

Morfometria di un bacino idrografico mediante l'uso del software QGIS

Parte I

Luigi Fanizzi, Ecoacque® - Email: info@ecoacque.it

Nel presente lavoro, suddiviso in due parti, è descritta una procedura speditiva per l'individuazione di un bacino idrografico (**Parte I**) e dei suoi relativi parametri morfometrici (**Parte II**), mediante l'utilizzo del software QGIS (Quantum GIS, Ver. 2.82) e l'integrazione con il plugin GRASS. Si tratta dello strumento GIS (*Geographic Information System*) migliore nel panorama del software libero ed open source con licenza GNU (*General Public License*), molto simile, nell'interfaccia utente e nelle funzioni, alle *release* di pacchetti GIS commerciali equivalenti. Al momento QGIS ha una interfaccia tradotta in 14 lingue ed è usato in scuole, università ed in ambienti professionali. Paragonato ad altri Desktop GIS, della stessa classe, QGIS è un software di minore dimensione e mediamente, a parità di operazioni, non necessita della stessa quantità di RAM.

QGIS è, inoltre, compatibile con i sistemi operativi *MS Windows*, *Linux*, *Unix* e *Mac OSX* (R. Albano 2015). Tale software supporta, inoltre, numerosi formati vettoriali, raster e database ed è compatibile con i principali standard per i servizi territoriali quali, ad esempio, OGC WMS e WFS. Al fine di perseguire una soddisfacente indagine idraulica del territorio, si condurrà, di seguito, una valutazione idrologica volta, principalmente, a determinare l'*estensione* di un *bacino idrografico*, ed alcuni dei *parametri morfometrici*, necessari per una modellazione idrologica, fissando preliminarmente una sezione trasversale di un reticolo idrografico. Per una fissata sezione trasversale (V. Ferro, 2002) di un corso d'acqua, si definisce bacino idrografico o bacino tributario apparente, l'entità geografica costituita dalla proiezione su un piano orizzontale della superficie scolante sottesa alla suddetta sezione. L'aggettivo "apparente" si riferisce alla circostanza che il bacino viene determinato individuando, sulla superficie terrestre, lo spartiacque superficiale senza tenere conto che particolari formazioni geologiche potrebbero provocare, in profondità, il passaggio di volumi idrici da un bacino all'altro. L'interfaccia grafica che si presenta all'utente, all'avvio del software, è quella riportata in **Figura 1**.

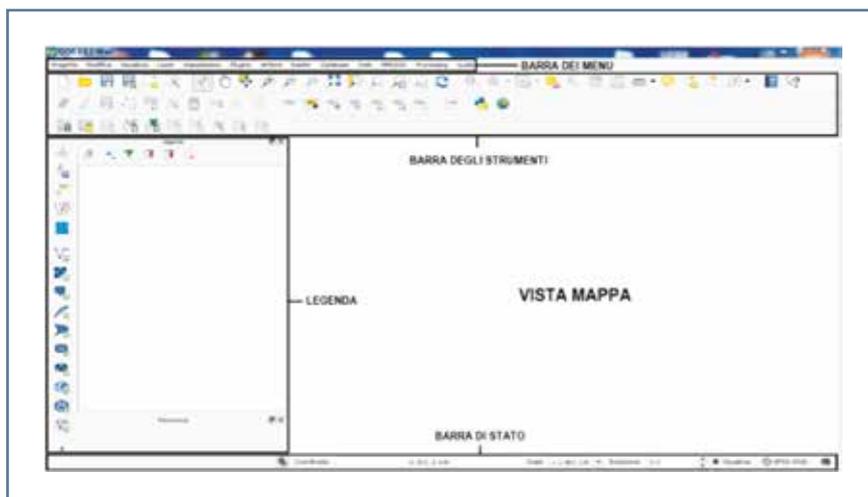


Figura 1 - Interfaccia grafica QGIS.

In linea generale, è opportuno precisare che le informazioni geografiche gestite dal software possono essere di due tipi: Informazioni spaziali e informazioni non spaziali.

Le *informazioni spaziali*, a loro volta, possono essere suddivise in base a due modelli:

1. *modello vettoriale* (punti, linee, poligoni);
2. *modello raster* (griglia di celle).

Tra i formati vettoriali, molto utilizzato è lo *shapefile*, che è un dato idoneo ad una elaborazione di tipo *network (rete)*, proposto da ESRI (Environmental Sciences Research Institute). Si tratta di un formato di archiviazione di dati vettoriali capace di registrare *localizzazione*, *forma* ed *attributi* di entità spaziali. Uno shapefile è composto da più file relazionati e contiene una sola classe di oggetti, cioè punti, linee o poligoni. Tutti i file che compongono lo shapefile devono avere lo *stesso nome* e ciò che li differenzia è l'*estensione*. I file devono essere **almeno tre**:

- *nomefile.shp*: è il file che contiene le *informazioni geometriche*;
- *nomefile.dbf*: è il file che contiene l'*informazione tabellare* (dati attributo);
- *nomefile.shx*: è il file *indice*, che permette di raccordare geometria ed informazione tabellare.

