



Comune di Lumezzane

Provincia di Brescia

Valutazione e zonizzazione della
pericolosità del rischio esondazione lungo il
Torrente Gobbia

Allegato IV DGR 2616/2011

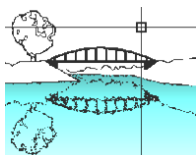
RELAZIONE IDROLOGICA

Dott. ing. Claudio Granuzzo

SePrAm S.r.l. - Servizi Progettazione Ambiente

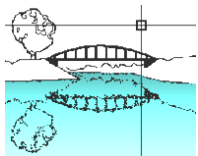
Via C. Biseo 26 25128 Brescia

Brescia, febbraio 2023



SOMMARIO

PREMESSA	3
Scopo del lavoro	3
Classificazione rischio idraulico – stato di fatto.....	5
Caratteristiche del suolo e del sottosuolo.....	6
Il territorio	6
La morfologia.....	7
Idrografia	10
Idrogeologia.....	12
Permeabilità superficiale delle diverse unità litologiche	13
Aree vulnerabili dal punto di vista idraulico.....	15
Caratteristiche del bacino del torrente gobbia.....	17
Definizione dell'evento meteorico di riferimento	20
Legge di pioggia di progetto	20
Ietogramma di progetto	24
Trasformazione afflussi / deflussi: il metodo SCS - CN	27
Parametrizzazione in base al tipo idrologico e all'uso del suolo	30
Permeabilità del Bacino	31
Classi di uso del suolo	35
Modello idrologico.....	38
Software HEC-HMS.....	38
Bacino del torrente Gobbia	38
Portate di piena	40
Analisi idrologica località via verdi.....	45
Allegati	46



PREMESSA

Al fine di valutare la pericolosità del rischio esondazione lungo il Torrente Gobbia nel territorio del Comune di Lumezzane, il presente documento propone un'analisi idrologica dello scenario di riferimento per il territorio in analisi. La relazione è redatta secondo le indicazioni riportate nell'All. IV del DGR nr. 2616/2011 di Regione Lombardia.

Attualmente, per il comune di Lumezzane, sono individuate due porzioni di territorio classificate come aree a "rischio idrogeologico molto elevato, Aree a pericolosità molto elevata (Ee)". La prima zona interessa gran parte del corso del Torrente Gobbia, a partire da monte dalla zona industriale ubicata in prossimità della confluenza del torrente Faidana, fino alla sezione di chiusura in territorio comunale. La seconda zona è posta in prossimità di Via Verdi, immediatamente a valle del tombinamento del Rio delle Poffe.

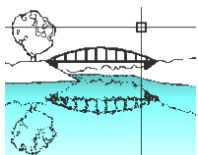
Per entrambe queste zone verrà qui esposta l'analisi idrologica svolta, propedeutica allo studio idraulico.

SCOPO DEL LAVORO

Questo elaborato intende valutare le grandezze idrologiche necessarie alla verifica idraulica delle aree di esondazione già mappate nel PGT del Comune di Lumezzane.

Il territorio del Comune di Lumezzane è compreso per la maggior parte nel bacino del torrente Gobbia: quest'ultimo prosegue il suo percorso nel Comune di Sarezzo per poi sfociare nel Fiume Mella sempre all'interno dello stesso territorio comunale. Il Torrente Gobbia lambisce l'abitato di Lumezzane, che si sviluppa nella quasi totalità in sponda idraulica destra. Ampi tratti del torrente risultano tombinati, con il corso d'acqua che scorre sotto i corpi di fabbrica, realizzati al di sopra del torrente stesso. L'alveo inciso presenta un fondo per lo più roccioso, caratteristica valida anche per buona parte della sponda sinistra. Nel percorso lungo l'abitato, la sponda destra è spesso rappresentata da muri di sostegno in cls e, in alcuni casi da muri di confine di fabbricati aziendali, che possono riguardare il corpo di fabbrica ma anche aree destinate a cortili interni. La pendenza dell'asta principale nel tratto di interesse presenta pendenze comprese tra il 2% ed il 5%, con pendenze più accentuate nei tratti a monte.

L'intero territorio urbanizzato di Lumezzane riguarda una porzione di territorio montano piuttosto scoscesa e caratterizzata da una forte impermeabilizzazione. Tali caratteristiche sono proprie anche del tratto analizzato del Rio delle Poffe: questo corso d'acqua si intuba in Via Pasotti Astorre ed il suo percorso nei primi 100 m di tratto intubato è caratterizzato da più salti, con altezze nell'ordine di 5 – 6 m, al fine di consentirgli di superare un dislivello complessivo di 21 m tra Via Pasotti Astorre e Via Verdi. Di seguito si



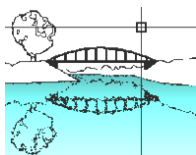
riportano le caratteristiche del territorio del Comune di Lumezzane, attingendo dal documento di rischio idraulico.

Come primo passo dell'indagine svolta è necessario capire la dinamica di formazione della piena del Torrente Gobbia: se nel tratto più a monte e in sponda sinistra il territorio si presenta per la maggior parte allo stato naturale, con i torrenti che scaricano le acque nel torrente Gobbia senza interventi antropici questo non vale per le portate in arrivo dalla sponda destra, dove si sviluppa l'abitato di Lumezzane. In questo contesto tutti i corsi d'acqua provenienti da monte vengono intubati, se non interamente per lunghi tratti, e la portata scaricata nel torrente Gobbia è influenzata dagli scarichi della rete fognaria presenti. I punti di scarico della rete fognaria sono molteplici, circa duecento, e a questo bisogna inoltre sommare l'incertezza sul reale sviluppo della rete di fognatura.

Si è dunque proceduto suddividendo il bacino in sottobacini, partendo dalle aree urbanizzate. L'area urbanizzata è stata suddivisa in nove sottobacini, ai quali convogliano le portate dei bacini posti maggiormente a monte. La restante parte di bacino è stata suddivisa secondo i bacini naturali, mantenendo una certa omogeneità rispetto all'importanza del corso d'acqua e alle dimensioni dei bacini afferenti. La presenza di conoidi nel bacino è posta esclusivamente in sponda destra del torrente Gobbia e monte dei bacini urbanizzati. Vista la presenza dell'abitato unitamente al fatto che i corsi d'acqua sono tutti intubati (con sezioni sottostimate per le possibili portate in arrivo da monte) in questo studio sul Torrente Gobbia non si valuterà il trasporto solido, in quanto la presenza di strutture antropiche così disposte non permette ad un eventuale colata detritica di raggiungere il corso d'acqua principale.

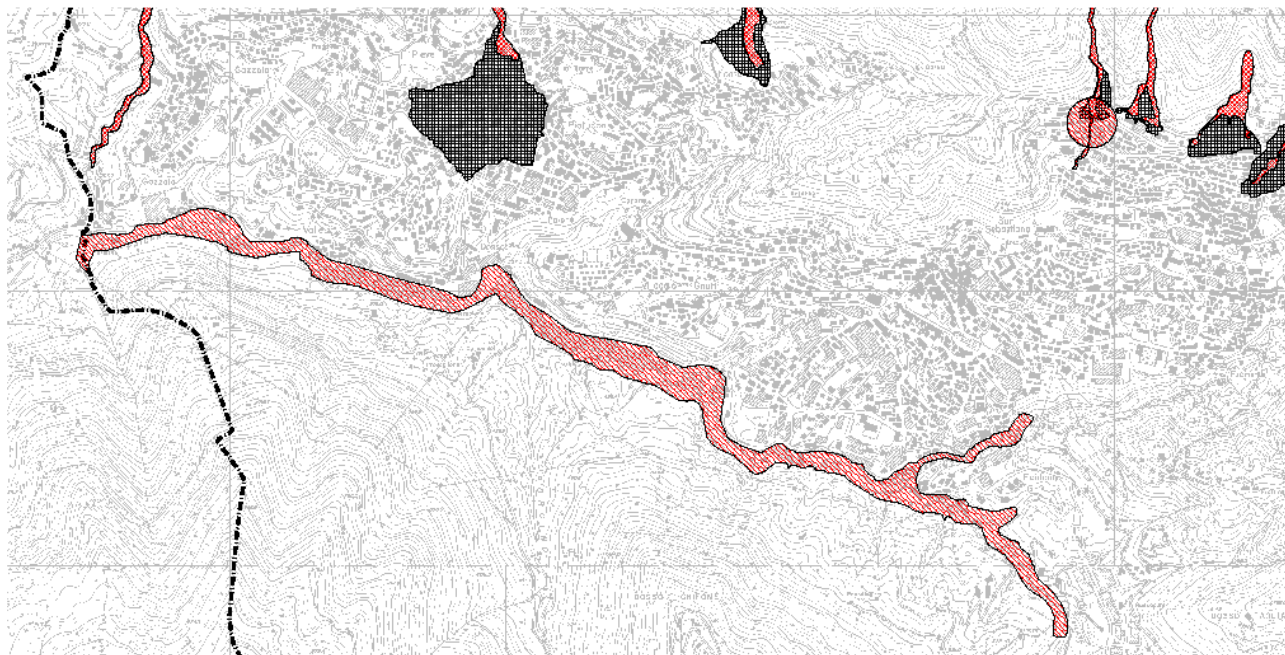
Il tempo di ritorno adottato per la piena di riferimento è di 100 anni, come indicato dall'allegato 4, fatta esclusione per i bacini urbanizzati. Le fognature presenti sono sottodimensionate anche rispetto ad un tempo di ritorno di 10 anni, ragione per cui applicare tempi di ritorno maggiore non restituirebbe un quadro reale della situazione. Questa ipotesi è conforme a quanto riportato nell'allegato IV, dato che il peso di questi bacini incide per oltre il 35 % sulla porta al colmo finale.

Lo ietogramma utilizzato per ricostruire un evento meteorico di progetto sarà lo ietogramma Chicago. La valutazione della portata sarà svolta applicando il metodo di trasformazione afflussi / deflussi SCS-CN sviluppato dal Natural Resources Conservation Service (NRCS), meglio noto come Soil Conservation Service (SCS), dell'agenzia statunitense USDA (United States Department of Agriculture).

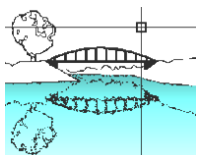


CLASSIFICAZIONE RISCHIO IDRAULICO – STATO DI FATTO

Di seguito si riporta un estratto della Tavola 7 “Carta del dissesto con legenda uniformata P.A.I.” della Componente Geologica, idrogeologica e sismica del piano di governo del territorio del Comune di Lumezzane, in cui sono individuate le aree a rischio idrogeologico molto elevato.

