

UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DI NAPOLI FEDERICO II



CORSO DI LAUREA IN

**INGEGNERIA PER L'AMBIENTE ED
IL TERRITORIO**

(CLASSE DELLE LAUREE IN INGEGNERIA CIVILE ED AMBIENTALE N. 7)
DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE, EDILE E AMBIENTALE

ELABORATO DI LAUREA

**UNA METODOLOGIA *GIS* SEMPLIFICATA
PER L'INDIVIDUAZIONE DELLE AREE
POTENZIALMENTE INONDABILI**

RELATORI

Ch.mo Prof. Ing. Maurizio Giugni

CORRELATORE

Ch.mo Prof. Ing. Francesco De Paola

CANDIDATO

Francesco Cianciulli

Matr. N49/166

ANNO ACCADEMICO 2012/2013

ABSTRACT

I fenomeni alluvionali hanno provocato danni di vario genere a popolazioni, infrastrutture e beni di prima necessità; questi sono dovuti alla formazione di frane e inondazioni con rottura degli argini. Lo studio riguardante il rischio che questi fenomeni possono avere sulla popolazione non è mai stato approfondito seriamente dagli studiosi. Nell'ultimo ventennio però, considerato il numero sempre crescente del verificarsi di questi fenomeni, si sono fatte delle ricerche più approfondite e degli studi più mirati. Per l'individuazione delle aree potenzialmente inondabili (*potentially flood prone areas*) è stato effettuato uno studio basato su un tipo di indice, detto "Indice Topografico", che mette in relazione le caratteristiche topografiche del territorio con l'area drenata dai deflussi dovuti alle acque meteoriche, partendo da un DEM (digital elevation model).

Il rischio idrogeologico in Italia è stato definito dalla Protezione Civile come il prodotto tra vulnerabilità, la pericolosità ed il valore esposto, rappresentato dalla formula:

$$R_t = E\bar{V}H_t$$

la vulnerabilità ed il valore esposto vengono classificati rispettivamente in base al valore del rischio ed al tipo di territorio in esame. Il rischio aumenta nel momento in cui sono coinvolte le vite umane ed i beni di prima necessità.

Rischio idraulico totale			Descrizione degli effetti
Classe	Intensità	Valore	
R ₁	Moderata	≤ 0.002	danni sociali, economici e al patrimonio ambientale marginali
R ₂	Media	≤ 0.005	sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità del personale, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
R ₃	Elevata	≤ 0.01	sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, l'interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni rilevanti al patrimonio ambientale
R ₄	Molto elevata	≤ 0.02	Sono possibili la perdita di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale, la distruzione delle attività socio-economiche

Caratterizzazione delle classi di rischio idrologico-idraulico (Quaderni della società geologica italiana – la mitigazione del rischio idraulico, 4 Maggio 2009)

Gli approcci alle prevenzioni dei fenomeni possono dividersi in due categorie diverse: **approccio strutturale e approccio non strutturale**. Il primo si basa sulla costruzione di infrastrutture per bloccare la portata di piena; il secondo si basa su metodi di progetto e pianificazione.

L'approccio adottato nella tesi è di tipo non strutturale, esso si basa su una metodologia non convenzionale e semplificata, definita sulle caratteristiche topografiche del territorio di Addis Ababa, capitale dell'Etiopia, di cui viene fornito il DEM.

