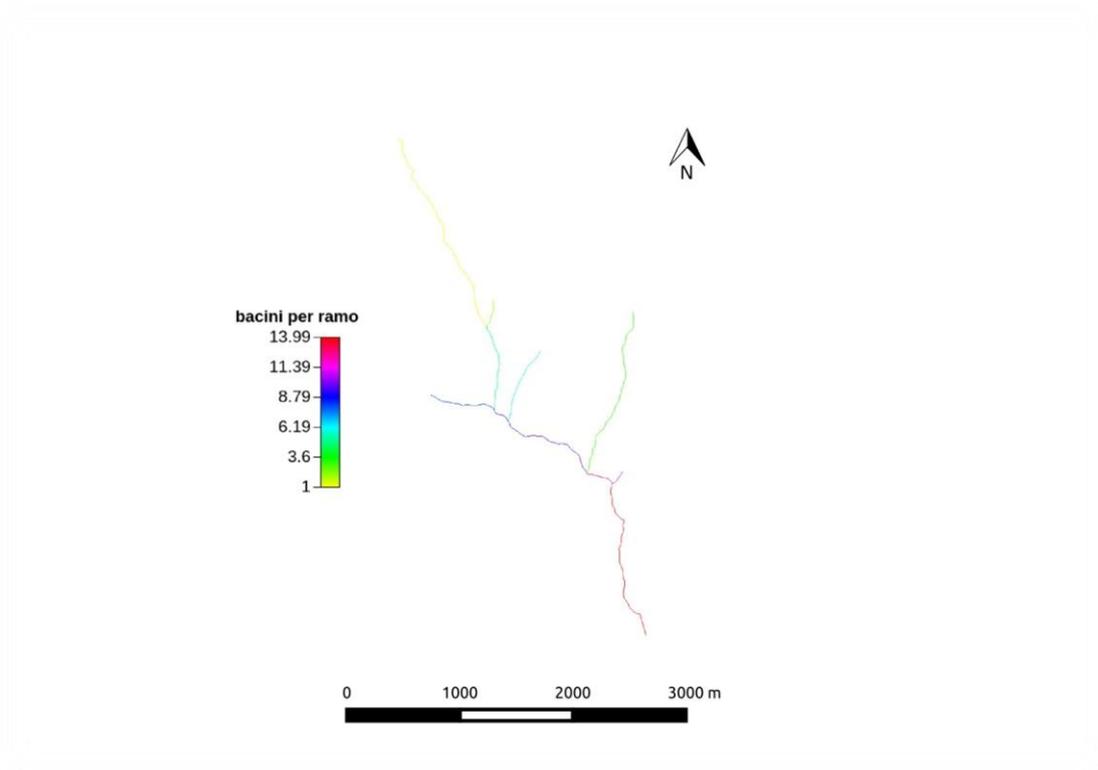
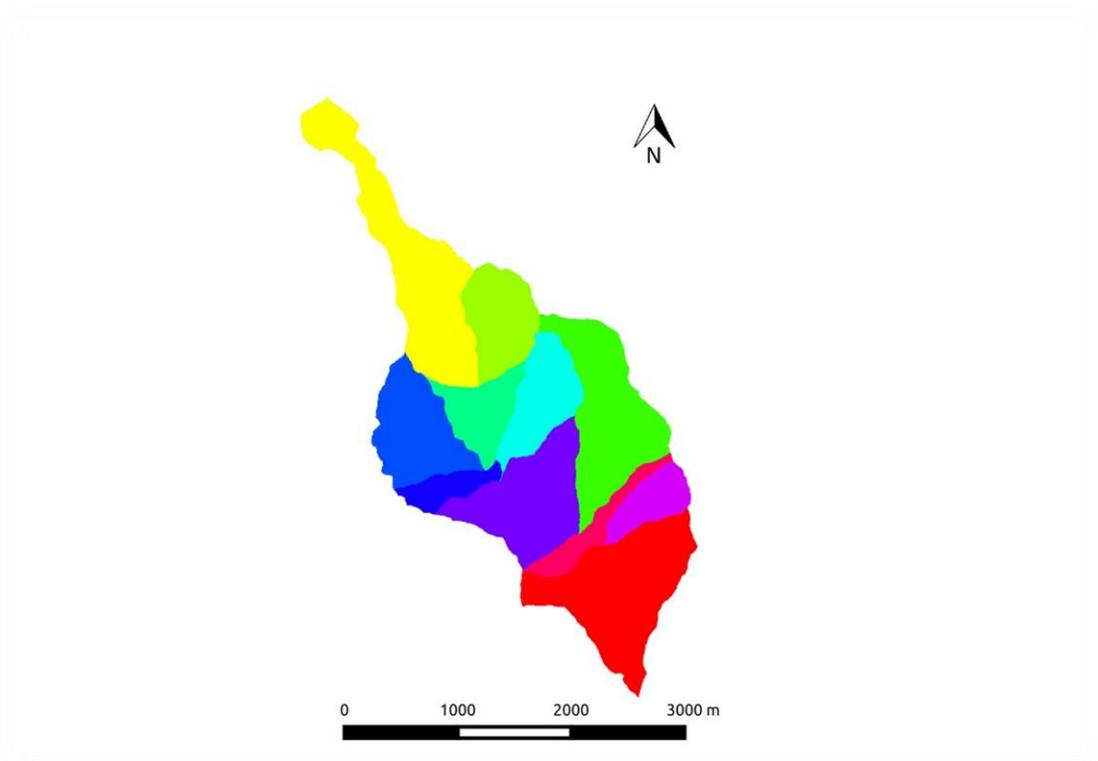
Attraverso il comando CutOut è possibile ritagliare mappe sul contorno di una mappa da usare come maschera. Si procede quindi a ritagliare tutte le mappe fino alle direzioni di drenaggio e aree contribuenti. Si decide invece di ricalcolare le mappe di MarkOutlets e ExtractNetwork.

