

Mappatura della rete idrografica e condivisione di dati idrologici nel territorio del Lesotho mediante tecnologie GIS. Risultati dei primi mesi di attività

Francesco Pasanisi ^(a), Carlo Tebano ^(a), Sergio Grauso ^(b)

^(a) ENEA, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, Centro Ricerche Portici, Piazzale Enrico Fermi 1, 80055, Portici (NA), tel. 081.7723306, 081.7723200, francesco.pasanisi@enea.it, carlo.tebano@enea.it

^(b) ENEA, Agenzia Nazionale per le Nuove Tecnologie, l'Energia e lo Sviluppo Economico Sostenibile, Centro Ricerche Casaccia, Via Anguillarese 301, 00123, S. Maria di Galeria (Roma), tel. 06.30484888, sergio.grauso@enea.it

Riassunto

Sono qui riportate le attività iniziali di un programma di ricerca e sviluppo finalizzato allo studio dell'idrografia del Lesotho, nell'ambito di un progetto di cooperazione focalizzato sulla mappatura delle fonti di energia rinnovabili. In particolare, vengono descritti i dati finora raccolti presso le varie istituzioni e autorità, e vengono delineate le prossime attività previste dal programma. Viene, infine, descritta un'applicazione *desktop/mobile*, attualmente in fase di implementazione, concepita *ad hoc* per la condivisione di misure, informazioni geografiche e risultati delle attività in corso.

Abstract

The first activities of a R&D program aiming at the study of the hydrology of Lesotho are hereby reported, in the framework of a cooperation project focused on the mapping of renewable energy sources. In particular, the data collected up to now at different institutions and authorities are described and the planned activities are outlined. Finally, a desktop/mobile application currently under development is described, conceived *ad hoc* to share measures, geographic information and results of the current activities.

Introduzione

Il Regno del Lesotho, che si estende per circa 30.000 km², orientativamente tra la latitudine 28-31° Sud e la longitudine 27-30° Est, è uno stato dell'Africa meridionale, indipendente dal 1966 ed interamente contenuto all'interno della Repubblica Sudafricana (Fig. 1). Una delle caratteristiche peculiari del Lesotho è la sua particolare orografia; l'intero territorio dello stato, infatti, è compreso tra le quote 1300-3500 m sul livello del mare.

Nel quadro delle risoluzioni adottate dalla COP21 della Convenzione Quadro delle Nazioni Unite sui Cambiamenti Climatici (UNFCCC), l'Italia ed il Lesotho hanno sottoscritto un *Memorandum of Understanding*, a seguito del quale il nostro Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATM)

ha affidato all'ENEA l'esecuzione del progetto di cooperazione "Renewable Energy Potential Maps for Lesotho".



Figura 1 – Inquadramento geografico del Lesotho.

Il progetto, di durata biennale, ha avuto inizio nel marzo 2018 ed è organizzato in *work-package* (WP) comprendenti: la mappatura dell'energia eolica (WP1), la mappatura della radiazione solare (WP2), la mappatura della rete idrografica (WP3), l'implementazione di un database GIS (WP4) e lo sviluppo di competenze del personale locale (WP5). L'obiettivo generale è fornire alle autorità del Lesotho una base di conoscenze e competenze che possano supportare future attività di pianificazione energetica.

Questa memoria descrive sinteticamente le attività svolte nei primi mesi del progetto nell'ambito della mappatura della rete idrografica (WP3). In particolare, sono presentati i dati finora raccolti presso le varie fonti disponibili. Inoltre, sono accennate dal punto di vista metodologico le prossime attività previste nel proseguimento del WP3 del progetto. Viene, infine, introdotta un'applicazione per la condivisione dei dati idrologici e climatici, concepita *ad hoc* per gli scopi del WP3 del progetto ed attualmente in fase di implementazione.

Censimento e raccolta dei dati

I primi mesi del progetto sono stati dedicati in gran parte alla definizione del quadro delle conoscenze necessarie all'esecuzione delle attività. In particolare, sono stati censiti e raccolti i dati disponibili presso le diverse fonti. I dati sono stati, quindi, sottoposti ad una prima organizzazione ed armonizzazione.