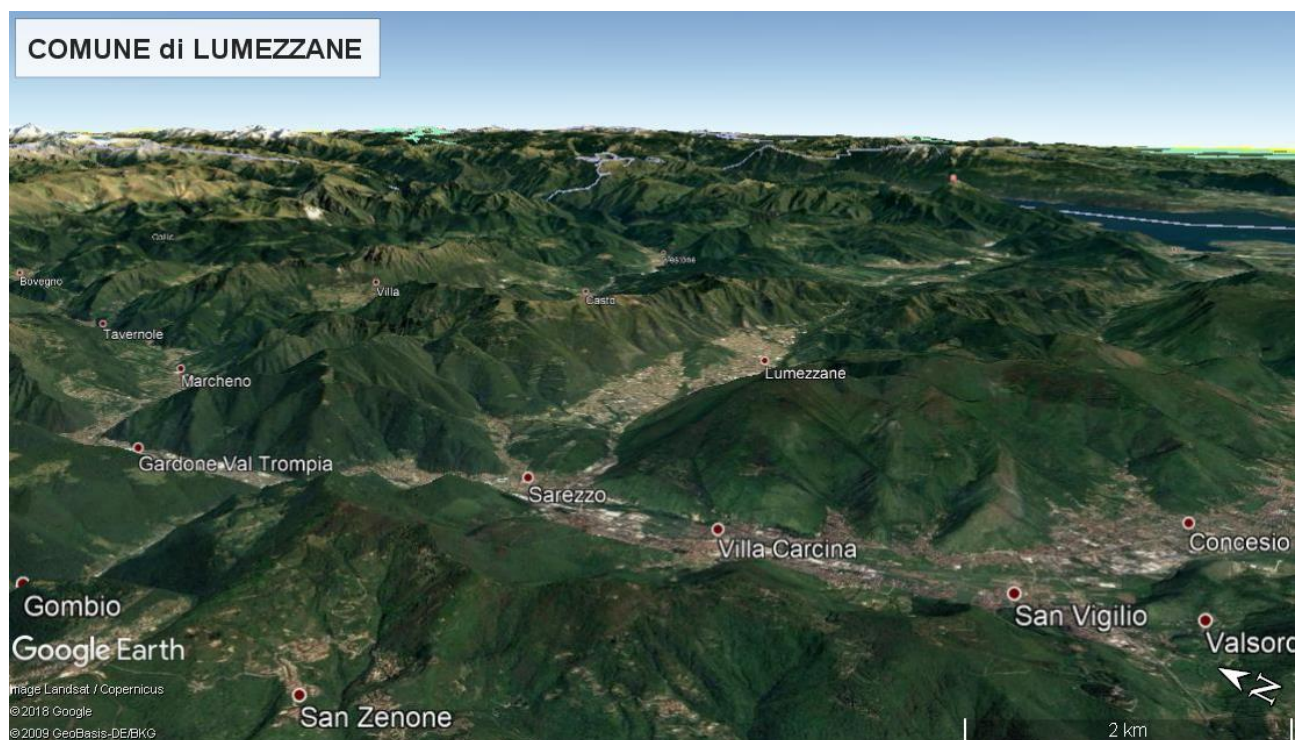


Le aree così classificate riguardano il corso del torrente Gobbia, nei suoi tratti a ridosso dell’abitato, ed un’area, di forma circolare, posta a più a Nord, in prossimità di Via Pasotti Astorre, dove viene intubato il Rio delle Poffe.



CARATTERISTICHE DEL SUOLO E DEL SOTTOSUOLO

Si riportano di seguito alcuni estratti utili al presente studio tratti dalla Relazione Geologica del Piano di Governo del Territorio redatta dal dott. Maurizio Facchin nel 2013.

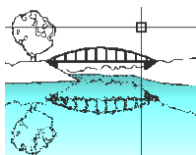


IL TERRITORIO

Il territorio del Comune di Lumezzane è situato in una valle laterale della Valtrompia ad andamento Est-Ovest, la Val Gobbia.

Partendo da Sarezze e risalendo la Val Gobbia si incontra il primo nucleo urbano di Lumezzane denominato "Termine", si continua poi attraversando le varie frazioni arrivando alla chiusura della valle sancita dal Passo del Cavallo.

Amministrativamente il Comune di Lumezzane confina a Nord con Casto, a Nord-Est con Baione, a Est con Agnosie e Sud-Est con Caino, a Sud con Nave, a Sud-Ovest con Concesio e a Ovest con Villa Carcina e Sarezze.



LA MORFOLOGIA

L'andamento topografico è abbastanza irregolare, tipico di un ambiente montano.



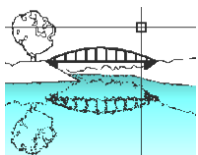
Verso settentrione il Comune è delimitato da un'aspra catena montuosa dolomitica ad andamento circa ESE – WNW che comprende le cime più elevate (da W: C.na di Sonclino 1349 m s.l.m., M.te Dossone 1337 m s.l.m., P.ta Camoghera, 1239 m s.l.m., M.te Prealpa, 1270 m s.l.m., Dos Pelati 1136 m s.l.m., Cime di Cargne, 1124 m s.l.m., Monte Coca, 1069 m s.l.m.).

Il versante in sinistra idrografica presenta una morfologia meno accidentata; il confine segue approssimativamente lo spartiacque meridionale lungo rilievi meno elevati, da occidente: M. Palasso 1150 m s.l.m., Cima Valli Gemelle 999 m s.l.m., M.te Predosa 1076 m s.l.m., M.te Faette 964 m s.l.m., M.te Conche 1150 m s.l.m., M.te Catone 1119 m s.l.m., M.te Doppo, 1186 m s.l.m.

Il territorio compreso tra queste montagne dà origine a due versanti asimmetrici che discendono nel Gobbia, ad andamento prevalente Est–Ovest, nella porzione medio occidentale del Comune.

Verso Est (loc. Ruca) il Faidana confluisce nel Gobbia: la valle principale si biforca in due valli d'importanza secondaria, la valle Faidana in direzione Sud-Est e la valle Gobbia con direzione Est-Ovest.

La morfologia del versante settentrionale, caratterizzato da una maggiore estensione areale, presenta una netta e ben definita rottura di pendenza, con minore acclività verso la valle.



Dimostra una stretta relazione tra l'evoluzione tettonico stratigrafica e gli ambienti deposizionali del fondovalle, dinamica che ha favorito l'insediamento abitativo, come vedremo in seguito.

Il versante opposto presenta una pendenza più costante fin quasi nell'alveo di fondo.

Trasversalmente alla vallata principale si intersecano delle incisioni secondarie contraddistinte da un accentuato dislivello e da un decorso pressoché rettilineo.

Le principali, che degradano dalla catena settentrionale, in senso orario, sono Valle Poffe Solive in loc.

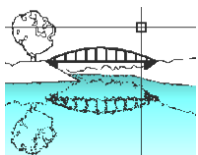
Termine, Valle dei Fiori, Valle di Renzo, Valle delle Poffe e Val Mezzana, Valle del torrente Cop, Valle del Rio Mosniga, Valle di Novegno, Val di Fles e Valle Serpenedolo. Proseguendo in senso orario lungo i versanti meridionali rileviamo, numerose valli minori che alimentano due principali valli, la Valle di Vedrine e la Valle Porcino.

La Valgobbia, ove terminano le valli sopracitate presenta una morfologia asimmetrica, in parte proprio per le litologie differenti affioranti in alveo.

La sponda sinistra, che è meno antropizzata, per numerosi tratti presenta versanti in roccia, con pendenze elevate (talvolta prossime alla verticale).

In destra idrografica le scarpate sono meno pronunciate, anche se si sottolinea come la forte antropizzazione dell'alveo non permetta una puntuale valutazione dell'effettiva azione del torrente, ma di delineare sostanzialmente un quadro d'insieme a carattere generale.

Verso settentrione i principali contributi provengono dalle **emergenze idriche presenti a monte dell'urbanizzato** e lungo le ripide incisioni torrentizie, generalmente asciutte ma riattivabili durante i periodi piovosi.



Alla quota dell'urbanizzato pressoché tutti gli impluvi sono stati tobinati, alcuni con opere di dimensioni palesemente sottodimensionate.

L'andamento di questi impluvi è diretto N-S nel pendio roccioso a monte, mentre nell'area urbanizzata tende a piegare verso occidente.

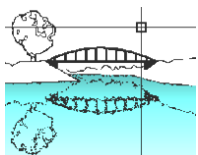
A meridione il pattern idrografico è di tipo "dendritico" come evidenzia la Valle porcino ed il Torrente Faidana in località "Le Vedrine".

Gli insediamenti abitativi sono disposti sul versante meridionale della principale catena montuosa già descritta in precedenza, in particolare in corrispondenza della sensibile diminuzione di pendenza che si osserva attorno ai 600 m s.l.m.

L'area urbana interessa una fascia continua tra questa quota ed il fondovalle del torrente Faidana a quota variabile da 400 m s.l.m. (confluenza del Faidana) e circa 300 m s.l.m. in loc. "Termine".

Solamente in corrispondenza del Colle Aventino, rilievo allungato in direzione WSW – ENE, l'agglomerato urbano viene diviso in due aree, quella occidentale composta dalle frazioni di Gazzolo, Valle, Pieve, Piatucco, Fontana e Dosso e quella orientale composta da Villaggio Gnutti, San Sebastiano, Montagnone, Sonico, Premiano, San Apollonio, Ruca e Faidana.

Non vi sono altri agglomerati urbani separati da quelli citati, proprio per la morfologia del territorio abbastanza complessa e per la mancanza di strutture viarie adeguate.



L'ultimo insediamento produttivo, i cosiddetti PIP I e PIP II sono stati concretizzati in loc. Vedrine mediante un massiccio intervento antropico che ha portato al totale rimodellamento di un versante con scavi e riporti per realizzare l'insediamento di alcune attività produttive attive nell'area del Comune.

Anche lo stesso tessuto urbano presenta una notevole densità, una massiccia antropizzazione pervade l'intera superficie fabbricabile senza lasciare spazi a verde o comunque non rimodellati.

La conseguente impermeabilizzazione che ne deriva da tale situazione rende necessario il collettamento e lo scarico negli antichi impluvi ora tombinati per cui allo stato attuale non è possibile sapere con chiarezza lo stato di funzionamento dei singoli canali coperti e soprattutto le loro potenzialità effettive.

IDROGRAFIA

Il contesto montano in esame origina un sistema di drenaggio articolato con varie linee d'impluvio che confluiscono in altre e così via a dare un reticolo idrografico articolato.

Il confine comunale segna con continuità lo spartiacque di due testate vallive: verso occidente la Val Gobbia, che si estende fino al Passo del Cavallo, verso oriente la Valle del Garza.

Lo spartiacque tra le due valli sopracitate, di ordine minore, segna anche il limite tra la Valtrompia e la Valsabbia.

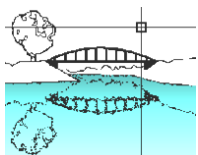
La morfologia ed il reticolo idrografico sono direttamente correlate, per cui si procede alla descrizione per aree morfologicamente omogenee.

La fascia sovrastante il nucleo urbanizzato, costituita da aspre catene montuose in Dolomia Principale (da C.na di Sonclino al M.te Ladino e al M.te Coca) origina una serie di **incisioni vallive ad andamento prevalente N – S caratterizzate da elevate pendenze dell'alveo che determinano il carattere fortemente torrentizio di tali aste primarie.**

Tra le principali aste torrentizie, da occidente verso oriente, si segnalano:

- Valle delle Poffe Solive
- Valle dei Fiori
- Valle di Renzo
- Valmezzana
- Valle del Torrente Cop
- Val di Novegno

Tutti questi solchi vallivi presentano linee di confluenza (patterns idrografico) a carattere subdendritico, con una direzione preferenziale ad andamento parallelo di alcuni rami, che indica un controllo tettonico, con sistemi di fratture-faglie parallele.



Nelle aree urbanizzate spesso gli impluvi sono tombinati, situazione che genera una possibile fonte di pericolo nel caso la portata di massima piena (con trasporto solido sempre di difficile determinazione) sia inferiore a quella in grado di essere smaltita dal manufatto.

Ultima considerazione per il versante settentrionale va posta sulle **dimensioni areali contenute dei bacini di alimentazione: conseguenza è che gran parte degli impluvi si presentano asciutti o con modeste portate liquide, con periodi di magra generalmente estrema, alternate a forti piene dovute ad intense precipitazioni.**

Il versante meridionale presenta caratteristiche sostanzialmente differenti in quanto i **due tributari principali della Valle Porcino e della valle del Torrente Faidana (loc. Vedrine), entrambi allineati in direzione SSE NNW, presentano un fondovalle più ampio, con pendenze meno elevate e quindi un regime a carattere meno torrentizio rispetto ai torrenti del versante settentrionale; gli stessi dislivelli tra spartiacque e fondovalle sono inferiori e si raggiungono attraverso percorsi con maggior sviluppo lineare. L'ambiente meno aspro ed accidentato favorisce inoltre un miglior sviluppo vegetazionale, fattore che contribuisce ad innalzare i tempi di corrivazione durante gli eventi piovosi.**

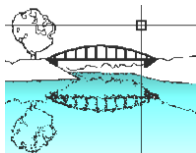
Entrambi i versanti alimentano i **principali impluvi del fondovalle: il Torrente Faidana, il Torrente Gobbia ed il Torrente Garza**, che dal Passo del Cavallo scende verso la Valsabbia.