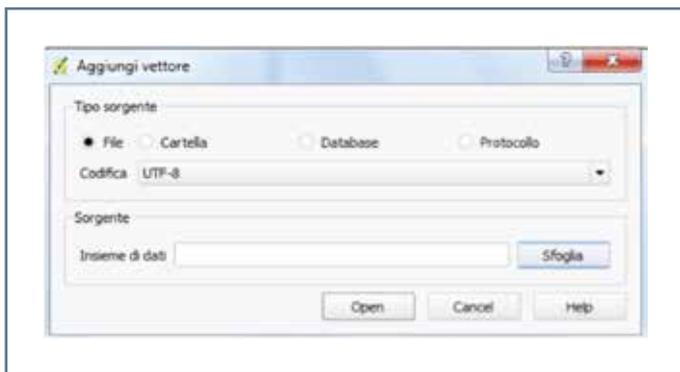


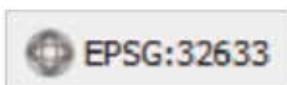
Figura 2 - Aggiungi vettore.

Quando si lavora con gli shapefile, se si vuole spostare/copiare un "dataset" da una cartella ad un'altra, occorre ricordarsi di selezionare tutti i file, così come per rinominarli o qualsiasi altra operazione. Per quanto riguarda il modello raster, invece, il formato di dati corrisponde ad un file contenente una *matrice* di *m* righe e *n* colonne. Il mondo reale viene descritto attraverso un codice, corrispondente ad un *attributo* (es. quota del terreno), che definisce le caratteristiche dell'oggetto rappresentato tramite l'*elemento* a_{ij} della matrice. Quindi, la rappresentazione dei dati avviene attraverso la definizione di una *griglia* e, l'elemento della matrice sulla griglia, corrisponde ad una *cella* o *pixel*. All'interno di ogni pixel il valore dell'attributo è costante. Quanto più piccola è la dimensione del pixel, tanto più dettagliata è la risoluzione spaziale e, quindi, migliore è la qualità del dato. Per le elaborazioni che saranno descritte di seguito, pertanto, è necessario disporre, come informazioni geografiche di partenza, relative all'area di interesse, di uno *shapefile* del reticolo idrografico e di dati *raster* quali *ortofoto* (il cui fine è rendere più realistico ed applicativo il bacino che verrà individuato nella presente memoria) e la rappresentazione della distribuzione delle quote ossia il *DTM* (Digital Terrain Model, con dimensione di cella pari a 8x8 metri). Si precisa che questi dati sono presenti e reperibili gratuitamente sul Portale Cartografico Regionale della Regione Puglia. Nella barra degli strumenti, occorre cliccare sull'icona "Aggiungi vettore"



ed importare il dato vettoriale (ossia lo shapefile) del reticolo idrografico, spuntando la sorgente "File" e selezionandolo attraverso l'apposita cartella "Sfogli" (Figura 2).

Per il file selezionato, cliccando su "Open", occorre specificare il *sistema di riferimento* con cui effettuare le elaborazioni. A tal proposito, il sistema di riferimento è indicato nella parte in basso a destra del programma con il codice **EPSG** (ID dell'autorità):



Va detto che i sistemi di coordinate o di riferimento sono, generalmente, codificati in registri mantenuti da organizzazioni mondiali. Tra questi

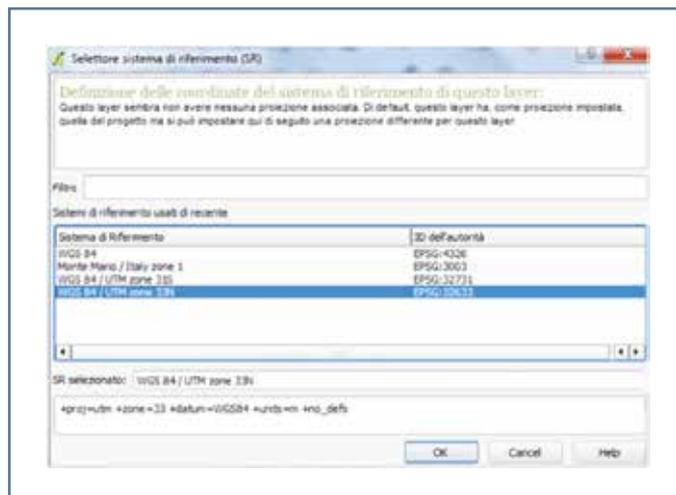


Figura 3 - Scelta del sistema di riferimento.

il più diffuso è il registro EPSG (European Petroleum Survey Group). All'interno del database EPSG viene definito, per ogni sistema archiviato, un codice numerico univoco, utilizzato dalla maggior parte dei software GIS per la gestione delle proiezioni dei layer caricati. In questo caso si è utilizzato, ad esempio, il sistema di riferimento planetario (s. di posizionamento globale GPS) Datum *WGS 84 / UTM zona 33N* (EPSG 32633, Figura 3), afferente al Fuso geografico (33) dell'Italia centro-meridionale.

Analogo procedimento occorre fare per l'inserimento delle immagini raster relative ad ortofoto e DTM, cliccando però, in questo caso, nella barra degli strumenti, sull'icona "Aggiungi immagine raster".



In linea generale, può essere utile o necessario unire singole immagini raster. In questo caso, si sono uniti i dati raster relativi a DTM ed ortofoto attraverso il comando *Unione* (Raster → Miscellanea → Unione). Una volta caricati i dati geografici di partenza (vettoriali e raster) è possibile modificare le proprietà di visualizzazione dei singoli layer (in "Layer" → "Proprietà"). Inoltre è possibile modificare l'ordine di visualizzazione dei layer, portando in primo piano ciò che si ritiene opportuno per le elaborazioni (Figura 4a e 4b).

Per le elaborazioni successive, sono indispensabili gli strumenti forniti dal plugin **GRASS** (Geographic Resources Analysis Support System), installato automaticamente durante il setup del software QGIS. Di seguito è indicata la barra degli strumenti di GRASS:



GRASS necessita di un suo spazio ben definito (GRASS database) all'interno del quale il programma crea un suo filesystem dove elaborare



Figura 4a - Visualizzazione reticolo idrografico ed ortofoto.

