



Fondazione  
**CARIPLO**



## **Flood-IMPAT+**

*an integrated Meso & Micro Scale Procedure to Assess Territorial Flood Risk*



**Del. 1.1 Linee guida per l'analisi della  
pericolosità alluvionale ai fini della  
valutazione del danno.**

**Il metodo RAPIDE**

Maggio 2018

## **Premessa**

La valutazione quantitativa del danno conseguente ad un evento di tipo alluvionale (avvenuto, previsto o rappresentativo di uno scenario probabilistico), richiede la conoscenza di una serie di parametri rappresentativi dell'intensità dell'evento (vedi Del. 3.1 e 4.1), tra cui:

- l'estensione dell'area allagabile o allagata;
- la distribuzione spaziale dei tiranti idrici e della velocità dell'acqua all'interno di tale area;
- il tempo di permanenza dell'acqua, laddove possibile localmente;
- la concentrazione di sedimenti o di contaminanti nel volume esondato, laddove possibile localmente.

Allo stato attuale, le informazioni relative ai primi tre punti sono disponibili solo nel caso in cui sia stata condotta una modellazione bidimensionale in moto vario dell'evento. Viceversa, tipicamente:

- in seguito ad un evento occorso (per una valutazione del danno ex-post) è in genere noto, con maggior o minor precisione, solamente il perimetro dell'area allagata;
- in caso di scenario di evento (per una valutazione del danno ex-ante), è generalmente nota l'estensione dell'area inondabile ottenuta da modellazione monodimensionale accoppiata ad un'analisi di tipo morfologico, con il valore del tirante idrico in corrispondenza delle sole sezioni trasversali del corso d'acqua.

Al fine di agevolare la valutazione del danno alluvionale (anche a supporto della redazione e revisione dei Piani di Gestione del Rischio Alluvioni previsti dalla Direttiva Alluvioni 2007/60/CE) e in attesa della possibilità di effettuare, in futuro, modellazioni idrauliche bidimensionali in tutte le aree a rischio di alluvione, è stata sviluppata una procedura speditiva, denominata RAPIDE (RAPid tool for Inundation Depth Estimation), per la valutazione della distribuzione spaziale dei tiranti idrici all'interno delle aree allagate/allagabili. Tra le variabili di pericolosità necessarie alla valutazione del danno, il tirante idrico è infatti la più importante, in quanto grandezza maggiormente esplicativa del danno atteso per una molteplicità di elementi esposti e per una molteplicità di fenomeni (es. la velocità e il carico di sedimenti giocano un ruolo meno importante nel caso di alluvioni di pianura piuttosto che di alluvioni montane, mentre la durata è importante soprattutto in caso di alluvione di aree rurali di pianura). Per tale motivo, tipicamente, l'altezza d'acqua è assunta quale (sola) variabile di input ai modelli di danno. È evidente che, laddove altre variabili giochino un ruolo significativo nella determinazione del danno, opportune ulteriori ipotesi e/o semplificazioni saranno necessarie ai fini dell'analisi.

## **RAPIDE (RAPid tool for Inundation Depth Estimation)**

Il metodo RAPIDE consente di determinare, in ambiente GIS, la distribuzione spaziale dei tiranti idrici all'interno dell'area allagata/allagabile noti:

- il perimetro dell'area allagata/allagabile;
- la morfologia del terreno ovvero il DTM dell'area oggetto di studio. La miglior accuratezza si ottiene con un DTM a risoluzione 1 m;
- una mappa vettoriale o raster dell'edificato.

Il metodo si basa sull'ipotesi che il perimetro dell'area allagata rappresenti il luogo dei punti dove il tirante idrico è nullo. Discretizzato il perimetro in  $m$  punti a cui viene assegnata una quota dell'acqua pari alla quota del terreno (i.e. tirante nullo), si effettua, in ambiente GIS, un'interpolazione spaziale delle quote assegnate (tramite il metodo natural neighbours) ottenendo la superficie dell'acqua. La semplice operazione di sottrazione tra la superficie dell'acqua e la superficie del terreno permette di risalire alla distribuzione spaziale dei tiranti idrici nell'area allagata/allagabile (Figura 1).