I primi due torrenti della Valgobbia sono interessati da un'urbanizzazione pervasiva, che spesso non ha rispettato le aree di rispetto dei corsi d'acqua.

Oggi si osserva dal confine in loc. Termine a loc. Ruca (ove il T. Faidana confluisce nel Gobbia) un'antropizzazione spinta, spesso concretizzata nella costruzione di muri in c.a. di difesa spondale quanto addirittura non completamente tombinati sotto edifici produttivi.

Per quanto concerne la qualità delle acque superficiali, si ritiene opportuno focalizzare l'attenzione sul Torrente Gobbia.

La rete fognaria di Lumezzane, in assenza di impianti di depurazione, convoglia i reflui nel suddetto corso d'acqua, anche utilizzando tratti minori del reticolo idrografico che, comunque, risulta afferente al Gobbia. Quest'ultimo è un affluente di sinistra del Mella e, considerato il peso insediativo di Lumezzane (in termini di abitanti e di attività manifatturiere), può avere un significativo impatto sulla qualità delle acque del Fiume, la cui situazione è alquanto critica.



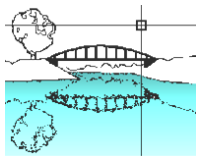
IDROGEOLOGIA

La circolazione idrica sotterranea nel territorio in esame avviene principalmente attraverso le fratture e le discontinuità principali e secondarie degli ammassi rocciosi presenti, inoltre localmente è connessa a **fenomeni di carsismo**. Non è dunque possibile identificare l'esistenza di una singola tavola d'acqua, come attestano anche i livelli piezometrici, che risultano difficilmente relazionabili tra loro.

Si è infatti in presenza di un sistema idrogeologico caratterizzato dalla **presenza di canali di flusso preferenziali nel substrato roccioso**, che rende le **falde freatiche di limitata potenzialità e spesso discontinue**.

Si rileva come l'Unità più trasmissiva e quindi più idonea a fornire una buona quantità di acqua nell'area è rappresentata dalla Dolomia Principale. Esistono infatti **buone condizioni di deflusso idrico sotterraneo**, testimoniate dalle importanti emergenze idriche presenti nella fascia basale di affioramento della Dolomia Principale e in quella delle brecce di pendio incluse nella formazione delle Dolomie Zonate.

Altre sorgenti, poste sul versante meridionale in Valle Porcino, sono dovute al contatto stratigrafico tra unità litologiche aventi diverso grado di permeabilità con la formazione delle argilliti, meno permeabili delle soprastanti formazioni carbonatiche.



PERMEABILITA' SUPERFICIALE DELLE DIVERSE UNITA' LITOLOGICHE

Nella carta idrogeologica viene data una valutazione di massima della permeabilità superficiale delle diverse unità litologiche, distinguendo i terreni, per i quali la permeabilità è di tipo primario, dalle rocce caratterizzate eventualmente da permeabilità secondaria.

Per permeabilità primaria si intende quella dovuta alla porosità presente tra granulo e granulo del sedimento, mentre la permeabilità secondaria è connessa alla eventuale presenza di discontinuità (fratture e/o giunti di stratificazione) nelle masse rocciose.

Per meglio comprendere l'assetto idrogeologico del territorio è stata trascurata in carta la presenza di terreni copertura discontinui e di spessore ridotto, poiché si ritiene che il loro ruolo idrogeologico sia irrilevante rispetto a quello dell'ammasso roccioso sottostante.

La permeabilità è un parametro importante per quanto riguarda il deflusso delle acque e quindi la vulnerabilità dell'acquifero. Sulla base delle caratteristiche chimico-fisiche, strutturali e tessiturali, dei primi 30 metri dal piano campagna ed in base ai dati forniti dagli enti pubblici, di questi si sono individuate 3 classi di drenaggio (rapido/buono, buono/mediocre, mediocre), che permettono di individuare altrettante zone a diversa permeabilità relativa così definite:

CLASSE A - Permeabilità da elevata a media

CLASSE B - Permeabilità da media a ridotta

CLASSE C - Permeabilità da ridotta a molto ridotta

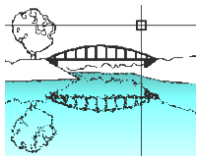
E' tuttavia doveroso mettere in luce alcuni limiti della succitata carta; in tale elaborato infatti i terreni e le rocce sono stati classificati in funzione della loro permeabilità verticale, che è stata definita sia in modo quantitativo, ove sono state effettuate prove di permeabilità in situ, sia in modo qualitativo, nelle aree ove non si disponeva di alcun valore di permeabilità determinato in situ o in laboratorio.

Tale elaborato fornisce una visione chiara e sintetica delle diverse aree a differente permeabilità, della loro estensione e della loro distribuzione .

Nel territorio di Lumezzane, si riconoscono dunque terreni caratterizzati da permeabilità da molto ridotta ad elevata; sono stati cartografati:

Rocce e terreni a permeabilità da elevata a media

Le rocce comprendono dolomie e calcari dolomitici della Dolomia Principale e le breccie di pendio incluse nella formazione delle Dolomie Zonate presenti sia su parte del versante meridionale che su tutto quello settentrionale fino allo spartiacque che delimita il confine comunale (da W: C.na di Sonclino 1349 m s.l.m., M.te Dossone 1337 m s.l.m., P.ta Camoghera, 1239 m s.l.m., M.te Prealba, 1270 m s.l.m., Dos Pelati 1136 m



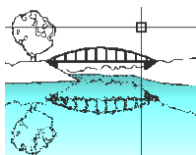
s.l.m., Cime di Cagne, 1124 m s.l.m., Monte Coca, 1069 m s.l.m.); i litotipi della Corna e le brecce e le megabrecce presenti alla base del Calcarea di Gardone Val Trompia, affioranti in corrispondenza del versante opposto a quello sul quale sorge l'abitato di Lumezzane; infine, i depositi superficiali appartenenti al Supersistema del Fiume Mella e al Gruppo del Culmine, distribuiti in modo sparso in corrispondenza della fascia centrale del territorio comunale.

Rocce e terreni a permeabilità da media a ridotta

Le rocce comprendono, oltre ai calcari marnosi con "scisti ittiolitici" delle Dolomie Zonate, calcari marnosi intercalati da marne del "Gruppo del Medolo", del Calcarea di Zu e della Formazione di Villa Carcina, presenti su parte del versante meridionale (fino alla cresta del M.Faetto, M.Predona, Cima Valli Gemelle, M. Palasso) e in valle lungo il corso del Torrente Garza-Gobbia e Torrente Faidana. I terreni sono rappresentati dai depositi del Gruppo di Prato Grande, del Supersistema di Sarezzo e del Supersistema del T. Faidana, sui quali sorge il centro abitato.

Rocce a permeabilità da ridotta a molto ridotta

Comprendono le argilliti e marne argillose delle "Argilliti di Riva di Solto", presenti lungo una stretta fascia sul versante meridionale.

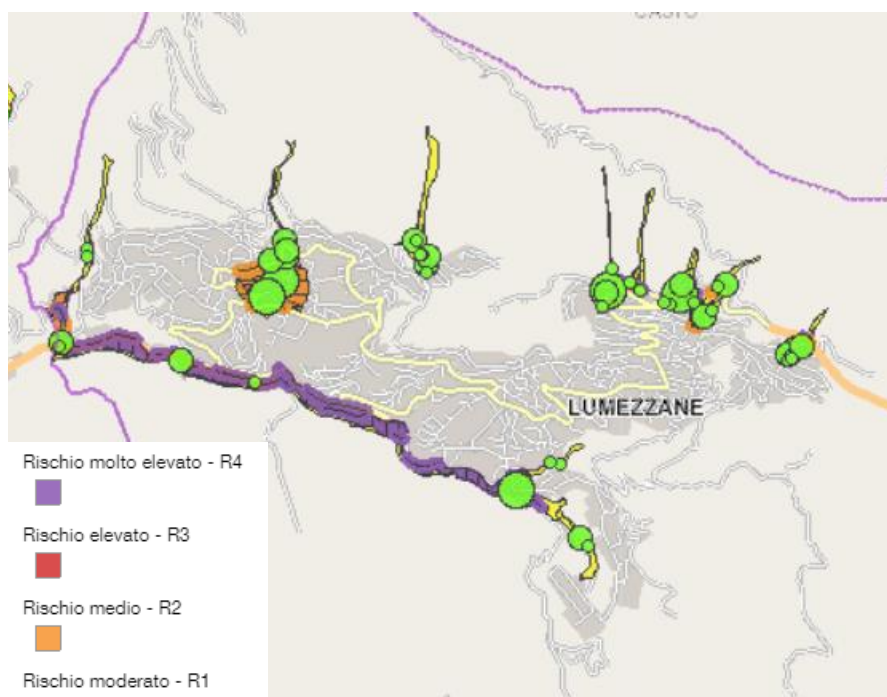


AREE VULNERABILI DAL PUNTO DI VISTA IDRAULICO

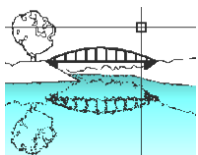
Negli allegati grafici è riportata la mappatura delle aree vulnerabili dal punto di vista idraulico (pericolosità idraulica) come indicate nella componente geologica, idrogeologica e sismica dei PGT e nelle mappe del piano di gestione del rischio di alluvioni.

Dal Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) e dal Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) sul territorio del Comune di Lumezzane si rileva la presenza di scenari di pericolosità:

- Rischio max degli elementi esposti
- R1
 - R2
 - R3
 - R4
- Numero abitanti
- 1 - 10 abitanti
 - 11 - 100 abitanti
 - 101 - 1000 abitanti
 - > 1000 abitanti
- Categorie di elementi esposti - lineari
- Ferrovie
 - Strade principali
 - Strade secondarie
 - Metropolitane
- Rischio degli elementi lineari
- R1
 - R2
 - R3
 - R4