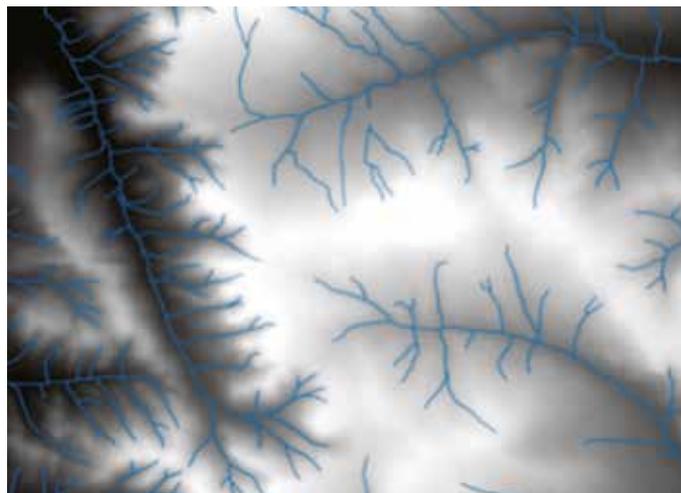


Figura 4b - Visualizzazione reticolo idrografico e DTM.



Figura 5 - Selezione regione di GRASS predefinita.

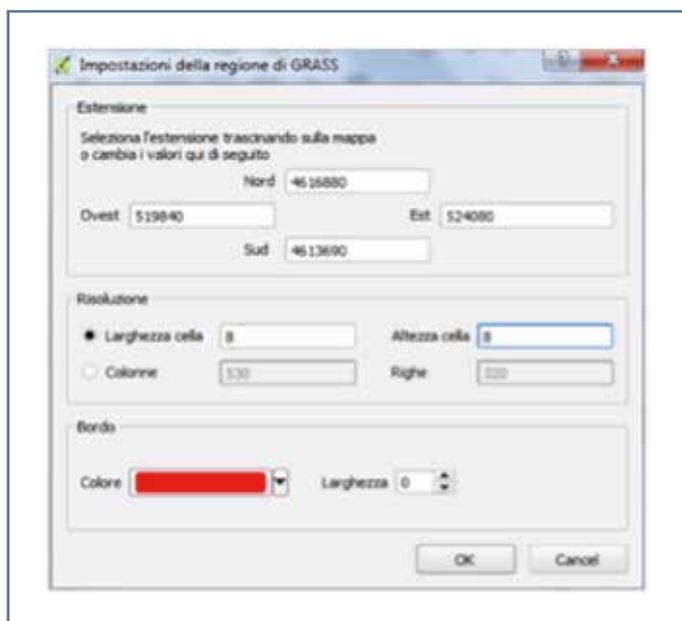


Figura 6 - Impostazioni della regione di GRASS.

ed archiviare i dati. Dentro tale spazio si può operare solo tramite GRASS, cioè, se si volessero modificare o cancellare le mappe o le cartelle contenute entro il GRASS database, lo si deve fare tramite il browser di GRASS e non tramite il gestore delle risorse del proprio computer, pena la perdita dei dati dell'intero GRASS database. All'interno è possibile creare delle location, ovvero dei sottoinsiemi distinti secondo il loro sistema di riferimento. Dentro ogni location sono presenti i vari mapset in base a quanti se ne vogliono aggiungere. Il mapset è lo spazio riservato alle elaborazioni. Di default GRASS crea sempre un mapset *PERMANENT*, ovvero uno spazio dove salvare le cartografie di base per le elaborazioni o, comunque, da non modificare. Per creare, quindi, un nuovo mapset, occorre selezionare l'apposita icona "Nuovo mapset"



ed eseguire le seguenti operazioni, in sequenza, imposte dal software:

- creare una cartella sul pc che sarà il GRASS database;
- assegnare un nome alla Location (Es. Bacino_WGS84_32633);
- scegliere il sistema di riferimento (WGS 84/UTM 33N);
- impostare la regione predefinita di GRASS (si inseriscono le coordinate visualizzate in basso nel software, **Figura 5**);
- assegnare un nome al mapset (Es. Bacino);
- confermare la creazione del GRASS database, location e mapset;

Creato il mapset, si procede con la selezione della regione con cui operare in GRASS, ossia l'area in cui si vuole individuare il bacino idrografico. Cliccando sull'icona "**Modifica la regione di GRASS attuale**"



si seleziona con il mouse l'estensione della regione da analizzare. A tal proposito (**Figura 6**) si sono eliminate le cifre decimali a ciascuna coordinata e si è assegnato il valore 0 all'ultima cifra. Per quanto

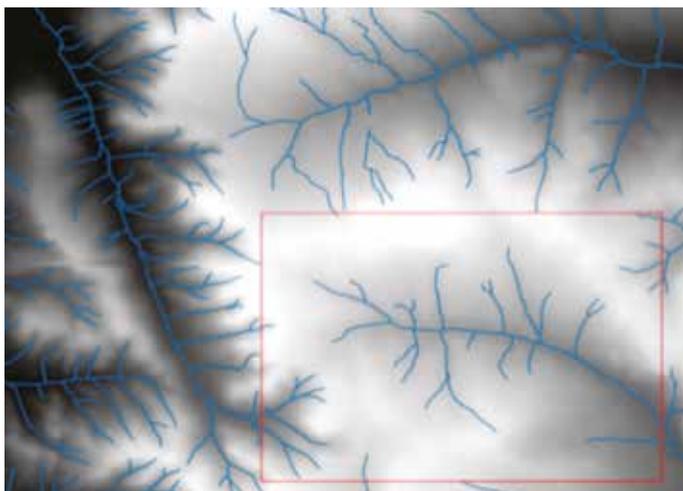


Figura 7 - Visualizzazione della regione di lavoro in GRASS.

riguarda la risoluzione, in questo caso si è assegnato il valore 8 (pari alla risoluzione del DEM di partenza).