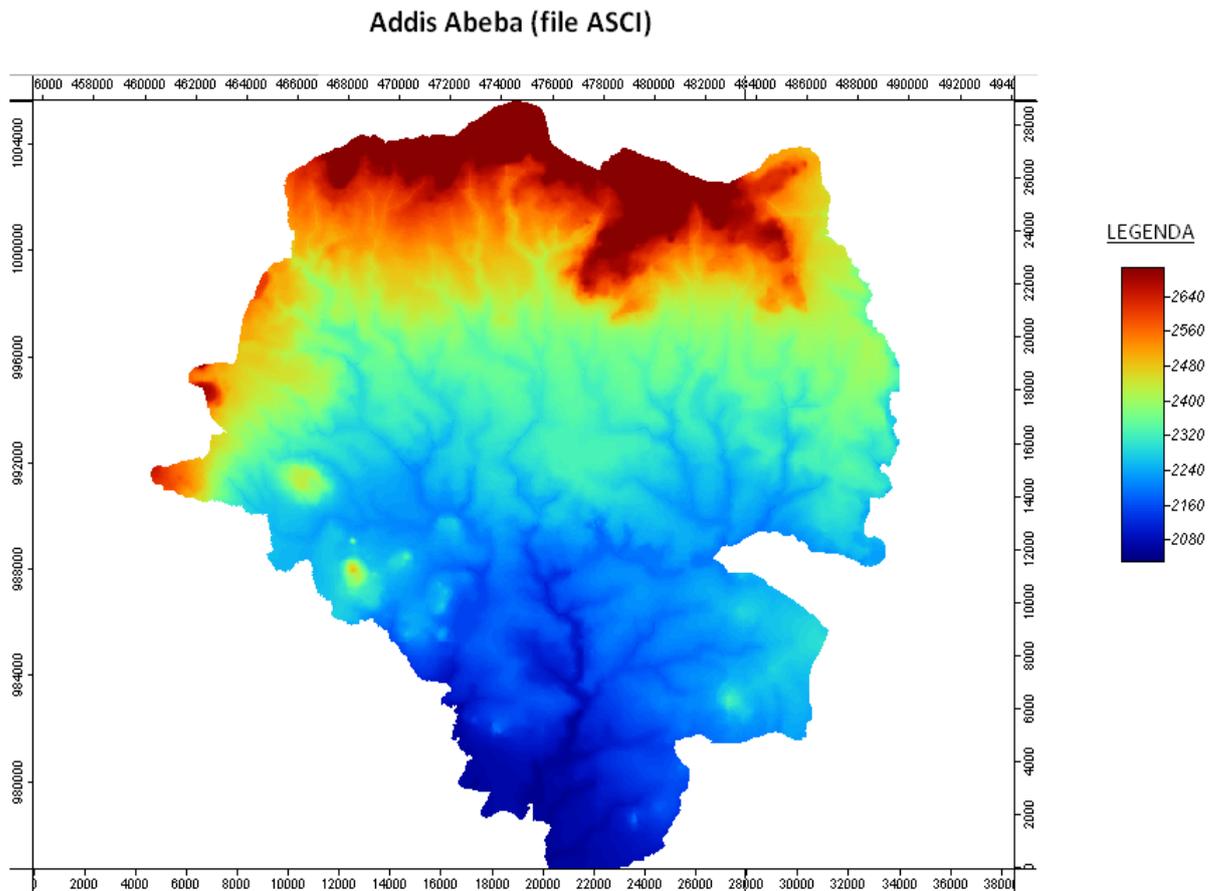


Immagine raster Addis Ababa (Imported on SAGA)

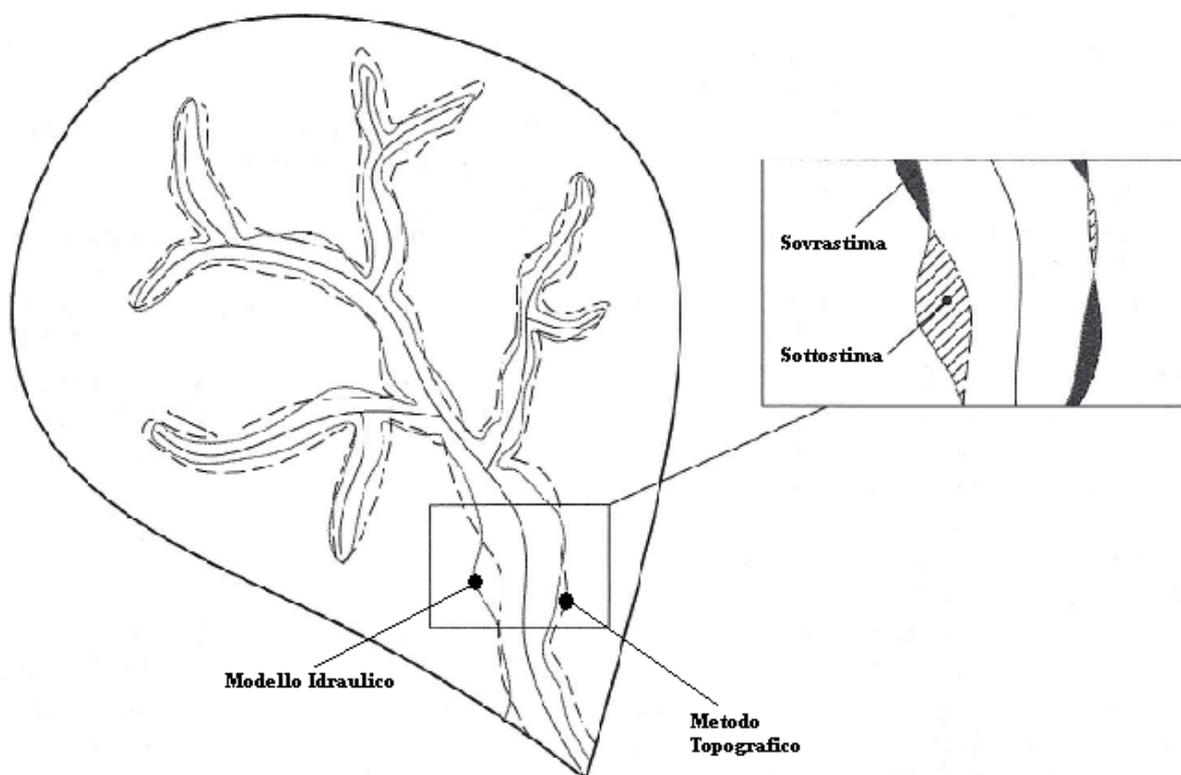
Il software che si utilizza per individuare la variazione dell'indice topografico all'interno del bacino e di conseguenza le zone a rischio inondazione è il programma SAGA (System for Automated Geoscientific Analyses).