Si precisa infine che nell'esposizione precedente sono state inserite le mappe già ritagliate, anche se in verità sono state calcolate dopo con il comando CutOut, per evitare una ripetizione superflua e in quanto sono da considerarsi quelle definitive.

Ora che abbiamo estratto il bacino di interesse e ritagliato le mappe di base su questo, possiamo eseguire alcuni altri comandi al fine di ottenere la struttura della rete di drenaggio e dei sottobacini relativi al bacino d'interesse.

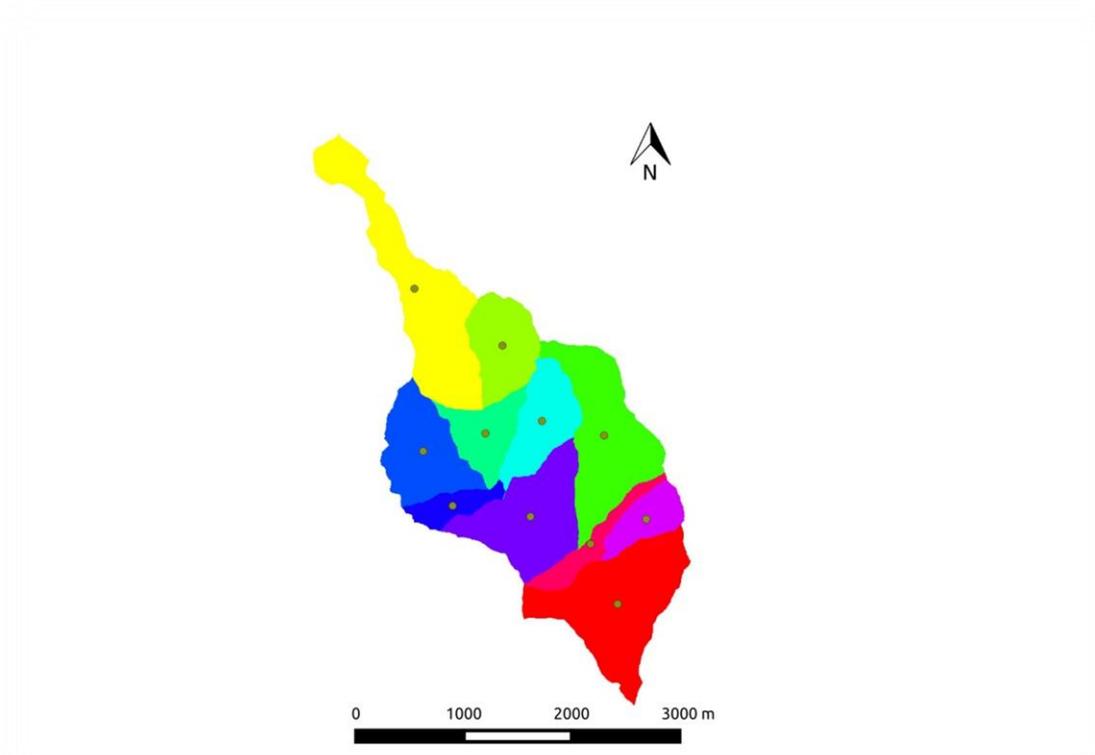
#### 4.9 NetNumbering

Il comando NetNumbering permette di estrarre i sottobacini e la mappa della rete numerata. Anche qui è necessario inserire una soglia sulle TCA, come per l'estrazione della rete, e la soglia per coerenza dovrebbe essere uguale o maggiore di quella usata per la rete. Per avere un numero di sottobacini accettabile si è scelta una soglia 10 volte maggiore di quella usata in precedenza.



#### 4.10 NetworkAttributesBuilder, Vectorizer & VectorReshaper

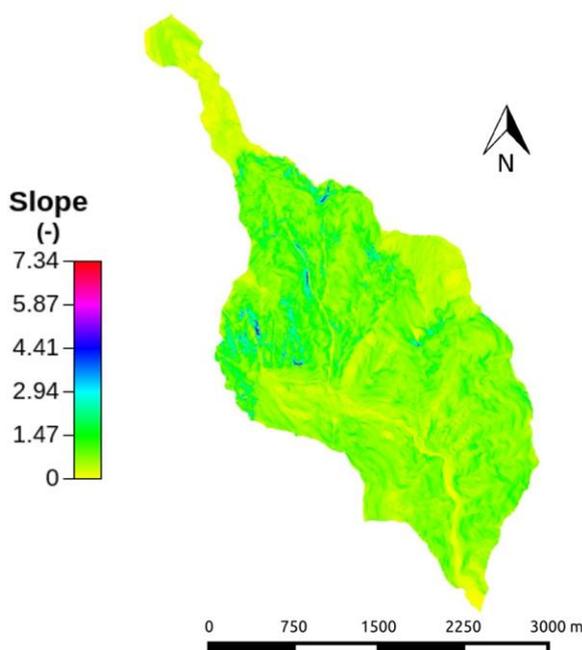
Si vogliono infine convertire le mappe della rete e dei sottobacini in formato vettoriale. Per il reticolo useremo il comando NetworkAttributesBuilder mentre per i sottobacini il comando Vectorizer. Tutto questo perché ai file vettoriali è possibile, tramite il comando VectorReshaper, attribuire informazioni utili ad esempio come la lunghezza dei rami per il reticolo idrografico e i centroidi per i sottobacini.



Si riportano ora altre mappe elaborate, che vanno oltre all'analisi idrogeomorfologica di base.