Cliccando sull'icona "Visualizza la regione di GRASS attuale",



verrà visualizzata la regione di GRASS selezionata (Figura 7):

A questo punto è possibile utilizzare gli strumenti forniti dal plugin GRASS. In primis, occorre importare il DTM in GRASS. Per fare ciò occorre selezionare il comando "r.in.gdal.qgis" cliccando sull'icona "Apri strumenti GRASS" (Figura 8).



Quindi, si seleziona il Layer da importare e si assegna un nome al file raster di output (nell'esempio si è assegnato il nome GrassMap al file di output). Si clicca quindi su "Esegui" e, successivamente, su "Visualizza output" (Figura 9).

Successivamente, attivando il comando "r.watershed" (Figura 10), è possibile effettuare la modellazione idrologica e, in particolare, l'estrazione del bacino idrografico. Tale comando consente, utilizzando il DTM come dato di input, di generare le seguenti mappe raster: 1) **accumulo del flusso superficiale** (*flow accumulation*), generata con il conteggio delle celle che contribuiscono alla direzione principale di flusso (le celle che appartengono al reticolo idrografico delineato sono quelle aventi alti valori di *flow accumulation*, mentre le celle adiacenti o coincidenti con la linea spartiacque del bacino assumono valori bassi); 2) **direzione di deflusso** (*drainage direction*), generata attraverso un algoritmo che stima le traiettorie di flusso basandosi sulle direzioni di massima pendenza del DTM, *reticolo* (stream segments) e *bacini idrografici* (V.Noti, 2015).

Selezionando, quindi, il comando r.watershed, il primo passo è la selezione del **DTM** (nell'esempio, il nome assegnato è GrassMap).



Figura 8 - Selezione comando "Importa raster caricato".

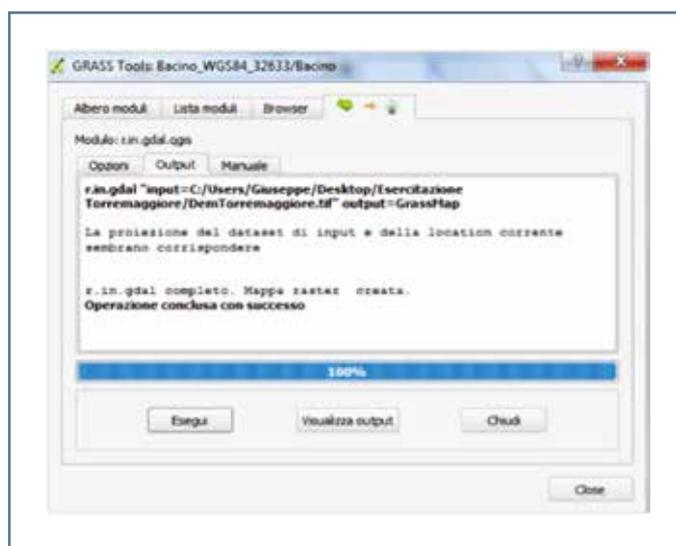


Figura 9 - Esecuzione operazione "Importa raster caricato".

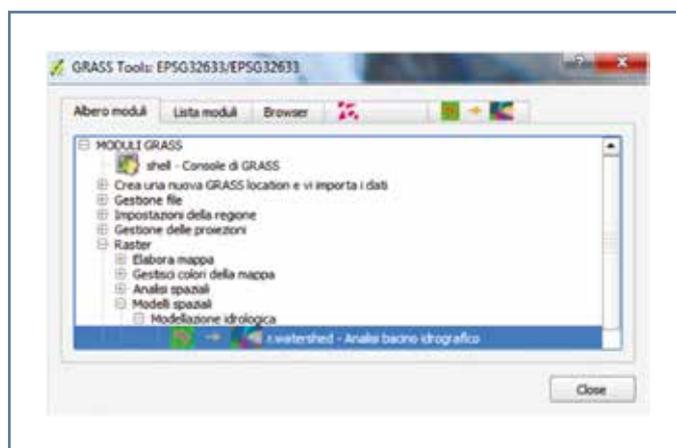


Figura 10 - Comando r.watershed.

Va detto che, in generale, la corretta applicazione delle funzioni, per l'estrazione dei parametri morfometrici dei bacini idrografici, presuppone la valutazione degli errori associati al DTM e le loro correzioni attraverso operazioni di *pre-processamento*. Problemi frequenti sono rappresentati da celle con errori di misurazione o "depressioni" reali od artefatte, ovvero singole celle circondate da altre con elevazione superiore (definiti anche *pit* o *sink*) che causano una indeterminazione nella direzione del flusso uscente dalla cella. Un DTM, per il quale sono stati

eliminati i *sink*, viene considerato corretto dal punto di vista idrologico e può essere utilizzato per determinare le direzioni di deflusso di ogni cella. Tra i comandi di GRASS esistono due funzioni dedicate alla correzione di tali errori: *r.fillnulls* e *r.fill.dir*. Tuttavia, la funzione *r.watershed* contiene, internamente, un algoritmo che minimizza l'impatto di eventuali errori nel DTM, migliorando anche i risultati prodotti nelle aree a debole pendenza dove, classicamente, gli algoritmi per il calcolo dei deflussi incontrano particolari difficoltà; in questo caso, la correzione del DTM può essere, pertanto, tralasciata (V. Noti, 2015).

