

VADEMECUM PARTE IDROLOGICA

1. INTRODUZIONE

L'Amministrazione regionale, nell'ambito di procedure di pianificazione territoriale e di progettazione di opere idrauliche, richiede di valutare le portate di piena. Ad oggi sono disponibili alcune misure dirette, ma il numero non è statisticamente significativo quindi per il calcolo della portata di piena si rende necessario utilizzare metodi numerici. Il presente *vademecum* intende fornire delle linee guida al fine di uniformare gli studi relativi alle portate di piena.

Per quanto riguarda le precipitazioni si chiede di utilizzare la regionalizzazione delle precipitazioni in quanto è lo studio più aggiornato a disposizione; eventuali serie storiche potranno essere utilizzate in casi estremamente particolari in cui si dispongano di dati affidabili e sufficienti per caratterizzare il regime delle precipitazioni.

Per quanto riguarda l'analisi idrologica per bacini di superficie inferiore a 20 km² si chiede di utilizzare metodi analitici (afflussi-deflussi) a parametri concentrati; nel presente *vademecum* sarà illustrato nel dettaglio il metodo SCS in quanto si adatta bene ai bacini montani. L'utilizzo di altri metodi dovrà comunque fornire in uscita gli idrogrammi di piena relativi ai tempi di ritorno e alle durate studiate e nello studio dovranno essere spiegati in maniera esaustiva i principali passaggi del metodo scelto per la determinazione di tali idrogrammi.

Per valutare la portata di picco per bacini con superficie maggiore di 20 km² si deve utilizzare la Regionalizzazione delle portate; al fine di tenere in conto il margine di errore di tale studio è necessario sommare un 20% alle portate ottenute.

Per quel che riguarda invece i tratti della Dora da Aymavilles a Pont-Saint-Martin si deve utilizzare lo *studio Dora Baltea*.

In generale si precisa che sarà compito del professionista valutare in base alla propria esperienza, sensibilità e conoscenza del territorio se le indicazioni generali di seguito fornite siano o meno adatte al proprio caso di studio; approcci diversi dovranno comunque essere ben descritti.

2. REGIONALIZZAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI

La caratterizzazione del regime delle precipitazioni intense deve essere condotta con riferimento ai risultati delle analisi già svolte dalla Regione Autonoma Valle d'Aosta. Tali analisi, denominate *Regionalizzazione delle precipitazioni intense*, sono disponibili sul portale della Regione Autonoma Valle d'Aosta al link http://cf.regione.vda.it/regionalizzazione_precipitazioni_intense.php.

Dal portale si possono visualizzare le linee di possibilità pluviometrica secondo tre modalità: puntuale, areale e generale.

La Toolbar puntuale contiene due funzionalità:

- **interrogazioni puntuali.** Cliccando sull'apposito simbolo  si apre una finestra in cui l'utente può o indicare le coordinate geografiche di un punto di interesse (UTM32 o WGS84), oppure selezionarlo con il mouse direttamente sulla mappa (Figura 1). L'applicativo mostrerà, in una finestra separata, il grafico

delle *Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP)* calcolate in quel punto per diversi tempi di ritorno. Nella stessa finestra in basso vi sono tre tasti *Download* [Download](#) con cui è possibile scaricare sul proprio computer: i parametri (formato .txt), i risultati (formato .txt) e le matrici a e n (formato .zip) (Figura 2).

Definizione della posizione del punto di analisi:

Posizione (UTM32) X [m]:
 Y [m]: [OK](#)

Posizione (WGS84) LON [gradi]:
 LAT [gradi]: [OK](#)

Selezione sulla mappa del punto di analisi: [OK](#)

Figura 1 - Definizione del punto di analisi

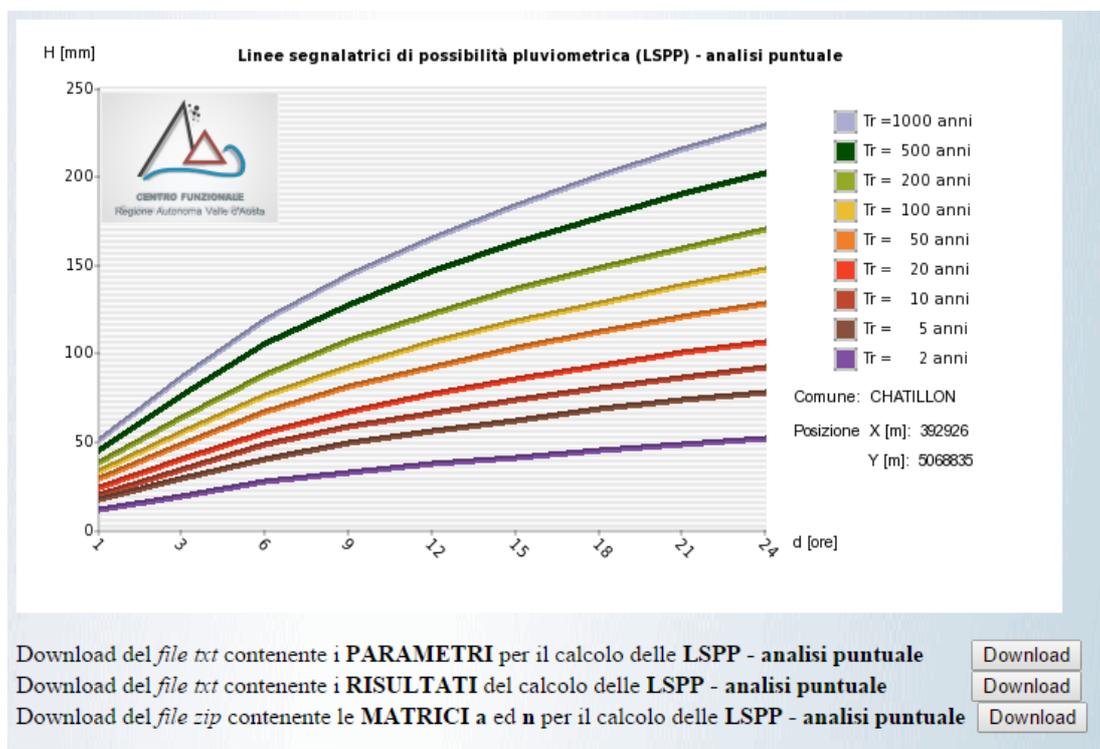


Figura 2-Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica-analisi puntuale

- **Strumenti di conversione.** Nella toolbar puntuale sono previsti due strumenti di conversione: stima del tempo di ritorno TR come funzione di H e d **TR** e stima dell'altezza di precipitazione H come funzione di TR e D **H**. Definita la posizione geografica di un punto d'interesse del territorio regionale (Figura 1), entrambi gli strumenti permettono all'utente, attraverso le finestre di dialogo riportate in figura 3, di introdurre manualmente due delle tre variabili che regolano la relazione idrologica della LSPP, al fine di ottenere il valore della terza come funzione delle prime due.

Stima del Tempo di Ritorno (TR)		Stima Altezza di Precipitazione (H)	
Comune: AVISE		Comune: SARRE	
Posizione X [m]: 353770 Y [m]: 5071099		Posizione X [m]: 364824 Y [m]: 5064973	
Altezza - H [mm]: <input type="text"/>	Durata - d [ore]: <input type="text" value="1"/>	Tempo di Ritorno (TR): <input type="text" value="2"/>	Durata - d [ore]: <input type="text" value="1"/>
Tempo di Ritorno (TR):		Altezza - H [mm]:	

Figura 3– Stima del tempo di ritorno e/o dell'altezza di precipitazione in un determinato punto per una determinata durata

La Toolbar Areale prevede due funzionalità a scala di bacino:

- **interrogazioni bacino.** Lo strumento, rappresentato nella toolbar dal simbolo , permette di calcolare la linea segnalatrice di possibilità pluviometrica media, per il bacino idrografico sotteso a monte di una qualunque sezione di chiusura del reticolo regionale scelta dall'utente sulla matrice canale. Zoomando sulla carta si rende visibile la matrice canale (Figura 4); l'utente dovrà cliccare esattamente su un punto della matrice canale affinché l'applicativo calcoli dinamicamente l'area drenata e mostri in una finestra separata il corrispondente grafico della linea segnalatrice di possibilità pluviometrica. Nella stessa finestra in basso vi sono tre tasti *Download* con cui è possibile scaricare sul proprio computer: i risultati (formato .txt), il bacino (formato .shp) e le matrici a e n (formato .zip) (Figura 5).

