



Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

**IL NUOVO
PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO DI ALLUVIONI
DEL DISTRETTO DELLE ALPI ORIENTALI**

**VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA
ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA**

ing. Michele Ferri

VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA

ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA

- La Verifica di compatibilità idraulica è una verifica di coerenza degli interventi e delle trasformazioni urbanistiche o edilizie con le previsioni del piano
- Lo scopo principale della Verifica di Compatibilità Idraulica è dimostrare che gli interventi e le trasformazioni urbanistiche o edilizie siano in sicurezza e rispettino le prescrizioni di cui all'art. 7 comma 3 delle Norme di attuazione; questo articolo definisce, infatti, il quadro generale di coerenza di tutti gli interventi e le trasformazioni urbanistiche

(il comma 4 dell'art. 7 specifica invece i casi in cui tale verifica è richiesta)

Verifica di compatibilità idraulica

NTA - Disposizioni comuni (All. V - ART.7)

Comma 3

Tutti gli interventi e le trasformazioni di natura urbanistica ed edilizia devono essere tali da:

- a. migliorare o mantenere le condizioni esistenti di funzionalità idraulica, agevolare e comunque non impedire il normale deflusso delle acque;*
- b. non aumentare le condizioni di pericolo dell'area interessata, nonché a valle o a monte della stessa;***
- c. non ridurre complessivamente i volumi invasabili delle aree interessate tenendo conto dei principi dell'invarianza idraulica e favorire, laddove possibile, la creazione di nuove aree di libera esondazione;***
- d. non pregiudicare la realizzazione o il completamento degli interventi di cui all'Allegato III del Piano*

VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA

ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA

La verifica richiesta ai sensi delle NTA del PGRA è DIVERSA da quanto predisposto in:



REGIONE DEL VENETO
giunta regionale – 8^a legislatura

ALLEGATO A alla Dgr n. 2948 del 06 ottobre 2009

**Valutazione di compatibilità idraulica
per la redazione degli strumenti urbanistici**

Medesime
finalità

REGIONE AUTONOMA FRIULI VENZIA GIULIA

Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'articolo 14, comma 1, lettera k) della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque)

Ambito geografico di applicazione

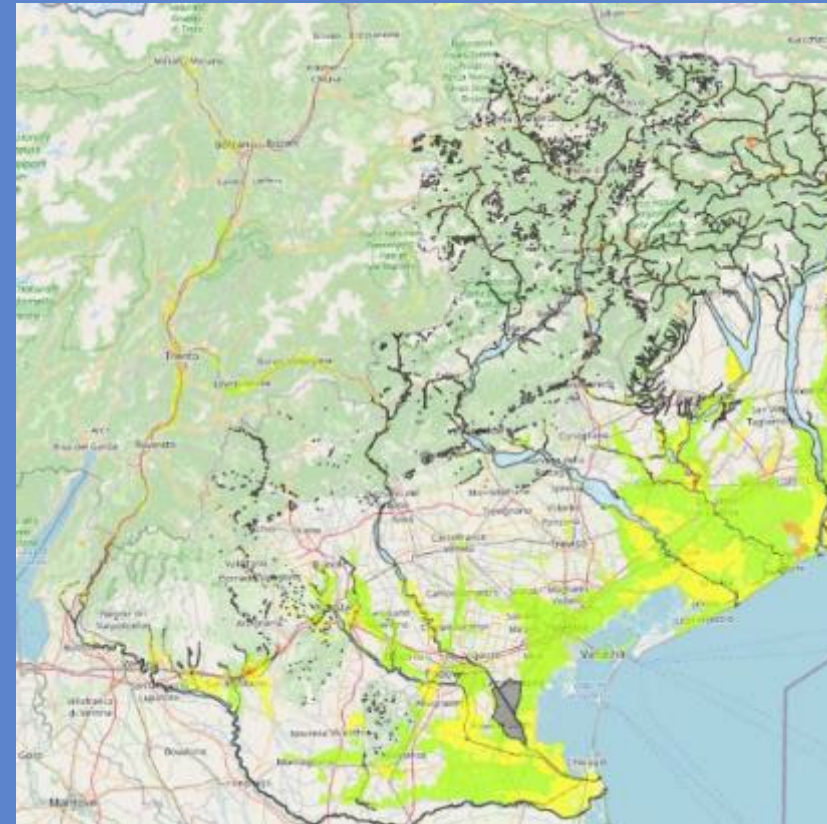
 **REGIONE DEL VENETO**
giunta regionale – 8^a legislatura

ALLEGATO A alla Dgr n. 2948 del 06 ottobre 2009

**Valutazione di compatibilità idraulica
per la redazione degli strumenti urbanistici**



VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA



ZONE DI
ATTENZIONE, AREE
FLUVIALI,
AREE P3-P2-P1
(nei casi previsti
dalle NTA)

Scopo



- deve verificare l'ammissibilità dell'intervento, considerando le interferenze tra i dissesti idraulici presenti e le destinazioni o trasformazioni d'uso del suolo
- deve evidenziare che l'impermeabilizzazione delle superfici e la loro regolarizzazione contribuisce all'incremento del coefficiente di deflusso ed al conseguente aumento del coefficiente udometrico delle aree trasformate. Pertanto ogni progetto di trasformazione dell'uso del suolo che provochi una variazione di permeabilità superficiale deve prevedere misure compensative volte a mantenere **costante il coefficiente udometrico** secondo il principio dell'"**invarianza idraulica**"

VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA

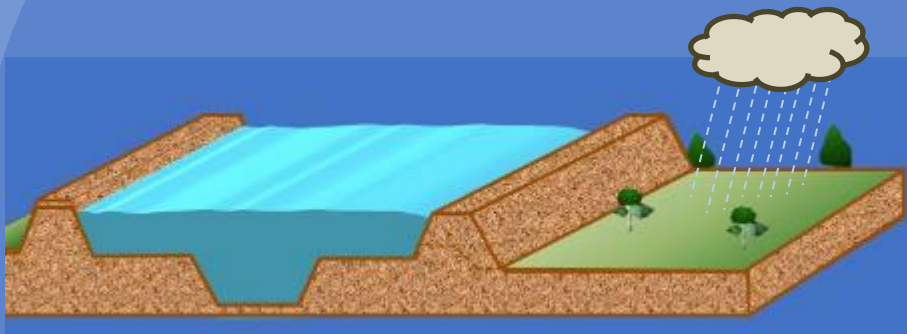
- deve verificare che l'intervento proposto sia in condizioni di sicurezza (rispetto ad un evento di piena con TR 100 anni)
- deve verificare che l'intervento non generi incremento di pericolosità dell'area interessata nonché a valle o a monte della stessa per un evento di piena caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 100 anni

Metodo di analisi

 REGIONE DEL VENETO
giunta regionale - 8ª legislatura

ALLEGATO A alla Dgr n. 2948 del 06 ottobre 2009

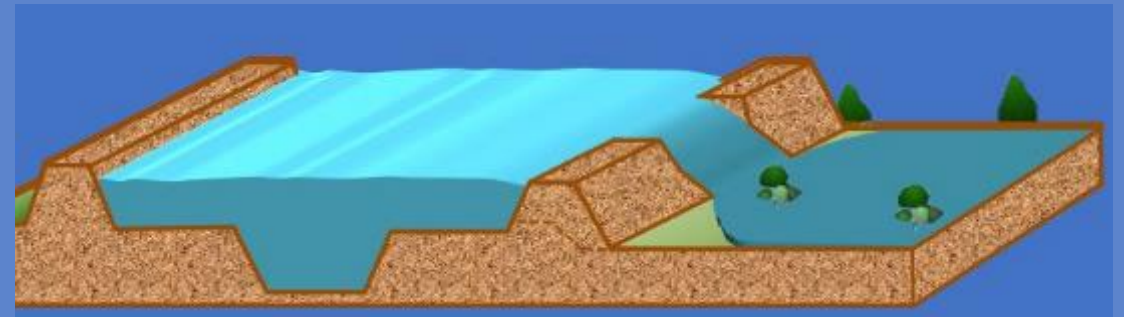
**Valutazione di compatibilità idraulica
per la redazione degli strumenti urbanistici**



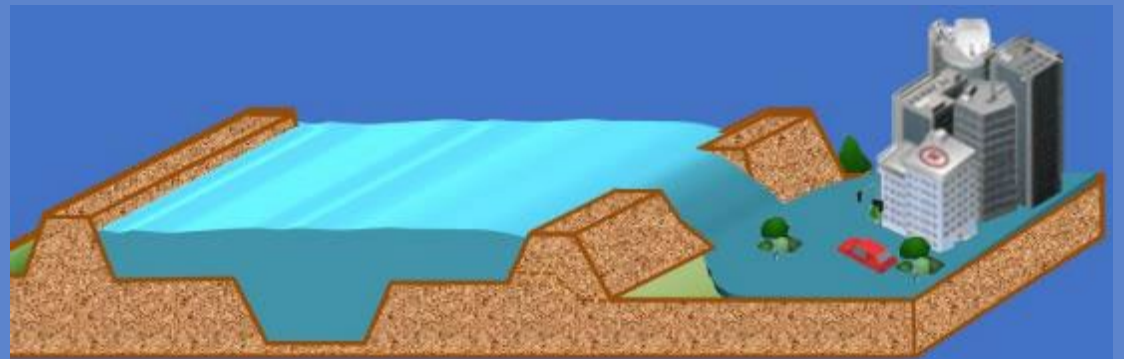
analisi delle trasformazioni delle superfici
delle aree interessate in termini di
impermeabilizzazione



VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA



analisi delle trasformazioni delle superfici delle
aree interessate in termini di **ingombro nel campo
di moto**

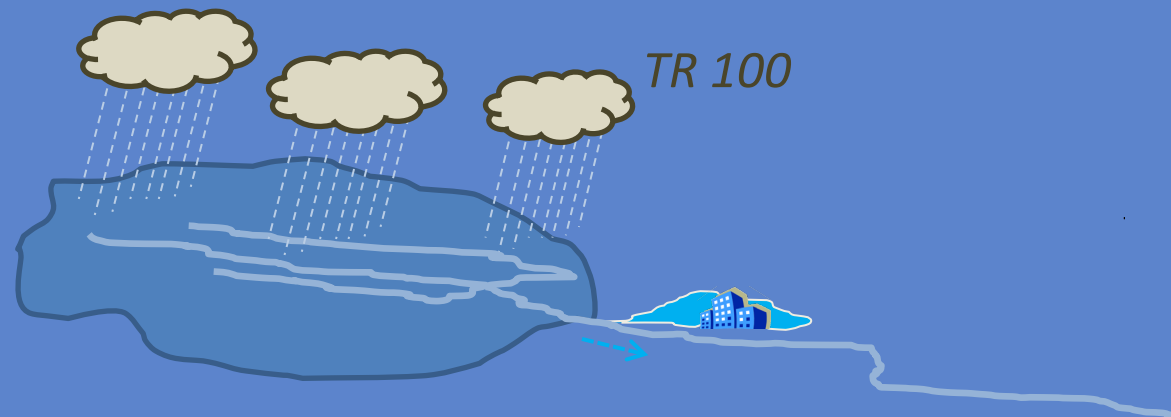


Metodo di analisi



in relazione alle caratteristiche della rete idraulica naturale o artificiale che deve accogliere le acque derivanti dagli afflussi meteorici, devono essere definiti i contributi specifici delle singole aree oggetto di trasformazione dell'uso del suolo confrontati con quelli della situazione antecedente

VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA



Individuata l'area di intervento il tecnico deve verificare che esso sia in sicurezza rispetto agli allagamenti di origine fluviale generati da un evento meteorico di tempo di ritorno di 100 anni valutato alla scala del bacino imbrifero sotteso dalla sezione di chiusura di interesse e deve verificare/confrontare i livelli di allagamento generati nell'area oggetto di intervento con quelli della situazione antecedente

Procedura



valutare i volumi di invaso necessari a garantire l'invarianza idraulica tramite la **costanza del coefficiente udometrico al variare del coefficiente di afflusso (impermeabilizzazione)**

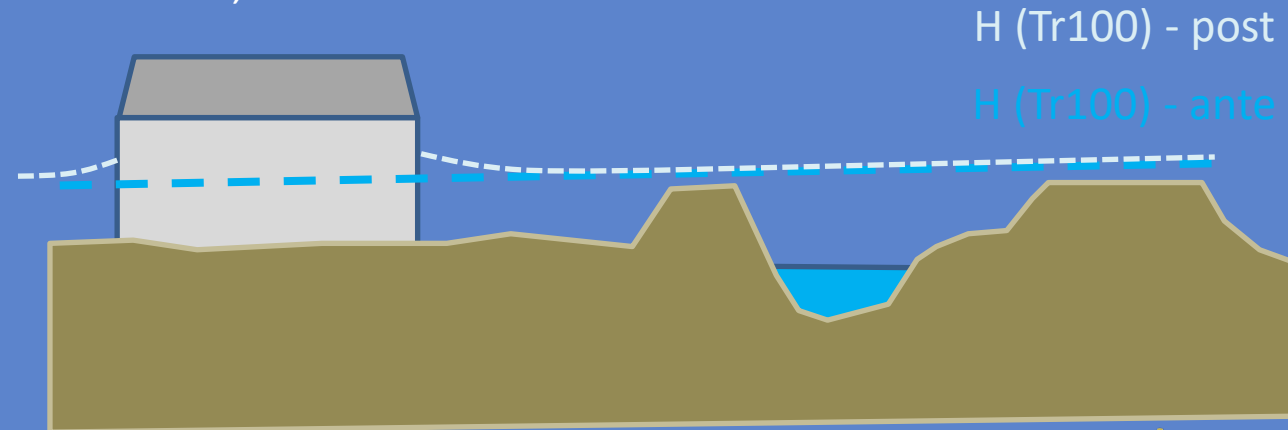
Si tratta dunque di individuare il volume specifico che porta ad avere un coefficiente udometrico pari al valore imposto in uscita, noti:

- i parametri della curva di possibilità pluviometrica scelta (dipendenti dal luogo in cui ci si trova);
- il coefficiente di afflusso φ dipendente dalle caratteristiche dell'area oggetto di intervento

VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA

verificare che l'intervento non generi incremento di pericolosità nell'area interessata nonché a valle o a monte della stessa, in termini di incremento di altezze idriche, velocità (o spessore del deposito di sedimenti nel caso di colate detritiche)

Modellazione idraulica bidimensionale a fondo fisso o mobile, a seconda del fenomeno alluvionale



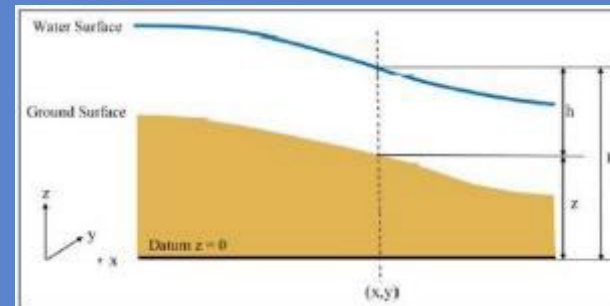
Procedura



- Tempo di ritorno = **50 anni**
- Coefficienti di deflusso prestabiliti:
 - 0,1 per le aree agricole*
 - 0,2 per le superfici permeabili (aree verdi)*
 - 0,6 per le superfici semi-permeabili*
 - 0,9 per le superfici impermeabili*
- Metodi per il calcolo delle portate di piena di tipo concettuale ovvero modelli matematici

VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA

- Tempo di ritorno = **100 anni**
- **Modello idraulico bidimensionale**
(schematizzazione dominio di calcolo, condizioni al contorno, parametri ed eventuali semplificazioni adeguate a rappresentare gli effetti indotti dall'intervento)



$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + v_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + f v$$
$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} + v_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v - f u$$

- Metodi di calcolo **differenziati a seconda del tipo di fenomeno alluvionale** caratteristico nell'area di intervento

Procedura



- Classi di intervento

| Classe di Intervento | Definizione |
|---|---|
| Trascurabile impermeabilizzazione potenziale | intervento su superfici di estensione inferiore a 0.1 ha |
| Modesta impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici comprese fra 0.1 e 1 ha |
| Significativa impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici comprese fra 1 e 10 ha; interventi su superfici di estensione oltre 10 ha con $Imp < 0,3$ |
| Marcata impermeabilizzazione potenziale | Intervento su superfici superiori a 10 ha con $Imp > 0,3$ |

“è sufficiente adottare buoni criteri costruttivi per ridurre le superfici impermeabili, quali le superfici dei parcheggi”

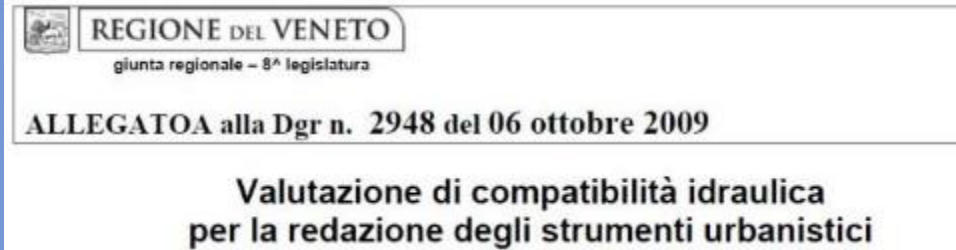
“oltre al dimensionamento dei volumi compensativi cui affidare funzioni di laminazione delle piene è opportuno che luci di scarico non eccedano le dimensioni di un tubo di diametro 200 mm e che i tiranti idrici ammessi nell'invaso non eccedano il metro”

“andranno dimensionati i tiranti idrici ammessi nell'invaso e le luci di scarico in modo da garantire la conservazione della portata massima dall'area in trasformazione ai valori precedenti l'impermeabilizzazione”

“è richiesta la presentazione di uno studio di dettaglio molto approfondito”

soglie dimensionali in base alle quali si applicano considerazioni differenziate in relazione all'effetto atteso dell'intervento

Principali contenuti dello studio



descrizione della variante oggetto di studio

- individuazione e descrizione degli interventi urbanistici

descrizione delle caratteristiche dei luoghi

- caratteristiche idrografiche ed idrologiche
- caratteristiche delle reti fognarie
- descrizione della rete idraulica ricettrice
- individuazione della permeabilità dei terreni

valutazione delle caratteristiche sopra descritte in riferimento ai contenuti della variante

- *analisi delle trasformazioni delle superfici delle aree interessate in termini di impermeabilizzazione*
- valutazione della criticità idraulica del territorio

proposta di misure compensative e/o di mitigazione del rischio

- valutazione ed indicazione degli interventi compensativi

VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA

descrizione dell'intervento oggetto di studio

relazione idrologica (rif. Allegato I PGRA)

- Metodo di generazione delle piogge di progetto)
- Descrizione modello idrologico adottato e taratura
- Metodo di elaborazione e scelta degli idrogrammi di progetto

relazione idraulica (rif. Allegato I PGRA)

- Descrizione attività modellistiche effettuate, comprensiva di condizioni al contorno e parametri idraulici/geometrici utilizzati e taratura del modello

valutazione delle eventuali modifiche indotte

dall'intervento o dalla trasformazione urbanistica o edilizia

- analisi degli effetti indotti dall'intervento valutati *in termini di ingombro* nel campo di moto, comprensiva di mappatura delle differenze in termini di livello, velocità, deposito sedimenti, (a seconda del tipo di fenomeno) tra stato di fatto e stato di progetto

VERIFICA di COMPATIBILITÀ IDRAULICA

ai sensi delle Norme tecniche di attuazione del PGRA

Ambiti di applicazione – verifiche di compatibilità idraulica

- in zone di attenzione: interventi previsti nei piani di assetto e uso del territorio vigenti alla data di adozione del Piano (art.9)
- in aree P3-P2-P1: nei casi previsti dalle NTA (art.12, 13,14)
- in aree fluviali: interventi che interferiscono con la morfologia in atto o prevedibile del corpo idrico (art. 10, 11)
- in aree fluviali: interventi di asportazione di materiale litoide per la regimazione e la manutenzione idraulica $\geq 20.000 \text{ m}^3$ (art. 10)

verifiche di compatibilità idraulica
**elaborate sulla base dell'All. A punto 2
alle NTA**

verifiche di compatibilità idraulica
elaborate sulla base dell'All. A 3.1

verifiche di compatibilità idraulica
elaborate sulla base dell'All. A 3.2

Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA

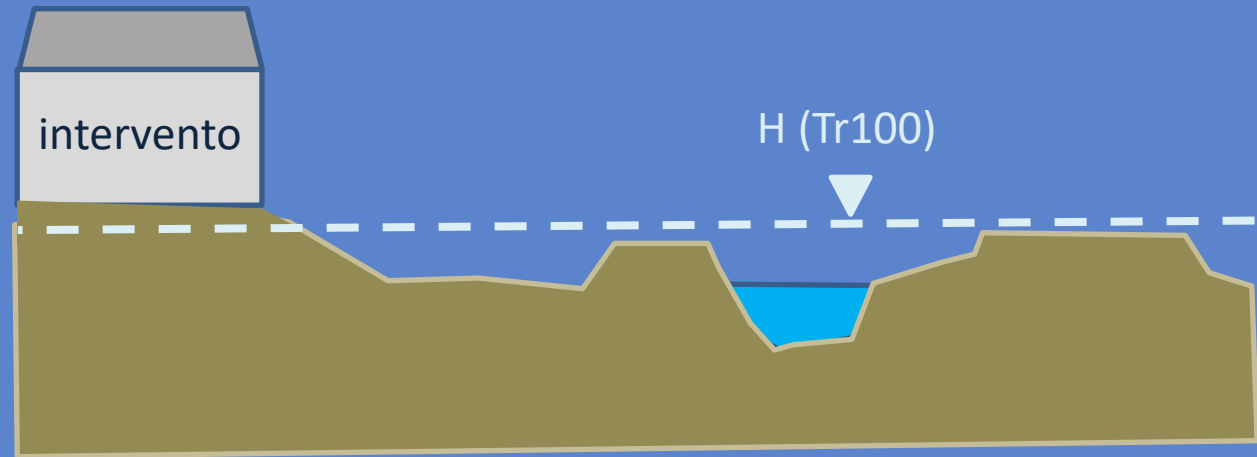
METODO DI ANALISI

La caratterizzazione delle condizioni idrauliche nello stato di fatto e nello stato di progetto deve essere effettuata applicando le metodologie correlate alla tipologia di fenomeno di cui al punto 1.1 (alluvione di pianura, alluvione costiera, colata detritica, alluvione torrentizia), **per verificare che l'intervento proposto sia in condizioni di sicurezza e non generi incremento di pericolosità dell'area interessata nonché a valle o a monte della stessa per un evento di piena caratterizzato da un tempo di ritorno pari a 100 anni.**

In alternativa tali analisi possono essere condotte implementando un modello idraulico bidimensionale ad area limitata di adeguata estensione (almeno 2 km a monte e a valle dell'area interessata) **correlato alla tipologia di fenomeno** (alluvione di pianura, alluvione costiera, colata detritica, alluvione torrentizia). Il modello nella configurazione esistente del territorio - stato di fatto - dovrà essere calibrato utilizzando come riferimento i risultati delle analisi prodotte dall'Autorità di bacino dalle quali consegue l'attuale mappatura del pericolo.

Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA

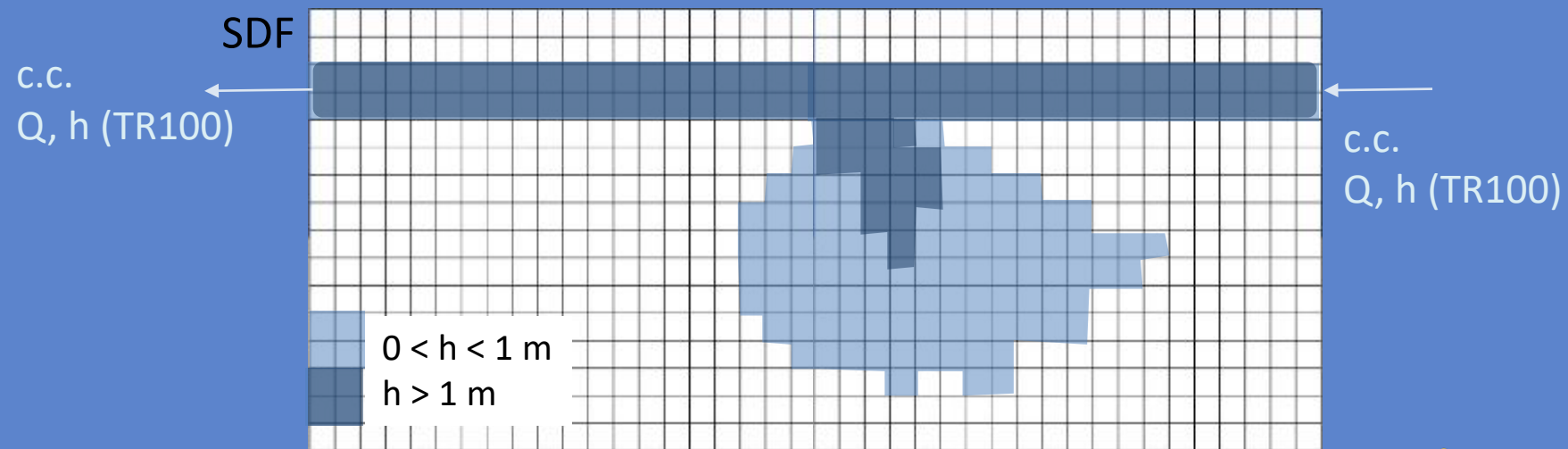
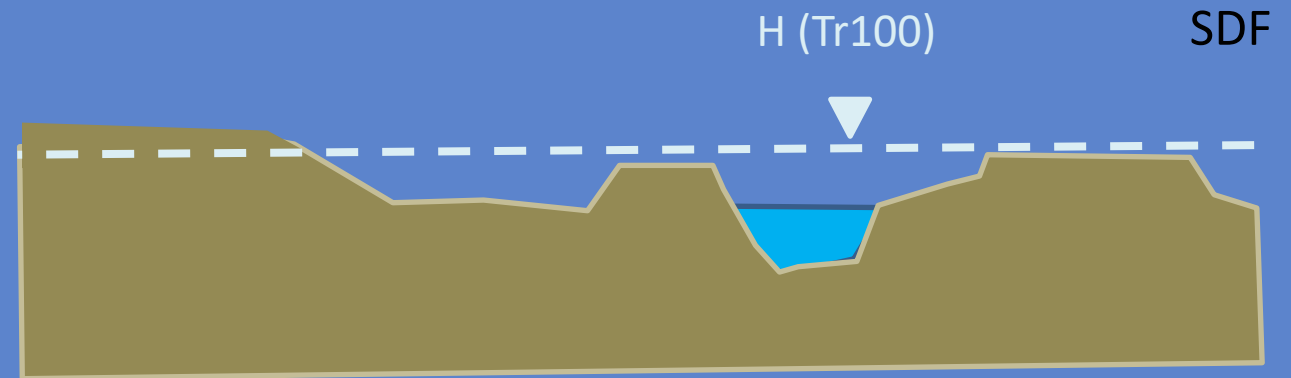


Verifica che l'intervento proposto sia in condizioni di sicurezza per TR 100 anni prendendo a riferimento il valore del tirante idrico dello scenario di media probabilità (TR 100)

Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA

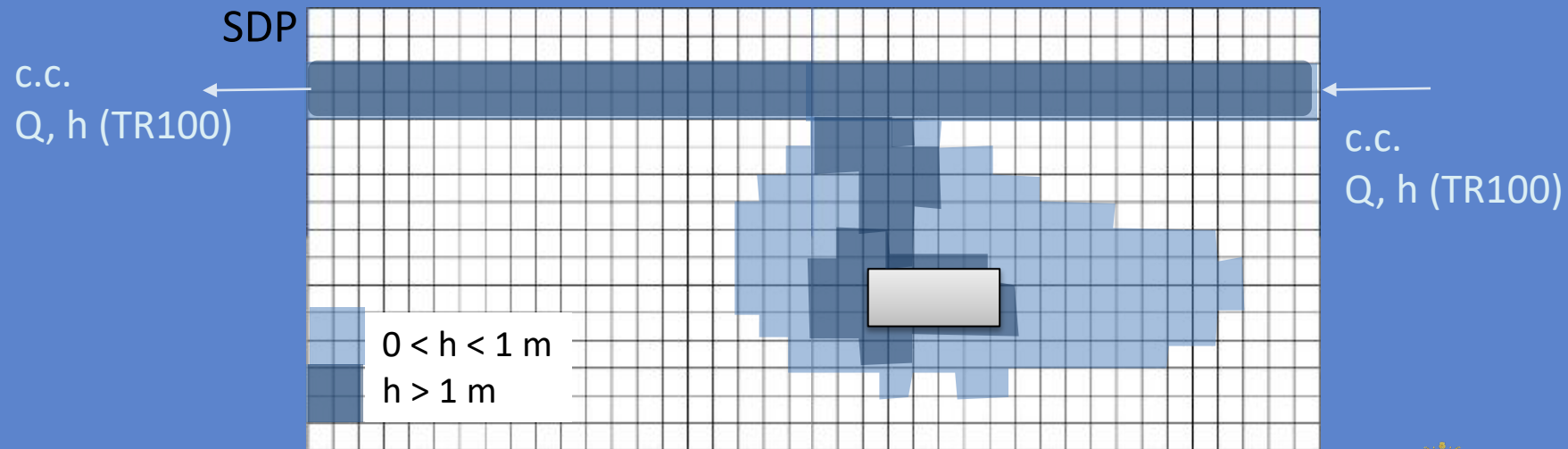
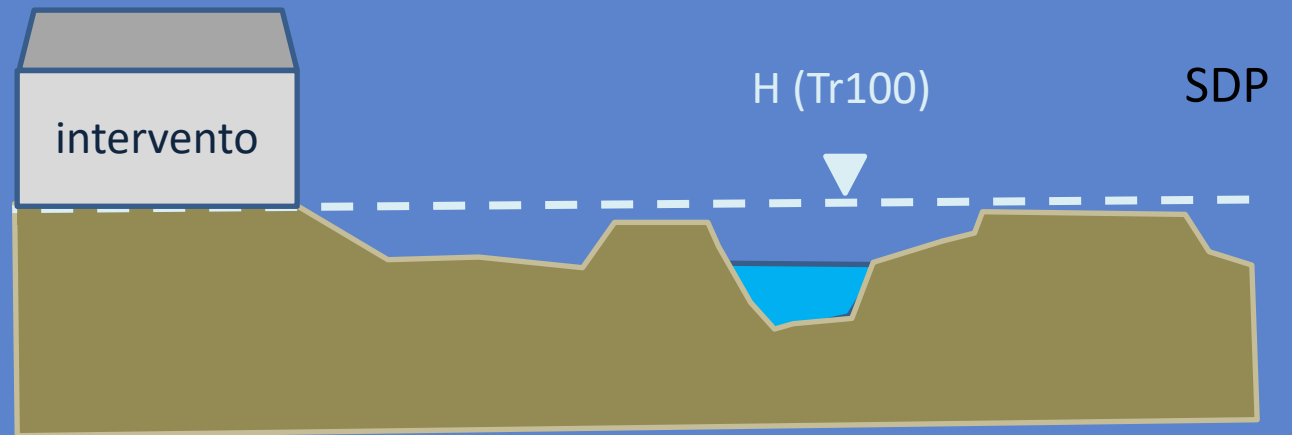
Analisi degli effetti indotti dall'intervento o dalla trasformazione urbanistica o edilizia valutati *in termini di ingombro* nel campo di moto



Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA

Analisi degli effetti indotti dall'intervento o dalla trasformazione urbanistica o edilizia valutati *in termini di ingombro* nel campo di moto



Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA

Analisi degli effetti indotti dall'intervento o dalla trasformazione urbanistica o edilizia valutati **in termini di ingombro** nel campo di moto

Differenze tra stato di fatto e stato di progetto

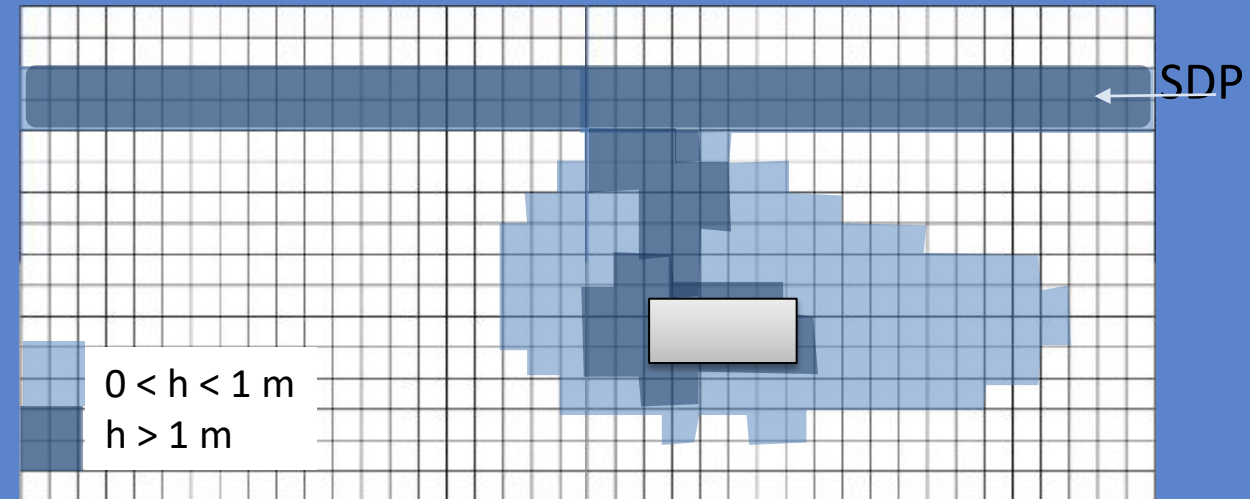
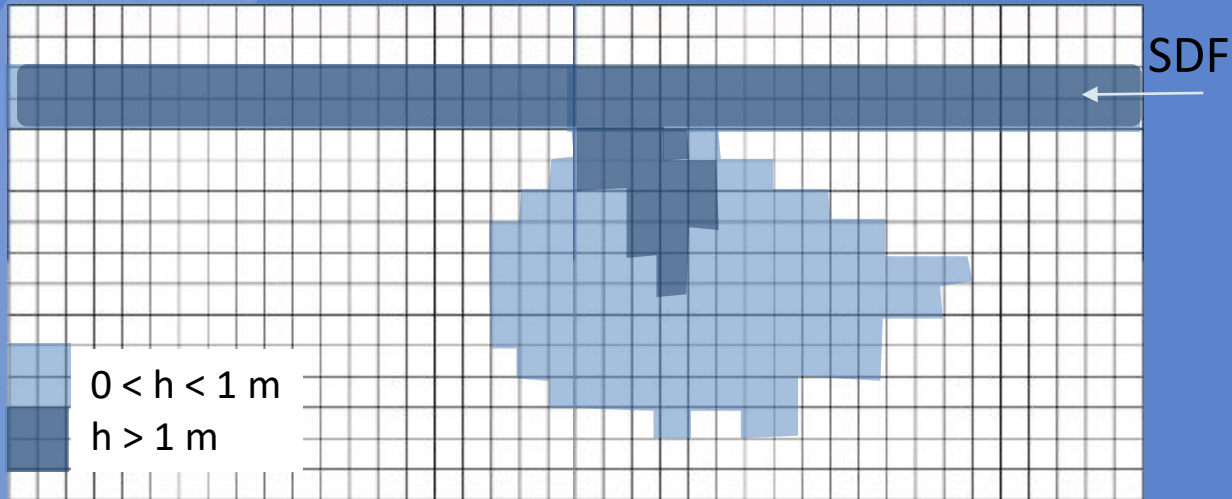
ALLUVIONI DI PIANURA: in termini di differenze di livello in quota assoluta

ALLUVIONI TORRENTIZIE: in termini di differenze di livello in quota assoluta e di velocità

COLATE DETRITICHE: in termini di differenze di livello in quota assoluta, di velocità, di spessore del deposito di sedimenti

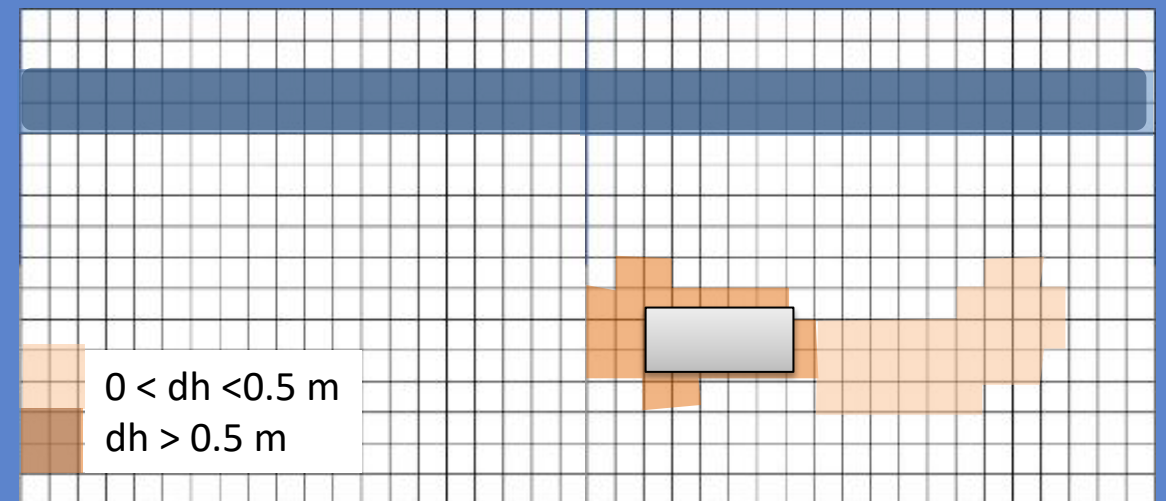
Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA



Differenze tra stato di fatto e stato di progetto

(es. ALLUVIONI DI PIANURA: in termini di differenze di livello in quota assoluta)



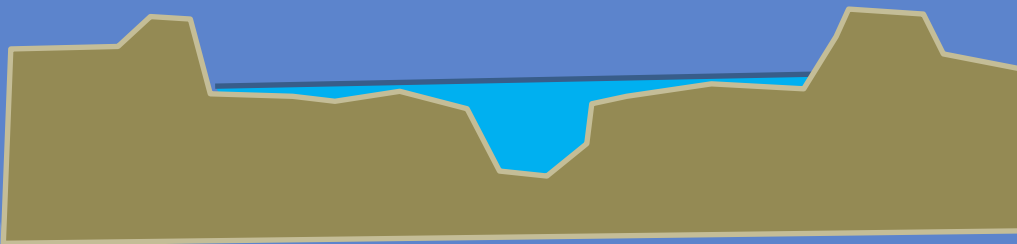
Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA

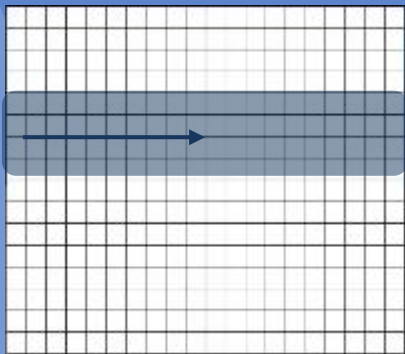
- Valutare possibili **semplificazioni nel metodo di calcolo** in base alle caratteristiche del corpo idrico da modellare

ESEMPI

Sezione composta ($L \gg 10m$)



2D
Corpo
idrico



Eq. continuità

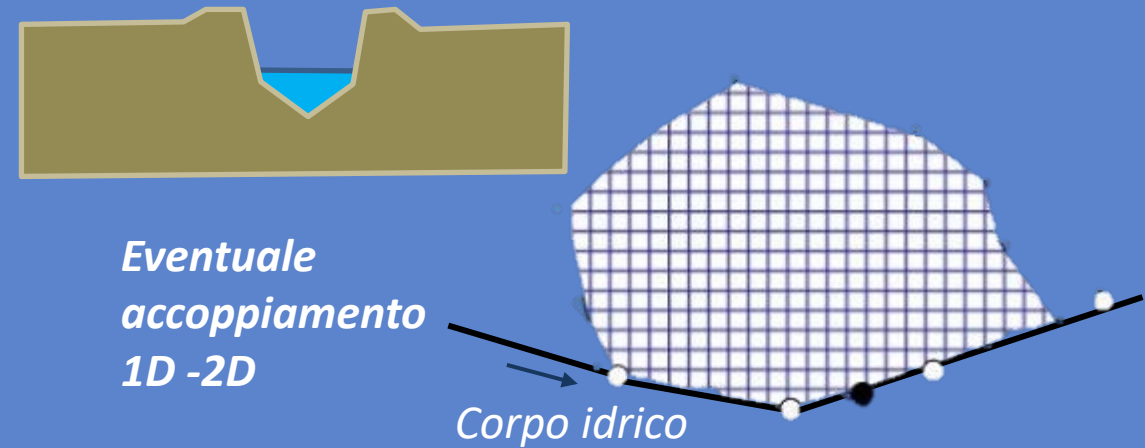
$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} - q = 0$$

Conservazione q.tà di moto

$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + v_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + f v$$

$$\frac{\partial v}{\partial t} + u \frac{\partial v}{\partial x} + v \frac{\partial v}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial y} + v_t \left(\frac{\partial^2 v}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 v}{\partial y^2} \right) - c_f v - f u$$

Sezione compatta ($L \leq 10m$)



Eventuale
accoppiamento
1D -2D

Eq. continuità

$$\frac{\partial H}{\partial t} + \frac{\partial(hu)}{\partial x} + \frac{\partial(hv)}{\partial y} - q = 0$$

Conservazione
q.tà di moto

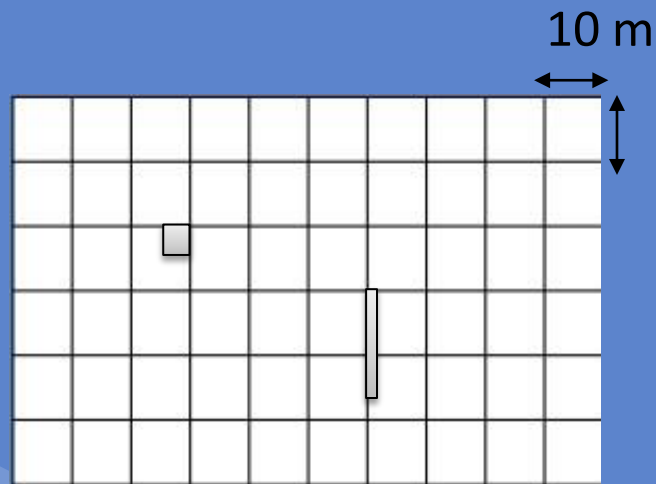
$$\frac{\partial u}{\partial t} + u \frac{\partial u}{\partial x} + v \frac{\partial u}{\partial y} = -g \frac{\partial H}{\partial x} + v_t \left(\frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \frac{\partial^2 u}{\partial y^2} \right) - c_f u + f v$$

Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA

- Valutare possibili effetti dell'intervento in termini di ingombro in relazione alla schematizzazione di calcolo

es. se l'ingombro è comparabile (o minore) della risoluzione adottate nello schema di calcolo, la verifica, opportunamente motivata, ha sempre esito positivo



*con riferimento alle alluvioni di pianura:
risoluzione griglia adottata nelle
elaborazioni modellistiche PGRA
10x10m*

Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA

- Valutare possibili effetti dell'intervento in termini di ingombro in relazione alla schematizzazione di calcolo

es. se l'ingombro è comparabile (o minore) della risoluzione adottate nello schema di calcolo, la verifica, opportunamente motivata, ha sempre esito positivo

*con riferimento alle alluvioni torrentizie:
risoluzione griglia adottata nelle
elaborazioni modellistiche PGRA*

| | Max area cella (m²) |
|---------|---------------------------------------|
| Alveo | 5 |
| Golena | 8 |
| Esterno | 10 |

*con riferimento alle colate detritiche:
risoluzione griglia adottata nelle
elaborazioni modellistiche PGRA
max 2x2m*

Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 2 delle NTA

- Nel caso di area classificata a pericolosità moderata P1 secondo il criterio storico-idrogeologico:
(aree storicamente allagate, aree a scolo meccanico, aree soggette a ristagno, aree soggette a risalita della falda freatica e ruscellamento)

Due possibilità:

1. quota di sicurezza stabilita con modellazione nella VCI (massimo tirante da modello)
→ la disposizione di non incremento della pericolosità a valle o a monte dell'area interessata (Art. 7 c. 3 lett. b) è sempre rispettata perché l'allagamento è storico
2. modifica della pericolosità secondo la procedura di aggiornamento mappatura secondo art. 6 NTA PGRA **considerando tutti i corsi d'acqua del reticolo della normativa 2000/60/CE**

Se non viene fatta la modellazione → quota di sicurezza = valore massimo mappe dei tiranti del PGRA

Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A
punto 2 delle NTA

Il metodo di analisi si differenzia a seconda della *tipologia del fenomeno alluvionale* (All. A punto 1)



ALLUVIONE
DI PIANURA

Concentrazione del
materiale solido < 30%;
velocità < 40 km/h;
pendenza < 1.5%



ALLUVIONE
TORRENTIZIA

Concentrazione del
materiale solido < 30%;
velocità < 40 km/h;
pendenza 1.5 - 15 %



COLATA
DETRITICA

Concentrazione del
materiale solido 30 -
70%; velocità > 40
km/h; pendenza > 15 %

Provincia Autonoma di Bolzano, Direttive per la redazione dei piani delle zone di pericolo (pzp) e per la classificazione del rischio specifico (crs) ai sensi dell'articolo 22bis della legge provinciale 11 agosto 1997, n. 13, recante "Legge urbanistica provinciale", e successive modifiche, e del decreto del Presidente della Provincia 5 agosto 2008, n. 42, recante "Regolamento di esecuzione concernente i piani delle zone di pericolo"

Verifiche di compatibilità idraulica

ALLUVIONI di pianura

Metodo di analisi: alluvioni di pianura

All. I par. 1.1
(TR 100)

Analisi idrologica

Utilizzo portate PGRA
fornite da AdB

Relazione idrologica

All. I par. 1.2
(TR 100)

Modellazione idraulica 2D a fondo fisso

Simulazioni con eventuali scenari:
rotta arginale

Relazione idraulica
comprensiva della
descrizione dell'attività
modellistica effettuata

Inviluppo degli scenari

TR100

Verifica delle variazioni tra stato di fatto e di
progetto in termini di tiranti (TR 100)
Verifica che l'intervento proposto sia in
condizioni di sicurezza per TR 100 anni

Mappatura (elaborato
cartografico), tavole
grafiche (sezioni,
prospetti)