Il secondo passo è la definizione della dimensione minima dei bacini da estrarre con il parametro che indica il numero di celle minime contenute nel perimetro del bacino. La definizione di questa soglia dimensionale è determinante nel processo di estrazione del reticolo e perimetrazione dei bacini idrografici. La scelta della soglia ottimale della dimensione minima dei bacini da estrarre si effettua, in generale, per tentativi variando il valore e confrontando, ad ogni passo, il risultato ottenuto con un dato di riferimento (che può essere, ad esempio, come in questo caso, il reticolo idrografico di partenza). Pertanto, occorre assegnare la *dimensione minima* di ogni bacino (Figura 10a) ossia il numero di celle, in questo caso posto pari a 1000 (la soglia di 1000 celle impone, data la risoluzione del DTM, che la superficie minima dell'area di drenaggio delimitata sia pari a $8m \times 8m \times 1000 = 64000 \text{ m}^2 \approx 6,4 \text{ ha}$) ed i nomi dei files di output delle mappe raster descritte in precedenza (nell'esempio nominati rispettivamente ACC, DIR, SEG, BAS). Cliccando dapprima su "esegui" e, successivamente, su "visualizza output" (Figura 11a, 11b, 11c, 11d), sarà possibile visualizzare l'immagine raster relativa ai sottobacini presenti nel riquadro analizzato (Figura 12).

Si può notare (Figura 13) un accettabile livello di congruenza tra il reticolo di partenza e quello calcolato dal software.

A questo punto, occorre definire la **sezione di chiusura** rispetto alla quale individuare il bacino idrografico. Per fare ciò occorre considerare i reticoli idrografici individuati tramite il software. Pertanto, mantenendo attivo il layer relativo alla flow accumulation (ACC) e, attraverso il comando "zoom e sposta col tocco"



è possibile visualizzare (in basso) le coordinate relative alla sezione di chiusura (Figura 14).



Figura 11 - A. Dimensione minima bacino; B. Attribuzioni nomi mappe raster; C. Attribuzioni nomi mappe raster; D. Esecuzione e visualizzazione output.

Note le coordinate, si seleziona il comando "r.water.outlet" dagli strumenti di GRASS (Figura 15).

Attivando questo comando, occorre inserire, come mappa raster di input, il layer delle **direzioni di drenaggio**, i valori delle **coordinate x e y** relative alla sezione di chiusura e il **nome della mappa raster di output** (Figura 16). Cliccando dapprima su "Esegui" e poi su "Visualizza output", verrà estratto e visualizzato il bacino idrografico (Figura 17).

Per poterlo visualizzare, occorre modificare le proprietà relative allo stile di visualizzazione del layer del bacino, ad esempio, utilizzando la seguente (Figura 18).

Sarà quindi possibile visualizzare il bacino idrografico (Figura 19).

Individuato il bacino, si procede con l'esportazione dell'immagine raster di tale bacino nel formato GeoTiff, attraverso il comando "r.out.gdal.tiff" (Figura 20):

Si ottiene una visualizzazione del tipo seguente (Figura 21).

Per poter conoscere **area** e **perimetro** del bacino, occorre dapprima convertire l'immagine raster in immagine vettoriale (shape file), attraverso la sequenza di comandi: Raster → Conversione → **Poligonizzazione** (da raster a vettore, Figura 22).



Figura 12 - Visualizzazione sottobacini nel riquadro selezionato.

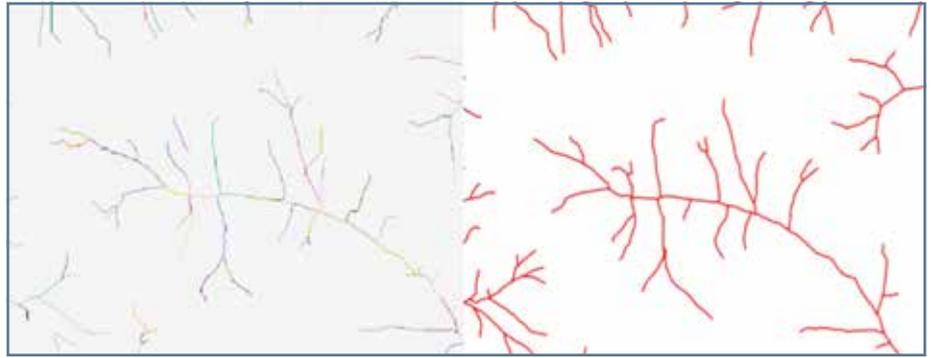


Figura 13 - Confronto tra il reticolo individuato dal software (sinistra) e quello di partenza (destra).

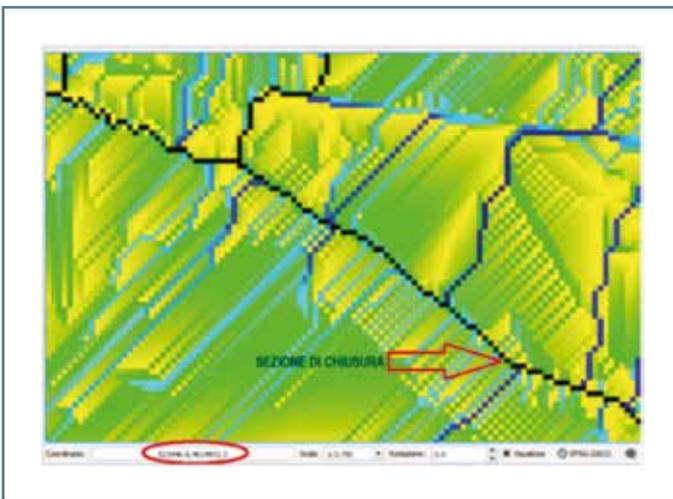


Figura 14 - Coordinate sezione di chiusura.