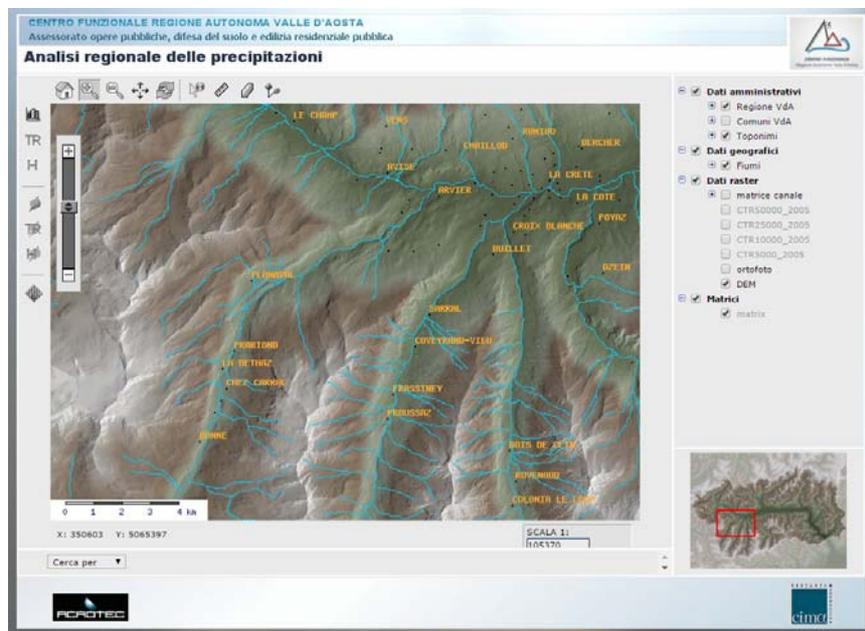


Figura 4– Matrice canale in azzurro

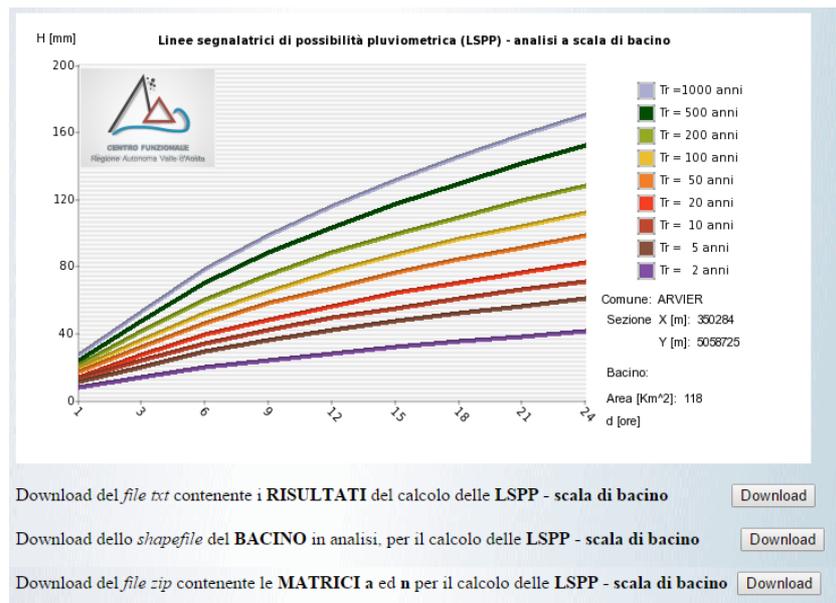


Figura 5 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica-scala di bacino

- **Strumenti di conversione.** Nella toolbar areale sono previsti due strumenti di conversione riferiti all'area del bacino idrografico a monte della sezione di chiusura selezionata: stima del tempo di ritorno TR come funzione di H e e stima dell'altezza di precipitazione H come funzione di TR e D . Definita la sezione di chiusura cliccando nell'intorno del pixel che la rappresenta sulla matrice canale del reticolo regionale (Figura 4), entrambi gli strumenti permettono all'utente, attraverso le finestre di dialogo riportate in figura 3, di introdurre manualmente due delle tre variabili che regolano la relazione idrologica della LSPP, al fine di ottenere il valore della terza come funzione delle prime due.

La Toolbar Generale contiene lo strumento per ottenere la matrice regionale delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) (Figura 6). Tale strumento è identificato nella toolbar con l'icona e la dicitura *Visualizzazioni della mappa H(TR, D)*; cliccando su di esso con il mouse appare una finestra di dialogo in cui definire i parametri TR e d (tempo di ritorno e durata) che saranno utilizzati per il calcolo della mappa. Possono essere utilizzati i seguenti valori:

- TR [anni] = 2, 5, 10, 20, 50, 100, 200, 500, 1000
- D [ore] = 1, 3, 6, 12, 24

Con questo strumento si ottiene una mappa tematica regionale delle altezze di precipitazione corrispondente al tempo di ritorno e alla durata definiti. I colori rappresentano le diverse altezze di precipitazione calcolate, i range di valori (in millimetri) si leggono nella legenda (cliccando il simbolo) riportata a destra dello schermo sotto la voce *Matrici-H (TR=... anni d=...ora)*.

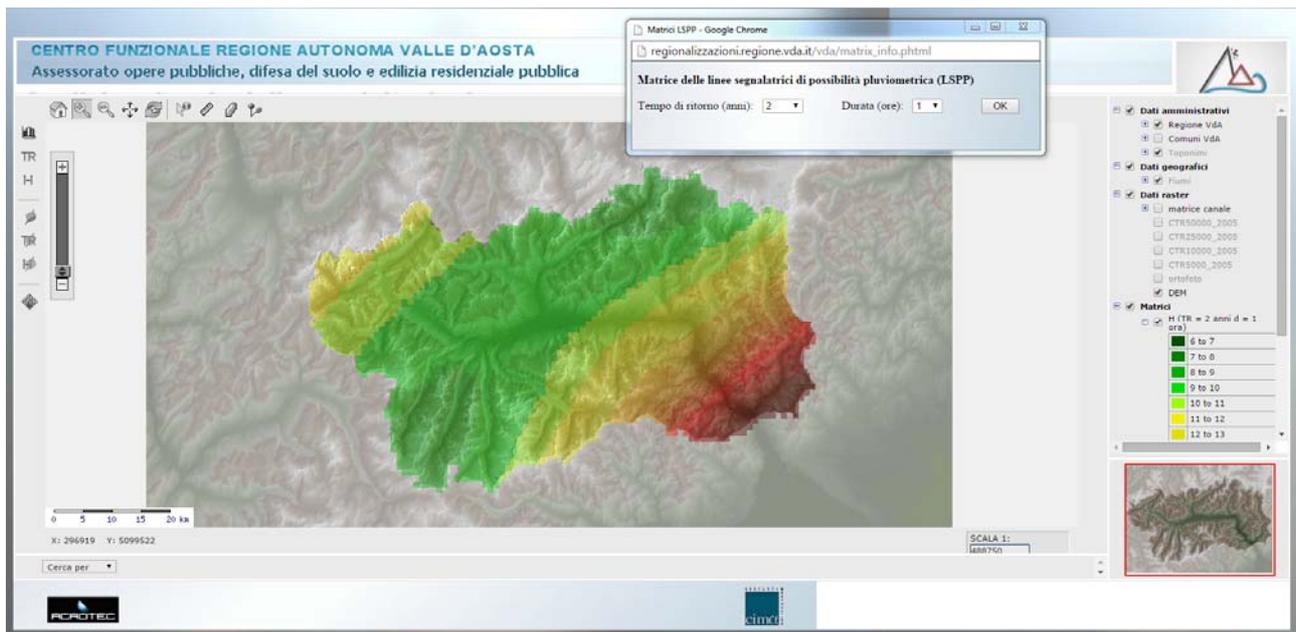


Figura 6-Matrice delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica

3. INDIVIDUAZIONE METODI DI VERIFICA IDROLOGICA

Di seguito si descrivono i tre diversi approcci che si suggerisce di adottare a seconda del bacino oggetto di studio:

- **bacini con area inferiore a 20 km²** : in questi casi è consigliabile utilizzare un metodo che si basi sulla trasformazione afflussi-deflussi e il metodo SCS-CN sembra ben adattarsi ai bacini della nostra Regione. Tale metodo richiede come dati di input: alcuni parametri geometrici del bacino, le precipitazioni associate al tempo di ritorno, le perdite iniziali e il Curve Number (CN). Un'illustrazione più dettagliata del metodo sarà presentata al paragrafo 4.
- **Bacini idrografici con area superiore a 20 km²** : in questi casi lo strumento di riferimento è *l'Analisi regionale delle portate* sviluppata dalla Fondazione CIMA. Al link http://cf.regione.vda.it/regionalizzazione_portate.php è possibile accedere all'interfaccia GIS con cui, indicando la sezione di chiusura del bacino oggetto di studio, si ottiene un report con le caratteristiche geometriche del bacino idrografico generato e le portate associate ai diversi tempi di ritorno (TR2, TR5, TR10, TR20, TR50, TR100, TR200, TR500, TR1000). Il portale sarà descritto dettagliatamente al paragrafo 5.
- **Dora Baltea, con sezioni di chiusura compresi tra Aymavilles e Pont Saint Martin**: lo strumento di riferimento è rappresentato dallo *studio Dora Baltea* commissionato nel 2002 dall'Autorità di Bacino del fiume Po. I risultati dello studio sono disponibili in formato digitale sul geoportale regionale <http://geonavsct.partout.it/pub/geoRelBac/> . Il geoportale sarà descritto dettagliatamente al paragrafo 6.

4. METODO SCS-CN

Il metodo SCS-CN sviluppato dal Soil Conservation Service (SCS) del Dipartimento dell'agricoltura degli Stati Uniti, è uno dei più importanti modelli non deterministici utilizzabile per la stima dei deflussi superficiali. Con tale metodo si determina, attraverso il Curve Number (CN), il deflusso diretto o pioggia efficace (Pe), cioè la frazione della pioggia totale (P) che direttamente e in maniera preponderante contribuisce alla formazione dell'evento di piena. Si riporta di seguito una descrizione più approfondita della metodologia da seguire.

4.1. DATI DI INPUT

Di seguito si riportano i principali dati di input necessari per l'applicazione del metodo.

Dati morfologici del bacino idrografico in esame che possono essere ricavati attraverso applicativi GIS:

- area del bacino: dimensione in km² del bacino idrografico;
- lunghezza asta principale: lunghezza in km dell'asta principale del collettore prolungato fino allo spartiacque;
- quota media del bacino: altezza media del bacino idrografico in metri sul livello del mare;
- quota sezione di chiusura: altezza della sezione di chiusura del bacino idrografico in metri sul livello del mare;
- pendenza media bacino: pendenza media del bacino in percentuale %;

Dati relativi alle precipitazioni estrapolabili dalla *Regionalizzazione delle precipitazioni intense* (Paragrafo 2):

- a: parametro pioggia indice contenuto nel file .txt dell'*Analisi delle LSPP-puntuale* relativo al baricentro del bacino idrografico;
- n: esponente di scala contenuto nel file .txt dell'*Analisi delle LSPP-puntuale* relativo al baricentro del bacino idrografico;
- Kt: fattore di crescita che definisce il periodo di ritorno della curva.

Altri dati:

- curve number (CN): parametro che riassume l'attitudine propria e specifica del bacino a produrre deflusso, si ottiene incrociando le classi di permeabilità del terreno (suolo) con le categorie di uso suolo (soprassuolo). Nei calcoli si utilizza il valore medio sull'intero bacino idrografico (compreso tra 0 e 100);
- perdite iniziali: parametro che rappresenta in millimetri le perdite dovute ad alcuni processi quali l'intercettazione della pioggia da parte delle chiome della vegetazione, l'accumulo nelle locali depressioni del terreno e l'imbibizione iniziale del terreno (variabile tra 0,03 e 0,2);
- tempo di ritorno: tempo medio in cui un valore di intensità assegnata viene uguagliato o superato almeno una volta, generalmente si calcola in anni;
- tempo di pioggia: generalmente viene impostato pari a n volte il tempo di corrivazione;
- passo temporale: intervallo di tempo dt utilizzato per costruire pluviogrammi e idrogrammi.

4.2. DETERMINAZIONE PASSO TEMPORALE

Il passo temporale di integrazione dt, utilizzato per determinare i pluviogrammi e per il calcolo dell'integrale di convoluzione dell'idrogramma di piena, può essere determinato rispettando le seguenti condizioni desunte dalla letteratura di settore:

$$dt \leq T_p/4; \text{ e } dt \leq 0.29 t_p$$

dove T_p è il tempo di picco e t_p è il tempo di ritardo del bacino idrografico.

4.3. DETERMINAZIONE TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO

Il tempo di corrivazione, ovvero il tempo che occorre alla generica goccia di pioggia caduta nel punto idraulicamente più lontano per raggiungere la sezione di chiusura del bacino in esame, può essere calcolato utilizzando la formula empirica di Giandotti di seguito riportata:

$$T_c = \frac{4 \sqrt{A} + 1.5 L}{0.8 \sqrt{H_m}}$$

N.B. unità di misura non omogenee

$$\left\{ \begin{array}{l} T_c : \text{ore} \\ A: \text{area bacino, km}^2 \\ L: \text{lunghezza collettore prolungato allo spartiacque, km} \\ H_m = h_m - h_0 : \text{altezza media del bacino riferita alla sezione di chiusura, m} \end{array} \right.$$

4.4. DETERMINAZIONE TEMPO DI RITARDO DEL BACINO (tp)

Il tempo di ritardo può essere stimato utilizzando la formula empirica di Mokus di seguito riportata, l'unità di misura è ore:

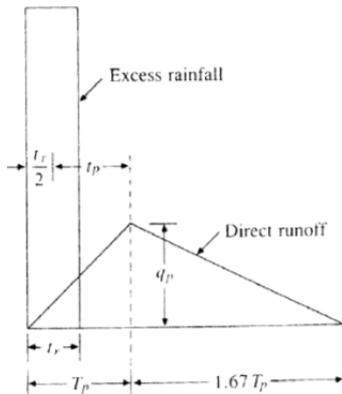
$$t_p = 0.342 \frac{L^{0.8}}{S^{0.5}} \left(\frac{1000}{CN} - 9 \right)^{0.7}$$

L = lunghezza dell'asta principale prolungata fino alla dispiuviale (km)
S = pendenza del bacino in %.

4.5. DETERMINAZIONE TEMPO DI PICCO DEL BACINO (Tp)

Il tempo di picco, ovvero il ramo ascendente dell'idrogramma, può essere calcolato facendo riferimento al tempo di ritardo del bacino (tp) e alla durata della pioggia efficace (tr) secondo la seguente relazione:

$$T_p = \frac{t_r}{2} + t_p$$



4.6. DETERMINAZIONE PRECIPITAZIONI LORDE

Si riporta di seguito la descrizione del metodo a blocchi alterni per la costruzione del pluviogramma:

- calcolo delle **altezze di precipitazione ai diversi istanti temporali** t_m secondo la formula $h=Kt^a*d^n$ a partire dalla curva di possibilità pluviometrica. Per ogni istante temporale t_m (dove $t_m=m*dt$, $m=1,2,3...M$ e dt =passo temporale definito al paragrafo 4.2) deve essere calcolato l'incremento di altezza di precipitazione ($h_1, h_2...h_M$ riportate in figura 7) per l'intero tempo di pioggia (definizione al punto 4.1) .

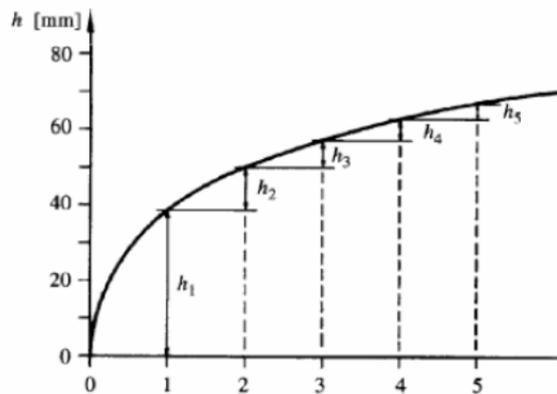


Figura 7- curva di possibilità pluviometrica

- Distribuzione di tali altezze su un pluviogramma mettendo al centro la massima intensità e proseguendo in maniera decrescente, alternativamente a destra e a sinistra del picco di pioggia, le altre intensità come riportato in figura 8.