Estratto Direttiva alluvioni 2007/60/CE - Revisione 2015



Limite Fascia A



Limite Fascia B



Limite Fascia B di progetto



Limite Fascia C



Aree di fascia



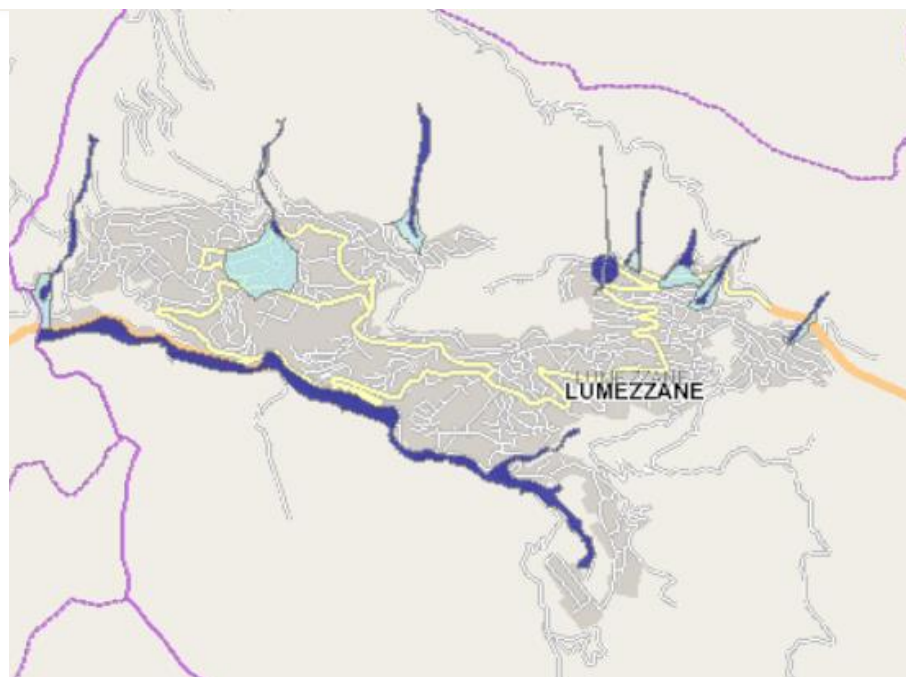
A



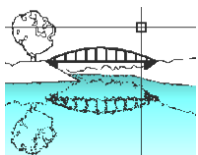
B



C



Estratto PAI (2001) da SIT Regione Lombardia



CARATTERISTICHE DEL BACINO DEL TORRENTE GOBBIA

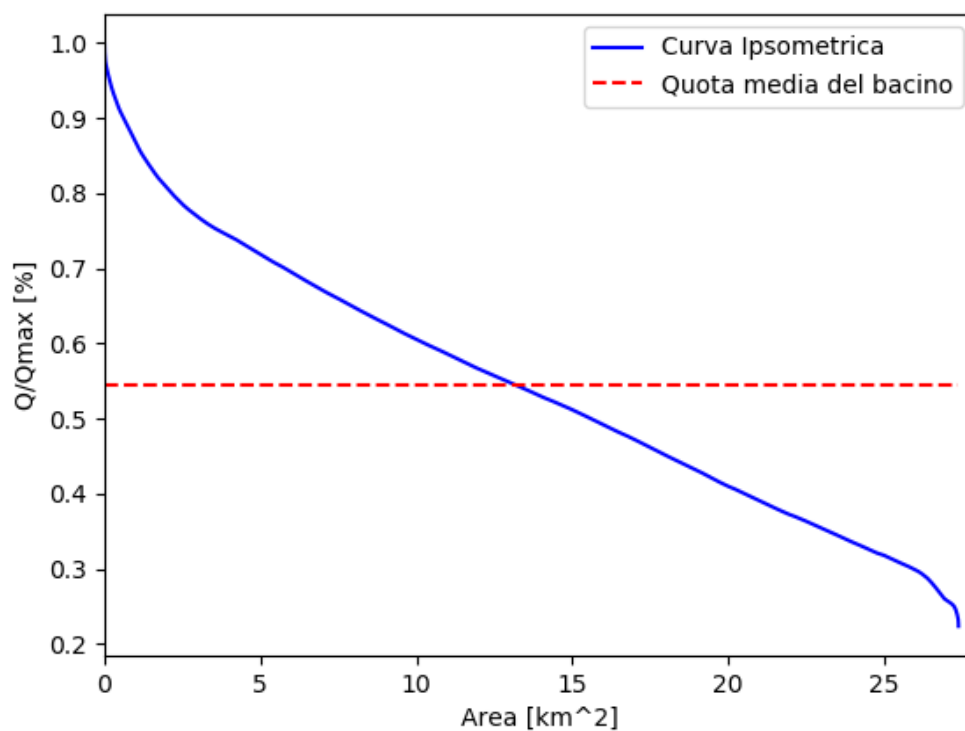
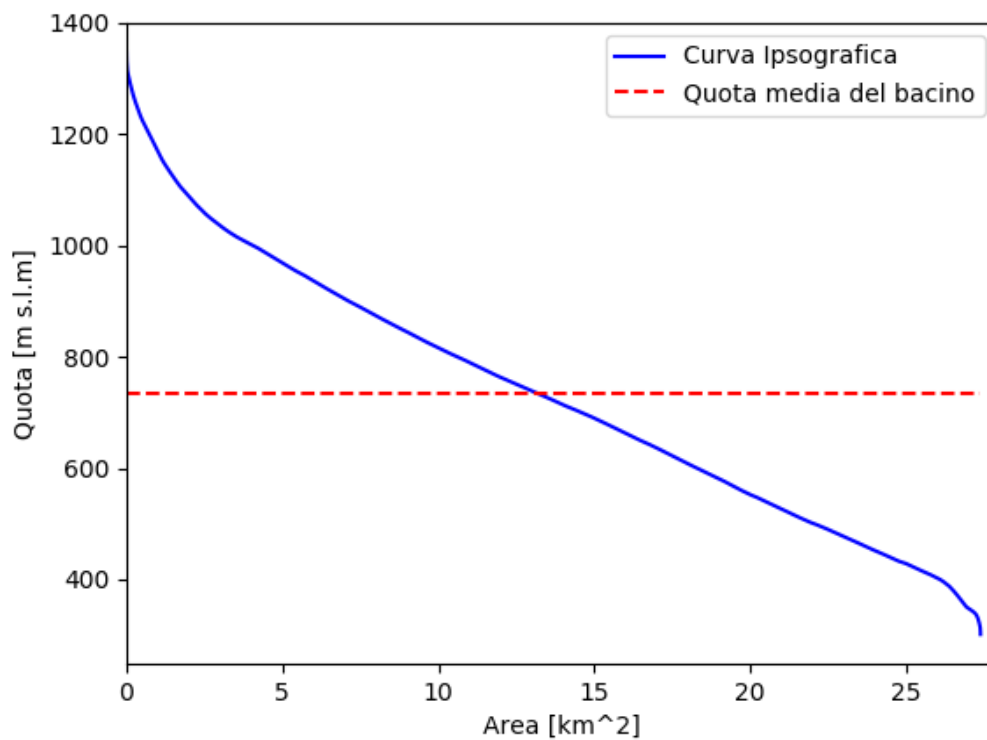
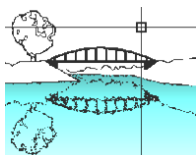
Nella tabella seguente vengono sintetizzati i parametri morfologici del bacino considerato, con la sezione di chiusura posta ai limiti del confine comunale.

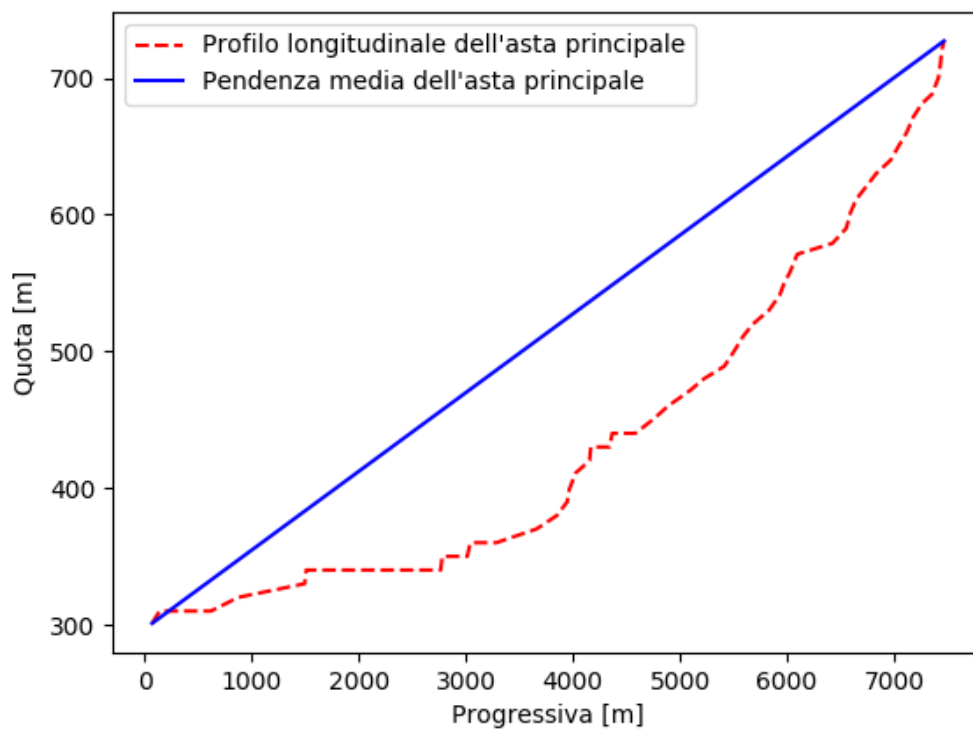
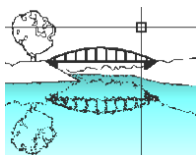
Caratteristiche bacino Torrente Gobbia		
Area	28194924	m ²
Perimetro	31599	m ²
L	7608	m
L _{tot}	96544	m
Area	28.195	km ²
Perimetro	31.599	km ²
L	7.458	km
L _{tot}	96.544	km
H max bacino	1347	m
H min bacino	304	m
H media bacino	734	m
Pendenza media asta principale	0.05	m/m
Rapporto di circolarità R _c	0.35	
Coefficiente di uniformità C _u	1.68	
Fattore di forma R _f	0.49	
Rapporto di allungamento R _l	0.79	
Densità di drenaggio D _d	3.42	

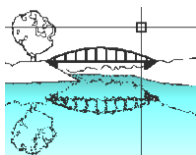
La pendenza media dell'asta principale è fornita dalla formula di Taylor & Schwartz, che può essere applicata solo dopo aver suddiviso il profilo del corso d'acqua principale in una serie di NT tratti di lunghezza L_i e pendenza P_i

$$\left(\frac{L}{\sqrt{P}} \right) = \sum_{i=1}^{NT} \frac{L_i}{\sqrt{P_i}}$$

I valori di L_i e P_i, individuati per ciascun tronco di ciascuna delle due sezioni idrologiche prese a riferimento, sono riportati nelle tabelle VI di seguito allegare insieme allo schema di deflusso.







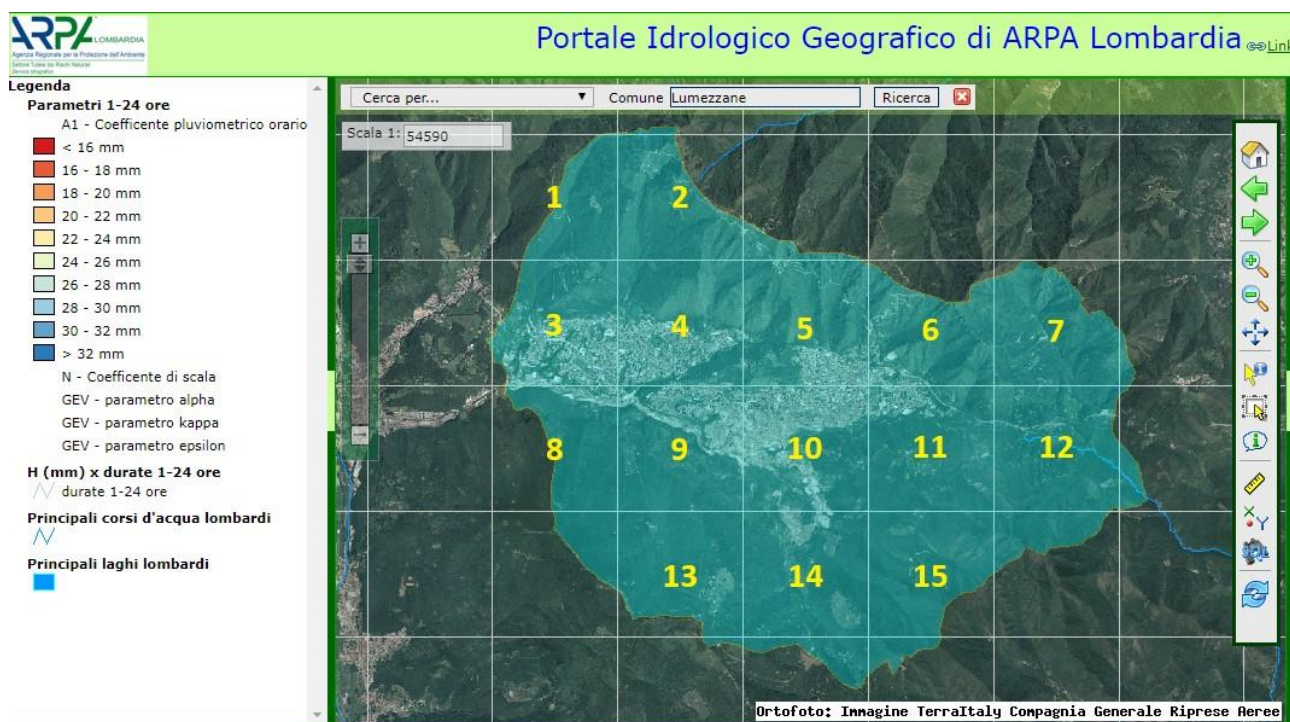
DEFINIZIONE DELL'EVENTO METEORICO DI RIFERIMENTO

L'evento meteorico presenta un tempo di ritorno pari a 100 anni, come da indicazioni dell'Allegato IV DGR 2616/2011, mentre per le aree urbanizzate, data l'incapacità della rete fognaria di smaltire portate con tempi di ritorno così elevati, si è fatto ricorso ad un tempo di ritorno pari a 10 anni.