L'indice topografico è rappresentata dalla formula $TI = \ln \left[\frac{a_d}{tg(\beta)} \right]$ dove il numeratore

a_d rappresenta l'area a contributo variabile espressa in metri, cioè il rapporto tra la superficie della singola cella e la larghezza della sezione di attraversamento del deflusso, e il denominatore $tg\beta$ rappresenta la pendenza del terreno espressa in radianti. Questa formulazione per l'individuazione delle aree potenzialmente inondabili fu introdotta da Kirkby nel 1975, che ipotizzò, inoltre, il concetto di deflusso superficiale e sub-superficiale in base alla saturazione del terreno, che costituisce un elemento fondamentale per la determinazione dell'area a contributo variabile. Questa formulazione fu poi ripresa nel 2008 da Manfreda che attraverso

l'uso dell'esponente n al numeratore ha reso l'area a contributo variabile incrementabile in base al tipo di bacino che si sta studiando.

L'individuazione delle aree potenzialmente inondabili si determina prendendo in considerazione un valore limite τ , il quale viene ricavato dalla sovrapposizione delle superfici potenzialmente inondabili individuate rispettivamente dalla metodologia idraulica sviluppata dalle Autorità di Bacino e dal metodo che si serve dell'indice topografico.



Descrizione della procedura per la sovrastima (Er_2) e la sottostima (Er_1) del metodo topografico (Manfreda, et al. 2011)

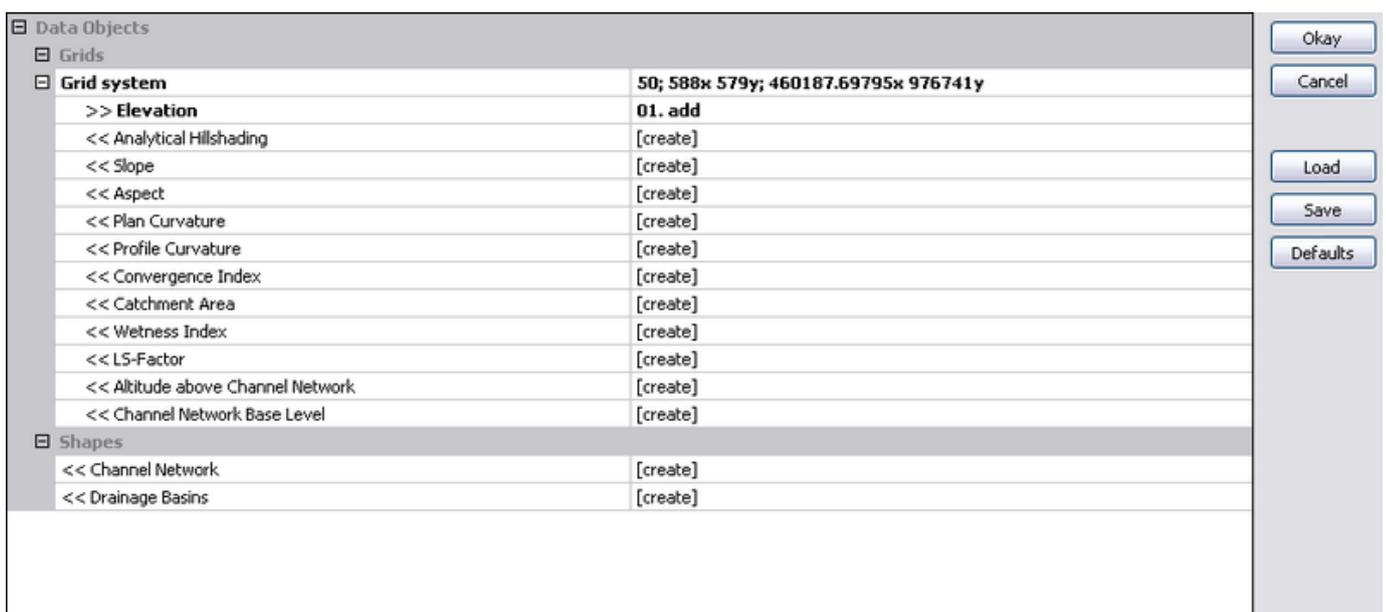
La sovrastima che si fa della superficie calcolata con la metodologia basata sull'indice topografico rispetto alla superficie fornita dalla metodologia idraulica, permette il calcolo del valore limite τ ; maggiore risulta essere questo valore limite minore risulterà la probabilità di avere zone potenzialmente inondabili. Un altro metodo per ricavare il valore limite si basa sul calcolo del periodo di ritorno T dell'evento, se esso risulta un valore elevato la τ sarà minore e viceversa. Insomma il