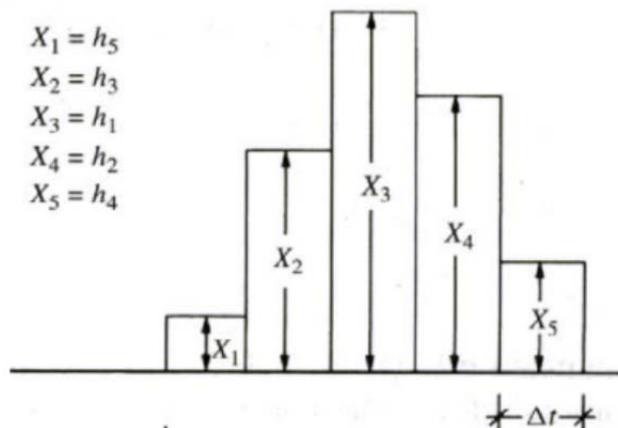


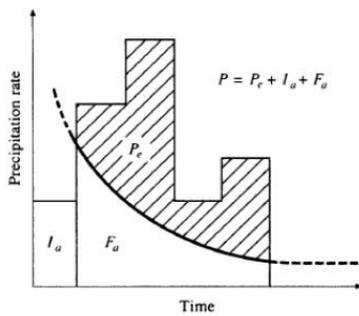
Figura 8- Pluviogramma a blocchi alterni

- Calcolo della pioggia cumulata ($P_{ba_cumulata}$) sommando ad ogni istante m la pioggia degli istanti precedenti.

4.7. DETERMINAZIONE PRECIPITAZIONI EFFICACI (P_e)

La precipitazione efficace è quella che, per un determinato evento di piena, produce il deflusso superficiale, ovvero quello depurato dal deflusso di base preesistente (deflusso diretto).

Lo schema proposto dal Soil Conservation Service è il seguente (figura 9):



I_a : perdite iniziali, mm
 F_a : acqua infiltrata, mm

$P = h$: precipitazione (lorda), mm
 S : contenuto idrico massimo del terreno saturo, mm

<p>Relazione empirica + Continuità</p> $\frac{P_e}{P - I_a} = \frac{F_a}{S}$	$P = P_e + I_a + F_a$
--	-----------------------

Figura 9 - Schema per la definizione della precipitazione efficace

La seguente formula determina le precipitazioni efficaci:

$$P_e = \frac{(P - I_a)^2}{P - I_a + S}$$

dove:

$$S = 25.4 \left(\frac{1000}{CN} - 10 \right)$$

$$I_a = (0.03 \div 0.2) S$$

In sede di progetto è possibile applicare un fattore correttivo che tenga conto delle condizioni idrologiche del suolo antecedenti l'evento di pioggia (AMC) secondo il seguente schema:

Periodo vegetativo	Riposo vegetativo	AMC
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 35 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento minore di 13 mm	I
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento tra 35 e 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento tra 13 e 28 mm	II
Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 53 mm	Altezza di precipitazione caduta nei cinque giorni precedenti l'evento maggiore di 28 mm	III

Il fattore correttivo si applica utilizzando le seguenti formule:

$$AMC(III) \longrightarrow CN(III) = \frac{23 \text{ } CN(II)}{10 + 0.13 \text{ } CN(II)}$$

$$AMC(I) \longrightarrow CN(I) = \frac{4.2 \text{ } CN(II)}{10 - 0.058 \text{ } CN(II)}$$

In sede di progetto è consigliabile utilizzare le condizioni AMC III.

Si precisa che la precipitazione lorda a cui fare riferimento per il calcolo della precipitazione efficace è la $P_{ba_cumulata}$ definita al punto 4.6, per cui si calcolerà per ognuno degli m istanti temporali la $P_{e_cumulata}$ a partire dalla $P_{ba_cumulata}$.

4.8. DEFINIZIONE IDROGRAMMA UNITARIO (IU)

L'idrogramma unitario (IU) racchiude in sé le caratteristiche fisiche del bacino che determinano la formazione delle piene. Ogni bacino può essere rappresentato da uno specifico IU che tiene conto sinteticamente delle sue particolarità. Il punto di partenza del metodo del SCS è l'idrogramma unitario adimensionale di Mockus (IUM) riportato di seguito:

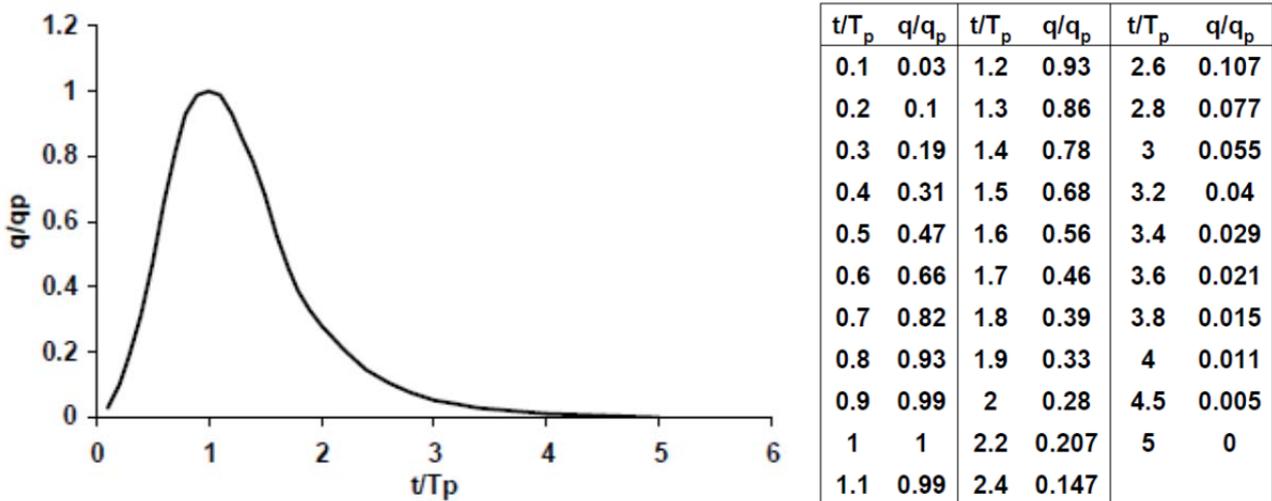


Figura 10 - Idrogramma unitario adimensionale di Mockus (IUM)

Per definire l'idrogramma unitario (IU) a partire dall'idrogramma unitario adimensionale di Mockus (IUM) è necessario seguire i seguenti passi:

- calcolare il tempo di picco T_p in ore (paragrafo 4.5);
- calcolare q_p con la seguente formula:

$$q_p = 2.08 \frac{A}{T_p} \quad \begin{array}{l} A = \text{area del bacino in km}^2 \\ T_p = \text{tempo di picco in ore} \end{array}$$

- calcolare i tempi t : moltiplico la colonna t/T_p della figura 10 per il valore T_p calcolato al punto a) e ottengo una nuova colonna t , così ad ogni valore di t corrisponde una portata adimensionali q/q_p ;

- d) interpolare i dati delle colonne **t** e **q/q_p**: siccome gli istanti temporali t_n con cui si costruisce l'idrogramma (dove $t_n = n \cdot dt$ ($n=1,2,3...N$ e dt =passo temporale definito al paragrafo 4.2) ricadono sempre tra 2 dei tempi t della tabella definita al punto c), è necessario interpolare anche i valori di portata unitaria q/q_p corrispondenti al fine di ottenere il valore di portata unitaria q_n/q_p corrispondente proprio all'istante temporale t_n . L'interpolazione deve proseguire fino a che q_n/q_p tende a 0;
- e) estrapolare dall'interpolazione le coppie di valori **$t_n - q_n/q_p$** ;
- f) calcolare la portata unitaria **q_n** negli istanti t_n : moltiplico, per ognuno dei t_n , il valore q_n/q_p ottenuto al punto e) con q_p calcolato al punto b).

Per maggiore chiarezza vedere esempio 2 (paragrafo 7).