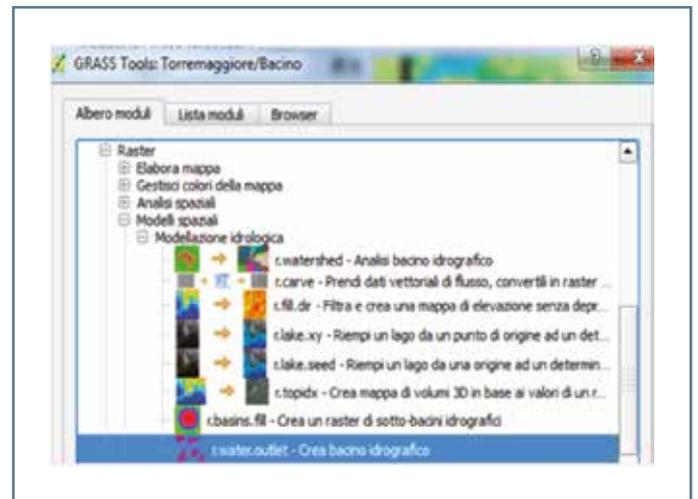


Figura 15 - r.water.outlet – Crea bacino idrografico.

Assegnato un nome al file vettoriale in uscita (es. “Bacino”) e cliccando su “Ok”, si otterrà una visualizzazione del tipo seguente (Figura 23).

A questo punto, mantenendo selezionato lo shape file appena estratto e selezionando il comando “Informazione elementi”,



basterà cliccare all'interno della zona individuata per conoscere l'area ed il relativo perimetro (Figura 24).

In questa prima parte, si è dunque descritta una procedura di estrazione di un bacino idrografico mediante l'utilizzo del software QGIS. Tuttavia, occorre precisare che non sempre è possibile ottenere un'elevata accuratezza dei risultati soprattutto in aree orograficamente pianeggianti. Per questi casi, se non si dispone di un dato di partenza più accurato (quale può essere, ad esempio, un DTM a maggiore risoluzione) si potrebbe procedere con l'estrazione dal DTM delle curve di livello e procedere manualmente al tracciamento della linea di dislivello del bacino idrografico, creando un apposito shape file. In questi casi, per semplicità, è bene procedere con il tracciamento della

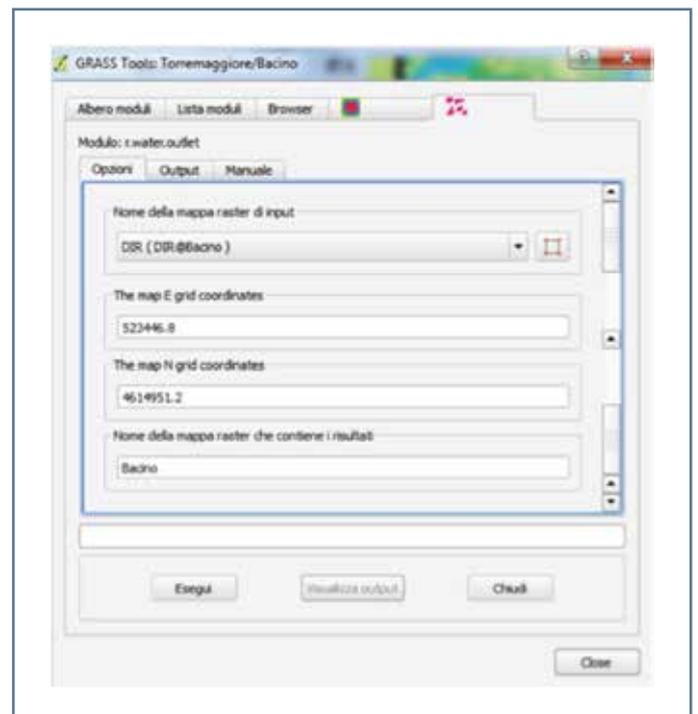


Figura 16 - Inserimento dati estrazione bacino idrografico.

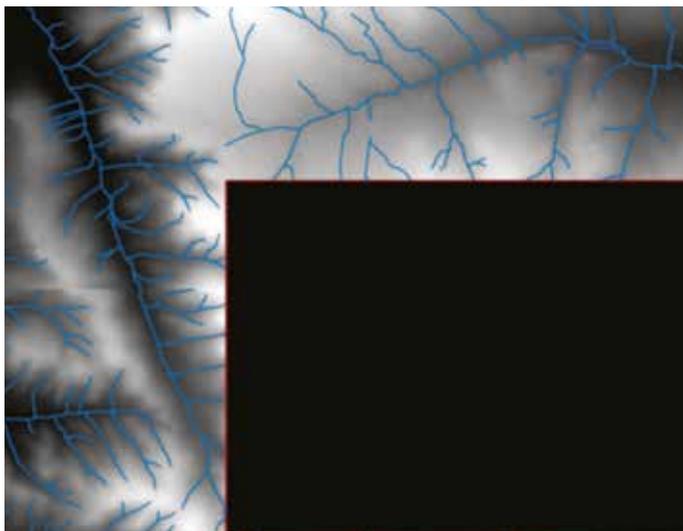


Figura 17 - Estrazione bacino idrografico.