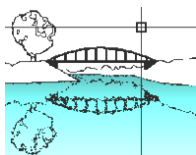
LEGGE DI PIOGGIA DI PROGETTO

ARPA Lombardia ha svolto le attività progettuali di aggiornamento della descrizione statistica delle precipitazioni intense usufruendo della presenza di una base di dati strumentali già consolidata, costituita dalle osservazioni delle piogge massime annue di fissata durata di 1, 2, 3, 6, 12 e 24 ore per 105 stazioni meccaniche del Servizio Idrografico e Mareografico Nazionale, già utilizzate per lo sviluppo di un'attività di caratterizzazione statistica del territorio regionale mediante un modello scala-invariante secondo la distribuzione probabilistica GEV (Generalized Extreme Value), che ha prodotto la parametrizzazione delle LSPP su 69 punti strumentati e da questi su tutto il territorio regionale tramite tecniche di estrapolazione geo statistica; questo servizio è attualmente operativo e accessibile su piattaforma web-gis sul sito web istituzionale di ARPA (<http://idro.arpalombardia.it>).

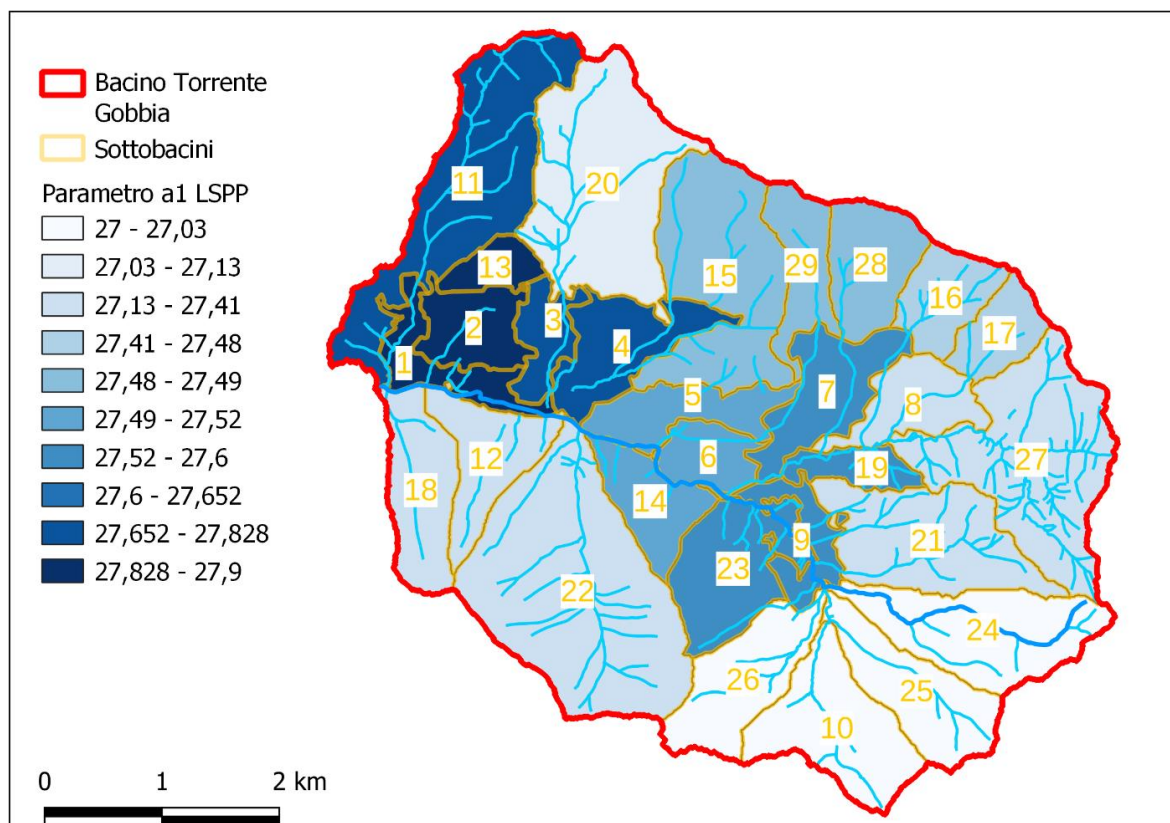
Il territorio di Lumezzane è suddiviso in 19 settori quadrati con diversi coefficienti pluviometrici orari e coefficienti di scala. Di questi 19 settori solamente 15 risultano significativi per il territorio urbanizzato:



Il Comune di Lumezzane nel portale idrologico geografico di ARPA Lombardia – Suddivisione in 15 settori

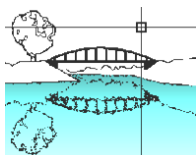


In prima battuta è stata fatta un'associazione sovrapponendo i bacini considerati ai raster dei parametri delle leggi di pioggia forniti da Regione Lombardia, assegnando i parametri prevalenti per l'area del bacino in esame. Nella figura sottostante si riporta la mappa dei bacini e i parametri a1 assegnati.

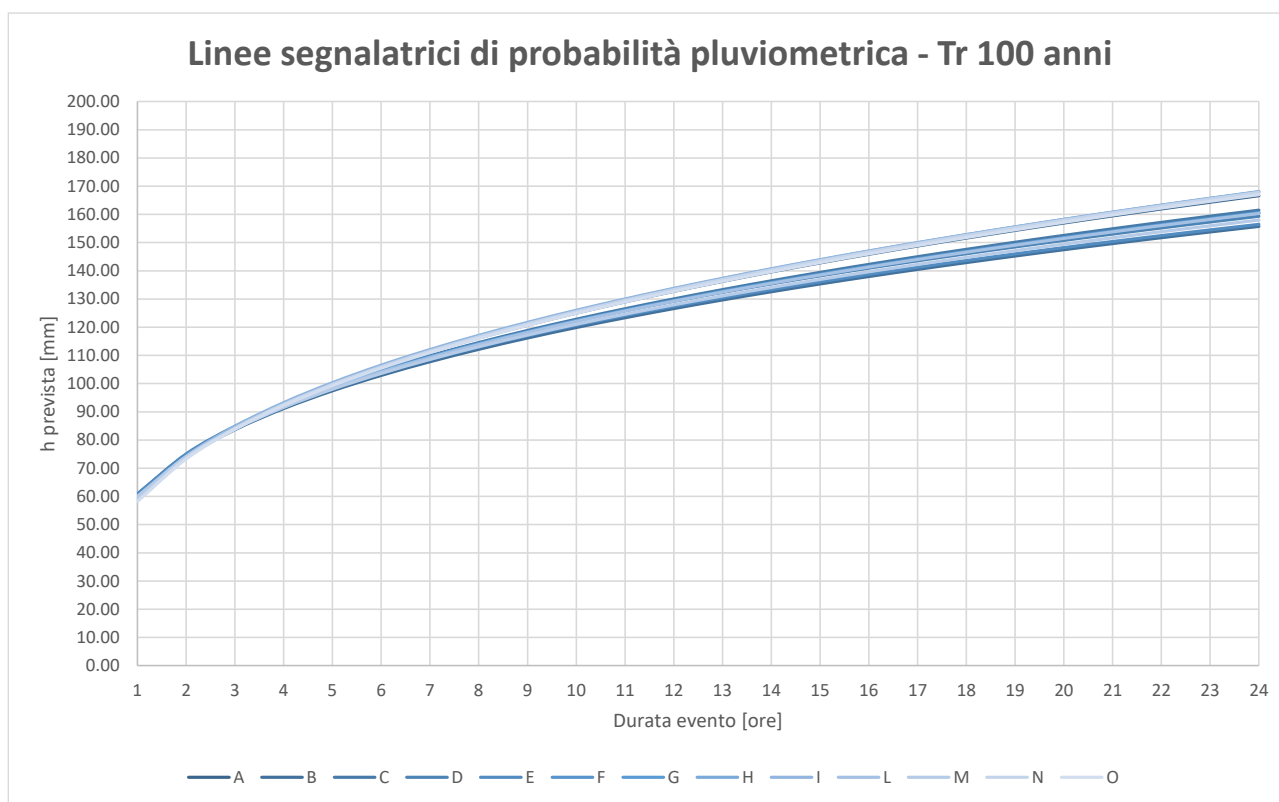
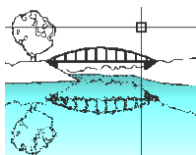


Nel complesso si individuano 13 differenti tipi di linee segnalatrici utilizzate per descrivere l'evento pluviometrico di progetto: nel proseguo ad ogni linea segnalatrice sarà associata una lettera, dalla A alla O.

Settore	a1	n	α	ε	κ	w_t
A	27.08	0.3282	0.2990	0.8306	0.0122	2.36
B	27.73	0.2987	0.2898	0.8318	-0.0028	2.38
C	27.49	0.3125	0.2941	0.8306	0.0023	2.38
D	27.81	0.3026	0.2920	0.8295	-0.0055	2.40
E	27.90	0.2965	0.2894	0.8305	-0.0078	2.40
F	27.48	0.3104	0.2938	0.8307	0.0017	2.38
G	27.52	0.3109	0.2937	0.8311	0.0030	2.37
H	27.13	0.3309	0.2995	0.8310	0.0145	2.36
I	27.19	0.3281	0.2974	0.8299	0.0067	2.38
L	27.41	0.3114	0.2923	0.8311	0.0005	2.38
M	27.60	0.3044	0.2918	0.8312	-0.0007	2.38
N	27.03	0.3314	0.2978	0.8312	0.0117	2.36
O	27.00	0.3312	0.2979	0.8318	0.0140	2.35



Sottobacino	a1	n	α	ε	κ	LSPP
1	27.90	0.30	0.2894	0.8305	-0.0078	E
2	27.90	0.30	0.2894	0.8305	-0.0078	E
3	27.73	0.30	0.2898	0.8318	-0.0028	B
4	27.73	0.30	0.2898	0.8318	-0.0028	B
5	27.52	0.31	0.2937	0.8311	0.0030	G
6	27.52	0.31	0.2937	0.8311	0.0030	G
7	27.60	0.30	0.2918	0.8312	-0.0007	M
8	27.41	0.31	0.2923	0.8311	0.0005	L
9	27.60	0.30	0.2918	0.8312	-0.0007	M
10	27.03	0.33	0.2978	0.8312	0.0117	N
11	27.81	0.30	0.2920	0.8295	-0.0055	D
12	27.13	0.33	0.2995	0.8310	0.0145	H
13	27.90	0.30	0.2894	0.8305	-0.0078	E
14	27.52	0.31	0.2937	0.8311	0.0030	G
15	27.49	0.31	0.2941	0.8306	0.0023	C
16	27.48	0.31	0.2938	0.8307	0.0017	F
17	27.48	0.31	0.2938	0.8307	0.0017	F
18	27.13	0.33	0.2995	0.8310	0.0145	H
19	27.60	0.30	0.2918	0.8312	-0.0007	M
20	27.08	0.33	0.2990	0.8306	0.0122	A
21	27.41	0.31	0.2923	0.8311	0.0005	L
22	27.19	0.33	0.2974	0.8299	0.0067	I
23	27.60	0.30	0.2918	0.8312	-0.0007	M
24	27.00	0.33	0.2979	0.8318	0.0140	O
25	27.00	0.33	0.2979	0.8318	0.0140	O
26	27.03	0.33	0.2978	0.8312	0.0117	N
27	27.41	0.31	0.2923	0.8311	0.0005	L
28	27.49	0.31	0.2941	0.8306	0.0023	C
29	27.49	0.31	0.2941	0.8306	0.0023	C



A favore di sicurezza si è quindi selezionata la linea segnalatrice che restituisce valori più gravosi in termini di precipitazione.