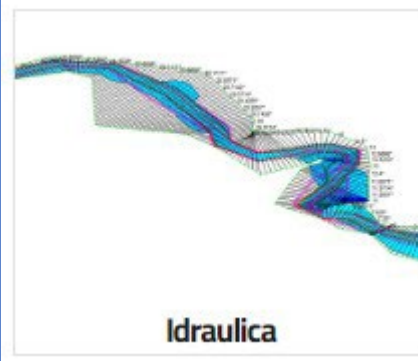
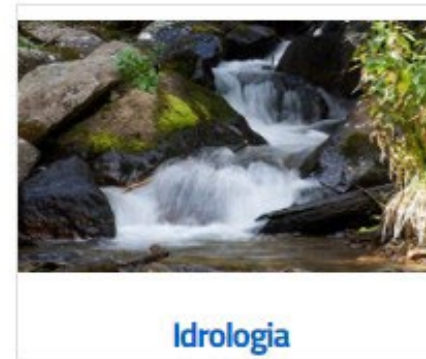
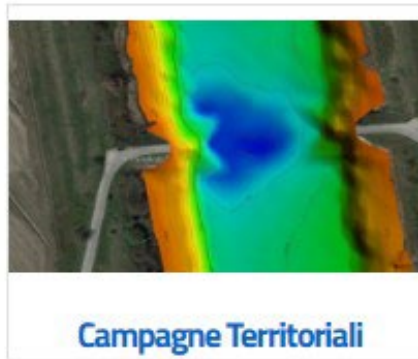


DATI TERRITORIALI PRESENTI IN SIGMA

Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni



I dati scaricabili sono raccolti nelle seguenti categorie. All'interno di ciascuna categoria sono presenti anche le schede informative dei dati



sigma.distrettoalpiorientali.it

DATI TERRITORIALI PRESENTI IN SIGMA

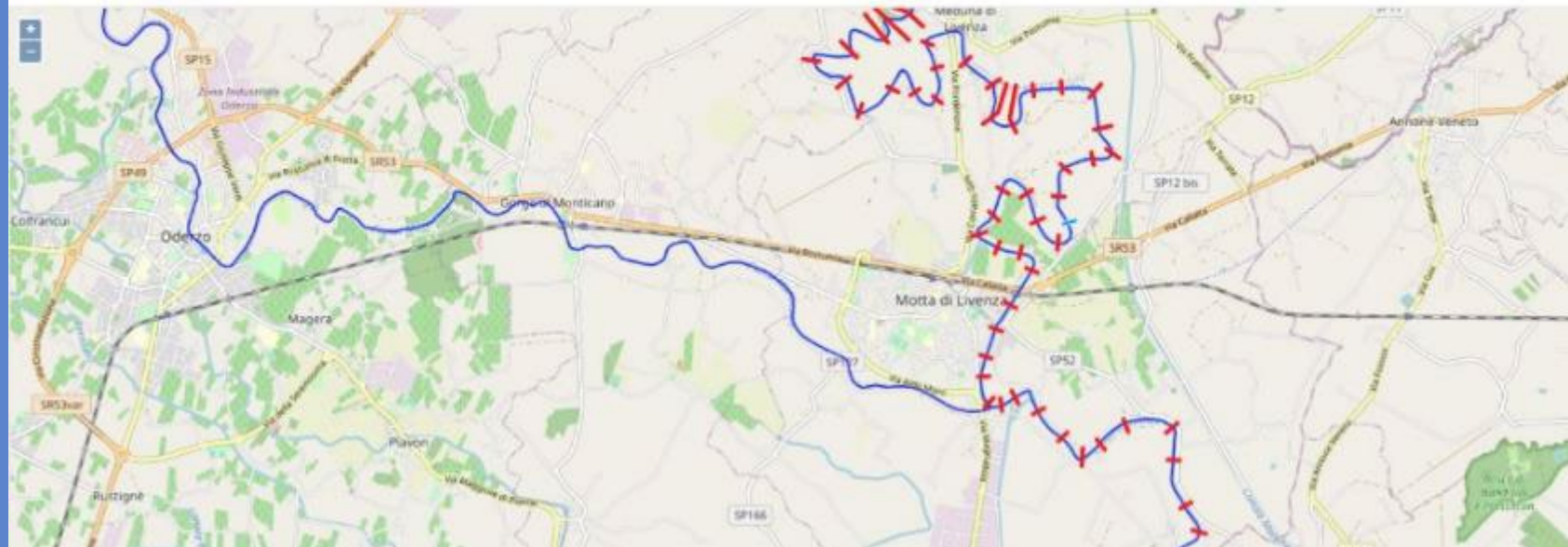
Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni



Download Sezioni Topografiche

Rilievo topografico Fiume Livenza - 2021 Bacino Livenza

Campagna massiva di rilievo di tutto il bacino del Livenza



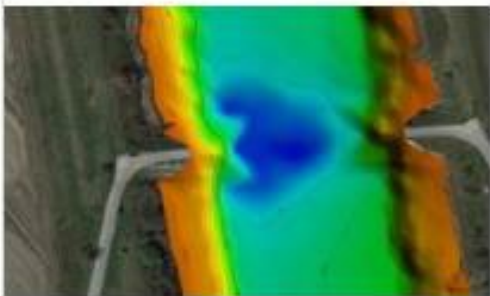
Archivio dei rilievi topografici utilizzati nell'implementazione degli strumenti modellistici a supporto del Piano

Il servizio consente di ricercare e consultare i rilievi fluviali, arginali, ed in particolare di:

- visualizzare sulla mappa le planimetrie delle sezioni
- scaricare le planimetrie delle sezioni (formato shape)
- scaricare i rilievi delle sezioni (formati TXT, DXF, DWG)

DATI TERRITORIALI PRESENTI IN SIGMA

Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni



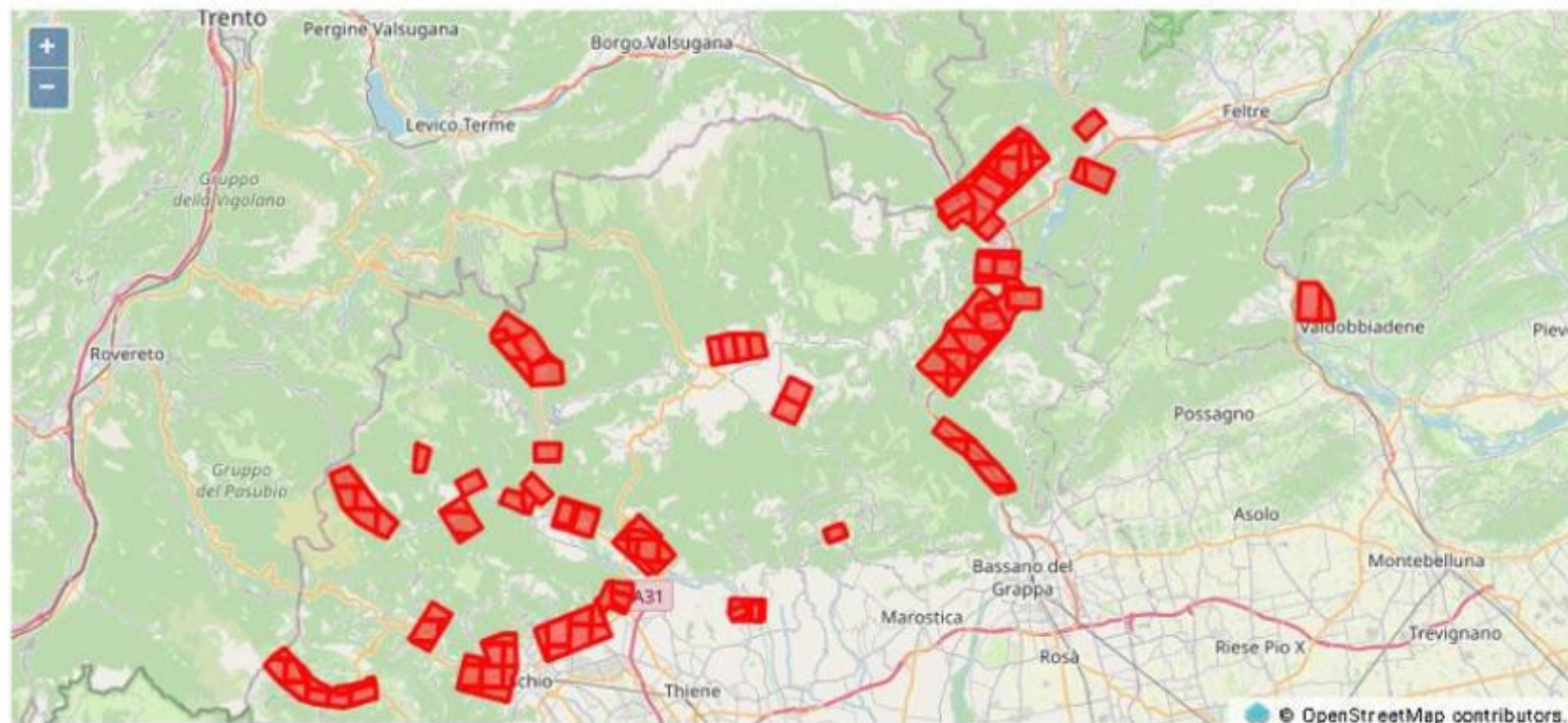
Campagne Territoriali

Questa sezione raccoglie e consente il download dati di differenti tipologie (rilievi batimetrici, Digital Terrain Models, Digital Surface Models) che sono stati impiegati nelle modellazioni numeriche elaborate ai fini della stesura del Piano

Download Campagne Territoriali

Campagna di rilievo 2019 Regione del Veneto

Descrizione: Definizione della geometria e della copertura di suolo mediante volo LIDAR per almeno n°20 aree identificate dalla Regione del Veneto potenzialmente soggette a colata



DATI TERRITORIALI PRESENTI IN SIGMA

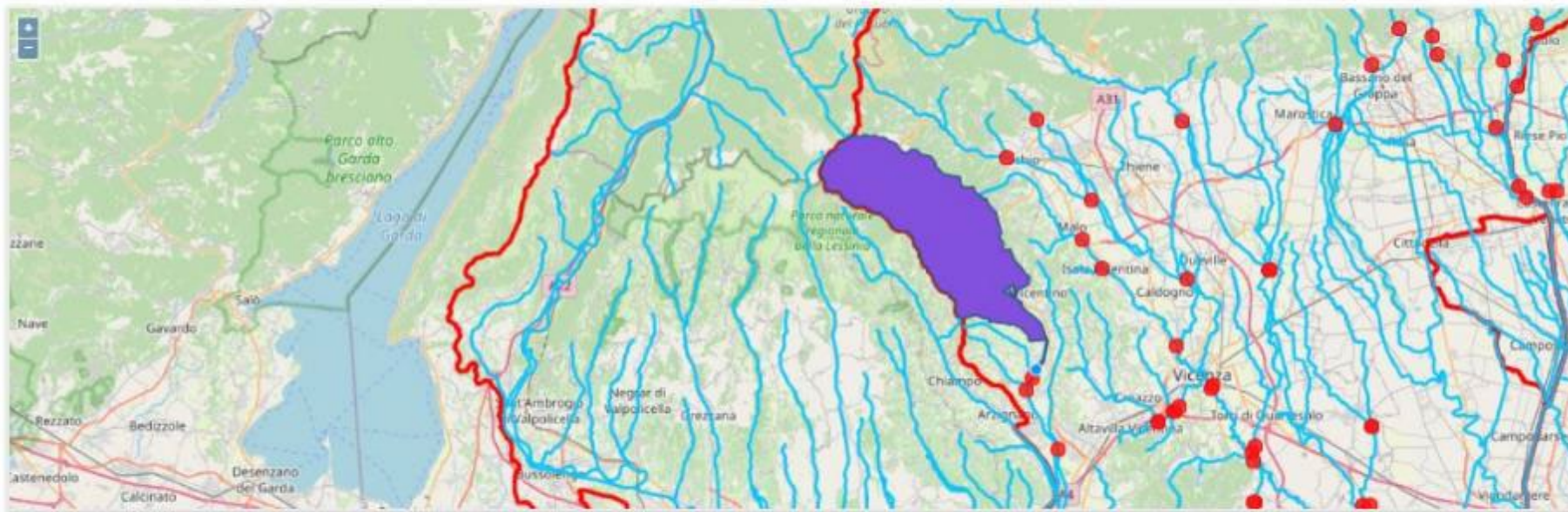
Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni



Idrologia

Download Idrogrammi

Unità Gestione: Brenta-Bacchiglione - Agno a Trissino



Selezionare Durata, Forma e Tempo di Ritorno

Filtro per Durata Progetto

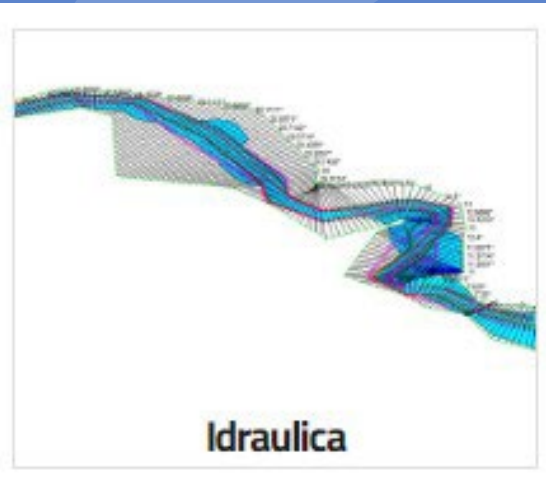
Filtro per Forma Progetto

Filtro per Tempo di Ritorno

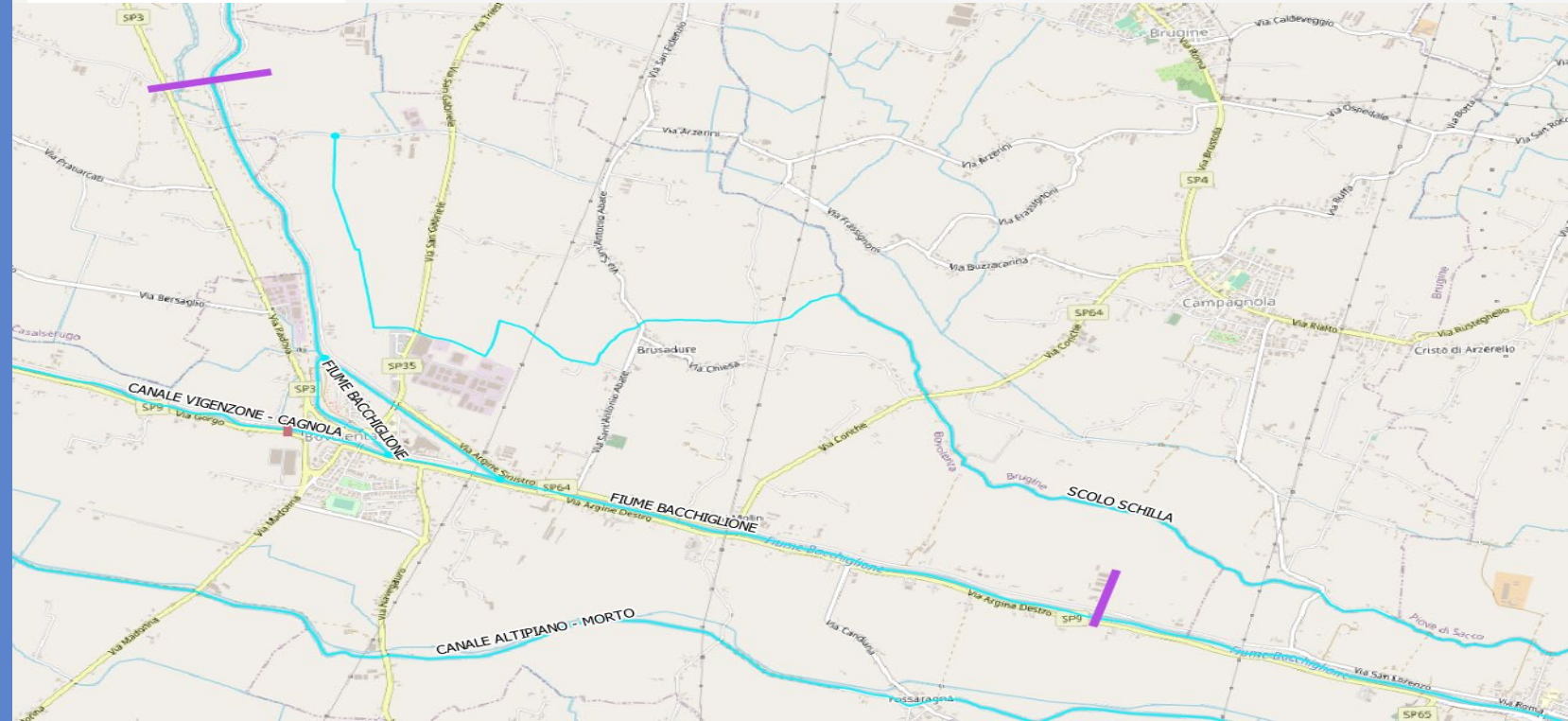
Archivio degli idrogrammi frutto di analisi ed elaborazioni numeriche svolte presso l'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi orientali ed utilizzati nell'ambito della redazione del Piano di gestione del Rischio di Alluvioni

DATI TERRITORIALI PRESENTI IN SIGMA

Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni



Download idraulica



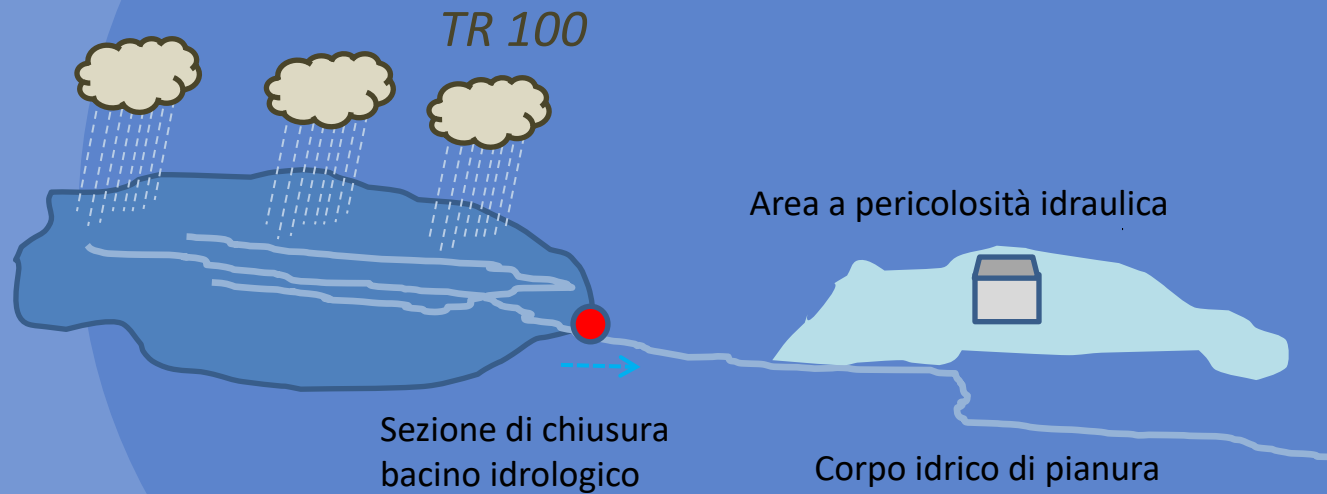
Questa sezione raccoglie e consente il download

- dell'andamento di portate e livelli in corrispondenza di sezioni significative della rete idraulica modellata, frutto delle analisi ed elaborazioni numeriche svolte presso l'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi orientali nell'ambito della redazione del Piano di gestione del Rischio di Alluvioni;
- dell'ubicazione delle rotture arginali simulate negli scenari elaborati presso l'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi orientali nell'ambito della redazione del Piano di gestione del Rischio di Alluvioni

Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idrologica

Metodologia operativa



- Individuare l'area di interesse
- verificare dalle mappe degli allagamenti (PGRA) quali siano i corsi d'acqua che producono l'allagamento
- individuare la sezione di chiusura idonea a rappresentare il processo di generazione dei deflussi afferenti all'area di interesse
- individuare il Bacino imbrifero sotteso

Metodo di analisi: alluvioni di pianura

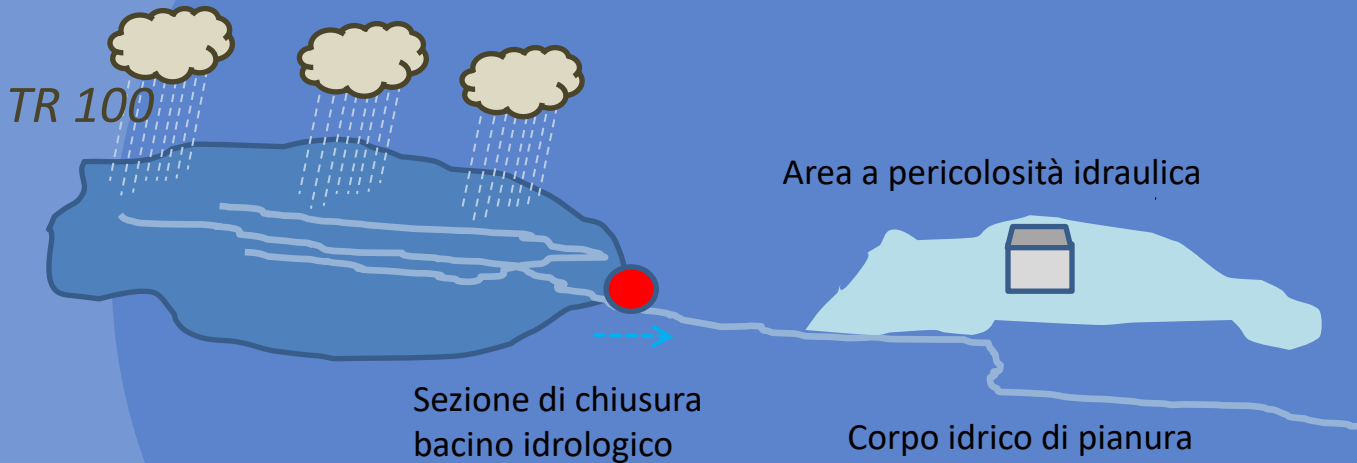
Modellazione idrologica

Verifica presenza dati idrologici su SIGMA

Caso 0: dato non disponibile in corrispondenza del nodo di interesse

Caso 1: dato disponibile in corrispondenza del nodo di interesse

Non serve la modellazione idrologica al nodo ma nella relazione vanno riportati i dati scaricati da SIGMA e deve essere giustificato il loro utilizzo per l'istanza



Caso 2: dato disponibile in prossimità della sezione di interesse

Deve essere elaborata modellazione idrologica o devono essere formulate opportune elaborazioni/valutazioni per il suo utilizzo debitamente giustificato per l'istanza



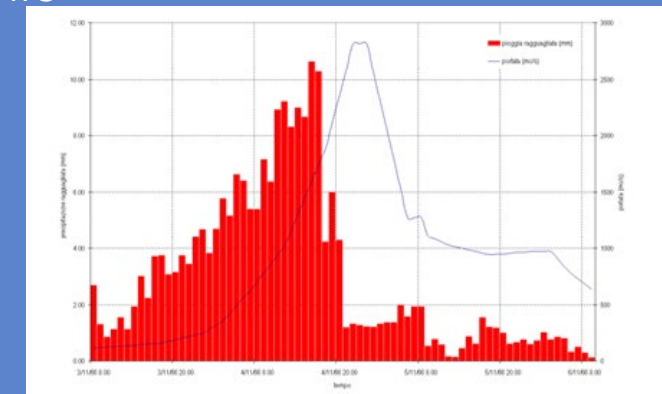
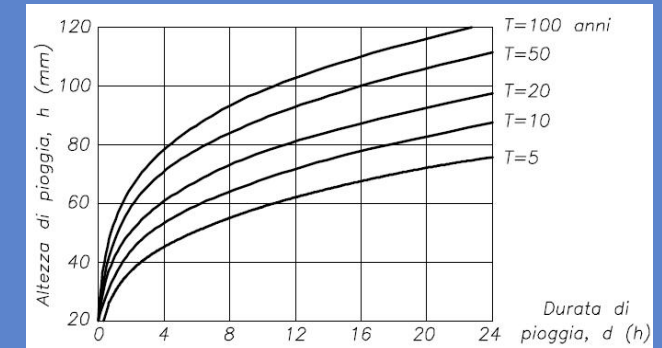
Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idrologica