4.9. DEFINIZIONE IDROGRAMMA

Ogni singolo impulso di pioggia costante unitario genera nel bacino idrografico in esame una risposta pari all'idrogramma unitario calcolato al paragrafo 4.8. Un impulso di pioggia non unitario genererà un idrogramma la cui portata sarà determinata con la seguente formula:

$$Q = q \times P_m$$

Il fattore P_m indica il pluviogramma efficace quindi bisognerà estrapolare dalla $P_{e\text{cumulata}}$ definita nel paragrafo 4.7 solo la quota parte efficace (vedi l'esempio 1 riportato al paragrafo 7). L'unità di misura del pluviogramma efficace da utilizzare per il calcolo di Q è centimetri.

L'idrogramma definitivo sfrutta la linearità delle equazioni e somma i vari idrogrammi generati dai singoli impulsi di pioggia per ciascun istante t_n secondo lo schema seguente (figura 11):

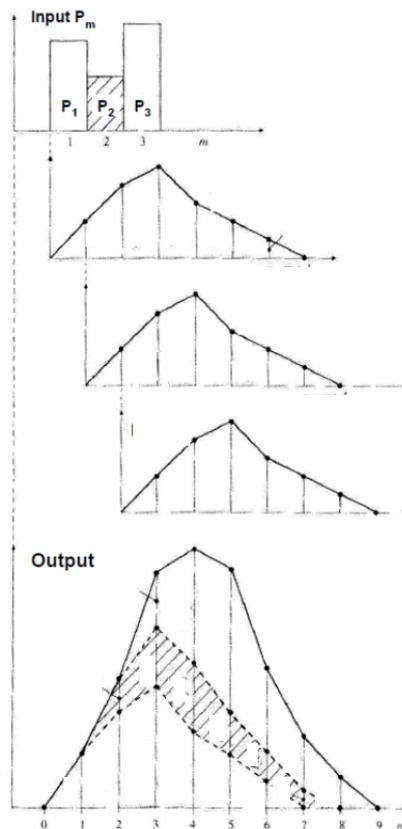


Figura 11 - Schema per la costruzione dell'idrogramma

Supponendo di avere m impulsi di pioggia ($m=1,2,\dots,M$) e n impulsi di deflusso ($n=1,2,\dots,N$ con $q_N=0$) durante un determinato evento è possibile produrre un set di equazioni che definiscono i valori di portata secondo lo schema sotto riportato:

$$Q_1=P_1*q_1$$

$$Q_2=P_2*q_1 + P_1*q_2$$

$$Q_3=P_3*q_1 + P_2*q_2 + P_1*q_3$$

....

$$Q_M=P_M*q_1 + P_{M-1}*q_2 + \dots + P_1*q_M$$

$$Q_{M+1}=0 + P_M*q_2 + \dots + P_2*q_M + P_1*q_{M+1}$$

.....

$$Q_N=0 + 0 + \dots + 0 + 0 + \dots + 0 + P_M*q_{N-M+1} + P_{M-1}*q_{N-M+2} + \dots + P_1*q_N$$

....

$$Q_{N+M-1}= 0 + 0 + \dots + P_M*q_N$$

4.10. DURATA DI PRECIPITAZIONE

La durata di precipitazione che si utilizza nella modellazione deve essere compatibile con il fenomeno atteso e con il tipo di risposta del bacino oggetto di studio. In generale le colate di detrito si innescano con eventi meteorici di breve durata e massima intensità mentre la sola portata liquida critica può essere ben rappresentata con una durata compresa tra 1 e 3 volte il tempo di corrvazione. Inoltre nei bacini molto permeabili, prima di osservare una risposta in termini di deflusso superficiale, il terreno dovrà essere saturo, quindi si potrà ad esempio simulare una precipitazione precedente all'evento vero e proprio.

4.11. CURVE NUMBER (CN)

Per calcolare la precipitazione efficace è necessario valutare correttamente il valore del Curve number (CN); tale parametro è funzione della permeabilità dei suoli e della copertura del soprassuolo.

Per quanto riguarda la permeabilità il metodo SCS classifica i suoli, in funzione della litologia, in quattro gruppi idrologici (A, B, C, D) caratterizzati da infiltrabilità decrescente come riportato nella Tabella 1

<i>Classi di permeabilità</i>	<i>Litologia</i>
GRUPPO A	Tufi incoerenti, pozzolane, ceneri, scorie, lapilli (si presentano in strati e banchi, dune, depositi sabbiosi di origine eolica a ridosso di spiagge).
	Rocce calcaree (calcari dolomitici, calcari marnosi, travertini, calcareniti, breccie calcaree, calcari organogeni) fossilifere, organogene, molto fratturate, gessi salgemma.
	Limi, sabbie, ghiaie, ciottoli, (formano depositi alluvionali di origine fluviale o lacustre, tali materiali formano le pianure alluvionali, i coni di deiezione, i terrazzi fluviali).
	Falde e coni di detrito, macerati, composti da cumuli di frammenti rocciosi, di solito angolosi, talora più o meno cementati (breccie di pendio), si trovano ai piedi dei versanti montuosi ripidi e presentano tracce più o meno evidenti di stratificazione.
GRUPPO B	Morene ed in generale depositi glaciali.
	Coltri eluviali e colluviali - costituite prevalentemente da sabbie e limi con minori quantità di ghiaie, variamente mescolati fra loro.
	Conglomerati, breccie, sabbioni e sabbie cementate (ciottoli, ghiaie, sabbie e limo a vari gradi di cementazione).
	Rocce tipo molto fratturate.
GRUPPO C	Rocce sedimentarie compatte - dolomie, marni, arenarie, tufi cementati, pomici, alternanza di argille e arenarie, di argille e calcari.
	Rocce dolomitiche compatte.
	Rocce calcaree compatte.
	Rocce tipo fratturate.
GRUPPO D	Rocce eruttive (o magmatiche) intrusive - graniti, sieniti dioriti, gabbri.
	Rocce eruttive (o magmatiche) effusive – porfidi, trachiti, lipariti, fonoliti, porfiriti, andesiti, basalti, tefriti, leucititi.
	Rocce argillose - argilloscisti, argille varie, depositi argillosi di origine lacustre, banchi argillosi di origine fluviale intercalati spesso nei sedimenti alluvionali, depositi eluviali (ferretto, terra rossa) e colluviali argillosi che possono coprire sottostanti rocce permeabili rendendo così impermeabile il terreno.
	Rocce metamorfiche - gneiss, micascisti, quarziti, filladi, scisti anfibolici, talcoscisti, e scisti di natura silicea.

Tabella 1 - Gruppi idrologici definiti dal metodo SCS

La copertura del soprassuolo va definita con l'ausilio della Carta dell'uso del suolo, dalla quale saranno estrapolate le differenti coperture presenti con la rispettiva estensione superficiale. Esistono in letteratura diverse tabelle che definiscono il valore di CN relativo ad una determinata coppia copertura-gruppo idrologico. Di seguito si riporta la tabella aggiornata di Cazorzi che ben si adatta alle realtà alpine. Si ricorda che al fine dei calcoli dovrà essere fatta una media pesata, sulle estensioni superficiali, dei diversi CN ottenuti da tale tabella. Si precisa inoltre che la tabella riporta i valori di CN in condizioni AMC II, laddove fosse necessario valutare il CN in altre condizioni è necessario fare riferimento alle formule di conversione del paragrafo 4.7.

FVG e PAT

	A	B	C	D
Fustaia conifere densa	22	25	35	39
Fustaia mista densa	26	29	37	42
Fustaia latifoglie densa	30	34	40	45
Fustaia rada di conifere o mista	36	40	47	52
Fustaia latifoglie rada	45	48	54	59
Ceduo di latifoglie e colture arboree	48	51	57	62
Formazioni arbustive e rimboschimenti	52	55	61	66
Formazioni arbustive rade	60	64	68	73
Prati vallivi e colture	68	70	78	81
Prato d'alta quota e rupi vegetate	70	72	80	83
Piste da sci	74	76	83	85
Improduttivo	75	77	84	86
Area in dissesto - detrito	78	82	88	91
Roccia affiorante e cave	80	87	93	96
Ghiacciai	85	89	92	94
Aree urbane	92	94	96	98
Corsi d'acqua e Laghi	99	99	99	99

Tabella 2 - Valori del CN Cazorzi

5. ANALISI REGIONALE DELLE PORTATE

Lo studio di regionalizzazione delle portate, redatto dalla fondazione CIMA di Savona, fornisce i valori di portata al colmo associati ai diversi tempi di ritorno per tutto il reticolo idrico montano della Regione, per bacini superiori ai 20 km². Tale modello è stato costruito a partire dalla regionalizzazione degli eventi pluviometrici estremi con un approccio indiretto mediante simulazione idrologica in quanto il numero di misure idrometriche non era sufficiente e l'errore da cui generalmente sono affette era troppo alto per utilizzare un diverso approccio.