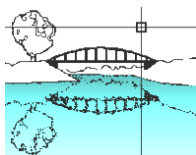
La linea segnalatrice scelta è quella contrassegnata con la lettera E nella tabella di pagina 20, i cui parametri sono sotto riportati.

Parametri LSPP	
a1	27.90
n	0.2965
α	0.2894
ε	0.8305
κ	-0.0078
w_t	2.40

$$h_{Tr10\text{ anni}} = 41,50 \cdot D^{0,2965}$$

$$h_{Tr100\text{ anni}} = 60,99 \cdot D^{0,2965}$$

Il tempo di ritorno di progetto, come indicato dall' Allegato IV DGR 2616/2011, sarà di 100 anni, mentre per i bacini urbani si utilizzerà un tempo di ritorno di 10 anni. Questo accorgimento si giustifica con il fatto che le portate generate dai bacini urbanizzati sono convogliate in una rete fognaria (di tipo misto) sottodimensionata e di conseguenza neanche in grado di convogliare a scarico le portate generate da eventi con tempo di ritorno decennale: il ricorso a tempi di ritorno superiori risulterebbe non rappresentativo della realtà del luogo. Questa assunzione è possibile anche rispetto alle indicazioni dell' Allegato IV DGR 2616/2011, in quanto il peso di queste portate incide per oltre il 35% sul colmo di piena.



IETOGRAMMA DI PROGETTO

La durata dell'evento di pioggia verrà posto pari al tempo di corrivazione per il bacino considerato. Nel presente studio si ricorrerà al modello di trasformazione degli afflussi / deflussi definito come modello del Curve Number, sviluppato dal Soil Conservation Service statunitense, per tanto, risultando compatibile con le dimensioni del bacino, verrà applicata la seguente formula:

$$t_c = 0.00227 \cdot L^{0.8} \cdot \left[\left(\frac{100}{CN} \right) - 9 \right]^{0.7} \cdot i^{-0.5}$$

Dove:

- t_c = tempo di corrivazione espresso in ore;
- L = lunghezza dell'asta principale, misurata in metri;
- CN = Curve Number medio del bacino;
- i = pendenza media dell'asta principale, espressa in percentuale.

CARATTERISTICHE DEL BACINO

Nella seguente tabella si riportano le misure caratteristiche del bacino.

L	7.6	km
CN	65	
i	0.52	m/m
Tc	1.47	Ore

Il tempo di corrivazione a cui si farà riferimento sarà pari a 1,50 ore (90 minuti).

DURATA DELL'EVENTO METEORICO T_p

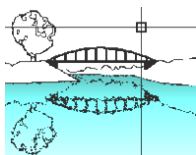
Utilizzando l'ipotesi di Viparelli, che considera le linee isocorrive coincidenti con le linee isoipse del bacino nel presupposto che il tempo di corrivazione di ciascun punto del bacino sia proporzionale alla distanza che intercorre tra esso e la sezione considerata, si è posto:

$$t_c = t_p$$

Con t_p durata dell'evento meteorico.

Si assume una durata dell'evento meteorico pari a:

$$t_p = 1,5 \text{ ore} = 90 \text{ minuti}$$



IETOGRAMMA DI PROGETTO

Come ietogramma di progetto si utilizzerà lo ietogramma Chicago. Si considerano 18 intervalli di tempo Δt :

$$\Delta t = \frac{t_p}{18}$$

$$\Delta t = 0,083 \text{ ore} = 5,0 \text{ min}$$

Il tempo di picco di pioggia t_r si ricava con l'utilizzo della formula:

$$t_r = r t_p$$

ponendo $r = 0,4$

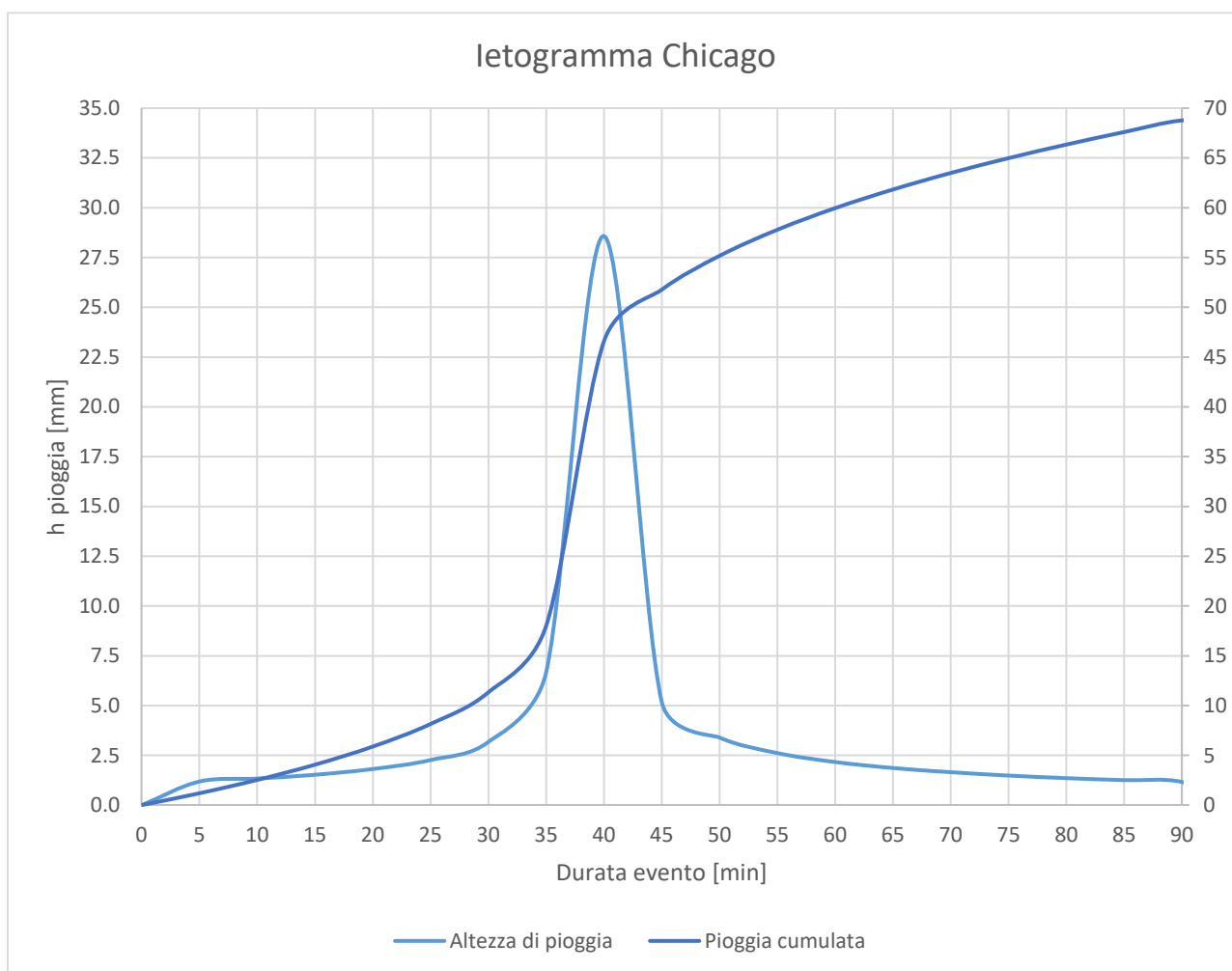
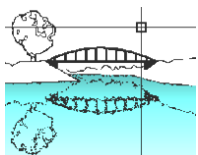
$$t_r = 0,60 \text{ ore}$$

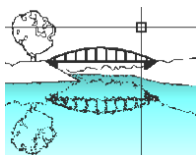
Per ognuno di questi intervalli si è determinata l'altezza di pioggia, mediante le due formule relative rispettivamente ai casi in cui $t \leq t_r$ e $t \geq t_r$

$$h(t) = a \cdot r \left[\left(\frac{t_r}{r} \right)^n - \left(\frac{t_r - t}{r} \right)^n \right] \quad t \leq t_r$$

$$h(t) = a \left[r \left(\frac{t_r}{r} \right)^n + (1 - r) \left(\frac{t - t_r}{1 - r} \right)^n \right] \quad t \geq t_r$$

Dove a , n sono i parametri della curva di possibilità pluviometrica





TRASFORMAZIONE AFFLUSSI / DEFLUSSI: IL METODO SCS - CN

Questo metodo, messo a punto dal Dipartimento dell'Agricoltura degli Stati Uniti [U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service, 1972], è generalmente noto come metodo del "numero di curva" dalla denominazione inglese di Curve Number, che deriva dal simbolo usato per la sua parametrizzazione, CN. Il metodo assume che, in un evento di piena, il volume specifico del deflusso superficiale, P , sia proporzionale a quello precipitato, I , depurato dell'assorbimento iniziale, I_a , in ragione del rapporto tra volume specifico infiltrato, F , e un volume specifico, S , che caratterizza la massima ritenzione potenziale del terreno.

Nell'ipotesi che

$$\frac{F}{S} = \frac{P}{I - I_a}$$

(5.2.1)

il bilancio di massa

$$F = I - I_a - P$$

(5.2.2)

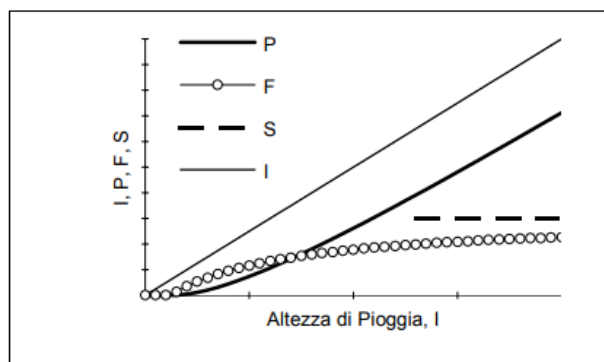
consente di ottenere la relazione

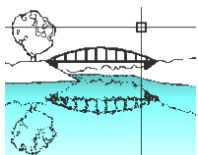
$$P = \frac{(I - I_a)^2}{I - I_a + S}$$

(5.2.3)

che porge la stima del volume specifico di ruscellamento in funzione di quello di pioggia e di due parametri caratteristici del bacino: la capacità di assorbimento iniziale, I_a , e la massima ritenzione potenziale, S (v. Fig. seguente).

Figura 5.2.1
Relazione tra pioggia netta, P , e pioggia lorda, I , secondo il metodo SCS-CN.