Ipotesi di progetto per la determinazione degli idrogrammi con assegnata frequenza di accadimento

- il tempo di ritorno è riferito all'evento meteorico
- utilizzare un **modello idrologico ad evento**
- trascurare i processi di accumulo-scioglimento nivale e di evapotraspirazione
- le **condizioni iniziali** delle variabili che entrano in gioco nella determinazione della precipitazione efficace sono determinate mediante taratura con riferimento all'evento storico di riferimento (più gravoso) registrato per il bacino idrografico in esame; in assenza di dati:
 - Il potenziale di infiltrazione ad inizio evento è considerato minimo;
 - Le perdite iniziali sono assunte circa pari al 10% del volume specifico di saturazione del suolo

Caso 0: dato non disponibile in SIGMA in corrispondenza del nodo di interesse

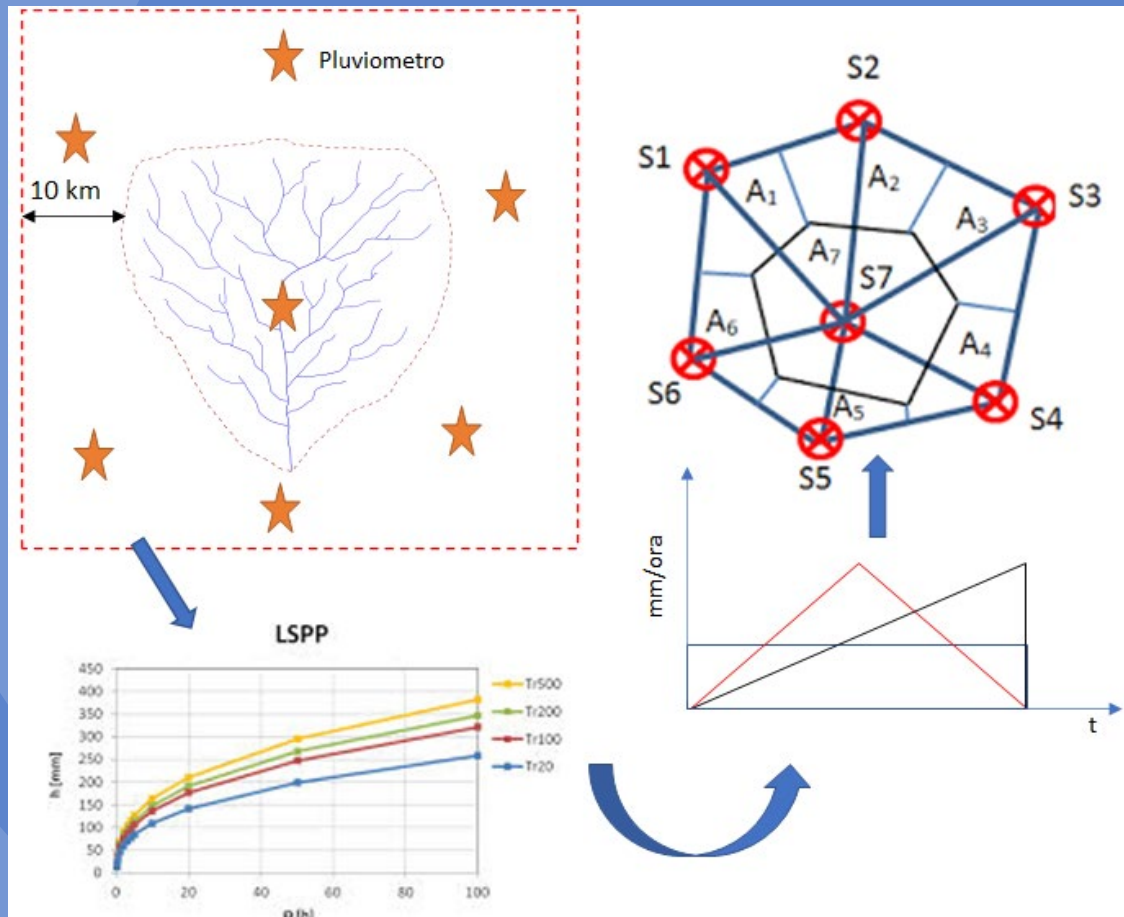


Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idrologica

Metodologia operativa

Caso 0: dato non disponibile in SIGMA in corrispondenza del nodo di interesse



- Individuare le stazioni pluviometriche da utilizzarsi per la stima delle piogge (è opportuno considerare un intorno di almeno 10 km dal confine del bacino)
- Individuare i quantili di pioggia mediante l'uso di Curve Possibilità Pluviometrica per i vari tempi di ritorno con metodi statistici (es. GUMBEL, GEV, ecc.)
- Per ogni TR e per tutte le durate di precipitazione esaminate calcolare ietogrammi aventi forme diverse a parità di volume di precipitazione (es. uniforme, triangolare crescente, ecc.)
- Spazializzare la precipitazione e calcolare la precipitazione areale di sottobacino (es. metodo di interpolazione geostatistica Kriging, metodo dei topoi, metodo dei poligoni di Thiessen, ecc.)

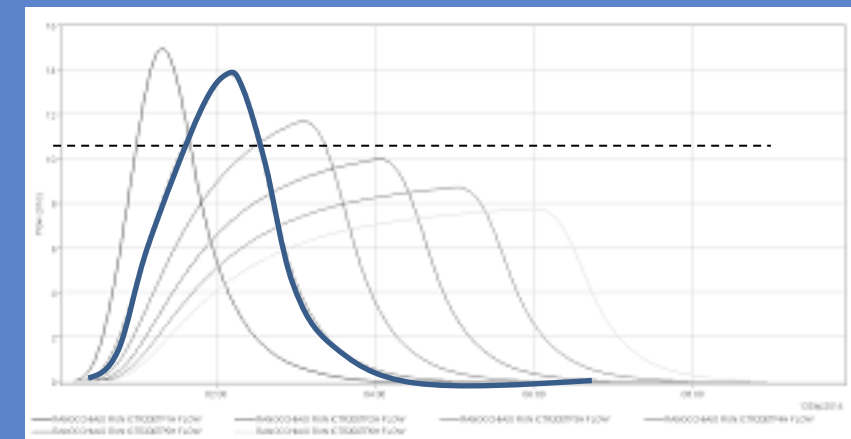
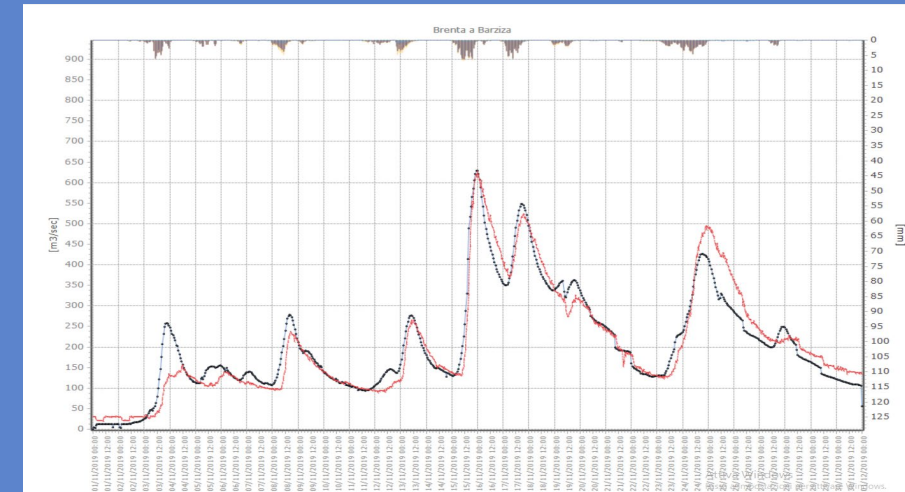
Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idrologica

Metodologia operativa

- Scelta del modello di trasformazione afflussi – deflussi (ad evento)
- Taratura del modello su eventi storici (o stima parametri da letteratura in mancanza di dati)
- Run del modello e creazione fascio di piena (un idrogramma per ogni TR, durata, forma)
- L'onda di piena di progetto è quella che massimamente sollecita il sistema idrografico nella sua interezza ovvero che a scala di bacino, e non di sottobacino, determina l'instaurarsi dei massimi volumi e livelli idrometrici (Tali idrogrammi infatti sono funzionali al processo di pianificazione, non alla progettazione di opera)

Caso 0: dato non disponibile in SIGMA in corrispondenza del nodo di interesse



Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

È necessario anzitutto definire un dominio di calcolo sufficientemente esteso (**almeno 2 km** a monte e valle dell'area di interesse) che comprenda :

- l'area di interesse, oggetto della trasformazione
- il fiume o i fiumi causa di allagamento (e le **eventuali rotte**)
- l'origine potenziale dell'allagamento che interessa l'area di intervento



AREA OGGETTO DI
MODELLAZIONE IDRAULICA

Schema bidimensionale
(cella 10x10 m)

APPLICATIVI PRESENTI IN SIGMA

Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni

APPLICATIVI

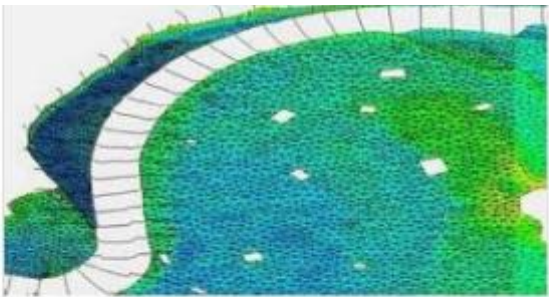
In questa sezione sono pubblicati i software messi a disposizione da parte dell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali per il supporto alle Amministrazioni e a tecnici nello sviluppo delle tematiche connesse con la Direttiva Alluvioni 2007/60/CE



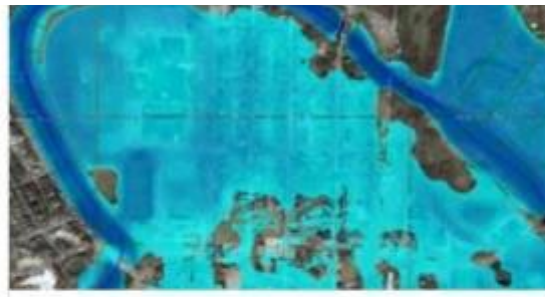
DFRM - Modello A Celle Bifase Per La Propagazione Idraulica Delle Colate Detritiche



HEROLite Per La Valutazione Del Rischio Idraulico



Basement - Modellazione Idro E Morfodinamica



HEC-RAS Modellazione Idraulica Fluviale

Metodo di analisi alluvioni di pianura

Modellazione idraulica 2D a fondo fisso

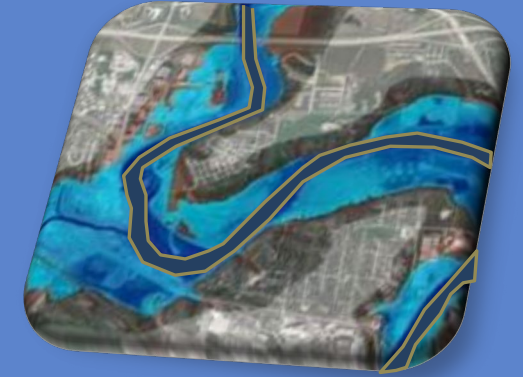
sigma.distrettoalpiorientali.it



Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica 2D a fondo fisso

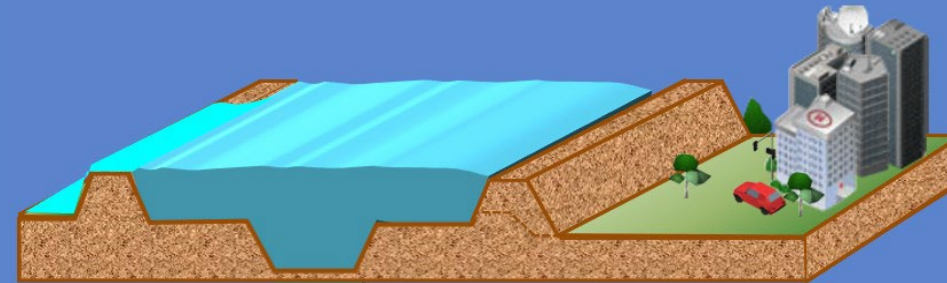


Condizione al contorno di valle se in prossimità del mare:

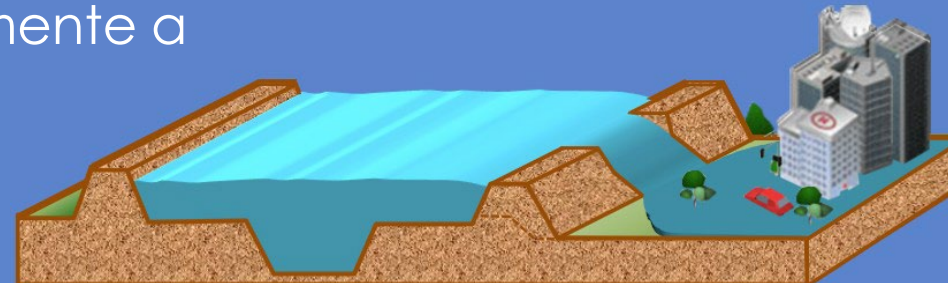
- marea evento del 1966 per l'ambito costiero compreso tra l'Adige e il Tagliamento
- marea evento 1969 per quello compreso tra il Tagliamento e Trieste

Per la frequenza di accadimento TR 100 sono da valutare:

»»» aree inondate conseguentemente a sormonto spondale



»»» SCENARI
aree inondate conseguentemente a cedimento arginatura



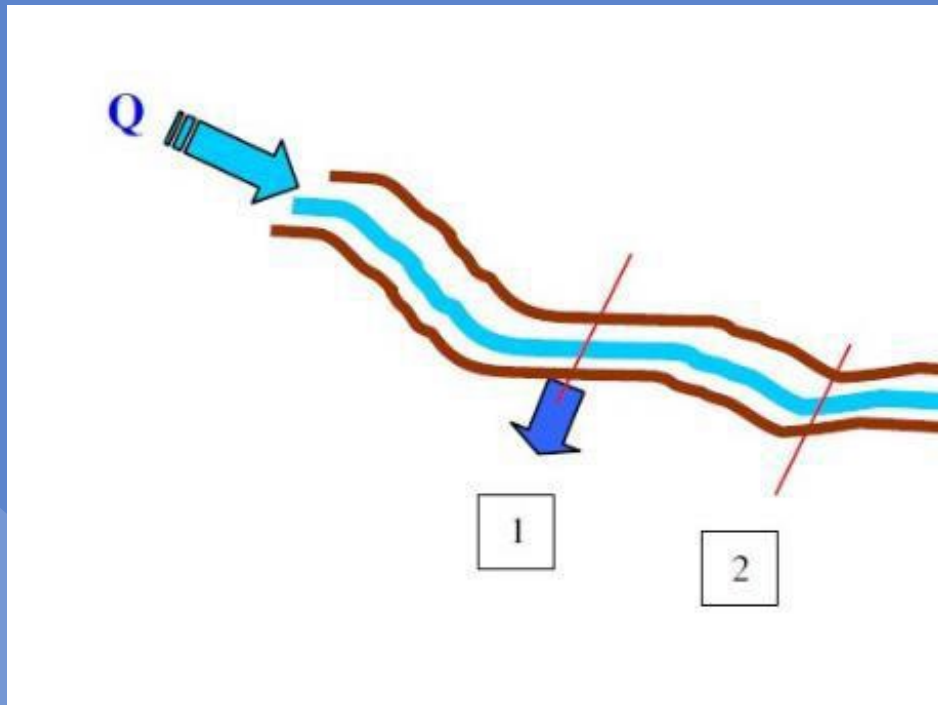
Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

Approccio non conservativo rispetto ai volumi sfiorati

Approccio conservativo rispetto alla formazione delle brecce



Sezione 1: formazione breccia

Sezione 2:

$$Q_2 = Q - Q_{\text{sfiorata 1}}$$

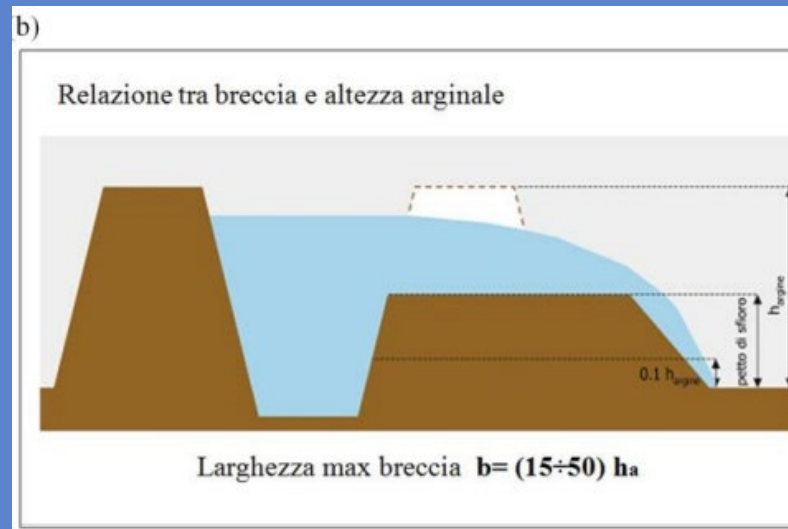
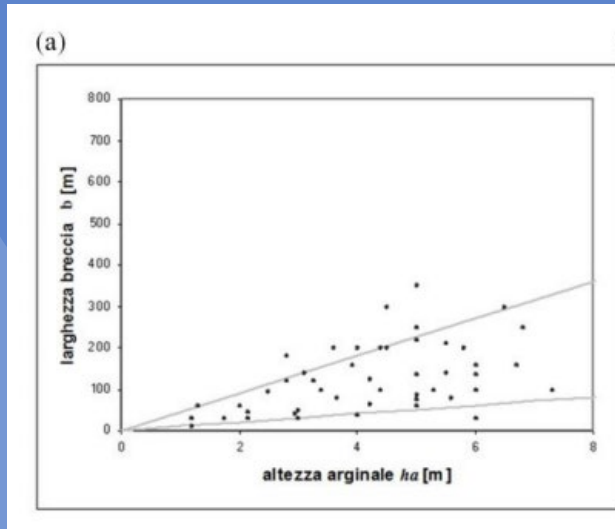
Q sottratta della sola portata sfiorata
(conservativo rispetto alle rotte)

Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

Formazione della breccia per solo sormonto
 in presenza di un franco arginale non nullo pari a circa 20 cm
 tempo di innesco della breccia 20 minuti



 Rotta arginale

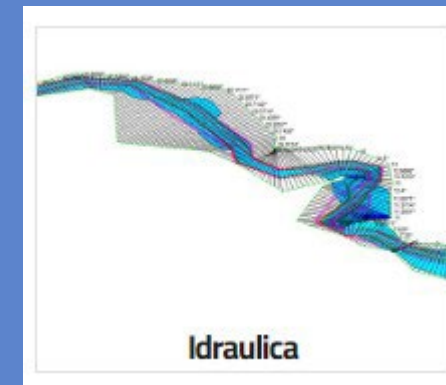
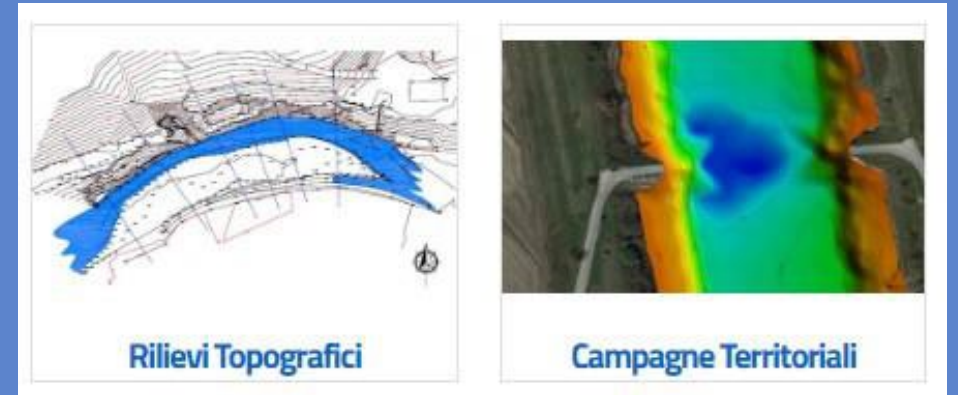
Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

Verifica presenza dati territoriali su SIGMA

Download dei dati necessari a ricostruire il modello:

- sezioni
- modello digitale del terreno
- condizioni al contorno (portate e livelli)
- posizione delle eventuali rotte arginali



Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

Modellazione idraulica per un'area indagata per cui siano disponibili i dati su SIGMA

L'area deve avere un'estensione tale da considerare l'influenza delle rotte che contribuiscono a generare allagamenti, visibili dall'apposito tematismo in SIGMA



Sezione idraulica disponibile su SIGMA



Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

Modellazione idraulica per un'area indagata per cui siano disponibili i dati su SIGMA

Predisposta la geometria di calcolo, vengono assegnate le condizioni al contorno (portate o livelli scaricati da SIGMA)

Per il calcolo delle scabrezze fuori alveo è possibile fare riferimento a valori di letteratura

Valori in alveo:

es. simulazione con schema monodimensionale

k_s Strickler: 25-28 $m^{1/3} s^{-1}$



Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

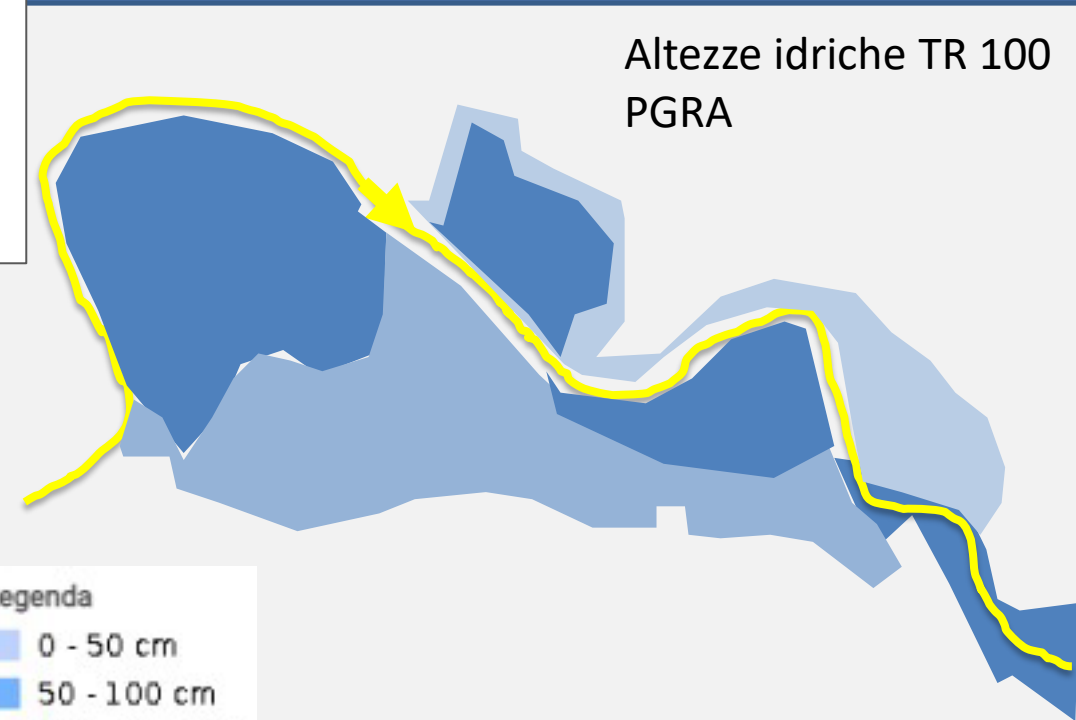
Metodologia operativa

Modellazione idraulica per un'area indagata per cui siano disponibili i dati su SIGMA

Taratura mediante confronto con estensione delle aree allagate e livelli delle mappature TR100 predisposte nell'ambito della redazione del PGRA (SIGMA)



Area interesse



Legenda

- 0 - 50 cm
- 50 - 100 cm
- 100 - 150 cm
- 150 - 200 cm
- > 200 cm

Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

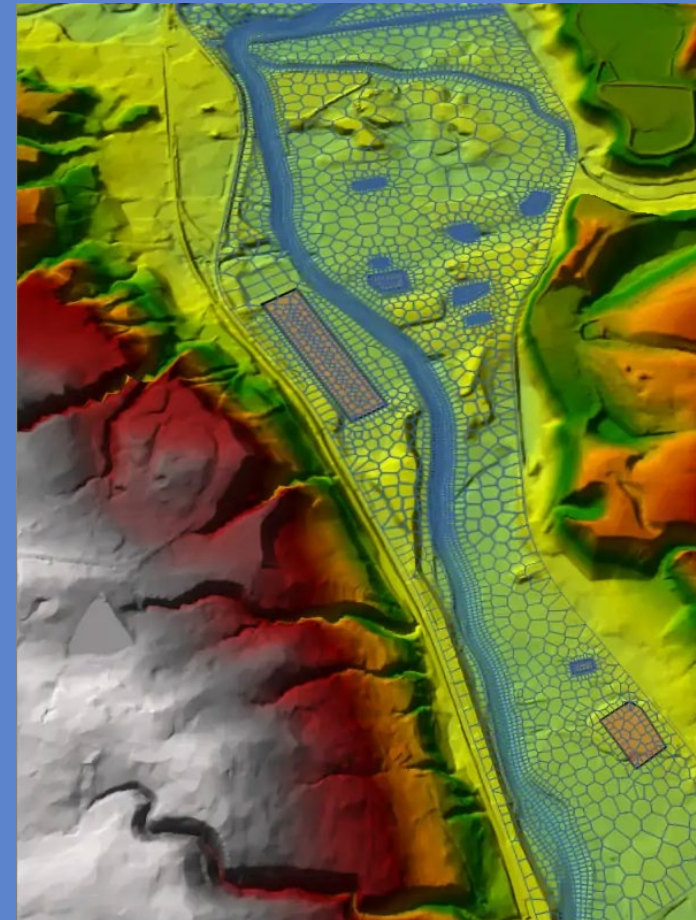
Metodologia operativa

Modellazione idraulica nel caso non si utilizzino dati idraulici da SIGMA

Definita l'area deve essere:

- Eseguito un rilievo geometrico di dettaglio e in alternativa acquisito il materiale cartografico più aggiornato dagli enti competenti (es. DTM)
- Catalogata ciascuna opera rilevante ai fini idraulici (ponti, opere trasversali e longitudinali (traverse, sfiori ecc.), opere di presa e derivazione)

Rilevata la geometria, dev'essere discretizzato il dominio in modo che risulti rappresentativo dello stato di fatto, avendo cura di includere le eventuali singolarità che possano avere rilevanza ai fini idraulici (canali secondari, strade in rilevato, tombini ecc...)



Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

Modellazione idraulica nel caso non si utilizzino dati da SIGMA

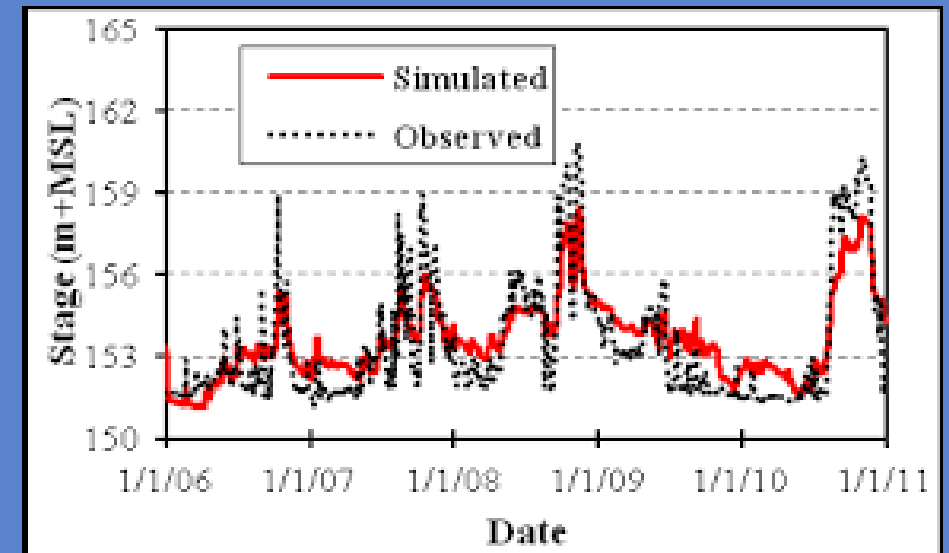
Predisposta la geometria di calcolo ed inserite le condizioni al contorno (portate o livelli) devono essere impostati i parametri idraulici fondamentali (scabrezza ecc.)

Per il calcolo delle scabrezze in alveo e fuori alveo è possibile far riferimento alla letteratura; tali parametri potranno essere modificati in fase di taratura del modello.

Assegnati i parametri idraulici, geometrici e le condizioni al contorno il modello deve essere tarato per confronto con:

- Eventi storici di cui siano disponibili le serie registrate di livelli o portate
- Estensione delle aree allagate e mappatura delle altezze idriche con riferimento a TR100, scaricabili da SIGMA e predisposti nell'ambito della redazione del PGRA

| Corri d'acqua naturali | | | |
|---|----|----|----|
| Corri d'acqua minori (tirante inferiore a 3.5 m) | | | |
| Corri d'acqua di pianura | | | |
| Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati | 40 | 33 | 30 |
| Puliti, rettilinei, in piena senza scavi localizzati, con sassi e sterpaglia | 33 | 29 | 35 |
| Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi | 30 | 25 | 22 |
| Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, con cespugli e pietre | 29 | 22 | 20 |
| Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, in magra | 25 | 21 | 18 |
| Puliti, ondulati, con alcune buche e banchi, con cespugli e più pietrame | 22 | 20 | 17 |
| Tratti lenti, sterpaglia e buche profonde | 20 | 14 | 12 |
| Tratti molto erbosi, buche profonde e grossi arbusti e cespugli | 13 | 10 | 7 |
| Corri d'acqua montani, senza vegetazione in alveo, sponde ripide, alberi e cespugli lungo le sponde sommergibili durante le piene | | | |
| Fondo: ghiaia, ciottoli e massi sparsi | 33 | 25 | 20 |
| Fondo: ciottoli e massi grossi | 25 | 20 | 14 |



Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

una volta simulati gli scenari

-> inviluppo degli allagamenti e delle velocità
derivanti da sormonto spondale
e da scenari di formazione di
brecce arginali



Ottenimento di 1 solo raster di tiranti e 1 raster di velocità (TR100)
sia per lo Stato di Fatto (SDF) che per lo Stato di Progetto (SDP)

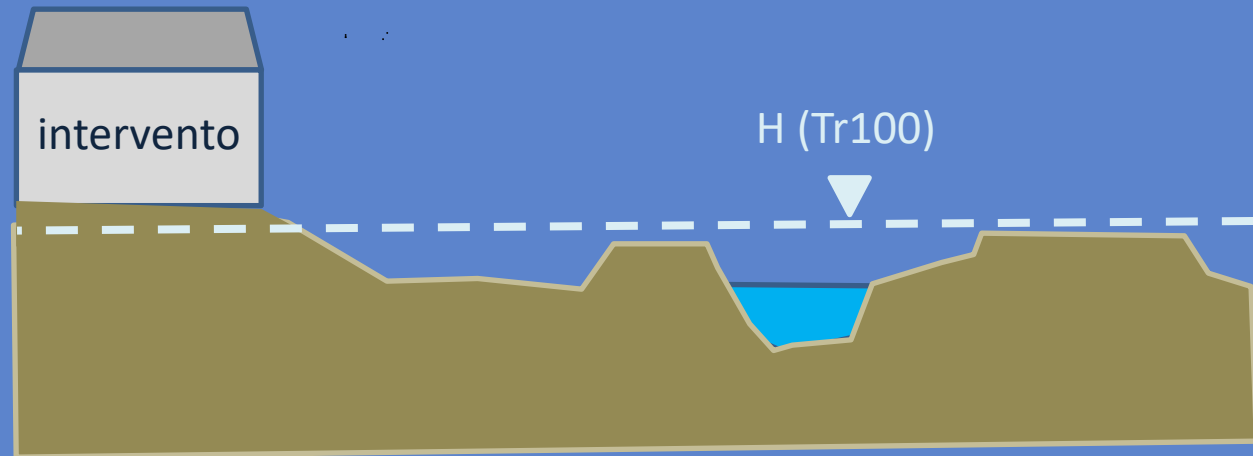
Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

Verificare che:

a. l'intervento sia in condizioni di sicurezza per TR 100 anni prendendo a riferimento il valore del tirante idrico dello scenario di media probabilità (TR 100)



Metodo di analisi: alluvioni di pianura

Modellazione idraulica

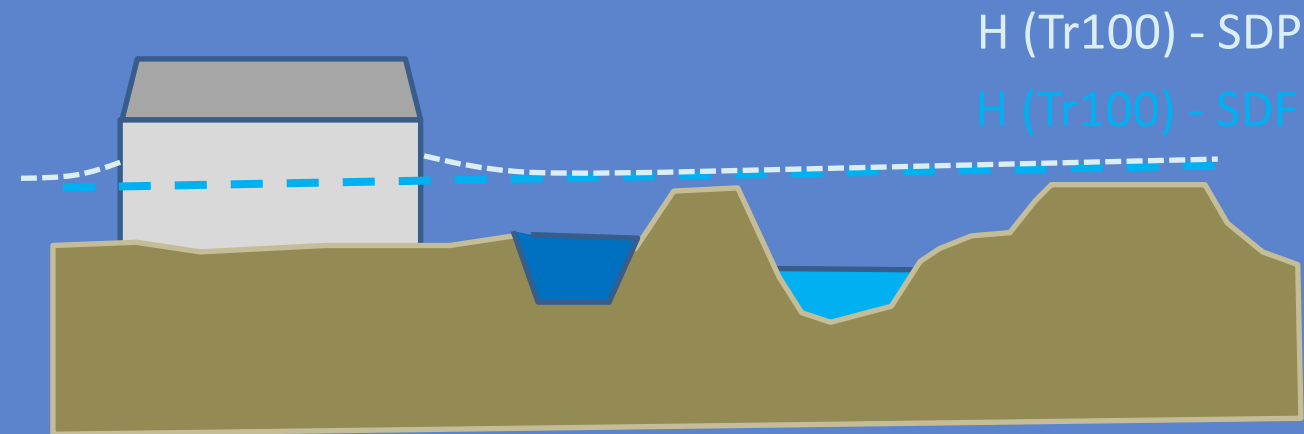
Metodologia operativa

Verificare che:

b) non vi siano sensibili differenze tra SDF e SDP in termini di tiranti per lo scenario TR 100

I nuovi tiranti siano prossimi a quelli dello SDF
es. differenze < 5 cm (tolleranze modello)

Le differenze tra livelli vanno valutate **in quota assoluta**
(per non considerare eventuali scavi relativi a misure compensative)



Verifiche di compatibilità idraulica

ALLUVIONI in territorio montano/pedemontano

Metodo di analisi: territorio montano/pedemontano

Analisi preliminari


Nel territorio montano richiede di verificare, per **le aree che insistono su conoide**, la natura del fenomeno prevalente utilizzando la **Scheda bacino-conoide (All. IA)**

ALLUVIONE
TORRENTIZIA

COLATA
DETRITICA

Importanza di eseguire un SOPRALLUOGO per la raccolta di elementi indispensabili per:

- stabilire la natura del fenomeno
- definire gli interventi necessari


 Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

Allegato IA al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni
Scheda di rilievo del sistema bacino-conoide (v 2.1)

1 - Anagrafica

Rilevatore: E-mail: Data: gg mm aaaa

ID conoide: Nome torrente:

Database di riferimento: Codice database:

Regione: Comune: Foglio CTR:

Bacino di appartenenza: Sistema di riferimento:

2 - Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2): Quota max (m slm): Quota min (m slm):

Lunghezza (m): Lunghezza alveo (m): Pendenza media alveo ($^\circ$):

X apice (-): Y apice (-):

3 - Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2): Lunghezza alveo principale (km):

Quota massima (m slm): Pendenza media alveo principale ($^\circ$):

Quota minima (m slm): Indice di Melton:

4 - Disponibilità di sedimenti a monte della conoide

| Elevata | Media | Ridotta | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Alveo |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bacino |

5 - Caratteristiche della conoide

| Dinamica dell'alveo | | | Approfondimento | Equilibrio | Innalzamento |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Apice | Media | Distale | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

| Dimensione max del materiale (m) | FOTO | | |
|----------------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| | apice | zona mediana | zona distale |
| | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Sono presenti divagazioni dell'alveo e/o vecchi canali? si no

6 - Materiale vegetale disponibile per la fluitazione

| Canale | | | Alveo |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|----------|
| Abbondante | Medio | Scarso | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Sponde |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Entrambi |

| Conoide | | | Apice |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---------|
| Abbondante | Medio | Scarso | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Mediana |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Distale |

FOTO 5.1
FOTO 5.2
FOTO 5.3
FOTO 5.4

Pagina 1 di 8 - Scheda bacino-conoide (v 2.1)

Metodo di analisi: territorio montano/pedemontano

Contenuti della Scheda bacino-conoide

Dati morfometrici da analisi GIS + sopralluogo


- posizione dell'apice della conoide
- disponibilità di sedimento e materiale vegetale
- caratteristiche del canale: inciso, pensile, artificiale...
- per colate detritiche: potenziali punti di innesco

Punti di particolare interesse

- opere idrauliche: tipo e funzionalità
- punti critici: attraversamenti, canali abbandonati...

Informazioni relative ad eventi storici

Disponibilità di studi pregressi


 Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

Allegato IA al Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni
Scheda di rilievo del sistema bacino-conoide (v 2.1)

1 - Anagrafica

Rilevatore: E-mail: Data: gg mm aaaa

ID conoide: Nome torrente:

Database di riferimento: Codice database:

Regione: Comune: Foglio CTR:

Bacino di appartenenza: Sistema di riferimento:

2 - Dati morfometrici della conoide

Superficie (km^2): Quota max (m slm): Quota min (m slm):

Lunghezza (m): Lunghezza alveo (m): Pendenza media alveo ($^\circ$):

X apice (-): Y apice (-):

3 - Dati morfometrici del bacino

Superficie (km^2): Lunghezza alveo principale (km):

Quota massima (m slm): Pendenza media alveo principale ($^\circ$):

Quota minima (m slm): Indice di Melton:

4 - Disponibilità di sedimento a monte della conoide

| Elevata | Media | Ridotta | |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------|
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Alveo |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | Bacino |

5 - Caratteristiche della conoide

| Dinamica dell'alveo | | | Approfondimento | Equilibrio | Innalzamento | Dimensione max del materiale (m) | FOTO |
|---|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|---|------|
| Apice | Media | Distale | | | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | apice | 5.1 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | zona mediana | 5.2 |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | zona distale | 5.3 |
| Sono presenti divagazioni dell'alveo e/o vecchi canali? | | | | | | si <input type="checkbox"/> no <input type="checkbox"/> | FOTO |
| | | | | | | | 5.4 |

6 - Materiale vegetale disponibile per la fluitazione

| Canale | | | Alveo | Sponde | Entrambi | Conoide | | | Apice | Mediana | Distale |
|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|--------------------------|
| Abbondante | Medio | Scarso | | | | Abbondante | Medio | Scarso | | | |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |
| <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> | <input type="checkbox"/> |

Pagina 1 di 8 - Scheda bacino-conoide (v 2.1)

Verifiche di compatibilità idraulica

ALLUVIONI torrentizie

Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

All. I par. 4.1.2
(TR 100)

Analisi idrologica

Utilizzo portate PGRA
fornite da AdB

➤ Relazione idrologica

Modellazione idraulica 2D **a fondo mobile**

Simulazione con eventuali scenari:
rotta arginale
cedimento di opere diverse dagli argini
punti storicamente fragili
ostruzione degli attraversamenti

All. I par. 4.1.3
(TR 100)

Inviluppo degli scenari

➤ Relazione idraulica
comprensiva della
descrizione dell'attività
modellistica effettuata

TR100

Verifica delle variazioni tra stato di fatto e di
progetto in termini di tiranti e velocità (TR 100)

Verifica che l'intervento proposto sia in
condizioni di sicurezza per TR 100 anni

➤ Mappatura (elaborato
cartografico), tavole
grafiche (sezioni,
prospetti)

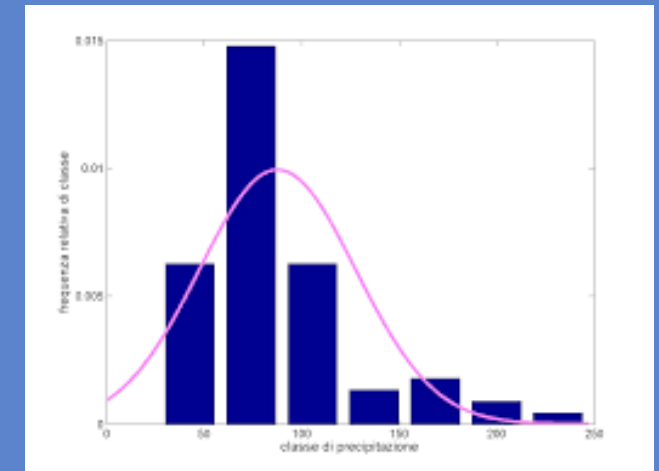
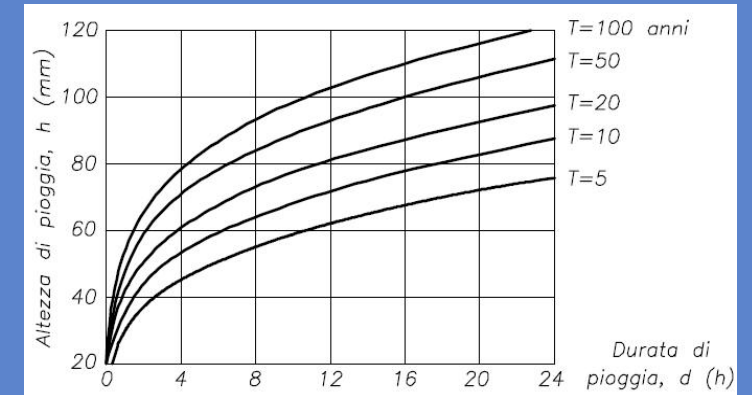


Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione idrologica

Ipotesi di progetto per la determinazione degli idrogrammi con assegnata frequenza di accadimento

- il tempo di ritorno è riferito all'evento meteorico
- Utilizzare un modello idrologico ad evento
- Trascurare i processi di accumulo-scioglimento nivale e di evapotraspirazione
- Il potenziale di infiltrazione ad inizio evento è considerato minimo;
- Le perdite iniziali sono assunte circa pari al 10% del volume specifico di saturazione del suolo



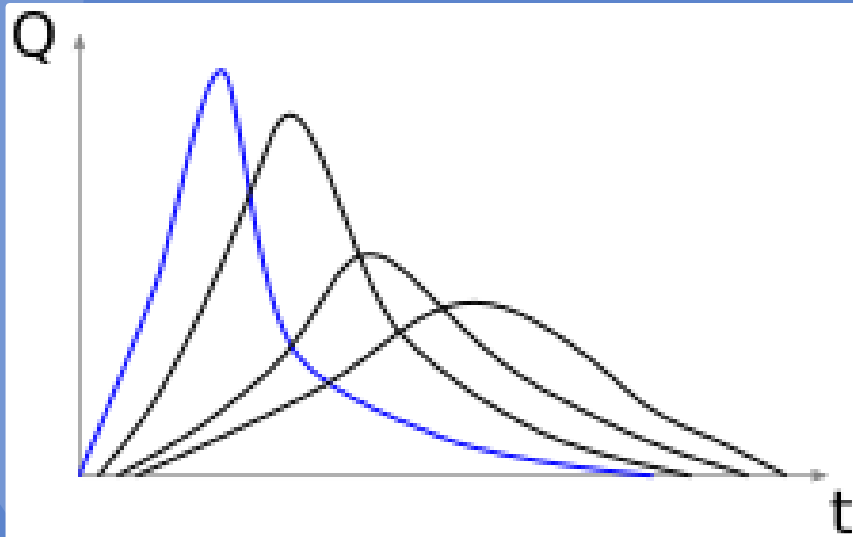
Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione idrologica

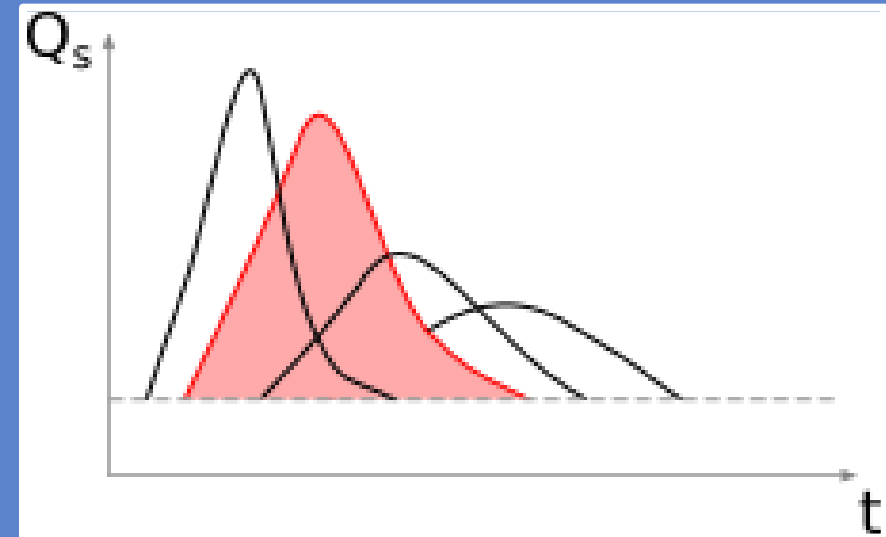
Metodologia operativa

Per il tempo di ritorno 100 anni vengono scelti 2 idrogrammi per ogni sezione di chiusura:

idrogramma **MAX Q**: massimizza il picco della portata liquida



idrogramma **MAX VS**: massimizza il volume totale del sedimentogramma



Il sedimentogramma è calcolato con la formula di trasporto scelta, assumendo come larghezza del canale quella della sezione di ingresso del modello ed applicando l'ipotesi semplificativa di moto uniforme stazionario per ogni valore di portata dell'idrogramma

APPLICATIVI PRESENTI IN SIGMA

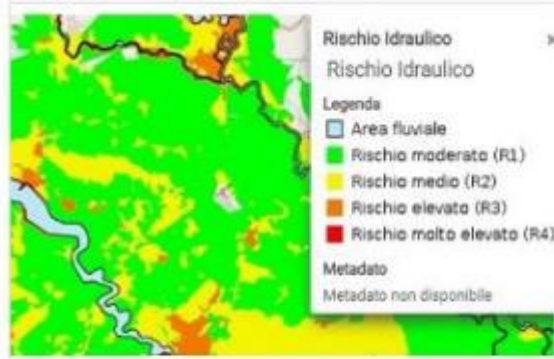
Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni

APPLICATIVI

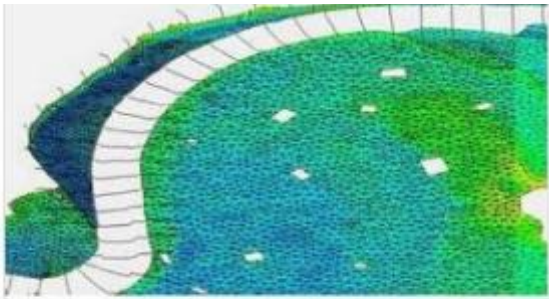
In questa sezione sono pubblicati i software messi a disposizione da parte dell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali per il supporto alle Amministrazioni e a tecnici nello sviluppo delle tematiche connesse con la Direttiva Alluvioni 2007/60/CE



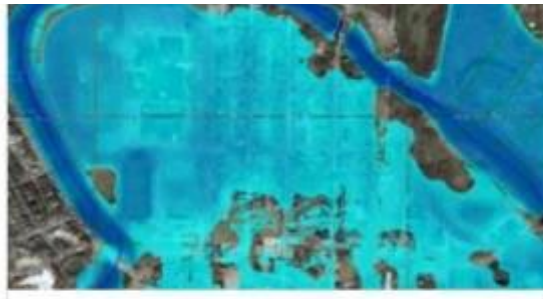
DFRM - Modello A Celle Bifase Per La Propagazione Idraulica Delle Colate Detritiche



HEROlite Per La Valutazione Del Rischio Idraulico



Basement - Modellazione Idro E Morfodinamica



HEC-RAS Modellazione Idraulica Fluviale

Metodo di analisi alluvioni torrentizie

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

sigma.distrettoalpiorientali.it



Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

Per frequenza di accadimento TR 100:

- **simulazione preliminare** con i due idrogrammi **MAX Q** e **MAX V**
 - tutti gli attraversamenti sono completamente liberi da ostruzioni
 - le opere idrauliche con funzionalità buona (integre e con progetto e piano di manutenzione disponibile) sono strutture inerodibili
 - le altre opere sono erodibili
- individuazione delle **sezioni critiche** del dominio e definizione degli **scenari** sulla base dei risultati della simulazione preliminare:
 1. rotta arginale
 2. cedimento di opere diverse dagli argini (muri di sponda, opere trasversali...);
 3. punti storicamente fragili;
 4. ostruzione degli attraversamenti.

Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione degli scenari

1. **rotta arginale:** stessa metodologia delle alluvioni di pianura
2. **cedimento delle opere:** simulazione del crollo di strutture in conseguenza delle condizioni idrauliche che si verificano durante gli eventi di piena
 - scavo massimo al piede dell'opera superiore all'altezza delle fondazioni;
 - per opere in massi sciolti: sforzo tangenziale superiore al limite per la mobilizzazione dei massi



3. **punti storicamente fragili:** In presenza di informazioni o testimonianze

Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione degli scenari

4. ostruzione degli attraversamenti dovuta all'accumulo di materiale flottante:

per ogni attraversamento si calcola la **riduzione della luce disponibile** in funzione di:

disponibilità di vegetazione
a monte dell'attraversamento
in alveo e sulle sponde



probabilità di raggiungimento
dell'attraversamento
da parte del materiale



forma dell'attraversamento:
ad arco, con ostacoli,
con pile, luci multiple...



L'attraversamento è simulato come completamente ostruito dall'istante in cui il flusso occupa tutta l'area ridotta

Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

Metodologia operativa

È necessario anzitutto definire una zona sufficientemente che comprenda :

- a. l'area di interesse, oggetto della trasformazione
- b. Il fiume o i fiumi causa di allagamento (e le eventuali rotte)
- c. Un contorno sufficientemente ampio da garantire che nell'estensione ricada sia l'area di interesse che il fiume che genera allagamento per un tratto esteso per una lunghezza pari ad almeno cinque volte la larghezza delle sezioni stesse e in direzione trasversale rispetto al moto il dominio si estende a sinistra e destra del canale fino a comprendere tutte le aree che possono essere interessate da alluvione. Questa condizione è verificata se si hanno tiranti nulli lungo i confini del dominio;
- d. Nel caso di zone di attenzione il dominio deve ricomprendere l'intera zona



Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

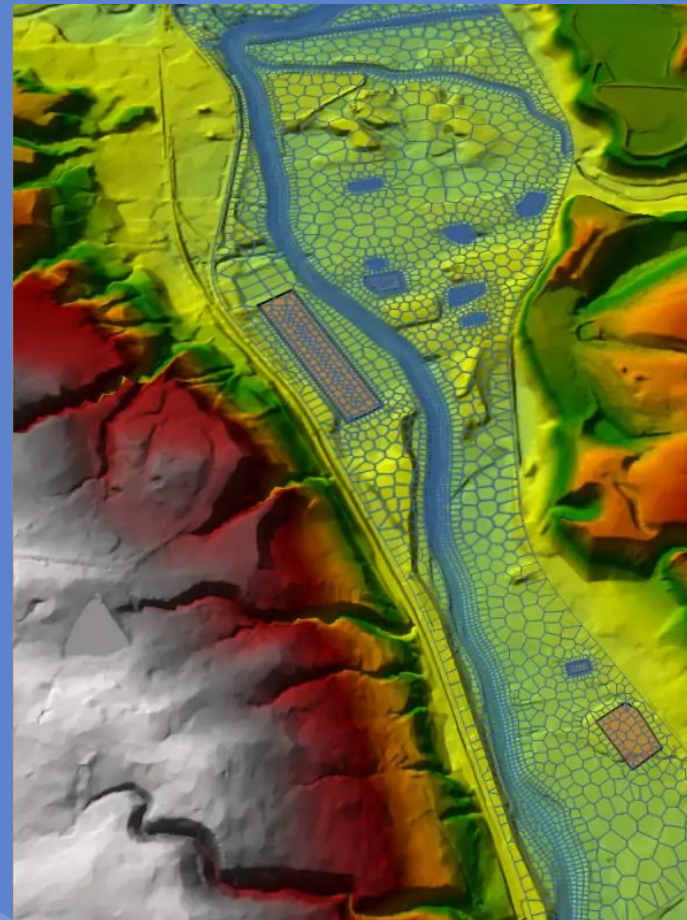
Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

Metodologia operativa

Definita l'area deve essere:

- a. Eseguito un rilievo geometrico di dettaglio o in alternativa acquisito il materiale cartografico più aggiornato dagli enti competenti (es. DTM)
- b. Catalogata ciascuna opera rilevante ai fini idraulici (ponti, opere trasversali e longitudinali (traverse, sfiori ecc.), opere di presa e derivazione)

Rilevata la geometria, dev'essere discretizzato il dominio in modo che risulti rappresentativo dello stato di fatto, avendo cura di includere le eventuali singolarità che possano avere rilevanza ai fini idraulici (canali secondari, strade in rilevato, tombini, ecc.)



Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

Metodologia operativa

Assegnazione parametri idraulici frutto di un accurato e **documentato sopralluogo**

Per la scabrezza e le caratteristiche del fondo è necessario eseguire anche la caratterizzazione granulometrica del corso d'acqua indagato

Per il calcolo delle scabrezze in alveo e fuori alveo è possibile far riferimento alla letteratura; tali parametri potranno essere modificati in fase di taratura del modello.

Assegnati i parametri idraulici, geometrici e le condizioni al contorno il modello deve essere tarato per confronto con:

- a. Eventi storici di cui siano disponibili le serie registrate di livelli o portate
- b. Estensione delle aree allagate e mappatura altezze idriche scaricabili da SIGMA e predisposti nell'ambito della redazione del PGRA

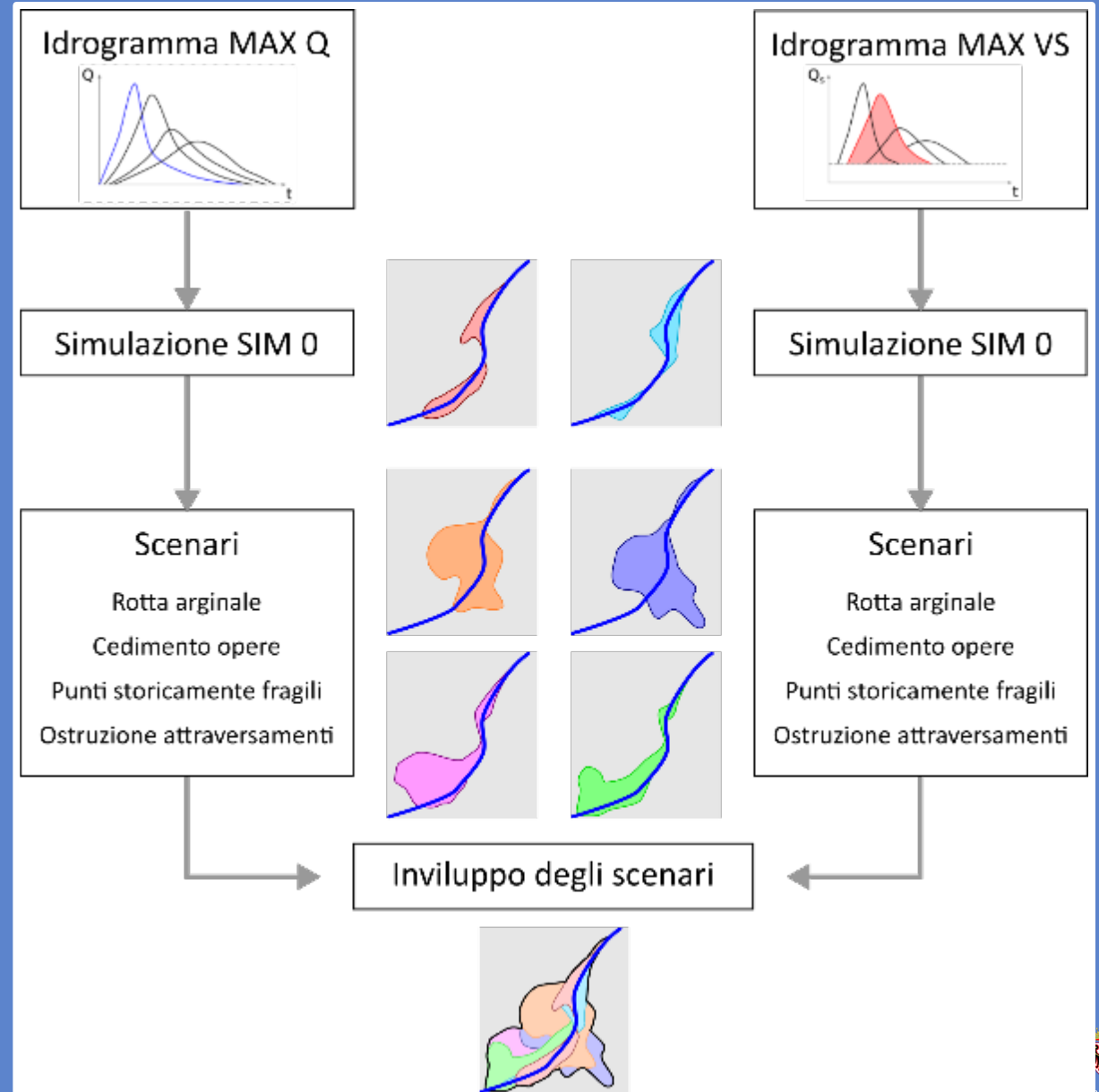


Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

Predisposto il modello vanno eseguite le simulazioni di ciascuno scenario (TR100)

- per lo stato di fatto (SDF)
- per lo stato di progetto (SDP)



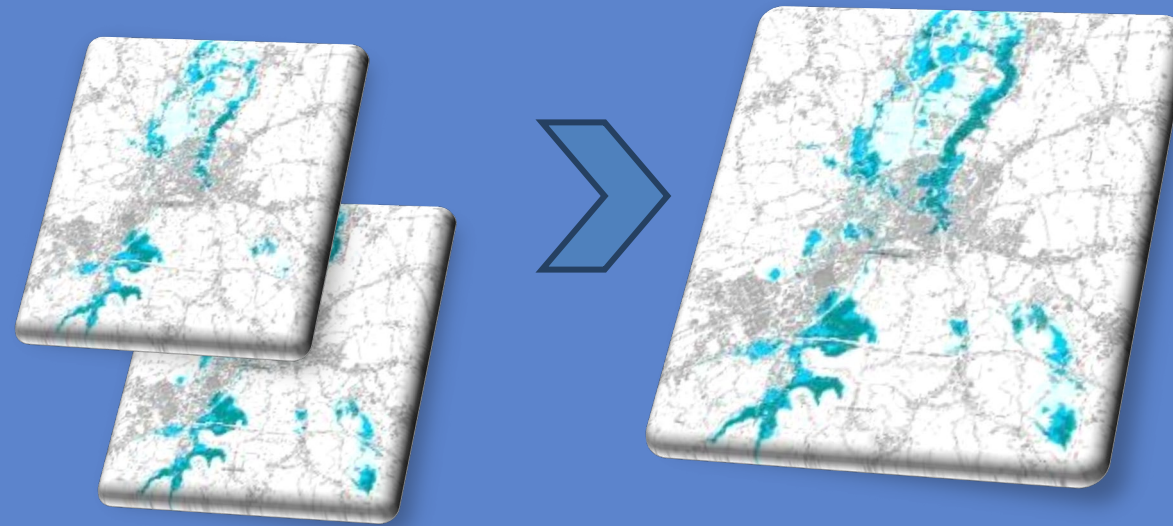
Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

Metodologia operativa

una volta simulati gli scenari

**-> inviluppo degli
allagamenti e delle velocità**
derivanti dai diversi scenari
implementati



Ottenimento di 1 solo raster di tiranti e 1 raster di velocità (TR100)
sia per lo Stato di Fatto (SDF) che per lo Stato di Progetto (SDP)

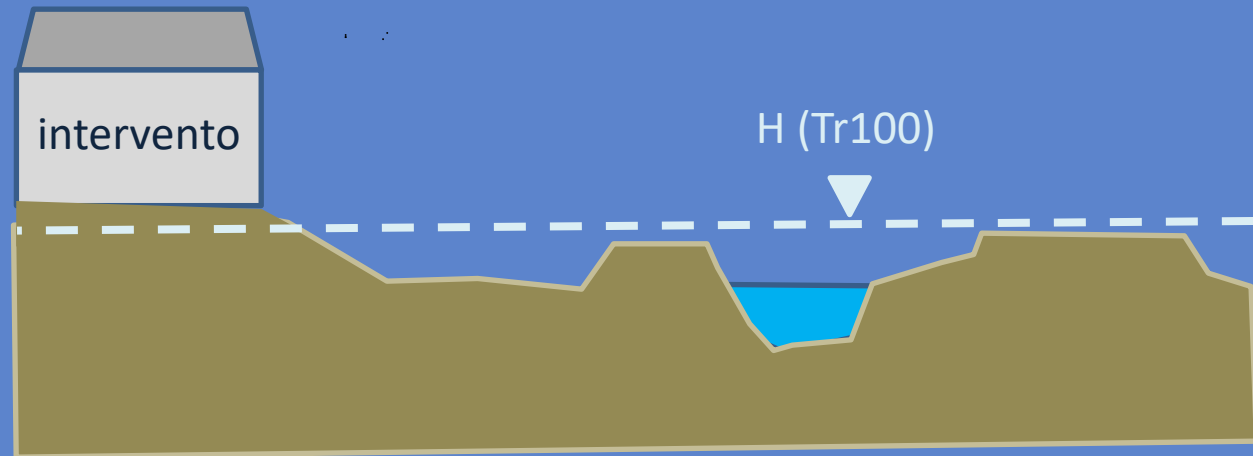
Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

Metodologia operativa

Verificare che:

a. l'intervento sia in condizioni di sicurezza per TR 100 anni prendendo a riferimento il valore del tirante idrico dello scenario di media probabilità (TR 100)



Metodo di analisi: alluvioni torrentizie

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

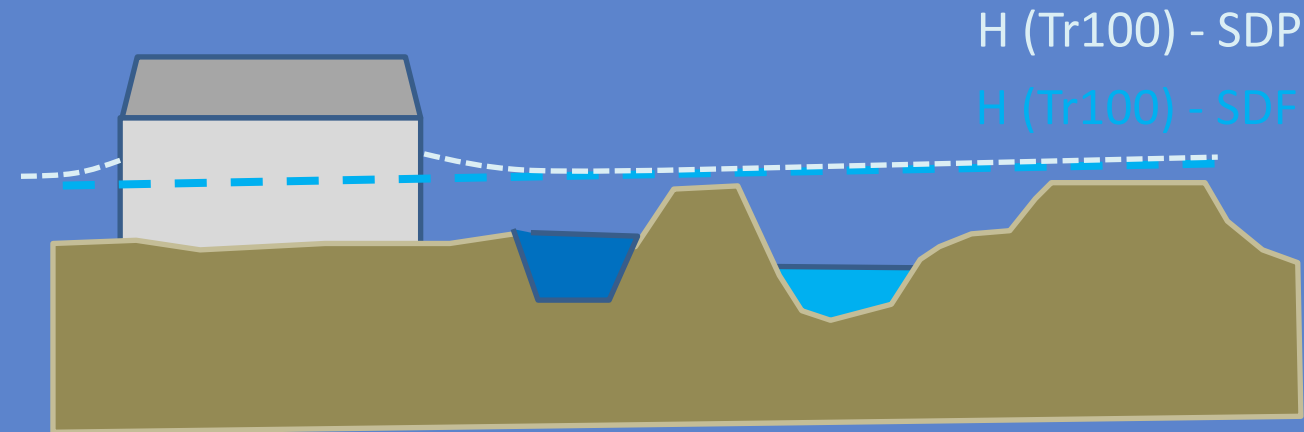
Metodologia operativa

Verificare che:

b) non vi siano sensibili differenze tra SDF e SDP in termini di tiranti e velocità per lo scenario TR 100

i nuovi tiranti e velocità siano prossimi a quelli dello SDF
es. differenze < 5 cm o < 0.05 m/s (tolleranze modello)

Le differenze tra livelli vanno valutate **in quota assoluta**
(per non considerare eventuali scavi relativi a misure compensative)



Verifiche di compatibilità idraulica

Colate detritiche

Metodo di analisi: colate detritiche

All. I par. 3.2.1
(TR100)

Analisi idrologica

Utilizzo portate PGRA
fornite da AdB

> Relazione idrologica

Modellazione 2D **bifase a fondo mobile**

Simulazioni con eventuali scenari:
ostruzione degli attraversamenti
divagazione

Inviluppo degli scenari

> Relazione idraulica
comprensiva della
descrizione dell'attività
modellistica effettuata

TR100

Verifica delle variazioni tra stato di fatto e di
progetto in termini di tiranti, velocità, spessore
deposito di sedimenti (TR 100)

Verifica che l'intervento proposto sia in
condizioni di sicurezza per TR 100 anni

> Mappatura (elaborato
cartografico), tavole
grafiche (sezioni,
prospetti)

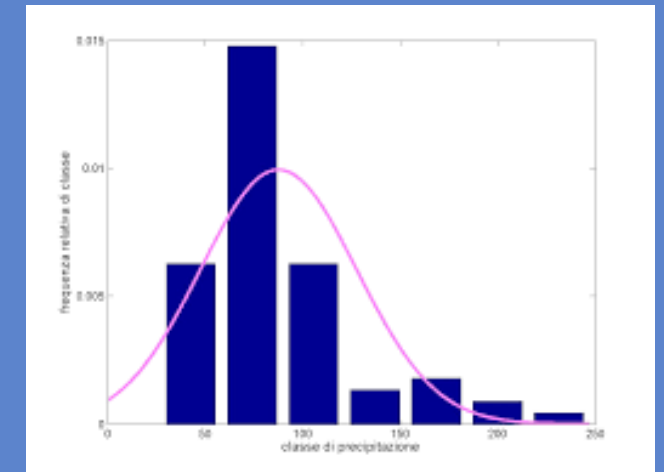
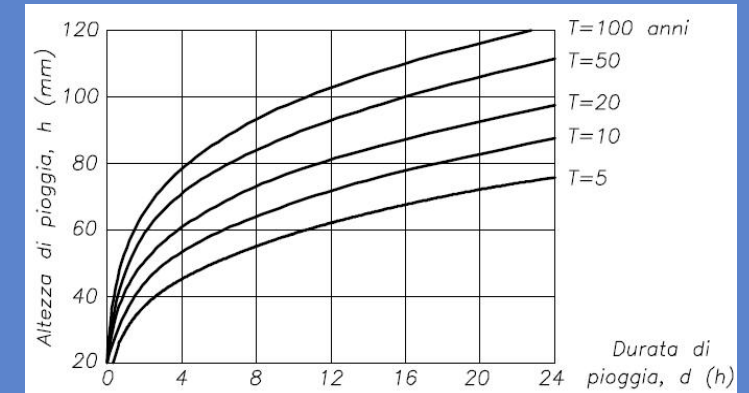


Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione idrologica

Ipotesi di progetto per la determinazione degli idrogrammi con assegnata frequenza di accadimento

- il tempo di ritorno è riferito all'evento meteorico
- Utilizzare un modello idrologico ad evento
- Trascurare i processi di accumulo-scioglimento nivale e di evapotraspirazione
- Il potenziale di infiltrazione ad inizio evento è considerato minimo;
- Le perdite iniziali sono assunte circa pari al 10% del volume specifico di saturazione del suolo



Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione idrologica

Metodologia operativa



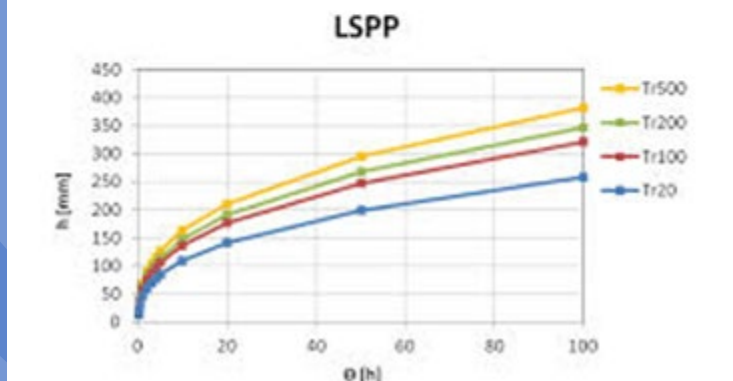
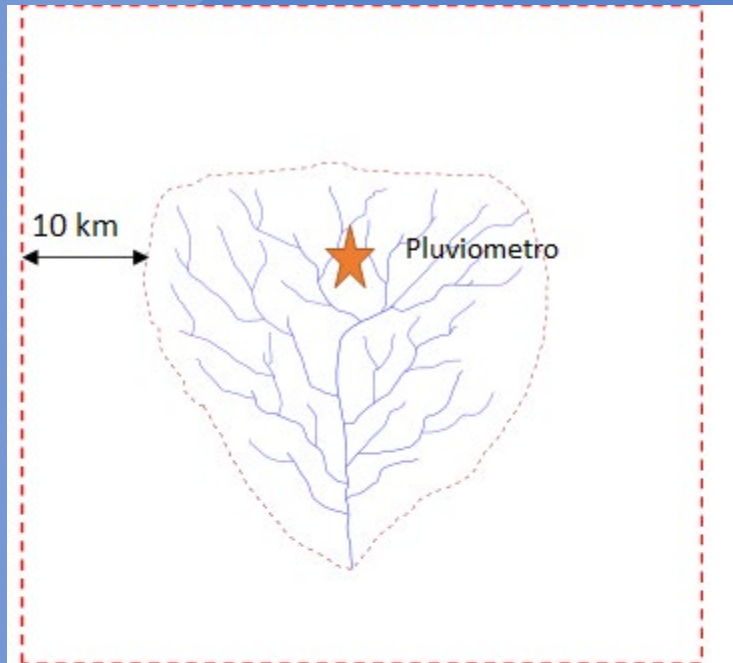
- Individuare l'area di interesse
- Verificare dalle mappe degli allagamenti del PGRA quali siano i corsi d'acqua che producono l'allagamento
- Individuare la sezione di chiusura idonea a rappresentare il processo di generazione dei deflussi afferenti all'area di interesse
- Individuare il bacino imbrifero sotteso

Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione idrologica

Metodologia operativa

- Individuare la stazione in quota più prossima
- Individuare i quantili di pioggia mediante l'uso di Curve Possibilità Pluviometrica per TR 100 anni con metodi statistici (es. GUMBEL, GEV, ecc..)
- Per ogni TR e per tutte le durate di precipitazione esaminate, calcolare gli ietogrammi aventi forma «**blocchi alterni**» e «**uniforme**» a parità di volume di precipitazione



Metodo di analisi: colate detritiche

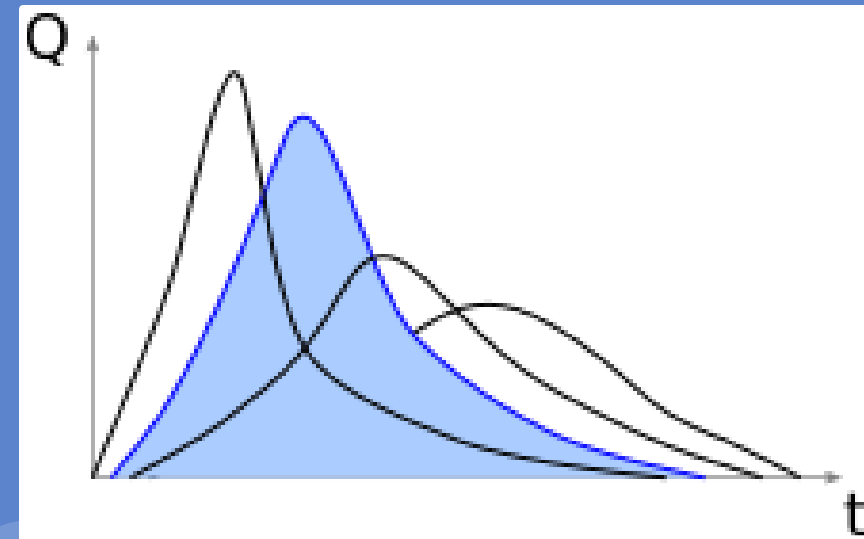
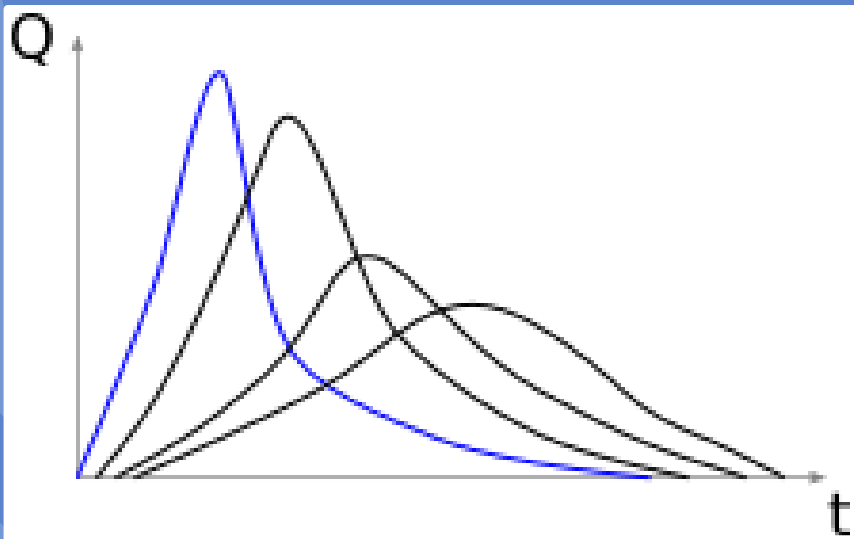
Modellazione idrologica

Metodologia operativa

- Scelta del modello di trasformazione afflussi – deflussi (ad evento)
- Run del modello e creazione fascio di piena (un idrogramma per ogni TR, durata, forma)
- vengono scelti 2 idrogrammi per ogni punto di innesco:

idrogramma **I1**: massimizza il picco della portata liquida

idrogramma **I2**: massimizza il volume liquido



Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione idrologica

Metodologia operativa

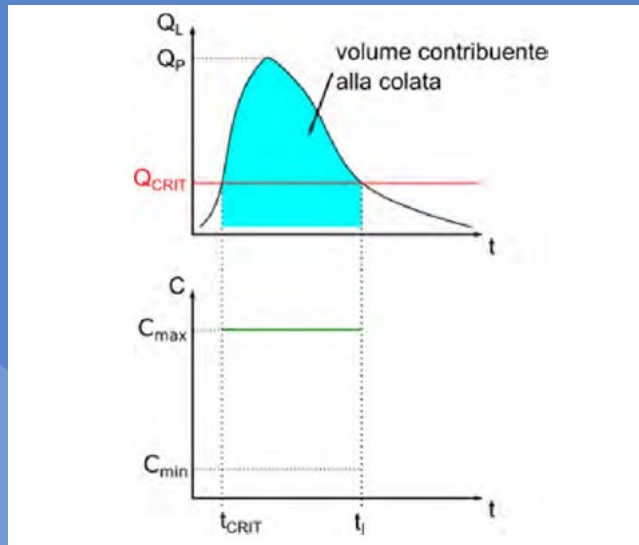
A partire dall'idrogramma liquido, calcolare:

- portata critica per unità di larghezza del canale q_{CRIT} [m³/s/m]

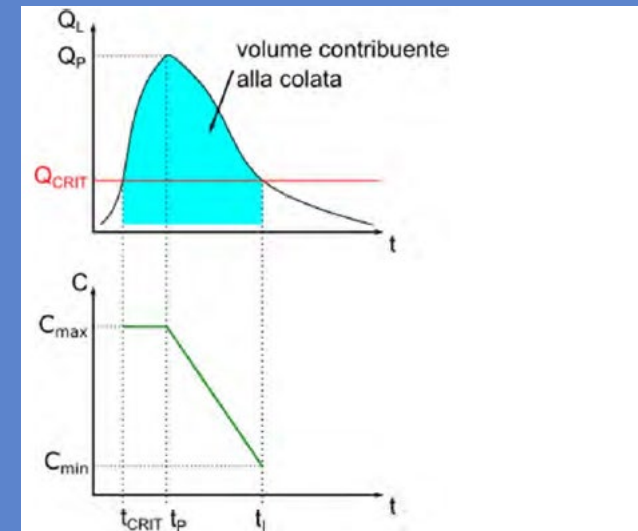
$$q_{CRIT} = 0.195 (s - 1)^{0.5} g^{0.5} d_m^{1.5} (\tan\beta_I)^{-1.27}$$

- idrogramma solido-liquido o debrisgramma

$$Q_{SL} = Q_L \left(\frac{c^*}{c^* - c} \right)$$



Concentrazione costante



Concentrazione variabile nel tempo

APPLICATIVI PRESENTI IN SIGMA

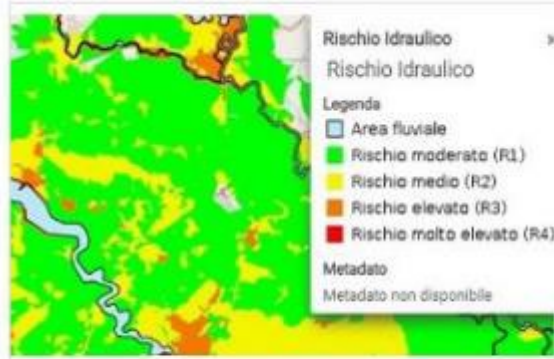
Sistema Informativo per la Gestione ed il Monitoraggio delle informazioni e dei procedimenti Ambientali della Direttiva Alluvioni

APPLICATIVI

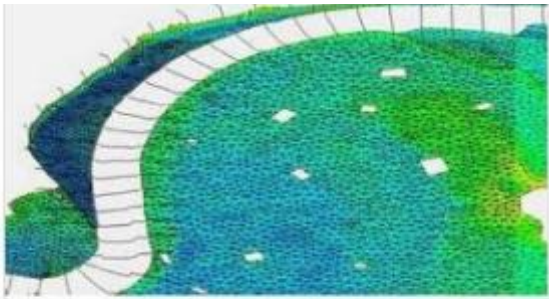
In questa sezione sono pubblicati i software messi a disposizione da parte dell'Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali per il supporto alle Amministrazioni e a tecnici nello sviluppo delle tematiche connesse con la Direttiva Alluvioni 2007/60/CE



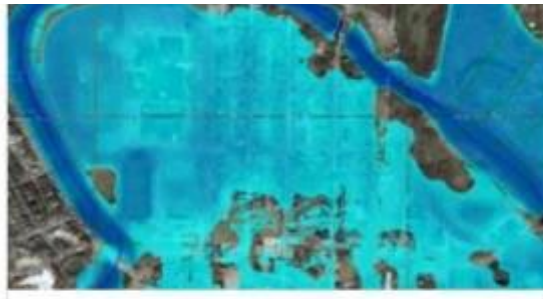
DFRM - Modello A Celle Bifase Per La Propagazione Idraulica Delle Colate Detritiche



HEROlite Per La Valutazione Del Rischio Idraulico



Basement - Modellazione Idro E Morfodinamica



HEC-RAS Modellazione Idraulica Fluviale

Metodo di analisi colate detritiche

Modellazione idraulica 2D bifase a fondo mobile

sigma.distrettoalpiorientali.it



Autorità di bacino distrettuale delle Alpi Orientali

Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione idraulica 2D bifase a fondo mobile

Calibrazione del modello

- **simulazione con idrogramma I1** per tempo di ritorno **100 anni**
 - tutti gli attraversamenti sono completamente liberi da ostruzioni
 - le opere idrauliche con funzionalità buona (integre e con progetto e piano di manutenzione disponibile) sono strutture inerodibili, le altre opere sono erodibili
- grandezza di riferimento: volume solido che transita all'apice della conoide

$$V_{SED} = 52000 A^{0.94} \quad \text{per } A < 1 \text{ km}^2$$

$$V_{SED} = 29440 A^{0.89} \quad \text{per } A \geq 1 \text{ km}^2$$

A = Area del bacino

chiuso all'apice della conoide

Modificato da: Marchi, L., Brunetti, M. T., Cavalli, M., Crema, S. (2019) «Debris-flow volumes in northeastern Italy: Relationship with drainage area and size probability.», Earth Surface Processes and Landforms, 44: 933–943

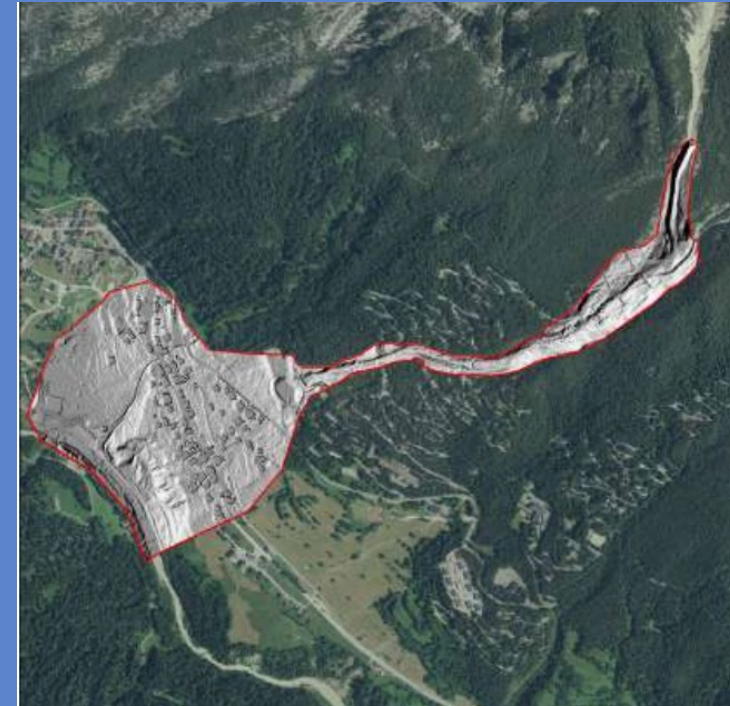
- parametri di calibrazione:
 - concentrazione della colata
 - caratteristiche dei suoli: resistenza al moto, erosività
 - tempo di pioggia

Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione 2D bifase a fondo mobile

Per frequenza di accadimento TR 100:

- **simulazione preliminare** con i due idrogrammi I1 e I2
 - tutti gli attraversamenti sono completamente liberi da ostruzioni
 - le opere idrauliche con funzionalità buona (integre e con progetto e piano di manutenzione disponibile) sono strutture inerodibili
 - le altre opere sono erodibili
- individuazione delle **sezioni critiche** del dominio e definizione degli **scenari** sulla base dei risultati della simulazione preliminare:
 1. ostruzione degli attraversamenti
 2. divagazione d'alveo



Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione 2D bifase a fondo mobile

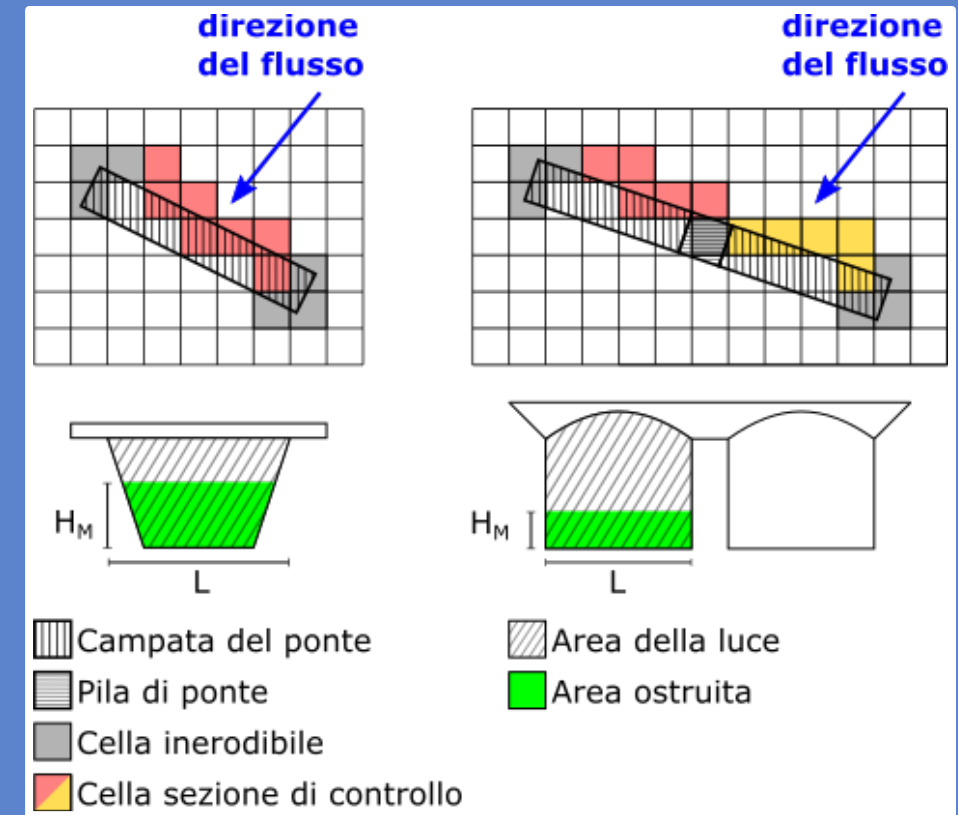
Modellazione degli scenari

1. ostruzione degli attraversamenti dovuta all'accumulo di materiale flottante:

per ogni attraversamento si calcola la **percentuale di area ostruita** sulla base dei risultati della simulazione preliminare

Il valore limite dell'area ostruita dipende dalla **disponibilità di vegetazione sulla conoide**

Se la percentuale supera il valore soglia l'attraversamento è simulato come completamente ostruito per tutta la durata della simulazione



Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione 2D bifase a fondo mobile

Modellazione degli scenari

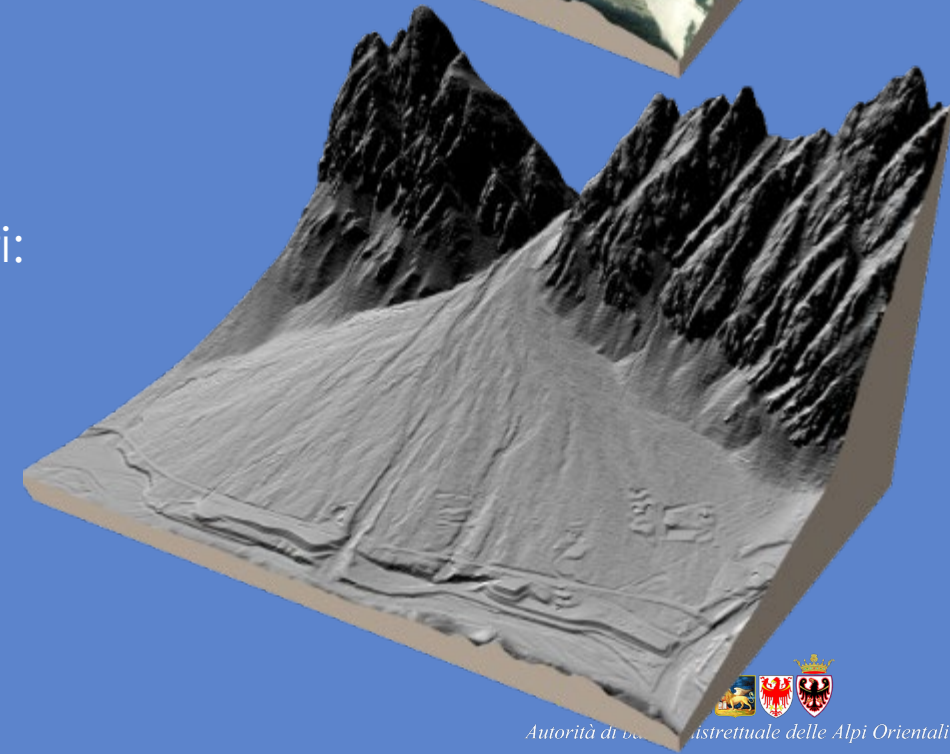
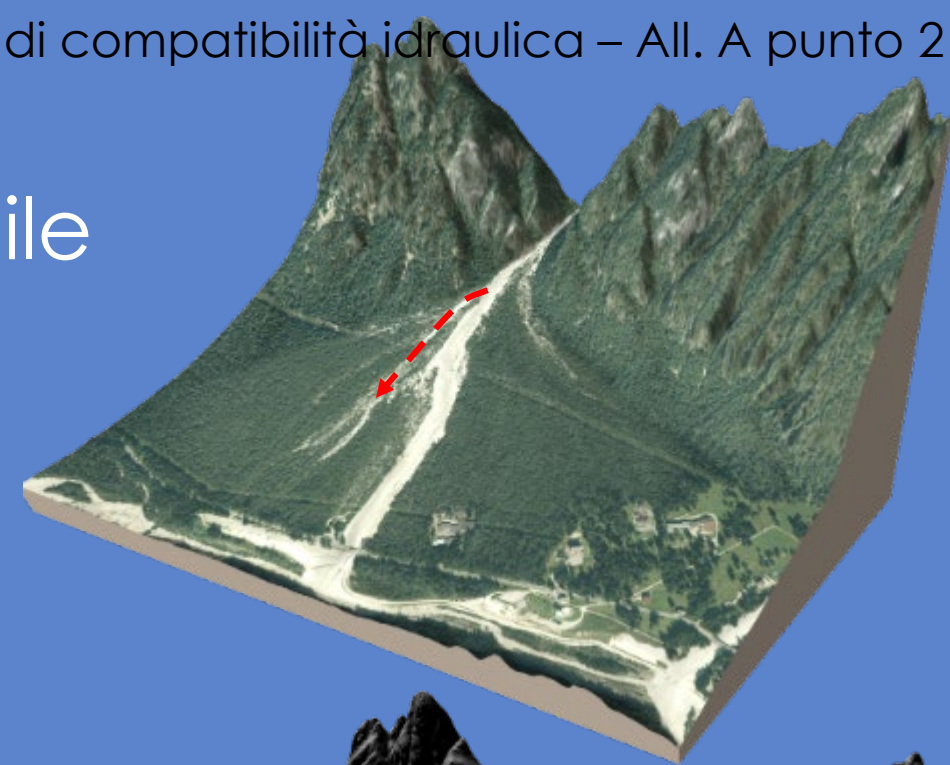
2. divagazione d'alveo

Identificazione dei punti di possibile divagazione, tra cui:

- apice della conoide
- canali secondari
- punti di fragilità di opere di difesa

Modifica locale del DTM per riprodurre i processi scatenanti:

- cedimento di opere di difesa o arginelli naturali:
abbassamento locale delle quote
- progressivo accumulo di materiale nel canale:
innalzamento locale delle quote nel canale



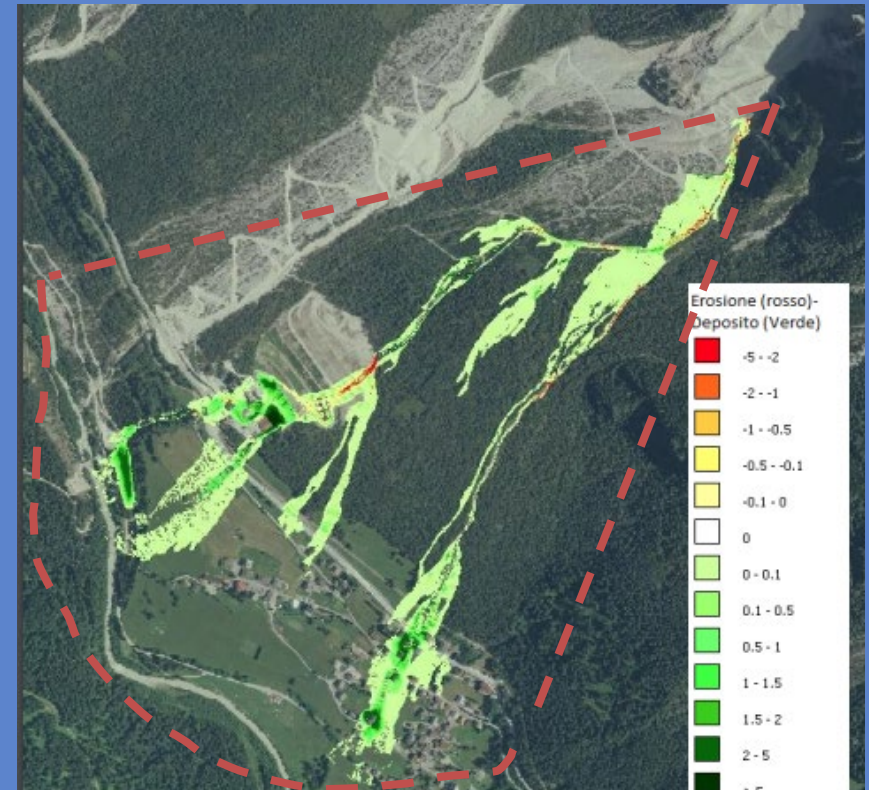
Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione 2D bifase a fondo mobile

Metodologia operativa

È necessario anzitutto definire una zona sufficientemente estesa (come per alluvioni torrentizie) che comprenda :

- l'area di interesse, oggetto della trasformazione
- l'intera superficie della conoide ed eventuali zone di ristagno al piede della stessa
- Nel caso di zone di attenzione il dominio deve ricomprendere l'intera zona



Metodo di analisi: colate detritiche

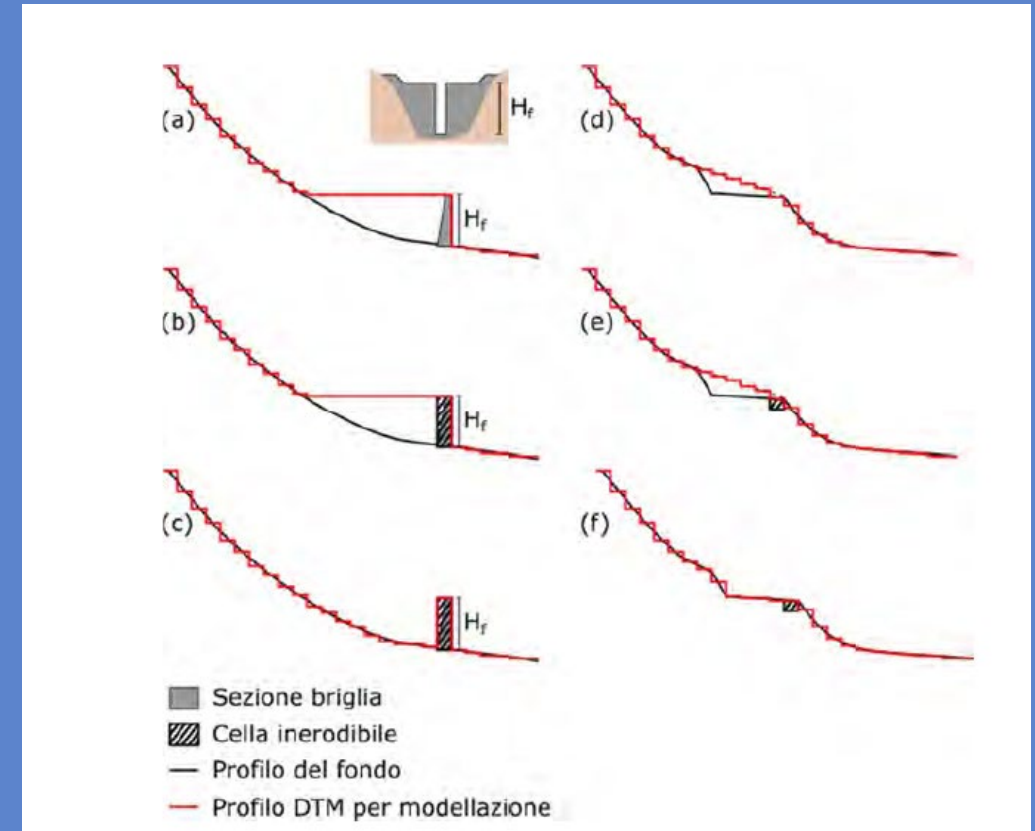
Modellazione 2D bifase a fondo mobile

Metodologia operativa

Definita l'area deve essere:

- Eseguito un rilievo geometrico di dettaglio (DTM a celle < 2m) o in alternativa acquisito il materiale cartografico più aggiornato dagli enti competenti
- Catalogata ciascuna opera rilevante ai fini idraulici (ponti, opere trasversali e longitudinali (traverse, briglie ecc.)