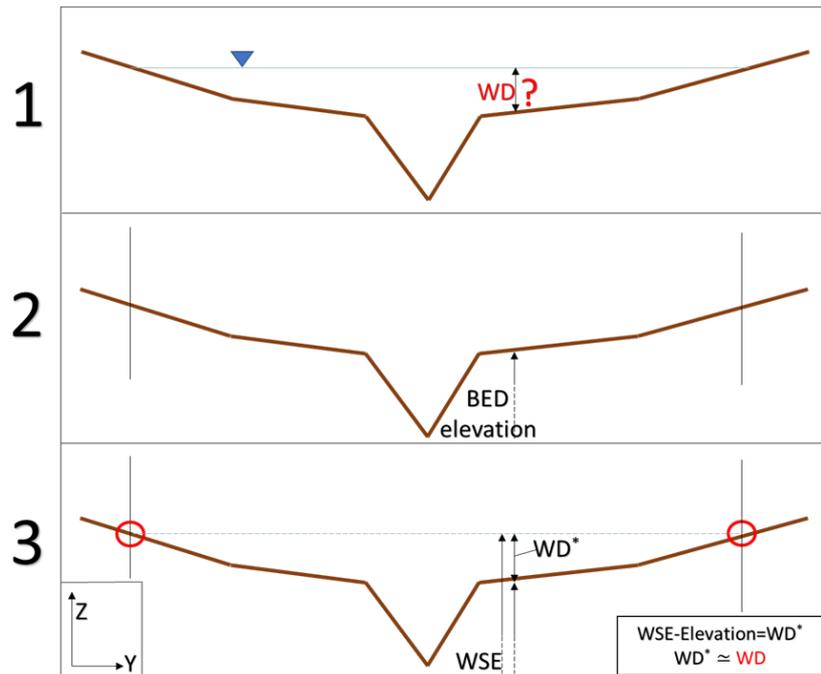


Figura 1

Operativamente, è necessario che l'utente tracci l'asse fluviale e scelga alcune sezioni trasversali, il più possibile perpendicolari alla direzione di flusso (sfortunatamente, non nota) e intersecanti il perimetro dell'area allagata/allagabile solo due volte, i.e. agli estremi (Figura 2). In seguito, l'interpolazione dei livelli avviene in due fasi successive: nella prima fase viene determinato (con il metodo IDW) il profilo della superficie libera nelle sezioni trasversali introdotte, nella seconda si estende l'interpolazione a tutti i punti del dominio.

Al fine di migliorare l'accuratezza dell'interpolazione, il metodo adotta alcuni accorgimenti: tramite una maschera (ricavabile dalla mappa dell'edificato/infrastrutture stradali) vengono esclusi dall'interpolazione spaziale i punti perimetrali che si trovano in corrispondenza di manufatti (Figura 2). In questo caso infatti viene meno l'ipotesi che la quota dell'acqua sia pari alla quota del terreno (Figura 3).