## 4.11 Slope

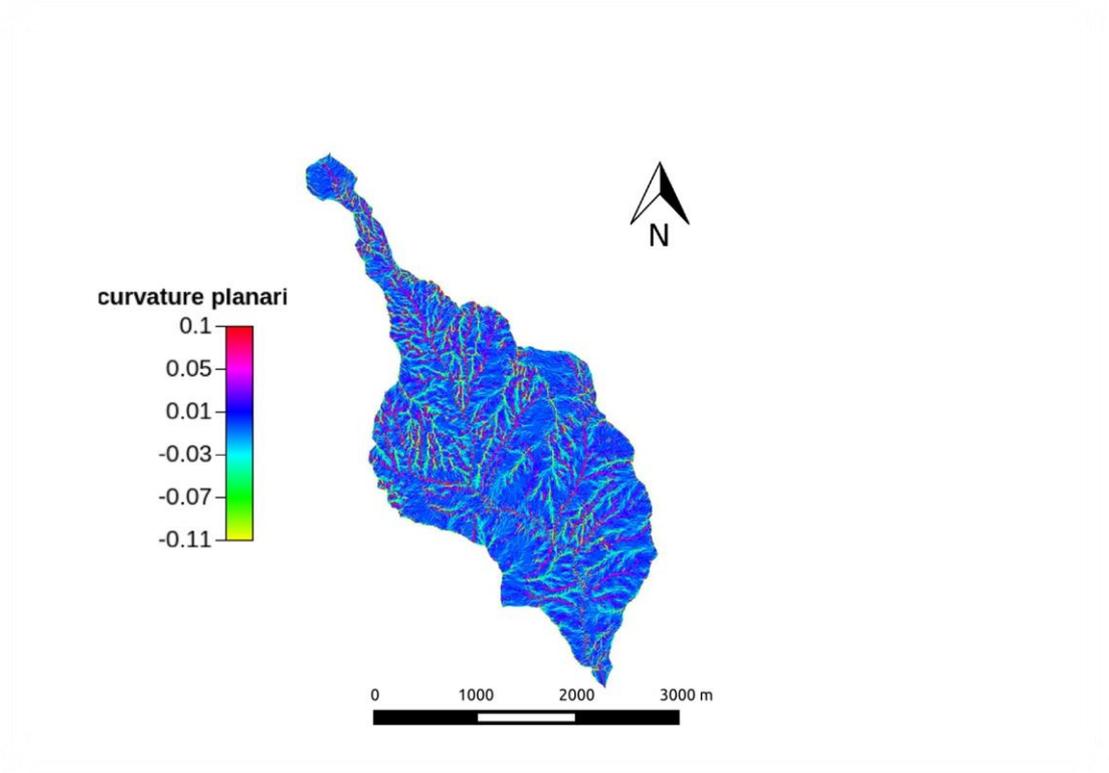
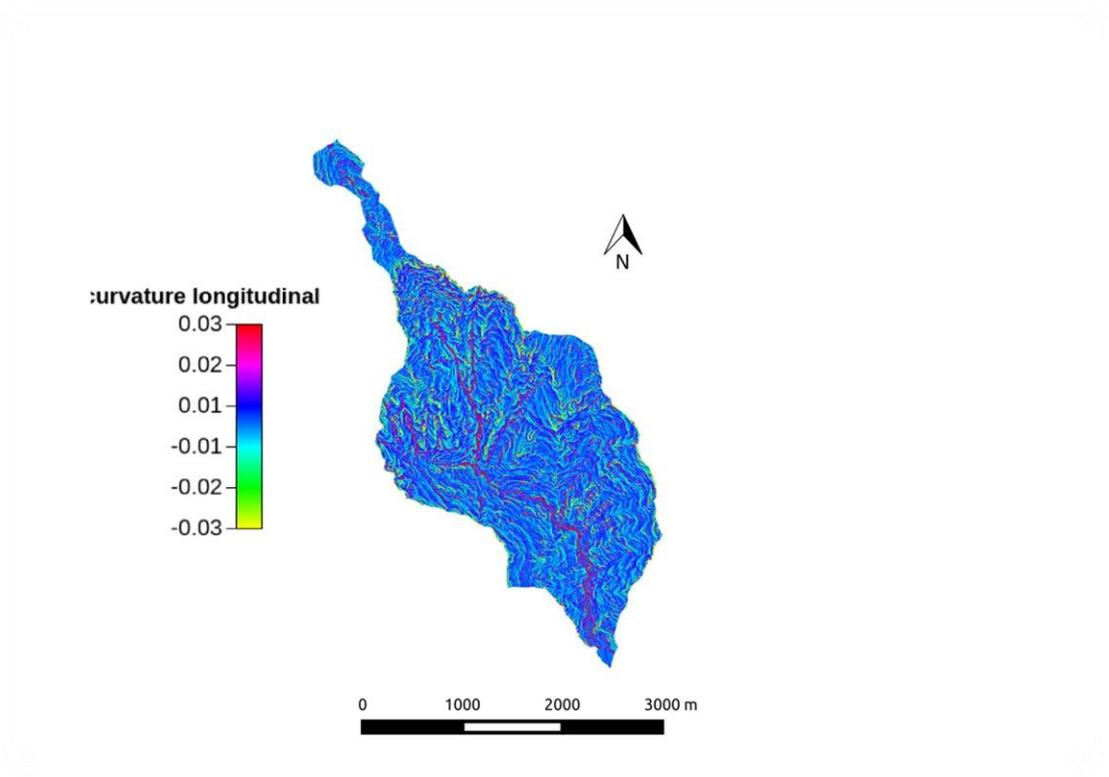
Il comando Slope calcola la pendenza della superficie topografica in ogni punto lungo le direzioni di drenaggio. Il comando calcola la differenza di quota tra ogni pixel e quello adiacente immediatamente a valle. Successivamente divide questa grandezza per la dimensione del pixel, oppure della sua diagonale, a seconda della posizione reciproca dei due pixel considerati. Il valore restituito rappresenta quindi la tangente dell'angolo rappresentante la pendenza.