Rilevata la geometria, dev'essere discretizzato il dominio in modo che risulti rappresentativo dello stato di fatto, avendo cura di includere nel DTM le eventuali singolarità che possano avere rilevanza ai fini idraulici (canali secondari, strade in rilevato, tombini, ecc.)



Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione 2D bifase a fondo mobile

Metodologia operativa

L'inserimento delle opere è effettuato sulla base della funzionalità idraulica:

- a) funzionalità scarsa o assente: le celle corrispondenti alle opere sono considerate erodibili;
- b) funzionalità buona: le strutture sono simulate come celle non erodibili di quota nota derivata dal DTM e verificata con rilievo in campo.

Assegnazione parametri idraulici frutto di un accurato e **documentato sopralluogo**

Per la scabrezza è necessario definire una mappa dettagliata degli usi del suolo (es: rocce, ghiaioni, aree boscate, aree prative, aree edificate, strade...)

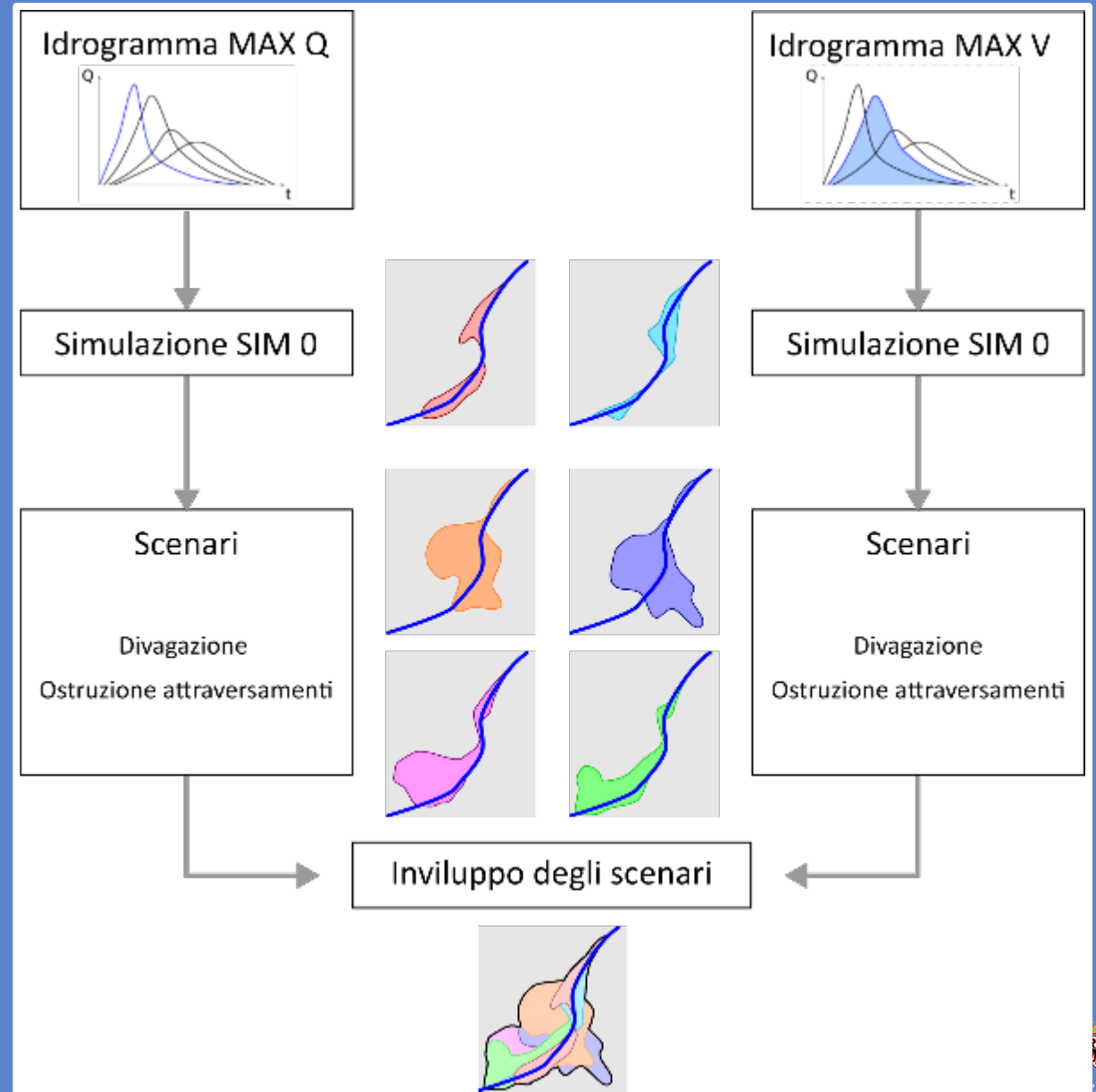


Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

Predisposto il modello vanno eseguite le simulazioni di ciascuno scenario (TR100)

- per lo stato di fatto (SDF)
- per lo stato di progetto (SDP)



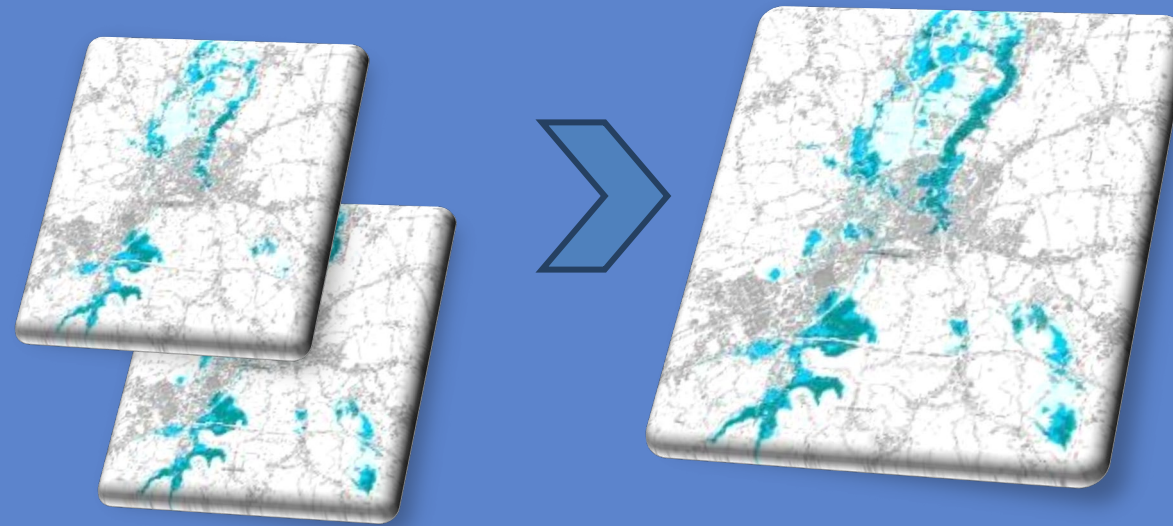
Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

una volta simulati gli scenari

**-> inviluppo degli
allagamenti, delle velocità,
dello spessore dei depositi**
derivanti dai diversi scenari
implementati



sia per lo Stato di Fatto (SDF) che per lo Stato di Progetto (SDP)

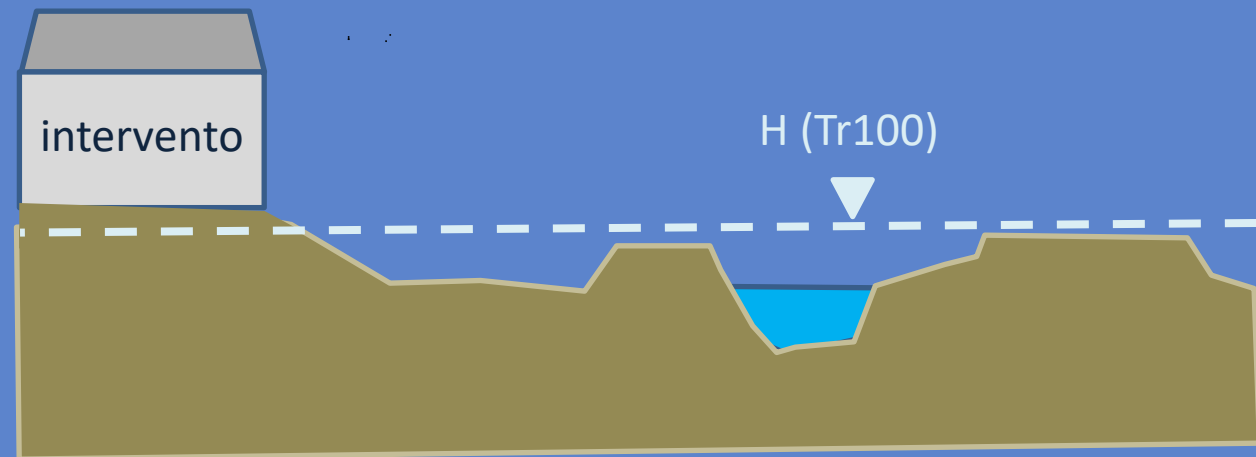
Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

Verificare che:

a. l'intervento sia in condizioni di sicurezza per TR 100 anni prendendo a riferimento il valore del tirante idrico e del deposito dello scenario di media probabilità (TR 100)



Metodo di analisi: colate detritiche

Modellazione idraulica

Metodologia operativa

Verificare che:

b) non vi siano sensibili differenze tra SDF e SDP in termini di velocità e spessore del deposito dei sedimenti per lo scenario TR 100

Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A
punto 3.1 delle NTA

Interventi in **AREA FLUVIALE** che interferiscono con la morfologia in atto o prevedibile del corpo idrico

Metodo di analisi

All. I par. 4.1.2
(TR100)

Analisi idrologica

➤ Relazione idrologica

Modellazione idraulica 2D a fondo mobile

Simulazioni con eventuali scenari:
rotta arginale
cedimento di opere diverse dagli argini
punti storicamente fragili
ostruzione degli attraversamenti

➤ Relazione idraulica
comprensiva della
descrizione dell'attività
modellistica effettuata

Inviluppo degli scenari

➤

TR100

Verifica delle variazioni tra stato di fatto e di progetto in termini di tiranti e velocità (TR 100)
Verifica che l'intervento proposto sia in condizioni di sicurezza per TR 100 anni

➤

➤ Mappatura (elaborato cartografico), tavole grafiche (sezioni, prospetti)



IL METODO DI ANALISI È DEL TUTTO ANALOGO A QUELLO DEI FENOMENI TORRENTIZI

Verifica di compatibilità idraulica

elaborata sulla base dell'All. A punto 3.2 delle NTA

Interventi di asportazione di materiale litoide per la regimazione e la manutenzione idraulica $\geq 20.000 \text{ m}^3$

Analisi richieste:

- **bilancio del trasporto solido al fondo:** confronto fra i flussi di sedimento e i volumi di asportazione previsti
- **analisi dell'evoluzione planoaltimetrica** del corso d'acqua e delle tendenze evolutive future su un intervallo temporale di almeno 50 anni
- **modellazione 2D a fondo mobile dell'evento con tempo di ritorno 100 anni**
a partire dalla configurazione morfologica finale (+ 50 anni)

(confronto dettagliato tra stato di fatto e di progetto in termini di tirante idraulico, distribuzione spaziale della velocità della corrente e variazione delle quote del fondo)

Fino alla predisposizione dei programmi di gestione dei sedimenti di cui all'articolo 117, comma 2-quater, del decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152



Aggiornamento delle perimetrazioni delle aree a pericolosità idraulica (Art. 6)

Metodo di analisi:

analogo a quello richiesto per la verifica di compatibilità idraulica, in base alla tipologia di fenomeno



Le analisi idrologiche ed idrauliche vanno elaborate con riferimento ai diversi scenari di tempo di ritorno (TR30, 100, 300 anni)

(Allegato A alle NTA, paragrafo 1)

La metodologia di classificazione della pericolosità idraulica varia a seconda della tipologia di fenomeno alluvionale

(Allegato 1 al Piano)

Classificazione della pericolosità idraulica

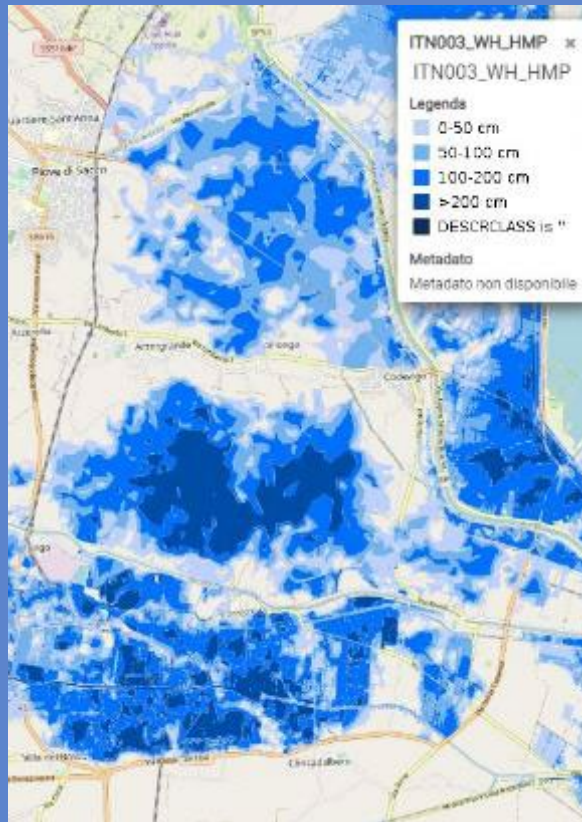
ALLUVIONI nel territorio di pianura

Metodologia di classificazione della pericolosità idraulica, da adottare in modo omogeneo su tutto il territorio distrettuale

Per ogni processo, individuate tre classi di intensità (sulla base di specifici criteri) vengono individuate **tre classi di pericolo** attraverso la **matrice di BUWAL**

P1 moderato
P2 medio
P3 elevato

(CRITERIO IDRAULICO)



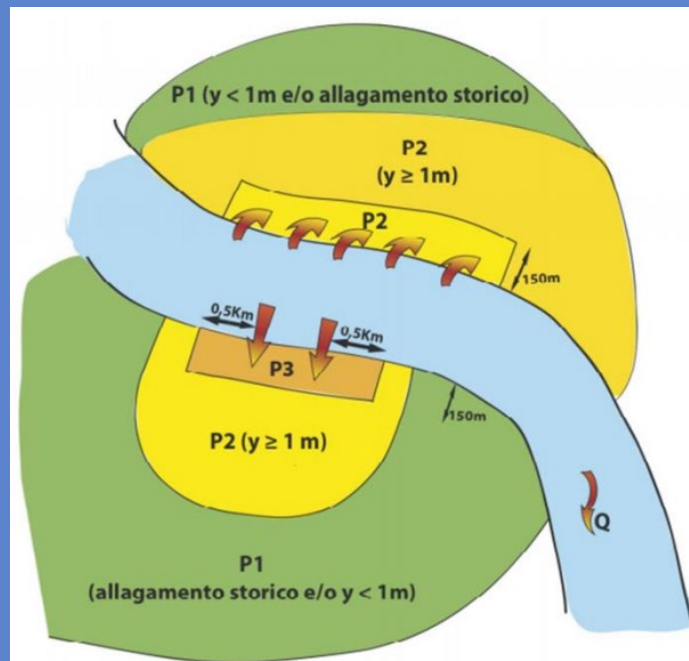
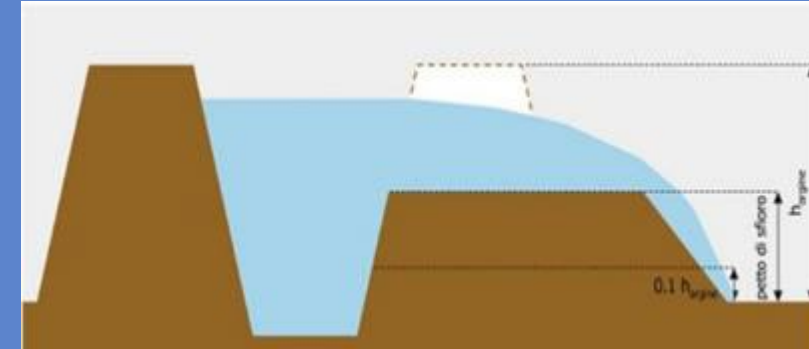
matrice di BUWAL

| | | | | |
|------------------|---------------------------------|--|------------------------------|-------------------------------|
| Intensità | $v \geq 1\text{m/s}$ elevata | P2 | P2 | P1 |
| | $(h) \geq 1\text{m}$ media | P2 | P2 | P1 |
| | $h < 1\text{m}$ bassa | P2 | P1 | P1 |
| | | Elevata $T_R \leq 30$ | media $30 < T_R \leq 100$ | bassa $100 < T_R \leq 300$ |
| | | Probabilità di accadimento (T_R) | | |

Classificazione della pericolosità idraulica

ALLUVIONI nel territorio di pianura

classificazione P3 per le zone contigue a difese arginali che in passato sono state sede di eventuali rotte e/o versano in cattivo stato di manutenzione
 (* CRITERIO STORICO - GEOMETRICO)



- INSUFFICIENZA DA MODELLO
- E
- ROTTA STORICA O STRUTTURA ARGINALE IN CATTIVO STATO DI MANUTENZIONE
- INSUFFICIENZA DA MODELLO

matrice di BUWAL modificata

| | | | | |
|-----------|---------|---------|-------|-------|
| Intensità | elevata | P3 * | P3 * | P3 * |
| | media | P2 | P2 | P1 |
| | bassa | P2 | P1° | P1° |
| | | elevata | media | bassa |

Probabilità di accadimento (T_R)



Classificazione della pericolosità idraulica

ALLUVIONI nel territorio di pianura

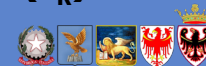
classificazione P1 delle aree storicamente allagate, delle aree a scolo meccanico, delle aree soggette a ristagno/risalita della falda freatica
(° CRITERIO STORICO - IDRAULICO)



matrice di BUWAL modificata

| | | | | |
|-----------|---------|---------|-------|-------|
| Intensità | elevata | P3 * | P3 * | P3 * |
| | media | P2 | P2 | P1 |
| | bassa | P2 | P1° | P1° |
| | | elevata | media | bassa |

Probabilità di accadimento (T_R)



Classificazione della pericolosità idraulica: alluvioni torrentizie

Criterio idraulico basato su **tirante** (h) e **velocità** (v)

**Intensità
bassa**

$$h < 0.5 \text{ m e} \\ h \cdot v < 0.5 \text{ m}^2/\text{s}$$

Intensità media

casi rimanenti

Intensità elevata

$$h > 2 \text{ m o} \\ h \cdot v > 2 \text{ m}^2/\text{s}$$

matrice di BUWAL

| | | | | |
|-----------|---------|-----------------------|-------------------------------|--------------------------------|
| Intensità | elevata | P3 | P3 | P3 |
| | media | P3 | P2 | P2 |
| | bassa | P2 | P1 | P1 |
| | | alta $TR \leq 30a$ | media $30a < TR \leq 100a$ | bassa $100a < TR \leq 300a$ |
| | | Probabilità | | |

- Pericolosità elevata
- Pericolosità media
- Pericolosità moderata



Classificazione della pericolosità idraulica: fenomeni di colata

Criterio idraulico basato su **spessore del deposito** (M) e **velocità** (v)

Intensità bassa

fenomeni mitigati*

Intensità media





$M \leq 1 \text{ m}$ o $v \leq 1 \text{ m/s}$

Intensità elevata

$M > 1 \text{ m}$ e $v > 1 \text{ m/s}$

matrice di BUWAL

| | | | | |
|-----------|---------|------------------------|--------------------------------|---------------------------------|
| Intensità | elevata | P3b | P3b | P3a |
| | media | P3a | P2 | P2 |
| | bassa | P1 | P1 | P1 |
| | | alta $T_R \leq 30a$ | media $30a < T_R \leq 100a$ | bassa $100a < T_R \leq 300a$ |
| | | Probabilità | | |

-  Pericolosità elevata - ex P4
-  Pericolosità elevata - ex P3
-  Pericolosità media
-  Pericolosità moderata

* in seguito a realizzazione di **opere di mitigazione** o a **variazioni morfologiche**