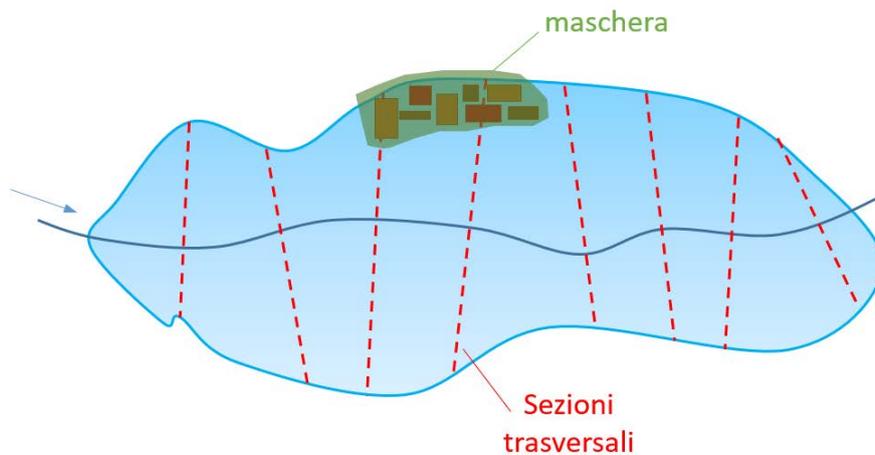


Figura 2

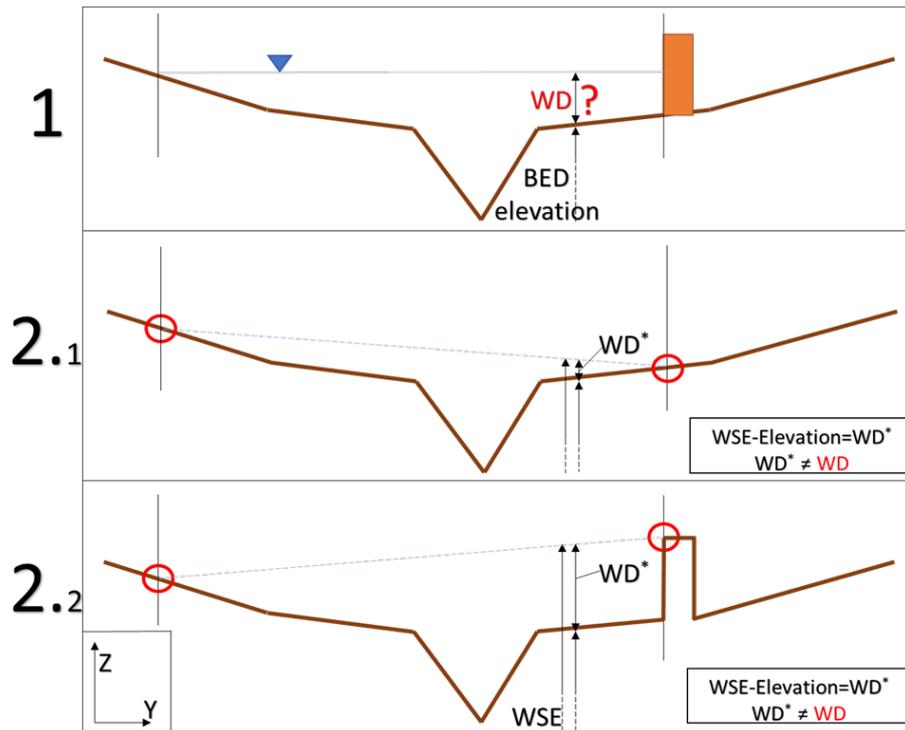


Figura 3

Il metodo RAPIDE è stato validato per lo scenario alluvionale corrispondente all'evento di piena del novembre 2002 nella città di Lodi, confrontando la distribuzione spaziale del tirante idrico ottenuta con RAPIDE e quella ottenuta con un modello idraulico bidimensionale. La Figura 4 riporta il confronto tra i risultati ottenuti con i due approcci. In entrambi i casi le differenze maggiori si hanno in corrispondenza delle zone urbane dove minore è la concentrazione di punti utili all'interpolazione. In ogni caso, l'errore medio compiuto dal metodo RAPIDE è dell'ordine dei 10-15 cm, errore del tutto compatibile con l'incertezza dei modelli di danno disponibili.