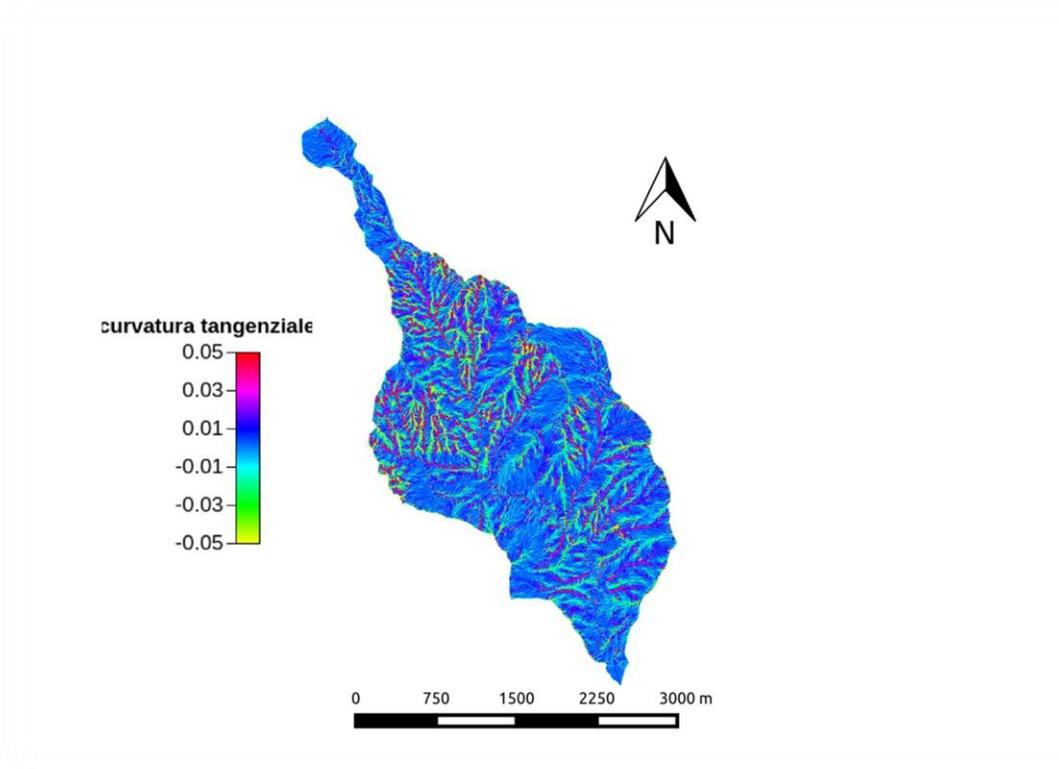


## 4.12 Curvatures

Il comando Curvatures permette di calcolare come output i 3 tipi di curvature:

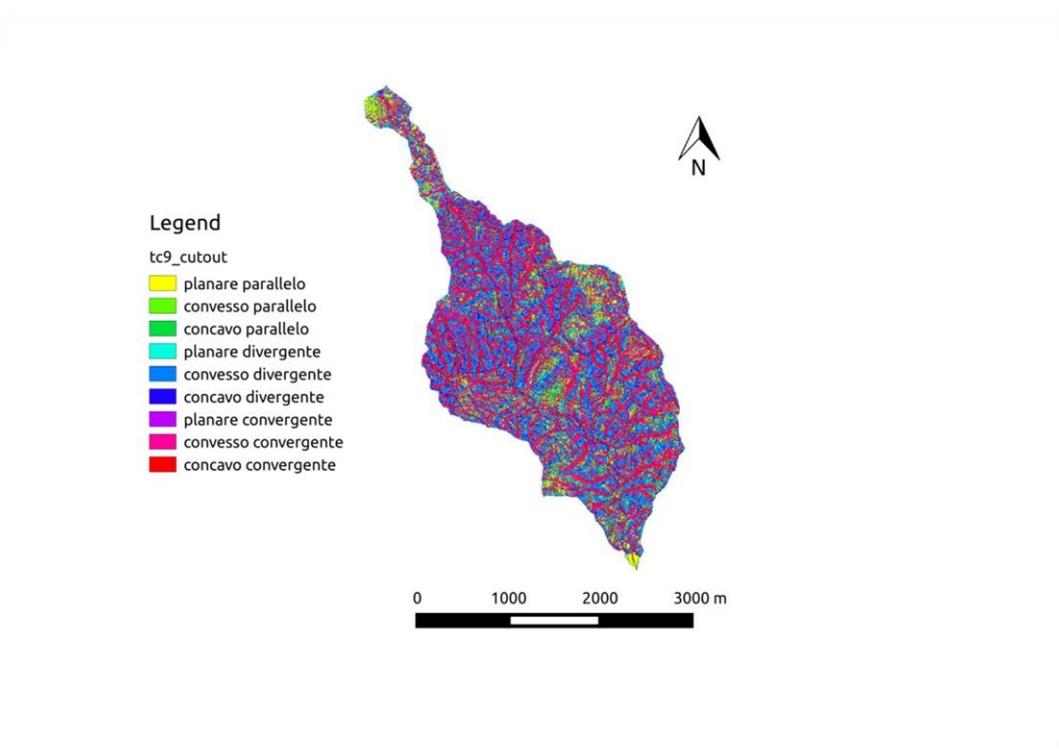
- LONGITUDINALE, rappresenta la deviazione del gradiente andando da valle verso monte seguendo l'involuppo dei gradienti. Essa evidenzia le valli in quanto assume valori più alti lungo il corso d'acqua.
- PIANA, è quella della curva che si ottiene sezionando la superficie con un piano parallelo al piano (x,y) ed è la variazione dei vettori tangenti alle linee di livello passanti per il punto in esame. Misura la convergenza o divergenza.
- TANGENZIALE, è determinata sulla curva di intersezione tra un piano perpendicolare alla direzione del gradiente e tangente alle linee di livello nel punto.