Il censimento e la raccolta dei dati sono stati condotti principalmente presso le varie istituzioni ed autorità del Lesotho, sia attraverso contatti a distanza, sia nel corso di incontri presso le loro sedi istituzionali, durante i quali sono stati illustrati lo scopo e le principali necessità del progetto. Un contributo significativo, inoltre, è stato fornito dalla FAO, che ha messo a disposizione i dati disponibili presso la sede centrale di Roma. Infine, avvalendosi anche delle

prime informazioni raccolte, è stata condotta una ricerca presso altri organismi internazionali che permettono la fruizione di dati attraverso il *web*.

I dati raccolti sono presentati sinteticamente nel paragrafo successivo. Vale la pena sottolineare che, nonostante il presente lavoro sia focalizzato essenzialmente sulle attività del WP3 del progetto, il *dataset* complessivamente disponibile è, in realtà, più ampio e sarà utilizzato per l'implementazione anche degli altri WP del progetto.

Sintesi dei dati disponibili

In Tab. 1 è riportato un quadro sintetico dei dati disponibili, corredati di informazioni sul formato e sulla fonte dei dati.

Fonte del dato	Dato acquisito	Formato
sito web USGS EarthExplorer (https://earthexplorer.usgs.gov)	Modello digitale di elevazione ASTER GDEM, risoluzione 1" di arco	raster
	Modello digitale di elevazione SRTM Global DEM GL1, risoluzione 1" di arco	raster
Lesotho Meteorological Service	Dati meteorologici giornalieri (pioggia, temperatura minima e massima)	CSV
Lesotho Highlands Development Authority	Dati di pioggia giornaliera	foglio di calcolo
	Dati di portata media giornaliera	foglio di calcolo
	Dati idrografici (reticolo, corpi idrici, stazioni di misura)	shapefile
Department of Water Affairs	Elenco e posizione di stazioni idrometriche	shapefile foglio di calcolo
	Dati idrografici (limiti dei bacini principali, reticolo, stazioni di misura)	shapefile
Land Administration Authority	Carte topografiche in scala 1:250.000 e 1:50.000	raster
	Isoipse in formato vettoriale	shapefile, DXF
	Terne di dati XYZ (dati interpolati)	CSV
	Ortofoto della zona delle Lowlands	raster
FAO Food and Agriculture Organization of the United Nations	Land Cover Database (LCDB)	shapefile
	Legenda e Statistiche del LCDB	foglio di calcolo
	Land Cover Atlas of Lesotho	PDF
	Dataset ancillari (dati amministrativi, idrografia, strade, città e villaggi)	shapefile
	Dati da satellite Landsat	raster, testo, shapefile
	Dati da satellite Sentinel-2	raster
Department of Mines and Geology	Carta Geologica del Lesotho, fogli in scala 1:250.000, 1:100.000, 1:50.000	copia cartacea

Tabella 1 – Quadro sintetico dei principali dati raccolti di interesse per il WP3 del progetto.

In aggiunta ai dati riportati in tabella, è stata acquisita una copia cartacea della *Hydrogeological Map of Lesotho*, realizzata nell'ambito del progetto italiano di cooperazione *Ground Water Project* (Del Sette, Arduino, 1994).

Per ragioni di spazio non è possibile fornire informazioni dettagliate su tutti i dati raccolti. Si è scelto, pertanto, di limitare la presentazione ad alcuni esempi significativi, quali l'orografia, la piovosità e la copertura del suolo.

Per quanto riguarda l'orografia, sono stati individuati due DEM differenti, entrambi a copertura globale e ricavati da osservazioni da remoto. Il primo

modello si basa sulle misure eseguite dal sensore ASTER (*Advanced Spaceborne Thermal Emission and Reflection Radiometer*), che opera a bordo del satellite *Terra*; la versione più recente del modello (GDEM V2) è stata rilasciata nel 2011. Il secondo modello (SRTM, *Shuttle Radar Topography Mission*) si basa sulle misure radar eseguite nel corso della missione dello *Space Shuttle Endeavour* nel febbraio 2000; la versione più recente (V3) del DEM è stata rilasciata nel 2015. Entrambi i modelli sono disponibili ad una risoluzione di 1" di arco, pari a circa 30 m.

Per entrambi i DEM presentati, i dati sono disponibili sotto forma di collezione di immagini GeoTIFF (sistema di riferimento WGS84-EPG 4326), ognuna delle quali copre un'area di 1°×1°. Le immagini sono scaricabili liberamente, previa registrazione, dal sito *web* USGS *EarthExplorer*. Per coprire l'area di studio sono state scaricate complessivamente 12 immagini per ciascun modello. A scopo di esempio, in Fig. 2 sono riportate una mappa di elevazione ed una rappresentazione 3D del territorio, entrambe ricavate dal DEM SRTM.