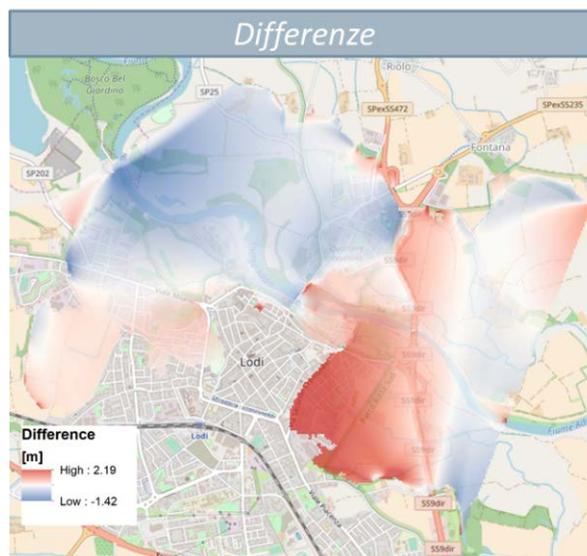


Figura 4

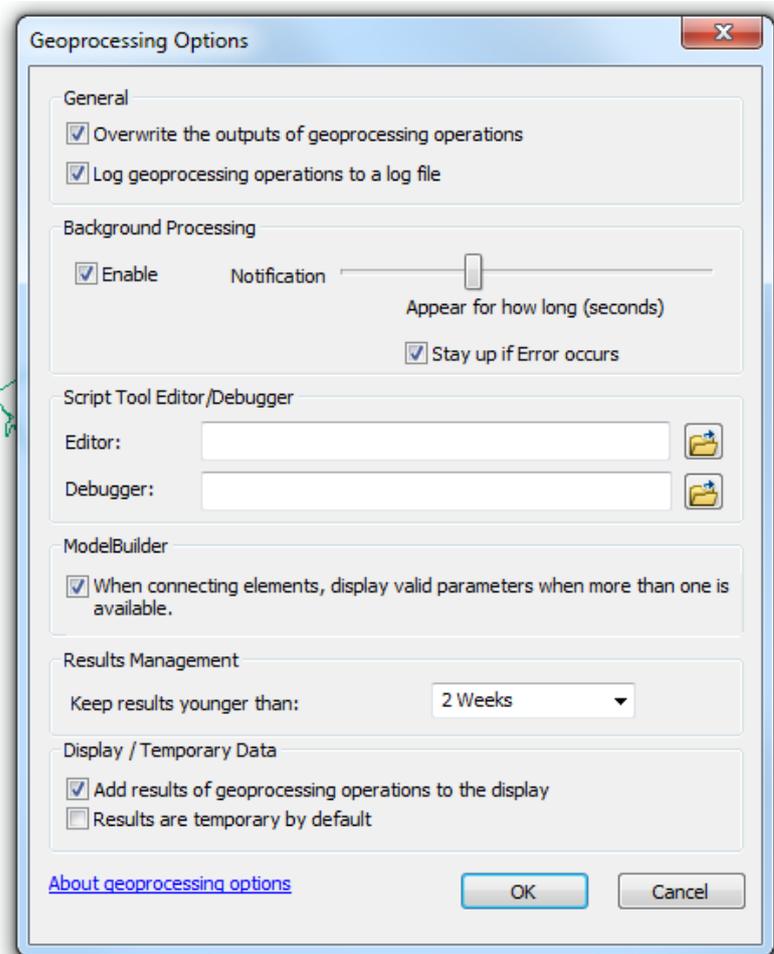
Per facilitare l'implementazione di RAPIDE anche da parte di utenti non esperti in ambiente GIS è stato sviluppato un tool in ArcMap in grado di automatizzare l'intera procedura. E' possibile richiedere il tool scrivendo all'indirizzo [daniela.molinari@polimi.it](mailto:daniela.molinari@polimi.it).

## RAPIDE – manuale utente

Il tool è utilizzabile con il software ArcMap (le versioni testate sono la 10.3.1 e la 10.5.1).

Il tool si presenta in una cartella contenente:

- **Input:** cartella che contiene tutti i dati di input necessari per provare il metodo. Per successive implementazioni sarà necessario cambiare i file contenuti in questa cartella con il programma ArcCatalog.
- **Output:** cartella dove di default sono contenuti tutti gli output del metodo. Inizialmente vuota.
- **Altezze\_da\_perimetro\_arcmap:** file .mxd utile per fare funzionare RAPIDE. Non è obbligatorio utilizzare questo file; per la prima prova se ne consiglia l'utilizzo in quanto contenente tutti i file di input necessari. Compatibile con versione di ArcMap successive a 10.3.1 (compresa). Appena aperto il file, si consiglia di attivare i permessi di overwrite, andando su Geoprocessing -> Geoprocessing options e selezionando l'opzione come da figura successiva.



- **Codici:** toolbox che contiene i modelli necessari per avviare RAPIDE. Si può accedere a questo file da altezze\_da\_perimetro. Selezionando l'icona "catalog"  e navigando fino alla cartella .\codici.tbx oppure con il software ArcCatalog navigando fino alla cartella "Codici".
- **README:** file .docx con istruzioni sull'uso del tool.

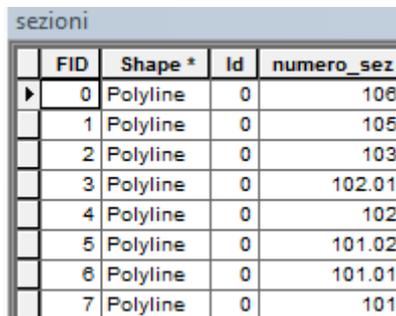
**ATTENZIONE:** qualora si volesse usare il tool con un altro progetto .mxd è necessario che la cartella dove si lavora abbia:

- la cartella “output”;
- il progetto .mxd in cui si lavora.

Inoltre il nome della cartella non deve contenere spazi o caratteri speciali.