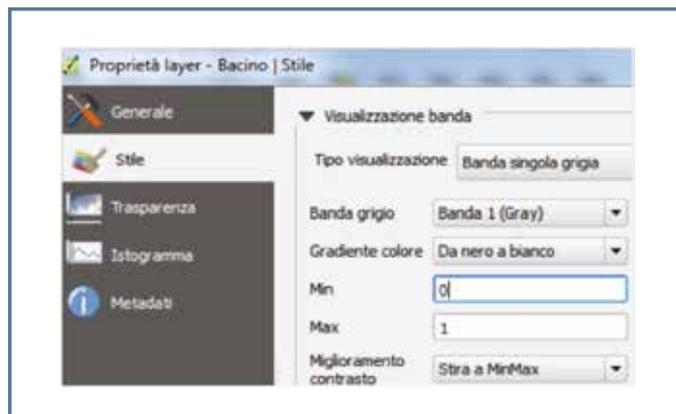


Figura 18 - Proprietà di visualizzazione del layer Bacino.

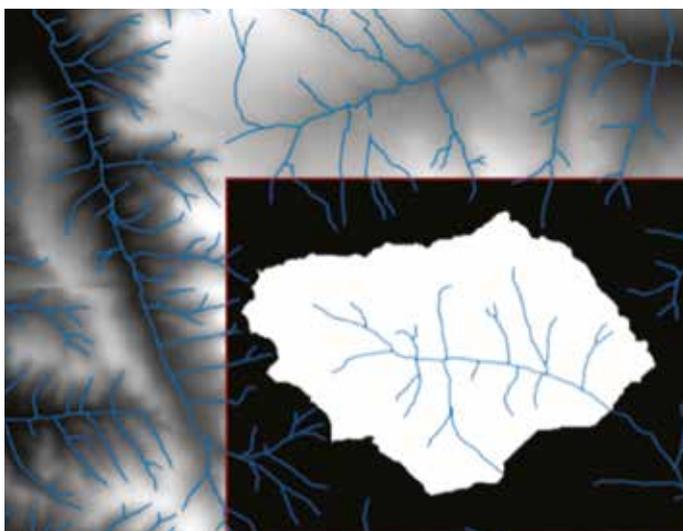


Figura 19 - Bacino idrografico estratto.

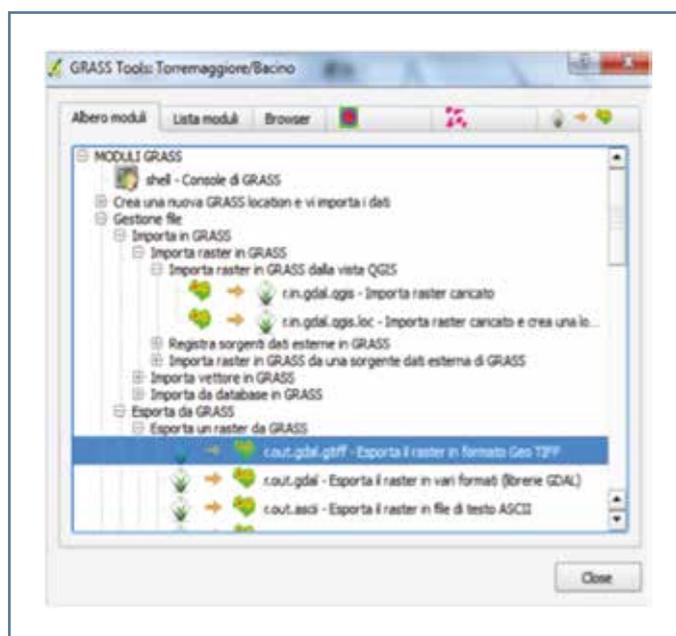


Figura 20 - Esportazione bacino in formato GeoTiff.

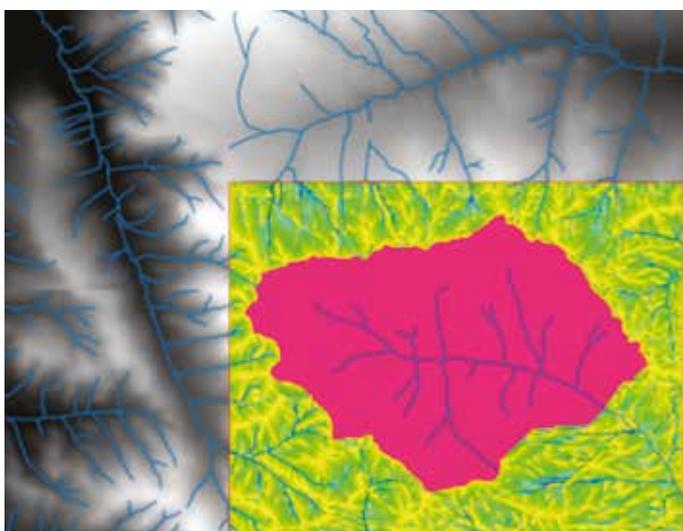


Figura 21 - Visualizzazione bacino idrografico in formato GeoTiff.