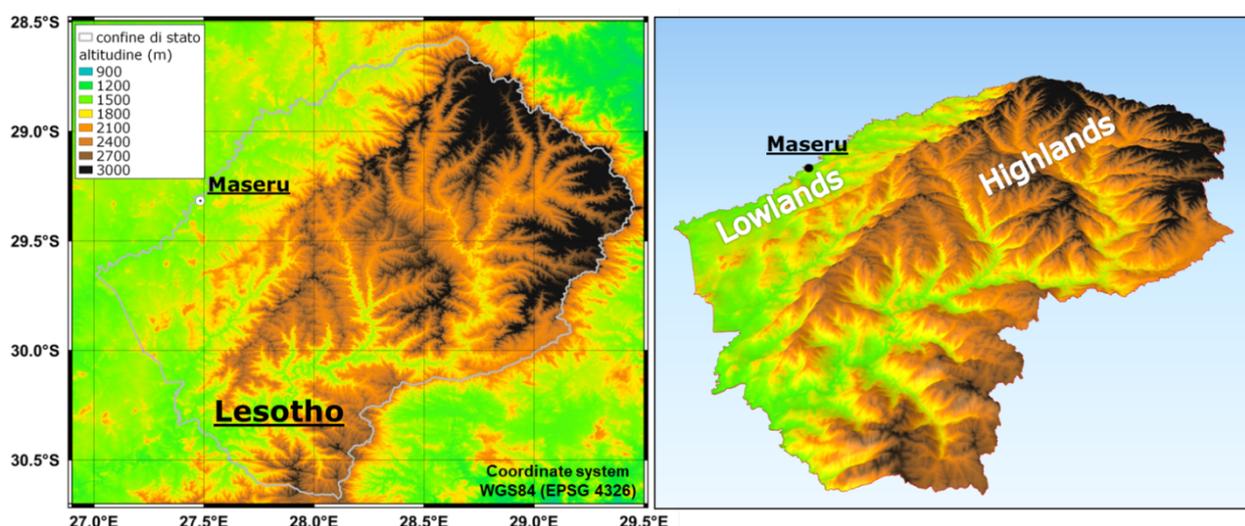


Figura 2 – Orografia del territorio del Lesotho (SRTM DEM). Si distinguono le due zone orografiche denominate, rispettivamente, Lowlands (a Ovest) e Highlands (a Est).

I dati di piovosità sono stati acquisiti sia presso il *Lesotho Meteorological Service* (LMS), sia presso la *Lesotho Highlands Development Authority* (LHDA). Quest'ultima è l'autorità che gestisce il *Lesotho Highlands Water Project* (LHWP), un grande progetto transnazionale Lesotho-Sudafrica finalizzato alla produzione di energia idroelettrica e fornitura di acqua potabile. In Fig. 3A sono riportate le posizioni delle 25 stazioni di misura (13 per LMS e 12 per LHDA) per le quali sono disponibili serie temporali di misure pluviometriche giornaliere. La durata delle serie è variabile a seconda delle stazioni; orientativamente, almeno per la maggior parte delle stazioni, possono essere assunti i periodi di riferimento 1980-2015 (LMS) e 1991-2016 (LHDA).

La copertura e l'uso del suolo del Lesotho sono stati recentemente oggetto di uno studio approfondito da parte della FAO (2017), condotto essenzialmente analizzando immagini da satellite e fotografie aeree. Il risultato finale è un *Land Cover Data Base* (LCDB) in formato vettoriale *shapefile*, dal quale sono ricavate mappe e statistiche a diversi livelli di aggregazione territoriale (nazionale, per distretti, o per bacini idrografici). La classificazione adottata

In Fig. 4, a scopo di esempio, due reticoli idrografici disponibili in formato vettoriale, forniti, rispettivamente, dalla FAO e dal *Department of Water Affairs*, sono sovrapposti alla carta topografica in scala 1:50.000 edita dalla *Land Administration Authority* nel 1982.