rischio di trovare una zona potenzialmente inondabile aumenta con l'incrementarsi del periodo di ritorno.

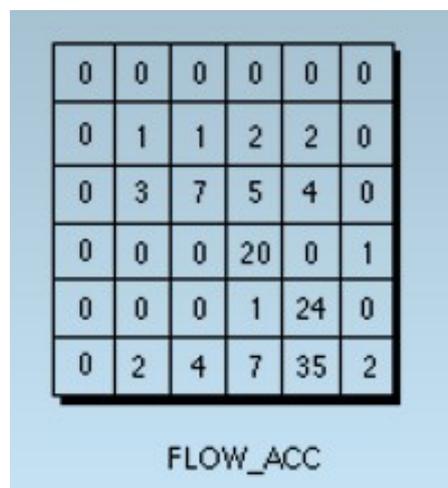
Le piogge che si verificano nel periodo estivo, dette "Kiremt", nella zona comprendente Addis Ababa possono essere molto dannose sia per le attività presenti sul territorio sia perché esse risultano essere molto intense. L'andamento delle piogge degli ultimi anni ricavato da studi statistici, suggerisce una sempre più forte attenzione sul rischio alluvionale che potrebbe colpire non solo la capitale etiopica ma anche le attività svolte nella zona circostante. Solo dopo aver determinato le zone potenzialmente inondabili s'individua il rischio possibile.

Nel 2006, infatti, una forte alluvione si è abbattuta sulla città di Dire Dawa, vicino Addis Ababa, provocando la morte di 647 e l'emigrazione verso luoghi più sicuri di oltre 200,000 persone.

Analizzando la zona interessata, viene importata l'immagine raster (DEM) con i dati topografici nel *workspace* del software, mediante il quale possono essere ricavati i dati oro idrologici del terreno impostando l'applicazione della *terrain analysis - compound analysis* (Basic Terrain Analysis), questa permette di individuare caratteristiche del terreno tra cui la pendenza (*slope*), la superficie drenata (*catchment area*) e la rete idrografica (*channel network*).



Ogni cella presente nell'immagine raster ha un'altitudine differente, quindi le acque meteoriche raccolte in ogni cella defluiscono nelle celle a quote più basse, generando così una rete di deflussi nella griglia (*channel network*). Il deflusso da un centro cella ad un altro, secondo il calcolo algoritmico, può essere monodirezionale o multi direzionale (algoritmi D8 e MD8) in base al valore della pendenza da una cella ad un'altra, all'interno della griglia ovviamente possono verificarsi entrambe le situazioni permettendo l'individuazione delle *flow accumulation*, ossia l'acqua drenata per ogni cella. Il valore di questa dipende dal numero di deflussi, provenienti dalle celle che compongono la griglia, entranti nella singola cella. Il valore ricavato va moltiplicato per il valore dell'area contribuyente fornendo così il valore dell'area a contributo variabile, maggiore è il numero di deflussi per un determinata cella maggiore sarà l'area contribuyente.