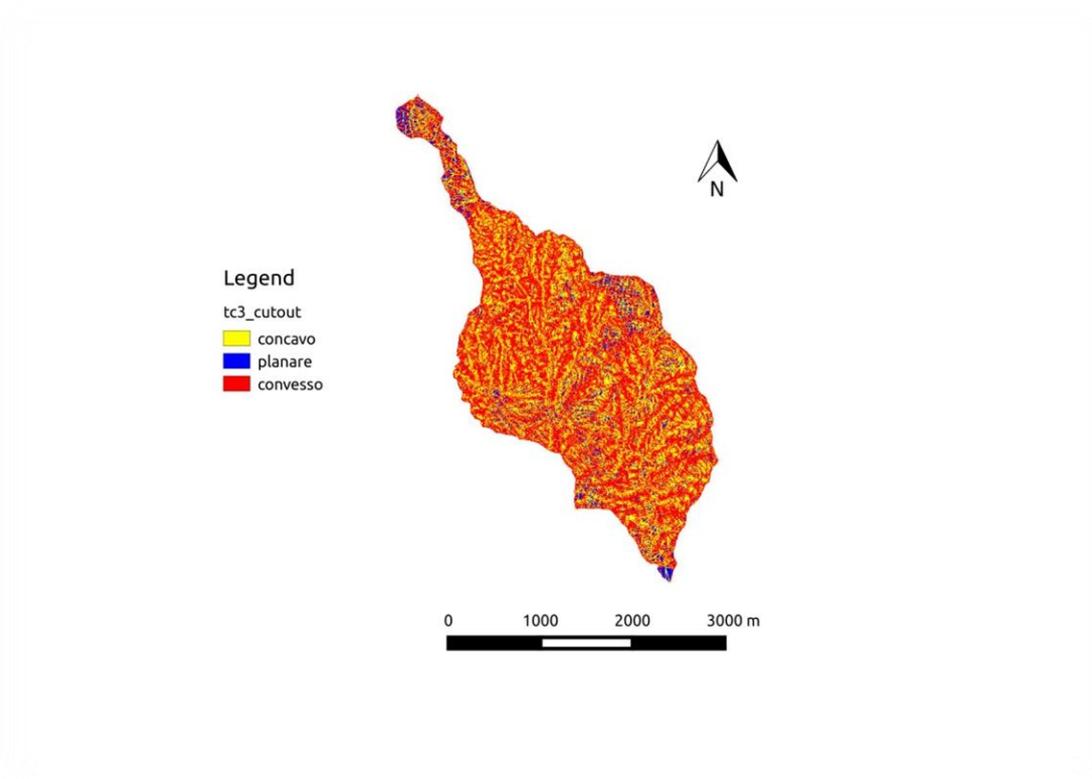




### 4.13 Tc

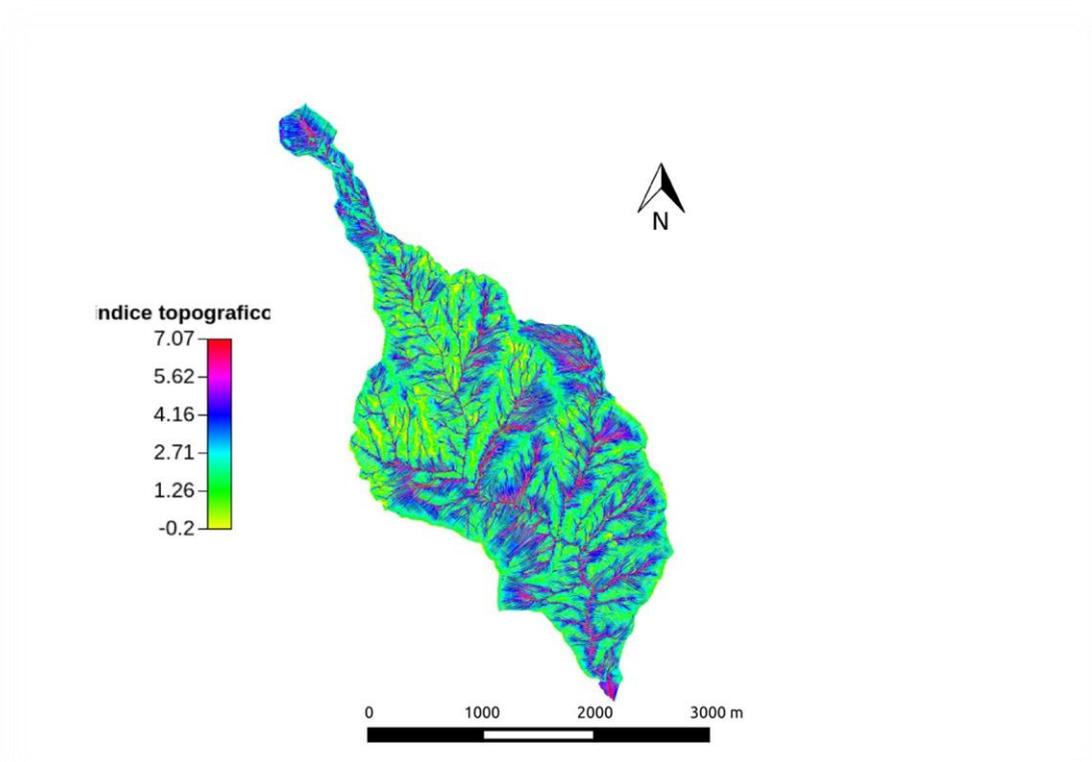
Il comando Tc consente di attribuire ad ogni pixel una delle 9 classi topografiche, ottenute dall'intersezione dei 3 tipi di curvatures longitudinali e dei 3 tipi di curvatures planari. È poi possibile aggregare queste 9 classi in 3 categorie fondamentali: siti concavi, convessi o piani.