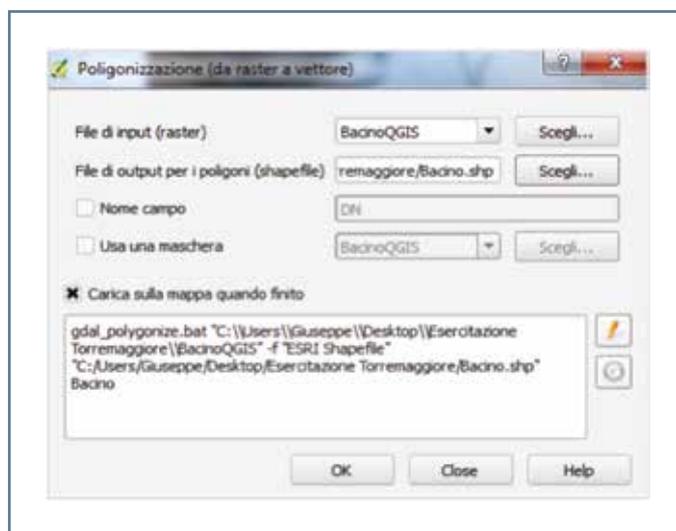


Figura 22 - Poligonizzazione immagine raster.

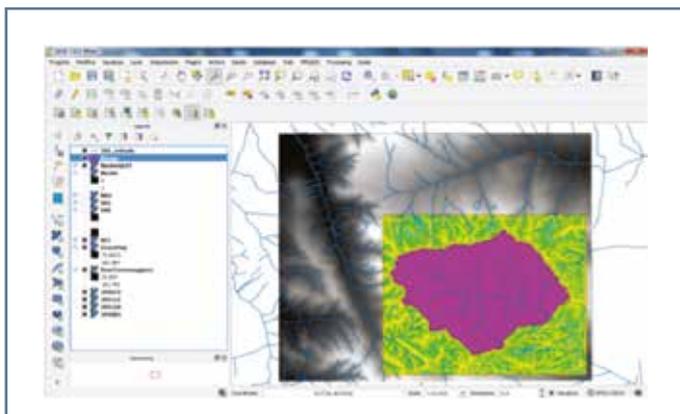


Figura 23 - Shapefile bacino idrografico.

linea spartiacque partendo dalle quote minori a quelle maggiori (da valle verso monte, iniziando dalla sezione di chiusura).

Nella letteratura di merito sono utilizzate, per le isoipse, le seguenti due definizioni:

- una valle presenta isoipse concave verso le quote decrescenti;
- un dosso presenta isoipse convesse verso le quote decrescenti.

Pertanto, per il tracciamento, occorre seguire poche regole fondamentali (C. Bisci, 2014):

- tagliare, *sempre*, le isoipse con angoli retti;
- non tagliare *mai* valli o, peggio, tratti di reticolo idrografico.

È diretta conseguenza che la linea spartiacque taglierà sempre i dossi e mai le valli (Figura 25).

Bibliografia

[1] V. Noti, (2015): "GIS Open Source per geologia e ambiente – Analisi e gestione di dati territoriali e ambientali con QGIS ", Ed. Dario Flaccovio Editore, Palermo;

[2] V. Ferro, (2002): " La sistemazione dei bacini idrografici", Ed. McGraw-Hill, Milano;

[3] C. Bisci, (2014/2015): "Bacini idrografici", Materiale Didattico, Modulo 9 - Topografia e Cartografia, Università degli Studi di Camerino;

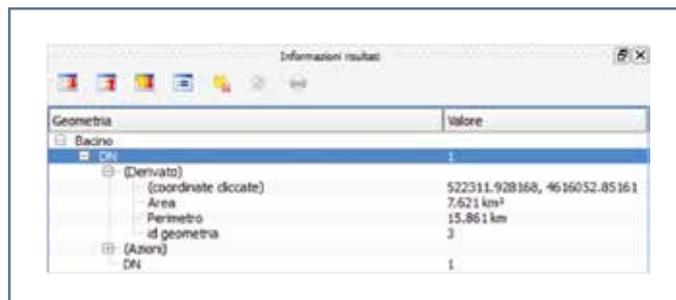


Figura 24 - Area e perimetro bacino idrografico.

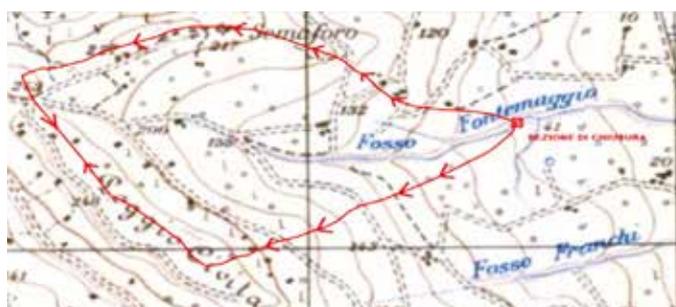


Figura 25 - Delimitazione di un bacino idrografico.

In questa prima parte, quindi, è stata descritta una procedura di individuazione di un bacino idrografico. Nella seconda parte, si descriverà la procedura di individuazione (sempre attraverso il programma QGIS) di alcuni parametri morfometrici necessari per le successive valutazioni idrologiche.

[4] G. Brancucci, (2012/2013): "Dispense sull'uso di GRASS e QGIS per l'analisi del territorio", Materiale Didattico per il Corso di Geomorfologia per il Progetto di Paesaggio, Università degli Studi di Genova.

[5] R. Albano, (2015): "Guida all'utilizzo dei dati vettoriali mediante Quantum Gis 2.8", Materiale Didattico, Modulo: I Gis Liberi, Corso di Aggiornamento, Ed. Erasmo, U.d.S. Basilicata, Potenza.

Ringraziamenti

L'autore ringrazia vivamente l'Ing. Giuseppe Picicchio per la generosa collaborazione informatica profusa nella stesura del presente lavoro.