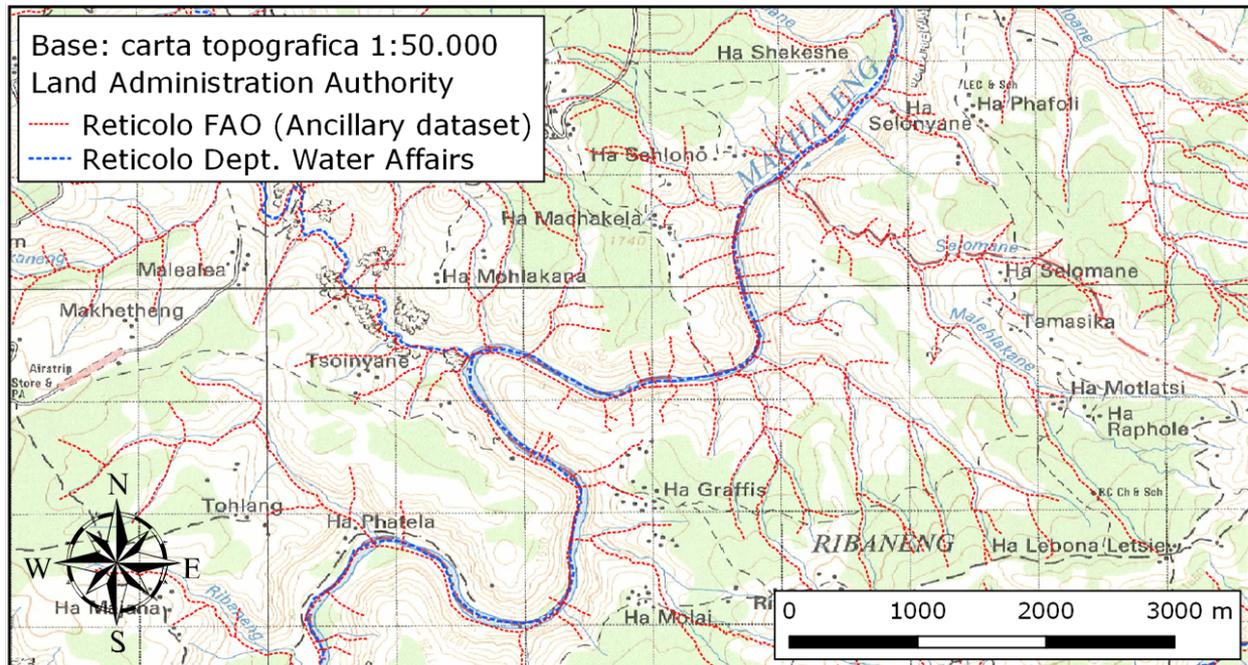


Figura 4 – Confronto tra due diversi reticoli idrografici e cartografia disponibile.

Infrastruttura per la condivisione dei dati da *desktop* e *mobile*

Uno dei *task* del progetto (WP4) sarà specificamente dedicato all'implementazione di un *database* GIS per la gestione e pianificazione dello sfruttamento delle energie rinnovabili, attraverso il quale saranno accessibili tutti i dati territoriali, le misure ambientali e le cartografie disponibili, insieme ai risultati delle simulazioni condotte per tutti i *task* del progetto.

In aggiunta, nell'ambito del WP3, è stata progettata, in via sperimentale, una specifica infrastruttura *software* per la condivisione, attraverso la rete, dei dati delle stazioni di misura distribuite sul territorio. Tale infrastruttura è stata concepita per essere accessibile da dispositivi *desktop* o mobili (*smartphone* o *tablet*).

Un tipico utilizzo da *desktop* potrebbe essere il caso in cui un utente voglia utilizzare i dati come *input* di un modello, oppure voglia controllare l'andamento di un particolare parametro. Viceversa, un utente che si reca in una determinata località potrebbe, collegandosi mediante un dispositivo mobile, richiedere informazioni sulle risorse disponibili nelle vicinanze, secondo una logica di *Location Based Service* (LBS). Quest'ultima funzionalità si basa sul fatto che i dispositivi mobili in commercio sono normalmente dotati di un sistema di geolocalizzazione.

L'infrastruttura è attualmente in fase di sviluppo. Nelle figure seguenti sono illustrate, a scopo di esempio, alcune delle prime funzionalità già implementate. In particolare, la Fig. 5 illustra il caso di accesso da un dispositivo *desktop* attraverso un comune *browser web*, mentre la Fig. 6

illustra un esempio di accesso da uno *smartphone* Android attraverso la specifica *App* installata sul dispositivo.