Per un certo stato iniziale di imbibimento del bacino al verificarsi di un nubifragio, la massima ritenzione potenziale, S , dipende fondamentalmente dalla combinazione di due fattori, la natura del terreno e l'uso del suolo. L'effetto combinato di questi due fattori viene rappresentato globalmente dal parametro adimensionale CN, legato a S dalla relazione

$$S = S_0 \cdot \left(\frac{100}{CN} - 1 \right)$$

dove $0 < CN < 100$, e S_0 è una costante di scala, che riflette l'unità di misura adottata e che, per valori di S , F , I e P misurati in mm, è pari a 254 mm, ovvero 10 pollici.

Il metodo SCS Curve Number prevede la stima di due parametri, I_a e S , ovvero CN. In realtà, il termine di assorbimento iniziale I_a , che rappresenta il volume specifico di pioggia sottratto a priori al bilancio in esame e descrive in modo globale un certo numero di processi differenti, quali l'intercettazione da parte della vegetazione, l'accumulo nelle depressioni superficiali, e l'imbibimento iniziale del terreno, non è facilmente valutabile. Così definito, infatti, esso risulterebbe di difficile taratura, dovendo tenere conto di fattori climatici, geopedologici, e antropici assai complessi. Poichè i dati sperimentali indicano come questo parametro risulti sempre abbastanza correlato con la massima ritenzione potenziale, S , la procedura consigliata da U.S. Dept. Agric., Soil Conservation Service [1985] suggerisce, anche per ovviare alle difficoltà di taratura, di esprimerne, almeno in prima approssimazione, una stima basata semplicemente su una quota parte di S , ponendo cioè $I_a = cS$, dove il coefficiente c viene generalmente assunto in letteratura pari a 0.2 (v. Fig. seguente).

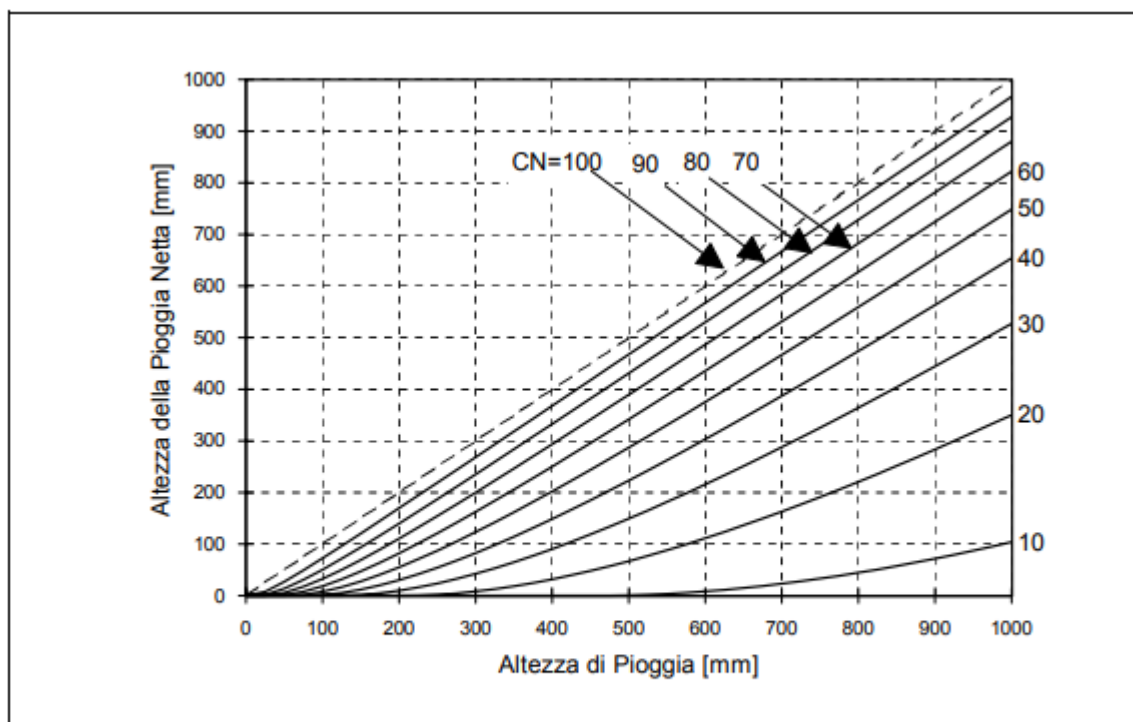
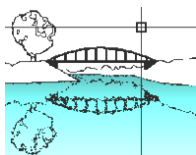


Figura 5.2.2

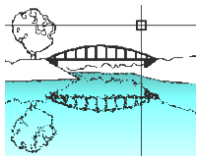
Abaco per la determinazione della pioggia netta, P , a partire dalla pioggia lorda, I , in base ai diversi valori del parametro CN del metodo SCS-CN ($c=0.2$).

Poiché il rifiuto del terreno è un fenomeno dinamico, che dipende dallo stato del sistema, ovvero dello stato di imbibimento del bacino, si assume che il valore di CN possa variare in relazione alle condizioni iniziali di imbibimento all'atto della piena. Lo stato di imbibimento viene espresso, in modo qualitativo, in base ad un indice di pioggia, ovvero la pioggia totale caduta nei cinque giorni che precedono l'evento di piena, API_5 . A seconda del valore di API_5 , vengono identificate le tre classi AMC I, II e III, che rappresentano rispettivamente terreno inizialmente asciutto, mediamente imbibito e fortemente imbibito.

Noto il valore di CN per le condizioni medie di imbibimento, ossia CN_{II} , i valori relativi alle classi AMC I e III si possono valutare rispettivamente tramite le relazioni:

$$CN_I = \frac{CN_{II}}{2,38 - 0,0138 \cdot CN_{II}} \quad (5.2.5)$$

$$CN_{III} = \frac{CN_{II}}{0,43 - 0,0057 \cdot CN_{II}} \quad (5.2.6)$$



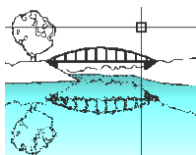
PARAMETRIZZAZIONE IN BASE AL TIPO IDROLOGICO E ALL'USO DEL SUOLO

Per una data condizione AMC, il valore di CN dipende, innanzi tutto, dalle caratteristiche idrologiche del suolo, in relazione alla maggiore e minore permeabilità.

Inoltre, per un dato tipo idrologico di suolo, il valore di CN varia, anche notevolmente, a seconda della tipologia di uso del suolo stesso, ossia della sua copertura vegetale e del suo grado di antropizzazione. Nelle tabelle dei capitoli seguenti si riportano i valori caratteristici di taratura del parametro CN, il cui valore si ottiene per incrocio delle caratteristiche idrologiche del suolo, secondo i 4 tipi idrologici A-B-C-D a permeabilità decrescente, e delle caratteristiche di uso prevalente del suolo e, più in generale, del territorio. I valori riportati si riferiscono a condizioni di imbibimento medie all'atto dell'evento di piena, ossia per AMC di tipo II, e forniscono quindi il valore di CNII.

Per identificare il tipo idrologico di suolo bisogna analizzare le caratteristiche geopedologiche del bacino. A tal scopo, si è determinato il valore (medio) caratteristico del parametro S a scala di bacino integrando nello spazio i diversi valori di S, e non quelli di CN, a causa della relazione non-lineare che intercorre tra questi due parametri [Carrara et al.,1988].

Nei capitoli seguenti viene illustrato come sono state assegnate le caratteristiche ad ogni singolo bacino. I calcoli sono poi stati svolti con l'ausilio del software HEC-HMS 4.10, software gratuito distribuito da Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers.

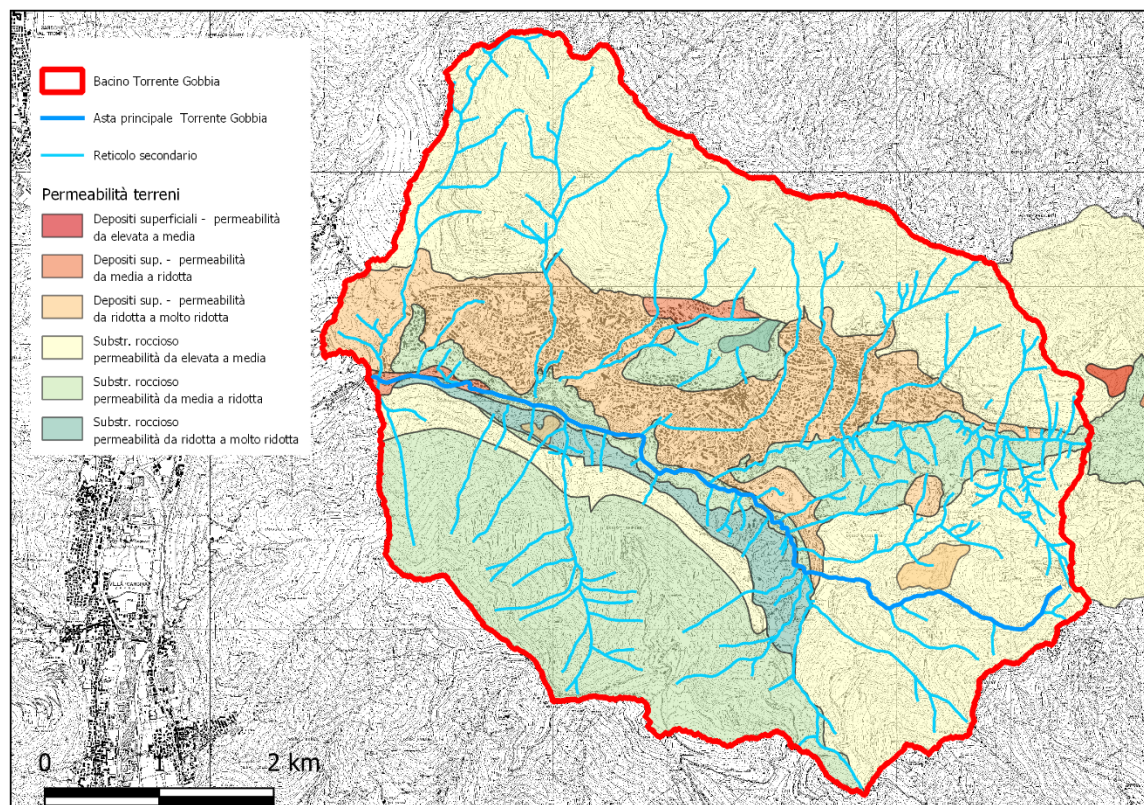


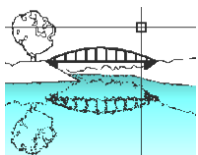
PERMEABILITÀ DEL BACINO

Per determinare il parametro CN bisogna innanzitutto partire dalla capacità di assorbimento del suolo, che viene suddiviso in quattro differenti classi, come da tabella sottostante.

Tipo idrologico di suolo	Descrizione
A	Scarsa potenzialità di deflusso. Comprende sabbie profonde con scarsissimo limo e argilla; anche ghiaie profonde, molto permeabili.
B	Potenzialità di deflusso moderatamente bassa. Comprende la maggior parte dei suoli sabbiosi meno profondi che nel gruppo A, ma il gruppo nel suo insieme mantiene alte capacità di infiltrazione anche a saturazione
C	Potenzialità di deflusso moderatamente alta. Comprende suoli sottili e suoli contenenti considerevoli quantità di argilla e colloidali, anche se meno che nel gruppo D. Il gruppo ha scarsa capacità di infiltrazione a saturazione.
D	Potenzialità di deflusso molto alta. Comprende la maggior parte delle argille con alta capacità di rigonfiamento, ma anche suoli sottili con orizzonti pressoché impermeabili in vicinanza delle superfici.