#### 4.14 TopIndex

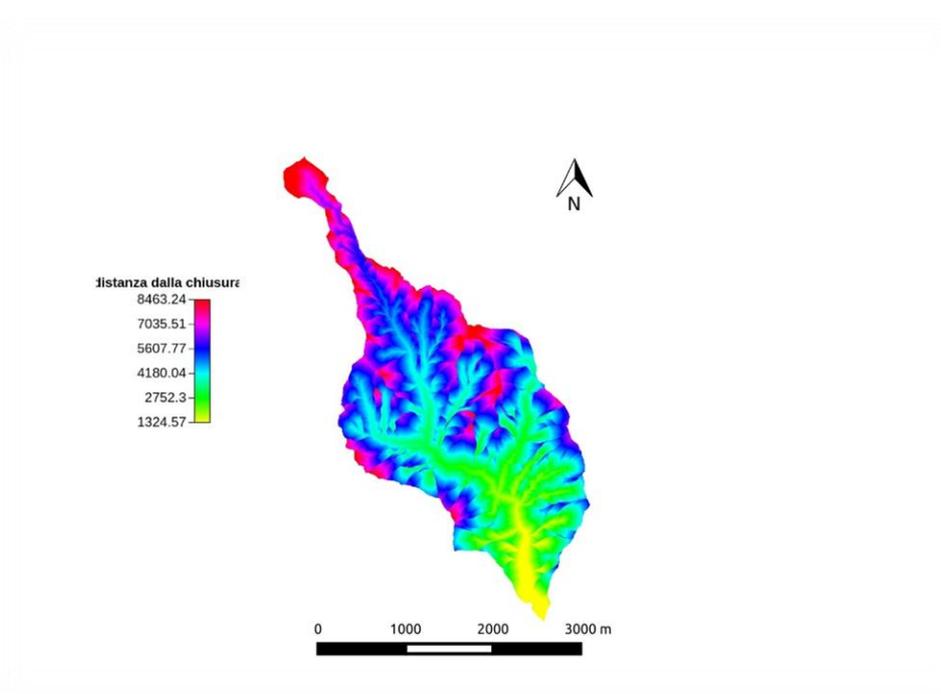
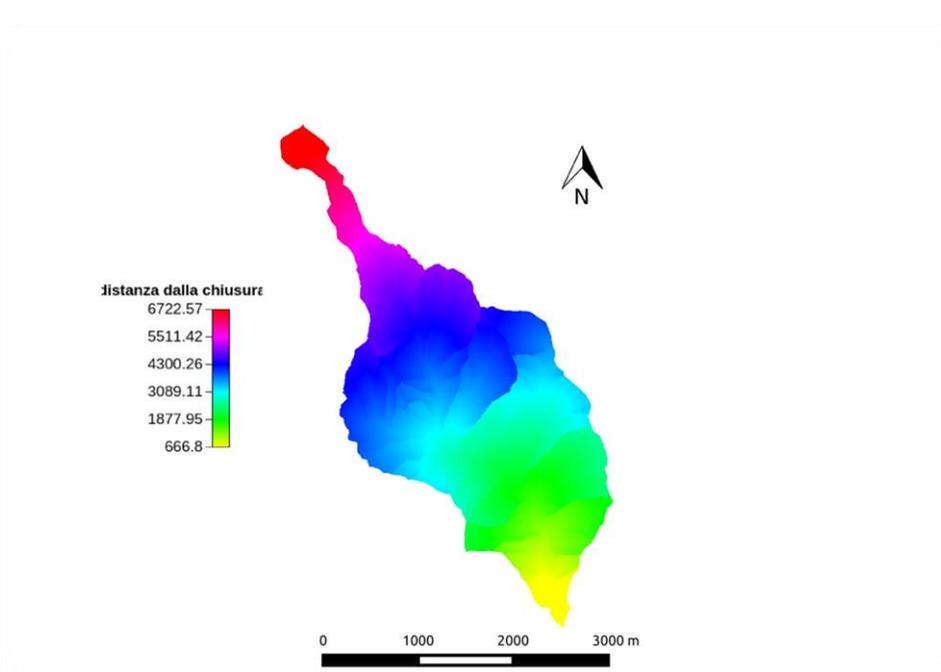
Il comando TopIndex permette di calcolare l'indice topografico per ogni pixel del bacino ossia la tendenza dei pixel a saturarsi. Dipende solo dalla morfologia e in pratica i punti con indice topografico più alto si saturano prima.