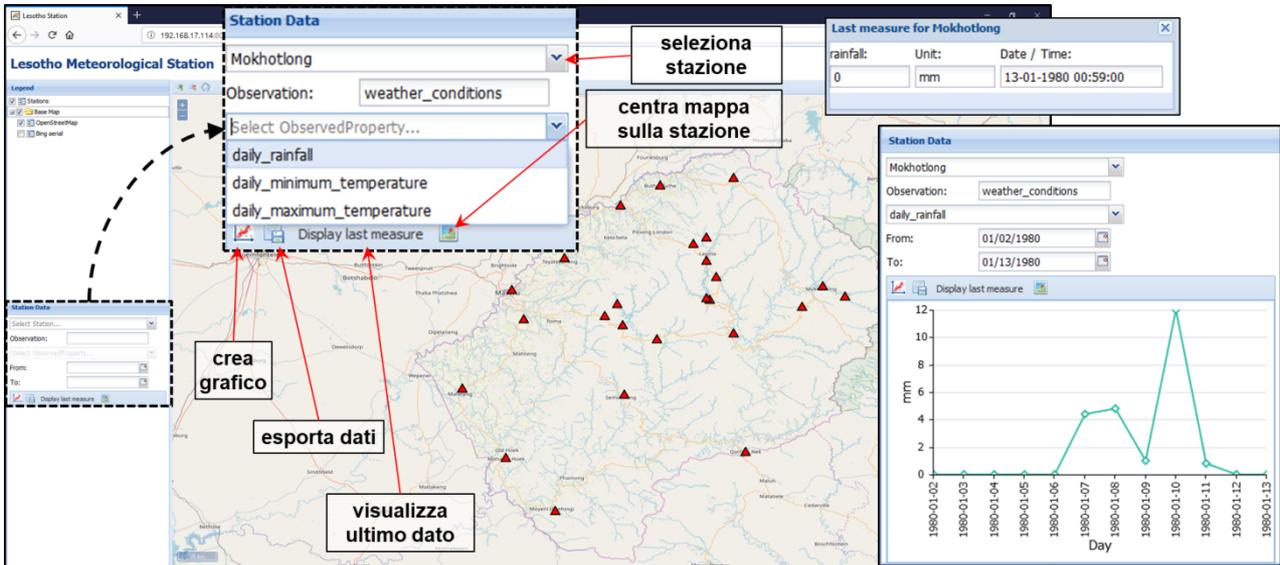


Figura 5 – Accesso alla piattaforma da desktop (browser web). Il pannello a sinistra (linea tratteggiata) permette di accedere alle funzioni di selezione, visualizzazione e download dei dati. Sono, inoltre, riportati un esempio di rappresentazione grafica e di restituzione dell'ultima misura disponibile.