I risultati di tale studio sono stati caricati su un visualizzatore di tipo GIS disponibile sul portale della Regione autonoma Valle d'Aosta al link http://cf.regione.vda.it/regionalizzazione_portate.php.

Tale strumento permette la selezione dinamica sulla mappa di un punto della matrice canale che sarà utilizzato dall'applicativo come sezione di chiusura del bacino idrografico su cui effettuare le valutazioni idrologiche. Al fine di identificare esattamente il punto corrispondente alla sezione desiderata è necessario visualizzare la matrice canale impostando la mappa ad un livello di zoom adeguato con gli strumenti .

Per avviare l'analisi delle portate a scala di bacino è necessario cliccare l'icona . Attivato tale strumento è possibile cliccare sulla mappa la sezione di chiusura e il bacino sarà automaticamente individuato e evidenziato in rosso sulla carta come in Figura 12. In seguito si apriranno automaticamente una prima finestra che ricorda l'ambito di applicazione di tale analisi (Figura 13) e in seguito una seconda finestra che nella parte alta riporta alcune informazioni generali (Comune di appartenenza, coordinate geografiche, area del bacino) e nella parte bassa propone tre tasti di Download  con cui è possibile scaricare sul proprio computer: i parametri (formato .txt), i risultati (formato .txt) e il bacino (formato .shp) (Figura 14).

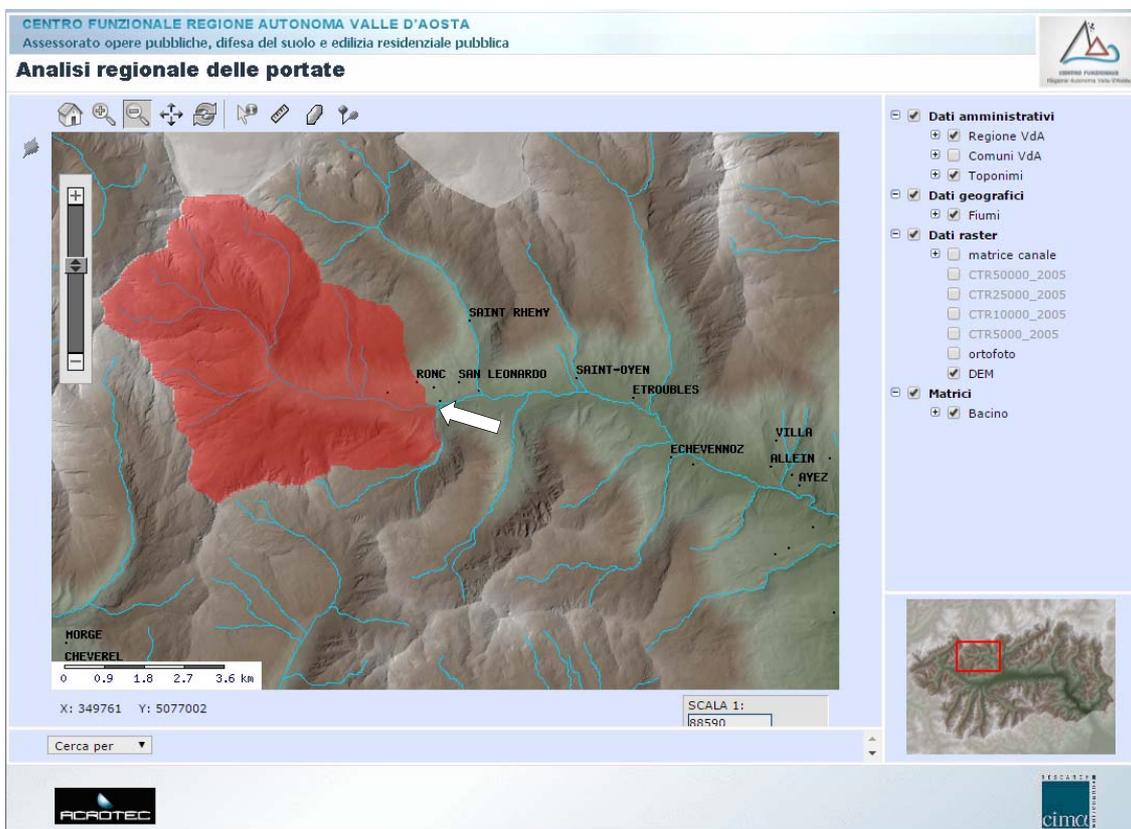


Figura 12 - Visualizzazione della matrice canale ed individuazione del bacino a partire dalla sezione di chiusura cliccata (vedi freccia bianca)

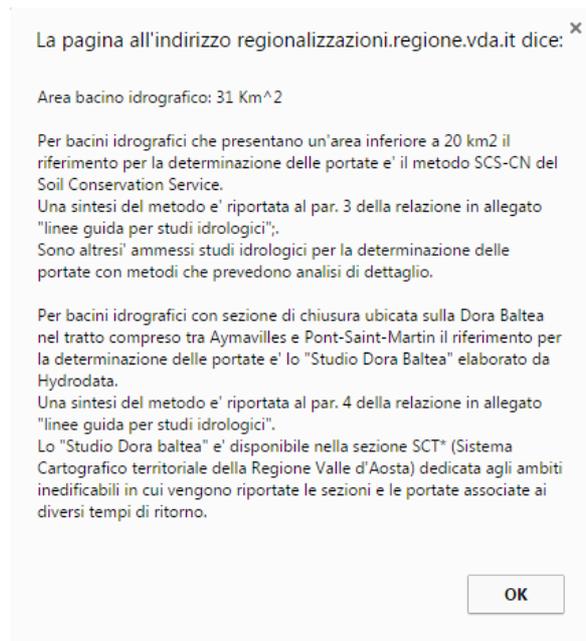


Figura 13 - Messaggio che ricorda l'ambito di applicazione della regionalizzazione delle portate



Figura 14 - Finestra con i risultati delle elaborazioni e i download possibili

6. STUDIO DORA BALTEA

Lo Studio di fattibilità della sistemazione idraulica del fiume Dora Baltea nel tratto da Aymavilles alla confluenza Po, di seguito chiamato Studio Dora Baltea, è stato commissionato dall'Autorità di Bacino del fiume Po e redatto da Hydrodata nel 2002 mediante la modellazione matematica dei fenomeni idrodinamici a partire dalla caratterizzazione geometrica e fisiografica del sistema fluvio-golenale.

L'analisi idrologica e quella idraulica sono state svolte sul fiume Dora Baltea nel tratto da Aymavilles alla confluenza con il fiume Po e hanno la finalità di supportare le seguenti fasi di studio:

- individuazione della portata di piena di riferimento associata ai principali tempi di ritorno (TR2, TR20, TR200, TR500) per ciascuna sezione del tratto in esame;
- delimitazione delle aree allagabili per diversi tempi di ritorno;
- valutazione dei franchi e del grado di sicurezza dell'attuale sistema di difesa dalle piene.

Per quanto riguarda il tratto ricadente nella nostra Regione sul geoportale regionale al seguente link <http://geonavsct.partout.it/pub/geoRelBac/> è possibile reperire tutte le informazioni necessarie per fare valutazioni di tipo idraulico.

In particolare sono a disposizione le seguenti informazioni:

- sezioni (in rosso Figura 15): agli estremi delle sezioni è possibile cliccare sulle monografie relative ai capisaldi, cliccando invece sulla sezione stessa si apre la scheda relativa alla sezione con tutte le informazioni relative alle quote (Figura 16), dalla scheda della sezione è possibile anche accedere al Documento riepilogativo complessivo delle Simulazioni idrodinamiche.