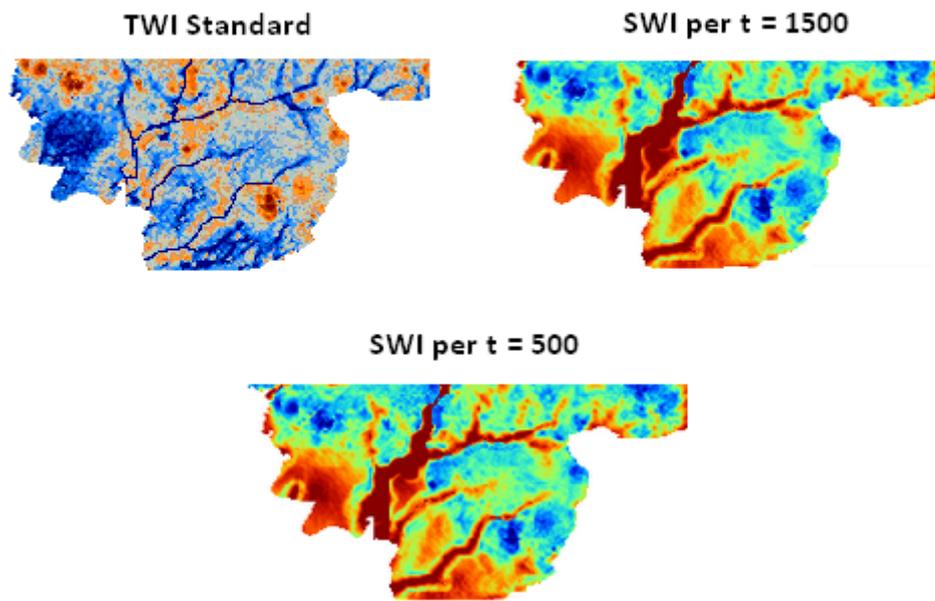
Flow Accumulation Grid

La direzione del flusso sul terreno seguendo le celle numerate in figura, che passano da un numero più basso ad un numero più elevato, permette proprio la delineazione del percorso fluviale.

Attraverso questa procedura viene determinata la distribuzione, rappresentata da una scala di colori, dei valori del TWI e del SWI sul territorio. In questo modo dalle

immagini si possono facilmente individuare i corsi d'acqua e le zone potenzialmente inondabili.

Confronto tra TWI ed SWI



Confronto tra *TWI* ed *SWI*

Ora bisogna fare una distinzione tra i due indici diversi: il TWI e il SWI. Entrambi devono superare il valore limite $\tau = 17.11$ per poter evidenziare le aree potenzialmente inondabili; ma essi si distinguono per una caratteristica: il SWI varia in base ad un termine t (*floating point*), impostato nel calcolo sul software, che consente una maggiore specificità nell'individuazione delle aree potenzialmente inondabili. Questa variabile se incrementata consente la diminuzione delle dimensioni della cella, ovvero permette al software di delineare le *potentially flood prone areas* in modo più specifico e evidente. Le zone evidenziate con un rosso intenso o tendente al rosso indicano che l'indice topografico SWI ha un valore elevato, viceversa quelle che sono di colore azzurro tendente al blu scuro evidenziano delle zone con indice topografico basso. Al contrario il TWI ha una scala di colori differente evidenziando le zone potenzialmente inondabili con colori graduati secondo la scala dei blu. Il valore

massimo del TWI calcolato dal software è 25.7; per quanto riguarda l'SWI, bisogna distinguere due casi per $t=500$ e $t=1500$, per i quali avremo rispettivamente due valori massimi di indice topografico: 22.783 e 22.775.

Dai valori calcolati si può dedurre che sul territorio in esame sono presenti delle zone potenzialmente inondabili. Infatti un esempio di zona potenzialmente inondabile viene riscontrata nel bacino del fiume Akaki, come si può vedere anche dalla figura precedente, questo fiume, ingrossandosi a causa delle piogge, potrebbe provocare un'inondazione.

È possibile dedurre da questo studio, che può essere effettuata la delimitazione delle zone potenzialmente inondabili anche partendo da semplici coordinate topografiche, con il semplice utilizzo di software e metodi di calcolo digitali. I metodi innovativi sviluppati in questi anni consentono ai governi di ogni paese di prevenire il rischio idrogeologico a cui è soggetto il proprio territorio, senza effettuare interventi di tipo strutturale, risparmiando sulle spese.