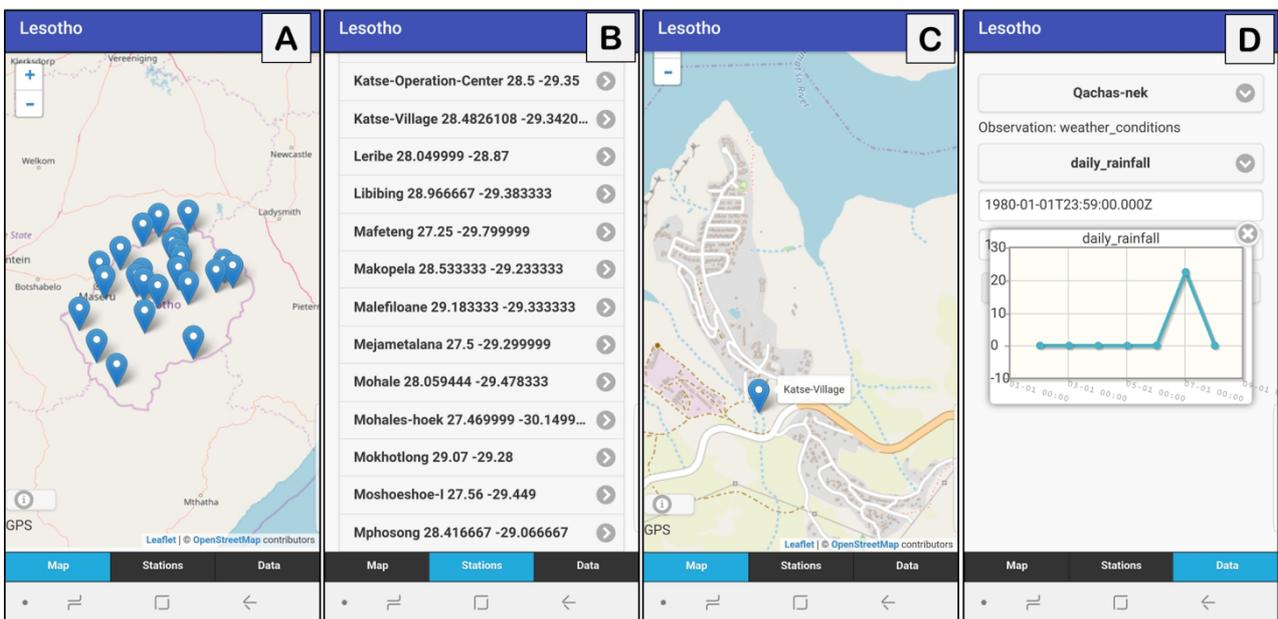


Figura 6 – Accesso alla piattaforma da dispositivo mobile. I pulsanti in basso permettono l'accesso alle diverse funzionalità. A: Mappa delle stazioni di misura. B: Selezione della stazione (i valori accanto al nome indicano le coordinate geografiche). C: Zoom automatico su una stazione selezionata. D: Rappresentazione grafica di un dataset selezionato.

L'infrastruttura software implementa, per la gestione delle stazioni di misura, lo standard OGC-SWE (*Open GeoSpatial Consortium–Sensor Web Enablement*). L'infrastruttura è costituita da una componente server e da una componente client, differenziata per dispositivi desktop e mobile.

La componente *server* è costituita, per la parte *storage*, da una banca dati implementata utilizzando *PostgreSQL* e *PostGIS*, mentre per la parte *web server* sono utilizzati il sistema *open source 52°North Sensor Observation Service* e *Tomcat*.

La componente *client desktop* è in via di implementazione mediante l'uso di *JavaScript*, *Ext JS* e *OpenLayers*. Nel caso, invece, della piattaforma *mobile client*, è in fase di implementazione una *App* per *Android* nell'ambiente di sviluppo *Android Studio*, utilizzando *Java*, *JavaScript*, *jQuery* e *Leaflet*. Per la cartografia di base, in questa prima fase è stata utilizzata *OpenStreetMap*, a cui saranno successivamente affiancate mappe tematiche derivate da ulteriori dati cartografici o dai risultati di elaborazioni effettuate.

La scelta di *Android* è stata orientata, in questa prima fase, sia dalla diffusione di tali dispositivi, sia dall'impostazione generale del progetto di preferire il ricorso a tecnologie *open source*. In futuro, potrà essere valutata la possibilità di utilizzare anche altri ambienti di sviluppo.

Vale la pena sottolineare, infine, che l'infrastruttura *software* qui descritta è stata concepita a scopo essenzialmente sperimentale e non intende sostituirsi o sovrapporsi al *database GIS* generale, oggetto del WP4 del progetto, dal quale differisce per struttura e per finalità. Allo stesso tempo, pur essendo stata ideata per la condivisione di dati di interesse per le attività relative allo studio dell'idrografia, tale infrastruttura potrebbe rivelarsi utile anche per la condivisione di informazioni acquisite e risultati ottenuti negli altri *task* del progetto. Questa possibilità potrà essere valutata durante lo sviluppo delle attività progettuali.

Bibliografia

- Del Sette P., Arduino, G. (1994), *Ground Water Project. Lesotho 1983-1994*, MOVIMONDO Molisv, Maseru.
- FAO (2017), *Land Cover Atlas of Lesotho*, Food and Agriculture Organization of the United Nations, Roma.
- GRASS GIS. Bringing advanced geospatial technologies to the world, <https://grass.osgeo.org/> (ultimo accesso: ottobre 2018).
- SAGA. System for Automated Geoscientific Analyses, <http://www.saga-gis.org/> (ultimo accesso: ottobre 2018).
- Tarboton D.G., Bras R.L., Rodriguez-Iturbe I. (1991), "On the extraction of channel networks from digital elevation data", *Hydrological Processes*, 5: 81–100.
- Tarboton D.G. (1997), "A new method for the determination of flow directions and upslope areas in grid digital elevation models", *Water Resources Research*, 33: 309–319.
- Terrain Analysis Using Digital Elevation Models (TauDEM) Version 5, <http://hydrology.usu.edu/taudem/taudem5/index.html> (ultimo accesso: ottobre 2018).
- USGS EarthExplorer, <https://earthexplorer.usgs.gov/> (ultimo accesso: ottobre 2018).