Figura 15 - Studio Dora Baltea disponibile sul geoportale regionale

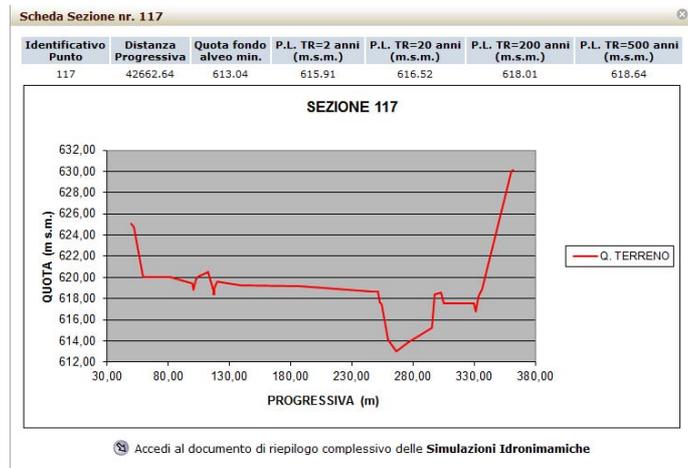


Figura 16 - Scheda relativa ad ogni sezione

- Manufatti: i manufatti sono indicati con un simbolo arancione 🌻, cliccando si apre la scheda relativa alla sezione in corrispondenza del manufatto. Nel modello sono stati inseriti tutti i ponti, gli attraversamenti e le traverse che interessano il tratto della Dora Baltea in esame e che presentano caratteristiche di marcata interferenza con il libero deflusso delle portate di piena. I ponti sono stati rappresentati nell'ambito del modello con strutture tipo "culvert", di forma geometrica variabile secondo una relazione quota-larghezza che tiene conto della luce di deflusso al netto delle pile (Figura 17). La schematizzazione delle traverse non è riportata nella parte grafica del geoportale ma è tabulata nel Documento riepilogativo complessivo delle Simulazioni idrodinamiche dove sono riportate due sezioni: una a monte (denominata xxxTm) ed una a valle (denominata xxxTv) del manufatto, in genere con una quota di fondo inferiore rispetto alla quota della soglia della struttura.

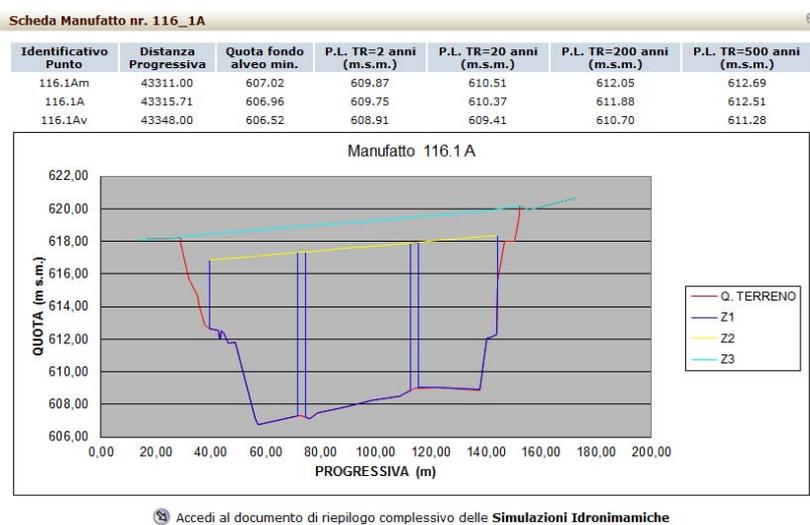


Figura 17 - Scheda relativa ad un manufatto

- Salti di fondo: in corrispondenza di un salto di fondo sono state duplicate a monte e valle le sezioni considerando l'effettivo salto altimetrico, tali sezioni presentano gli indici m e v a seconda della posizione a monte o a valle del salto (Figura 18).

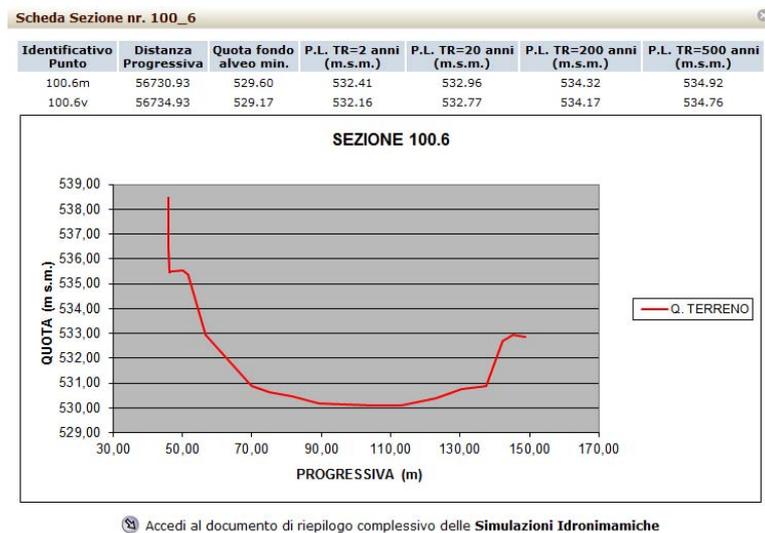


Figura 18 - Scheda relativa ad un salto di fondo

- Fasce di deflusso: fascia A (fascia di deflusso della piena), fascia B (fascia di inondazione con tempo di ritorno 200 anni), fascia C (fascia di inondazione per piena catastrofica con tempo di ritorno 500 anni), B di progetto (limite di progetto tra fascia B e fascia C ovvero il nuovo limite delle aree allagate con tempo di ritorno 200 anni in seguito alla realizzazione di opere di protezione).
- Aree allagate: aree allagate tr 200 anni (area allagata con tempo di ritorno 200 anni, il vincolo corrisponde a fascia B/lc-B), aree allagate tr 200 anni esterna (area che in assenza di opere è allagata con tempo di ritorno 200 anni a tergo della fascia B di progetto).

7. ESEMPI

Esempio 1: Calcolo del pluviogramma efficace (P_m) da utilizzare al punto 4.9

Evento pluviometrico di durata 0,3906 ore (pari a 1 volta il tempo di corrvazione punto 4.10), discretizzazione temporale pari a 0,0558 ore (dt punto 4.2) quindi un numero di istanti temporali m pari a 7. Fattore di crescita, area bacino, Ar_f , parametri di pioggia (a, n), CN e S noti (riportati in tabella).

- Calcolo l'altezza di precipitazione cumulata P per ognuno degli istanti temporali (da 1 a m) utilizzando la formula del punto 4.6; i valori da inserire nella formula sono uguali per tutti gli istanti ad eccezione della variabile durata della pioggia d .
- Calcolo dell'altezza di precipitazione relativa p per ognuno degli istanti temporali m sottraendo la pioggia precedente a quella dell'istante successivo (Esempio: $p_2 = P_2 - P_1$).
- Costruisco il pluviogramma a blocchi alterni (P_{ba}): distribuisco i valori della precipitazione relativa p dei diversi istanti temporali secondo il principio descritto nel punto 4.6.
- Calcolo la pioggia cumulata ($P_{ba_{cumulata}}$) per ognuno degli istanti temporali sommando alla pioggia dell'istante m del pluviogramma a blocchi alterni quella dell'istante $m-1$.

- e) Calcolo la pioggia efficace cumulata ($Pe_{cumulata}$) per ognuno degli istanti temporali applicando la formula riportata nel punto 4.7; quando la pioggia cumulata del punto d) è inferiore alle perdite iniziali, la pioggia efficace è pari a 0.
- f) Calcolo il pluviogramma efficace (Pm) per ognuno degli istanti temporali sottraendo la pioggia efficace cumulata precedente (definita al punto e)) a quella dell'istante successivo (Esempio: $Pe_5 = Pe_{cumulata\ 5} - Pe_{cumulata\ 4}$).