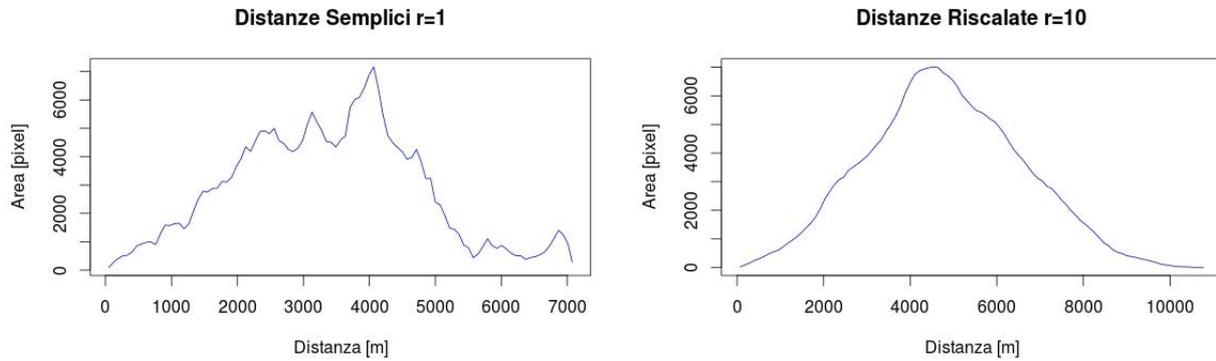
### 4.15 RescaledDistance

Il comando RescaledDistance permette di calcolare le distanze dall'uscita del bacino, calcolate lungo le direzioni di drenaggio. Queste distanze possono essere poi riscalate, cioè calcolate considerando velocità diverse nei versanti e nella rete idrografica. Introducendo il parametro r come il rapporto tra la velocità nei canali diviso quella nei versanti

$$r = \frac{u_c}{u_h} \quad \text{si è eseguito il comando con } r=1 \text{ e } r=10$$

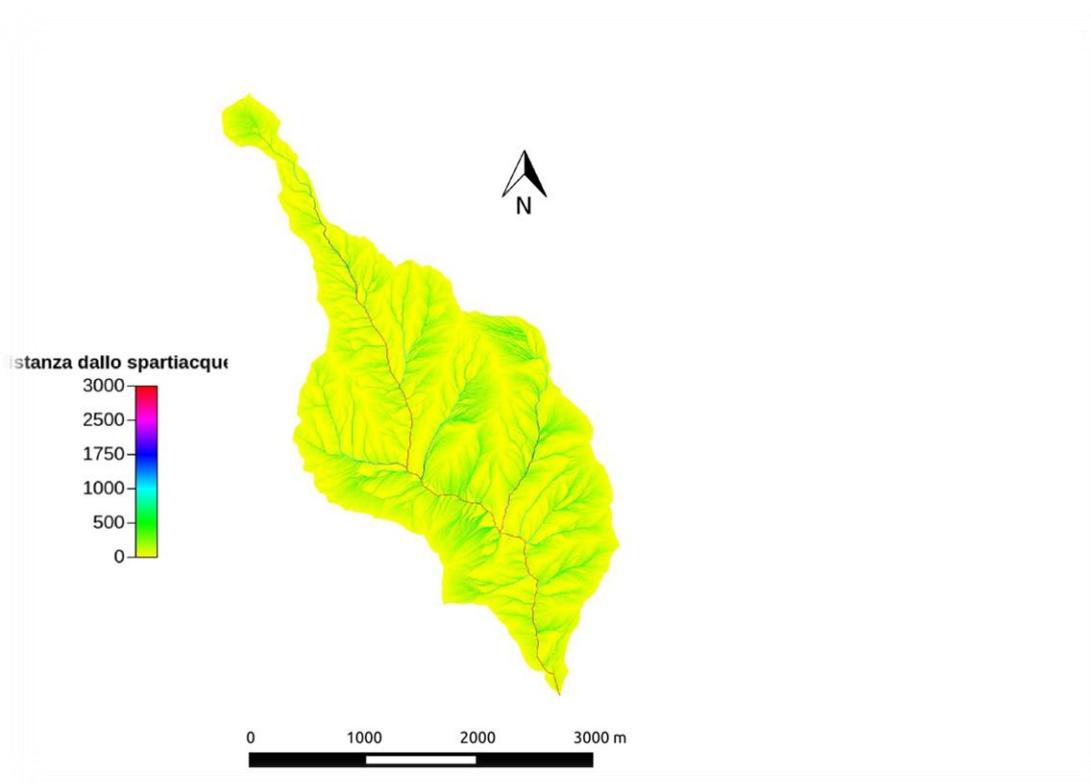


Una volta calcolate le mappe delle distanze e distanze riscalate vogliamo ottenere la distribuzione di questi valori sulle mappe ossia la funzione d'ampiezza semplice e riscalata. Prima di tutto otteniamo le statistiche di cui abbiamo bisogno attraverso il comando Cb poi attraverso un plot di R



#### 4.16 HackLegth

La lunghezza di Hack è la distanza che separa ogni punto del bacino dallo spartiacque, calcolata lungo la rete idrografica.