Il tool si compone di 2 parti che vanno eseguite obbligatoriamente in ordine:

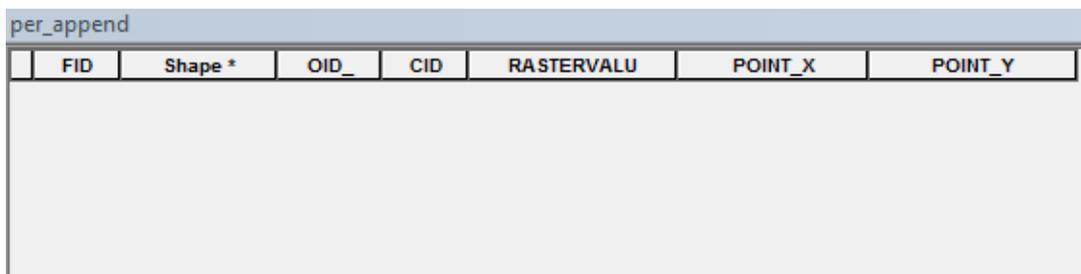
- **1 – interpolazione su N sezioni:** serve per calcolare la quota dell’acqua sulle N sezioni impostate come input. Per fare funzionare questo tool sono necessari:
  - **Sezioni:** file vettoriale di linee. Le linee devono essere il più possibile perpendicolari al corso del fiume. Le linee devono intersecare il perimetro 2 volte (non di più, altrimenti si ravvisano problemi con l’interpolazione). La tabella degli attributi deve essere impostata come da immagine successiva.



	FID	Shape *	Id	numero_sez
▶	0	Polyline	0	106
	1	Polyline	0	105
	2	Polyline	0	103
	3	Polyline	0	102.01
	4	Polyline	0	102
	5	Polyline	0	101.02
	6	Polyline	0	101.01
	7	Polyline	0	101

Dove numero\_sez serve al ciclo che seleziona una sezione alla volta e applica “1- interpolazione su 1 sezione PAI”.

- **DTM\_1m\_mod:** file raster che rappresenta il DTM della zona in esame. Si consiglia di usare un DTM a risoluzione 1 m per avere risultati ottimali. Se la risoluzione a 1 m non è disponibile usare il tool “Resample”.
- **Perimetro\_PAI:** file vettoriale poligonale che rappresenta il perimetro dell’area allagata. Deve essere una linea unica chiusa.
- **Per\_append:** file vettoriale di punti che raggruppa tutte le quote nelle sezioni prodotte dal ciclo che applica il tool “1- interpolazione su 1 sezione PAI”. Inizialmente è un file vuoto (prima di utilizzare il tool verificare che sia vuoto, se non lo è iniziare una sessione di editing, selezionare tutti gli elementi nella tabella degli attributi ed eliminare tutto. Successivamente terminare la sessione di editing salvando le modifiche svolte). La tabella degli attributi deve essere impostata come da immagine successiva.



	FID	Shape *	OID_	CID	RASTERVALU	POINT_X	POINT_Y
--	-----	---------	------	-----	------------	---------	---------

- **P%Value%.shp:** file vettoriale intermedio che contiene le quote dell’acqua per ogni sezione. Si crea un file .shp per ogni sezione, nel caso di prova verranno creati 8 files con nome pari a “FID”. Bisogna specificare la cartella di destinazione di questi file e il nome (che va obbligatoriamente settato NOMEFILE %Value%.shp).

- **Distanza tra i punti sul perimetro:** valore che indica la distanza (in metri) dei punti che vengono campionati dal perimetro. Si consiglia di lasciare 25 metri.
- **Distanza tra i punti sulle sezioni:** valore che indica la distanza (in metri) dei punti che vengono campionati sulle sezioni. Si consiglia di lasciare 1 metro.
- **2 – calcolo mappe:** serve per calcolare il tirante idrico dentro il perimetro allagato. Per fare funzionare questo modello sono necessari:
  - **DTM\_1m\_mod:** file raster che rappresenta il DTM della zona in esame. Si consiglia di usare un DTM a risoluzione 1 m per avere risultati ottimali. Se la risoluzione 1 m non è disponibile usare il tool “Resample”.
  - **Maschera per eliminare:** file vettoriale poligonale opzionale che elimina i punti che ricadono nella zona urbana. La tabella degli attributi deve essere impostata come da immagine successiva.

maschera_per_eliminare			
	FID	Shape *	Id
▶	0	Polygon	0
	1	Polygon	0
	2	Polygon	0
	3	Polygon	0

- **Punti\_perimetro:** file vettoriale di punti prodotto come output da “1 – interpolazione su N sezioni”.
- **WSE\_map (OUTPUT):** file raster che presenta la superficie dell’acqua calcolata da RAPIDE.
- **Wd\_map (OUTPUT):** file raster che presenta il tirante idrico calcolato da RAPIDE. È risagomata sullo shape “Perimetro\_PAI”.
- **Perimetro\_PAI:** file vettoriale poligonale che rappresenta il perimetro dell’area allagata. Deve essere una linea unica chiusa.