Sigla	Parametro	u.m.	Step temporali m						
			1	2	3	4	5	6	7
d	durata della pioggia	h	0,056	0,112	0,167	0,223	0,279	0,335	0,391
dt	discretizzazione temporale	h	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056	0,056
Kt	fattore di crescita		2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70	2,70
A	area del bacino	kmq	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51	1,51
A/d		kmq/h	27,06	13,53	9,02	6,77	5,41	4,51	3,87
Arf	area reduction factor		1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000
a	parametro pioggia indice	mm	15,899	15,899	15,899	15,899	15,899	15,899	15,899
n	parametro di forma		0,523	0,523	0,523	0,523	0,523	0,523	0,523
P	altezza di precipitazione cumulata	mm	9,47	13,61	16,83	19,57	22,00	24,20	26,24
p	altezza di precipitazione relativa	mm	9,47	4,14	3,22	2,74	2,43	2,20	2,04
Pba	pluviogramma a blocchi alterni	mm	2,04	2,43	3,22	9,47	4,14	2,74	2,20
Pba_{cumulata}	pioggia cumulata	mm	2,04	4,46	7,68	17,15	21,29	24,03	26,24
CN II	curve number AMC II		63,75	63,75	63,75	63,75	63,75	63,75	63,75
CN III	curve number AMC III		80,18	80,18	80,18	80,18	80,18	80,18	80,18
S	contenuto idrico massimo del terreno saturo	mm	62,80	62,80	62,80	62,80	62,80	62,80	62,80
la	perdite iniziali (0.03-0.2S, su bacini alpini 0.1S)	mm	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28	6,28
Pe_{cumulata}	pioggia efficace cumulata	mm	0,00	0,00	0,03	1,60	2,90	3,91	4,81
Pm	pluviogramma efficace	mm	0,000	0,000	0,031	1,573	1,293	1,015	0,900

Esempio 2: Calcolo delle portate unitarie q a partire dall'idrogramma unitario adimensionale di Mockus

Considerato lo stesso evento pluviometrico (0,3906 ore) e la stessa discretizzazione temporale (0,0558 ore) dell'esempio 1 e calcolati con le formule riportate nei paragrafi 4.3, 4.4 e 4.5 il tempo di corrivazione, il tempo di ritardo e il tempo di picco si devono eseguire i seguenti passaggi:

A		B	C
Idrogramma adimensionale di Mockus			Moltiplico la colonna A (t/T_p) per il tempo di ritardo T_p (0,29 ore) precedentement e calcolato
t/T_p	Q/Q _p	t	
0	0	0,000	
0,1	0,03	0,029	
0,2	0,1	0,057	
0,3	0,19	0,086	
0,4	0,31	0,114	
0,5	0,47	0,143	
0,6	0,66	0,171	
0,7	0,82	0,200	
0,8	0,93	0,229	
0,9	0,99	0,257	
1	1	0,286	
1,1	0,99	0,314	
1,2	0,93	0,343	
1,3	0,86	0,371	
1,4	0,78	0,400	
1,5	0,68	0,429	
1,6	0,56	0,457	
1,7	0,46	0,486	
1,8	0,39	0,514	
1,9	0,33	0,543	
2	0,28	0,572	
2,2	0,207	0,629	
2,4	0,147	0,686	
2,6	0,107	0,743	
2,8	0,077	0,800	
3	0,055	0,857	
3,2	0,04	0,914	
3,4	0,029	0,972	
3,6	0,021	1,029	
3,8	0,015	1,086	
4	0,011	1,143	
4,5	0,005	1,286	
5	0	1,429	

D	E	F
Istanti temporali definiti al paragrafo 4.8 punto d) con N=26	Valore ottenuto interpolando (si può approssimare con una retta che passa per due punti) i valori della colonna B. Ad esempio per $t_n=0,05579$ interpolo $Q/Q_p = 0,03$ (corrispondente a $t=0,029$) e $Q/Q_p=0,1$ (corrispondente a $t=0,057$)	Moltiplico la colonna E (q_n/q_p) per la portata di picco q_p (10,83)
t_n	q_n/q_p	q_n
0	0	0
0,055796796	0,096684475	1,047092859
0,111593591	0,298632484	3,234189802
0,167390387	0,63300215	6,85541328
0,223187182	0,909159554	9,84619797
0,278983978	0,997631768	10,80435204
0,334780773	0,947051274	10,2565653
0,390577569	0,806524204	8,734657129
0,446374364	0,605470064	6,557240792
0,50217116	0,419839729	4,54686427
0,557967955	0,303682325	3,288879579
0,613764751	0,226016907	2,447763102
0,669561546	0,164051274	1,776675297
0,725358342	0,119314809	1,292179381
0,781155137	0,086946576	0,941631423
0,836951933	0,062815167	0,680288261
0,892748728	0,045683758	0,494755099
0,948545524	0,033428595	0,362031681
1,004342319	0,024410255	0,264363059
1,060139115	0,017699785	0,191688672
1,11593591	0,012894586	0,139648366
1,171732706	0,009793589	0,106064571
1,227529501	0,007450427	0,080688122
1,283326297	0,005107264	0,055311673
1,339123092	0,003136752	0,03397102
1,394919888	0,001184116	0,012823979
1,450716683	0	0

8. GLOSSARIO

a	parametro pioggia indice
CN	Curve number in condizioni idrologiche del suolo antecedenti l'evento di pioggia medie (AMC II)
d	Durata
H	Altezza di precipitazione
Ic-B	Vincolo per inondazione di cautela con disciplina d'uso pari alla fascia B
IU	Idrogramma unitario
IUM	Idrogramma unitario di Mockus
kt	Fattore di crescita
LSPP	Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica
n	Esponente di scala
P	Pioggia totale
Pe	Pioggia efficace
SCS	Soil Conservation Service
s	Pendenza del bacino
S	Contenuto idrico massimo del terreno saturo
Tp	Tempo di picco
tp	Tempo di ritardo
TR	Tempo di ritorno
tr	Durata pioggia efficace

9. Sommario

1. INTRODUZIONE.....	1
2. REGIONALIZZAZIONE DELLE PRECIPITAZIONI	1
3. INDIVIDUAZIONE METODI DI VERIFICA IDROLOGICA.....	5
4. METODO SCS-CN	6
4.1. DATI DI INPUT	6
4.2. DETERMINAZIONE PASSO TEMPORALE.....	6
4.3. DETERMINAZIONE TEMPO DI CORRIVAZIONE DEL BACINO	7
4.4. DETERMINAZIONE TEMPO DI RITARDO DEL BACINO (tp)	7
4.5. DETERMINAZIONE TEMPO DI PICCO DEL BACINO (Tp)	7
4.6. DETERMINAZIONE PRECIPITAZIONI LORDE	8
4.7. DETERMINAZIONE PRECIPITAZIONI EFFICACI (Pe)	8
4.8. DEFINIZIONE IDROGRAMMA UNITARIO (IU)	10
4.9. DEFINIZIONE IDROGRAMMA	11
4.10. DURATA DI PRECIPITAZIONE	12
4.11. CURVE NUMBER (CN)	12
5. ANALISI REGIONALE DELLE PORTATE	15
6. STUDIO DORA BALTEA	17
7. ESEMPI.....	19
8. GLOSSARIO	22

10. Elenco delle figure

<i>Figura 1 - Definizione del punto di analisi</i>	2
<i>Figura 2-Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica-analisi puntuale</i>	2
<i>Figura 3– Stima del tempo di ritorno e/o dell'altezza di precipitazione in un determinato punto per una determinata durata</i>	3
<i>Figura 4– Matrice canale in azzurro</i>	3
<i>Figura 5 – Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica-scala di bacino</i>	4
<i>Figura 6-Matrice delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica</i>	5
<i>Figura 7- curva di possibilità pluviometrica</i>	8
<i>Figura 8- Pluviogramma a blocchi alterni</i>	8
<i>Figura 9 - Schema per la definizione della precipitazione efficace</i>	9
<i>Figura 10 - Idrogramma unitario adimensionale di Mockus (IUM).....</i>	10
<i>Figura 11 - Schema per la costruzione dell'idrogramma</i>	11
<i>Figura 12 - Visualizzazione della matrice canale ed individuazione del bacino a partire dalla sezione di chiusura cliccata (vedi freccia bianca).....</i>	15
<i>Figura 13 - Messaggio che ricorda l'ambito di applicazione della regionalizzazione delle portate</i>	16

<i>Figura 14 - Finestra con i risultati delle elaborazioni e i download possibili</i>	16
<i>Figura 15 - Studio Dora Baltea disponibile sul geoportale regionale</i>	17
<i>Figura 16 - Scheda relativa ad ogni sezione</i>	18
<i>Figura 17 - Scheda relativa ad un manufatto</i>	18
<i>Figura 18 - Scheda relativa ad un salto di fondo</i>	19

11. Elenco delle tabelle

<i>Tabella 1 - Gruppi idrologici definiti dal metodo SCS</i>	13
<i>Tabella 2 - Valori del CN Cazorzi</i>	14