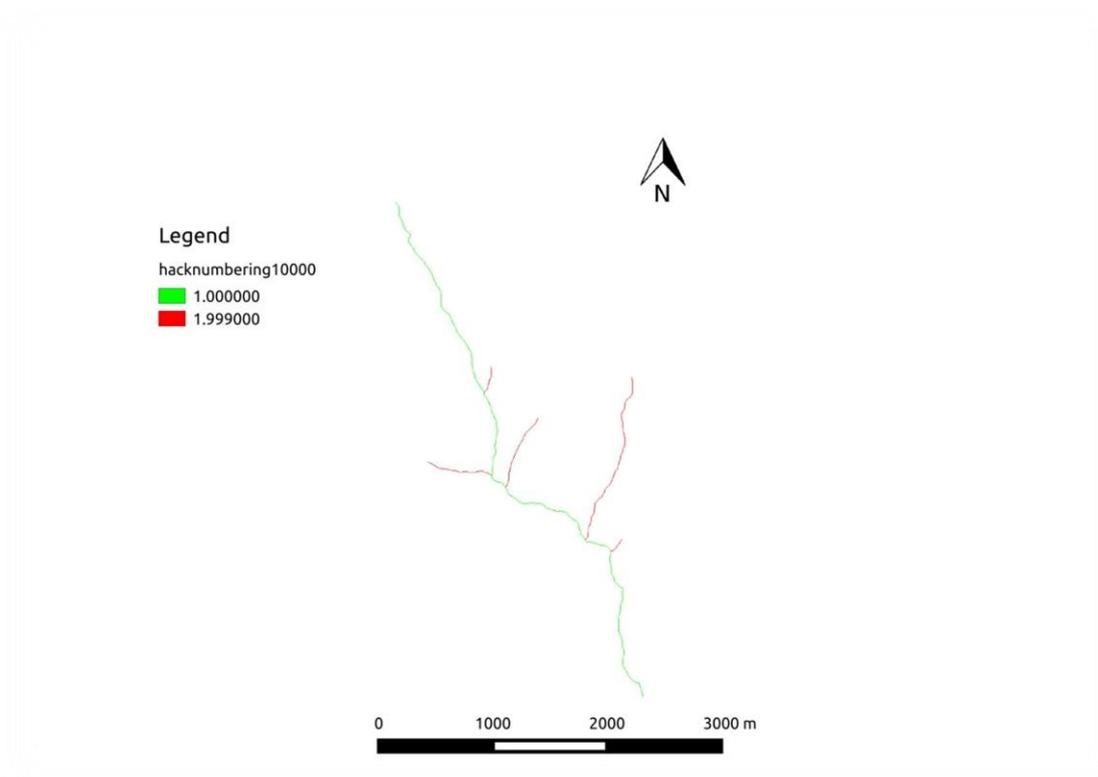


## 4.17 Le numerazioni del bacino

Si riportano infine le numerazioni del bacino:

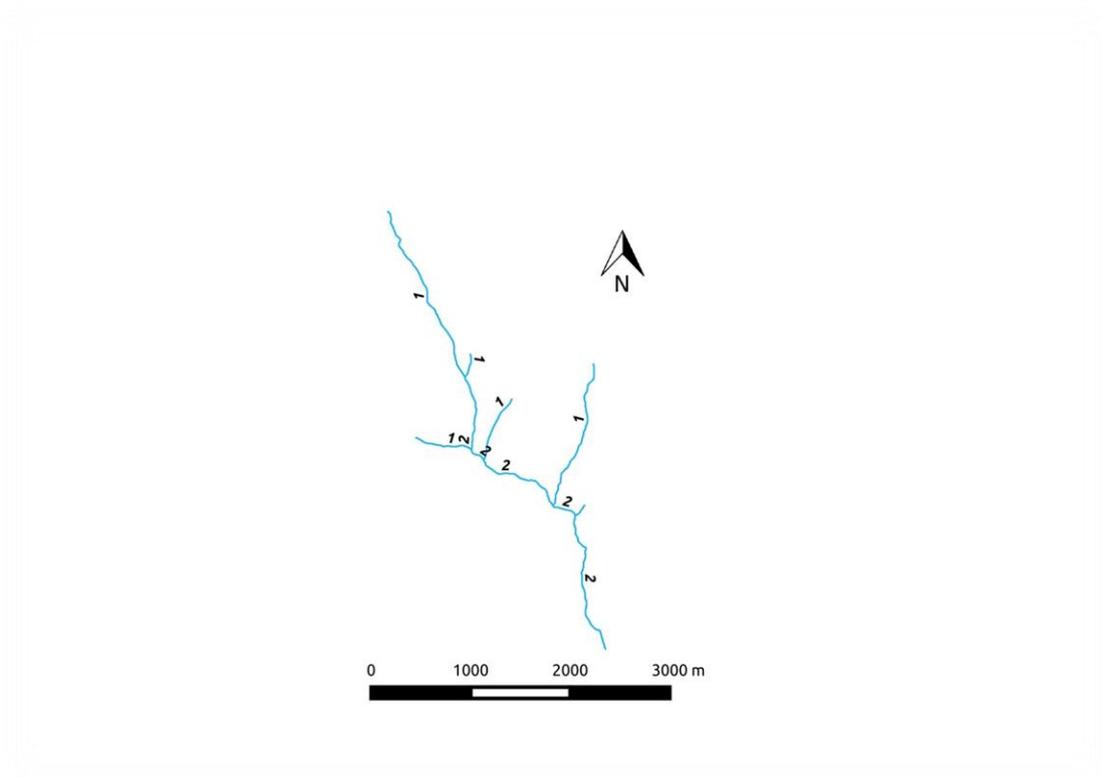
### 4.17.1 Numerazione di Hack

Nella numerazione dei canali secondo Hack al canale principale sarà attribuito valore 1, ai canali che drenano in esso sarà assegnato il valore 2, ai rami che drenano nei rami di ordine 2 sarà assegnato il valore 3 e così via.



#### 4.17.2 Numerazione di Strahler

Nella numerazione di Strahler si attribuisce alle sorgenti ordine uno. Quando due rami di uguale ordine,  $n$ , si incontrano ne formano uno di ordine superiore,  $n+1$ . Se invece si incontrano due rami di ordine diverso,  $n$  e  $m$  con  $n$  maggiore di  $m$ , la numerazione del ramo successivo prosegue con l'ordine maggiore,  $n$ .



## 5 BIBLIOGRAFIA

S. Franceschi, L. Perathoner, M. Toro, G. Formetta, *Iniziare con i JGrasstools*;

S. Franceschi, L. Perathoner, M. Toro, G. Formetta, *JGrasstools e le Horton Machine*;

S. Franceschi, L. Perathoner, M. Toro, G. Formetta, *Analisi Idro-Geomorfologica con i JGrasstools e le Horton Machine*;

R. Rigo et al, *Slides usate a lezione*;

A. Boetti e A. S. Boetti, cit. dal libro “*I mille fiumi*”

*Manuale di QGIS*