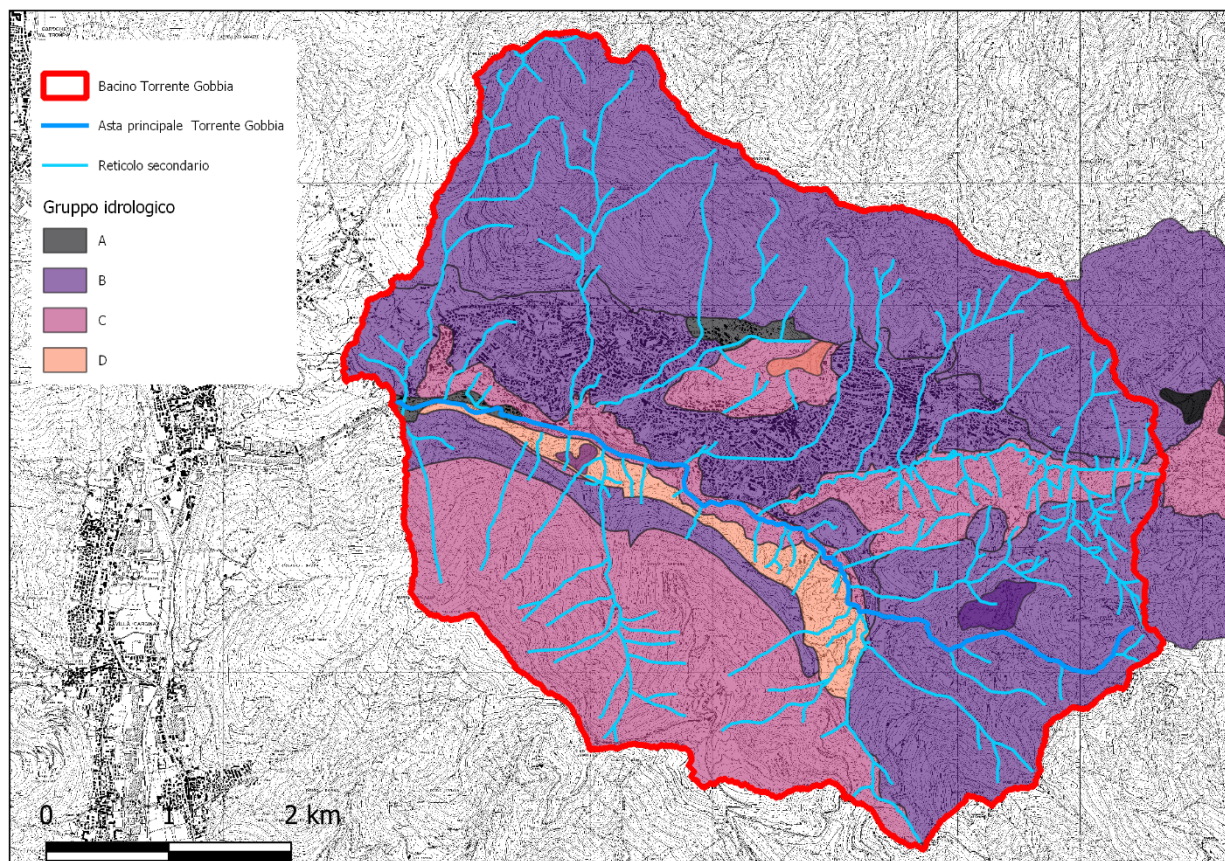
La permeabilità del bacino è stata ricavata dalla Tavola 4 “Carta idrografica, idrogeologica e della permeabilità” del PGT di Lumezzane. In questa tavola vengono identificati terreni con diversa permeabilità, a seconda che si tratti di depositi superficiali o substrato roccioso.

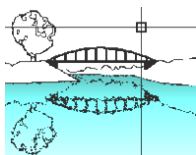




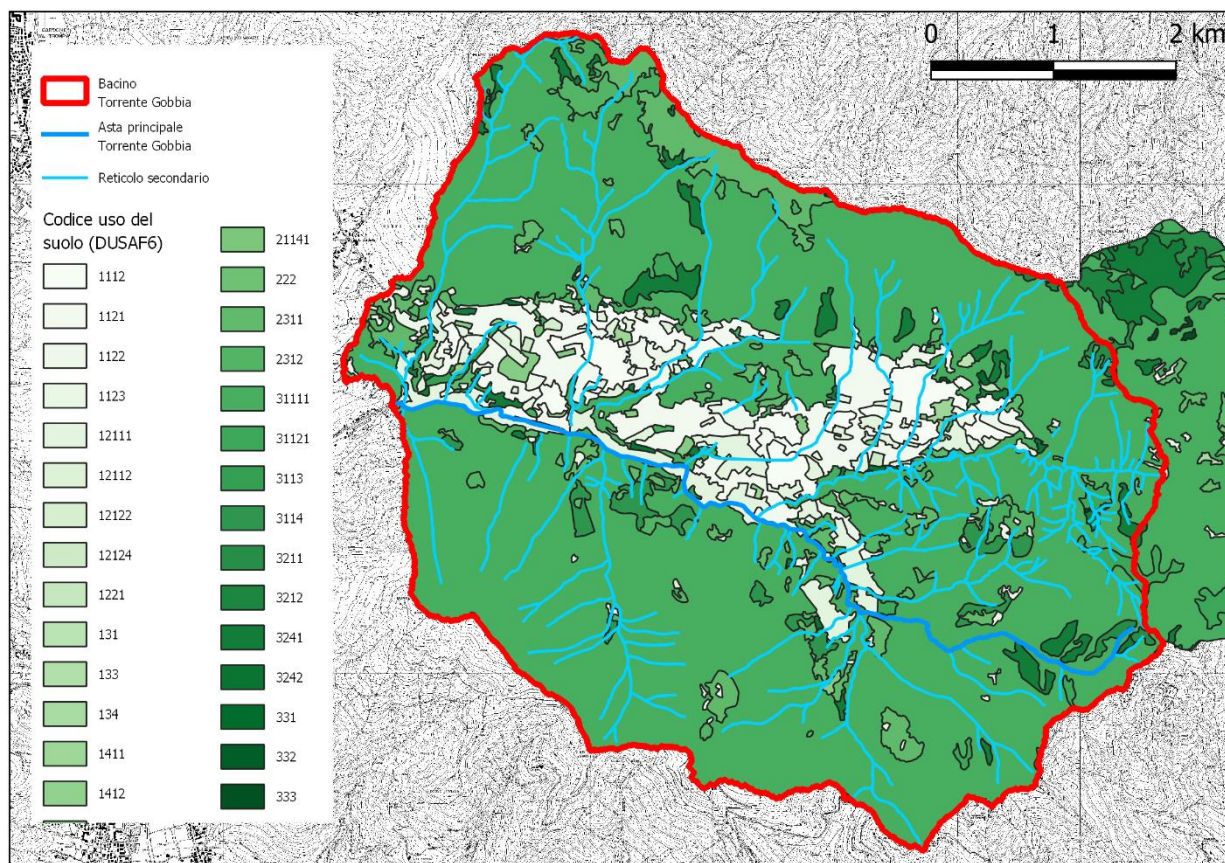
La corrispondenza tra le tipologie idrologiche del suolo e i terreni del bacino del torrente Gobbia è riportata nella tabella seguente.

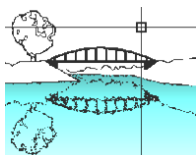
Permeabilità terreno	Classe idrologica
Depositi superficiali – permeabilità da elevata a media	A
Depositi superficiali – permeabilità da media a scarsa	B
Depositi superficiali – permeabilità da scarsa a molto scarsa	C
Substrato roccioso – permeabilità da elevata a media	B
Substrato roccioso – permeabilità da media a scarsa	C
Substrato roccioso – permeabilità da scarsa a molto scarsa	D





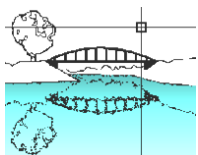
Come anticipato, come carta dell'uso del suolo è stata utilizzata la carta DUSAF 6.0 prodotta da Regione Lombardia, di cui si riporta l'estratto per il bacino del Gobbia.





Basandosi su informazioni di letteratura, è stata utilizzata la seguente corrispondenza tra i vari usi del suolo e i parametri CN II delle varie tipologie idrologiche in cui è stato suddiviso il territorio del bacino.

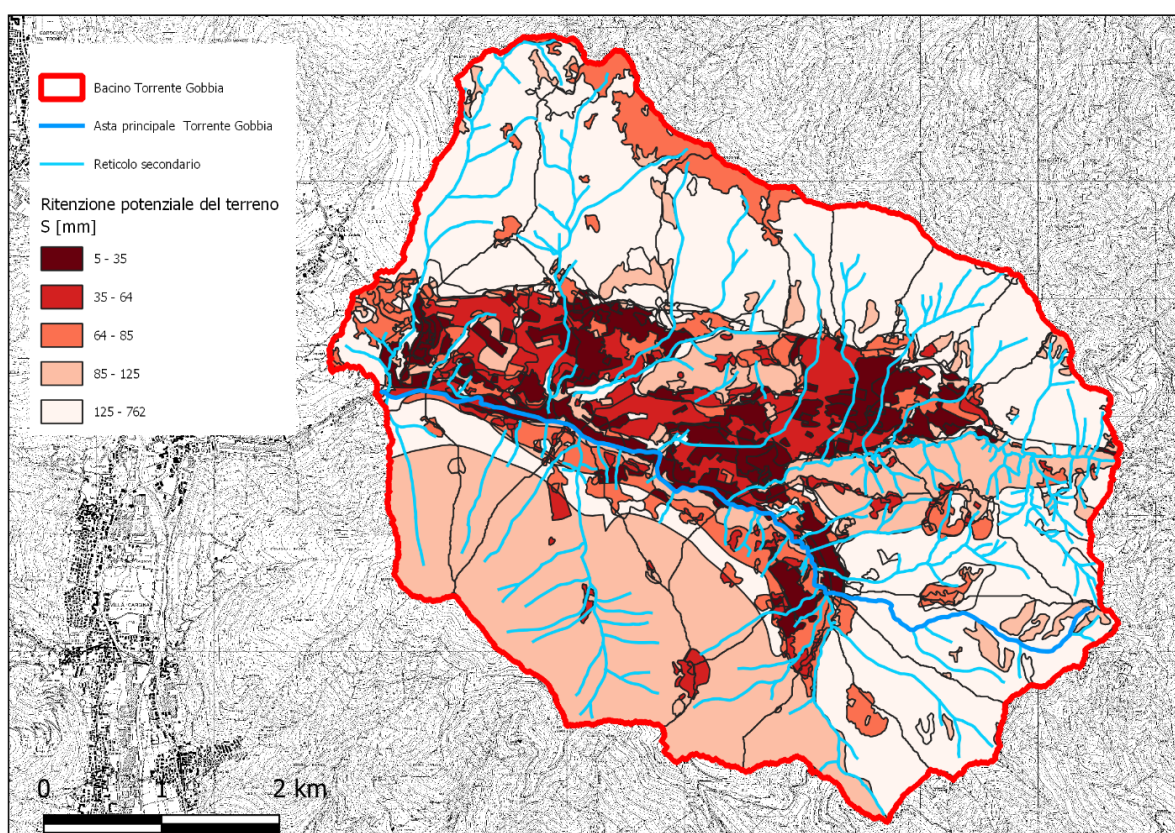
	A	B	C	D
131 – cave	76	85	89	91
133 – Cantieri	72	82	87	89
134 - aree degradate non utilizzate e non vegetate	72	82	87	90
222 – frutteti e frutti minori	65	75	82	86
331 - spiagge, dune ed alvei ghiaiosi	25	55	70	77
332 - Accumuli detritici e affioramenti litoidi privi di vegetazione	72	82	87	90
333 - vegetazione rada	45	66	77	83
1112 - tessuto residenziale continuo mediamente denso	89	92	94	95
1121 - Tessuto residenziale discontinuo	77	85	90	92
1122 - Tessuto residenziale rado e nucleiforme	60	75	84	89
1123 - Tessuto residenziale sparso	55	71	80	85
1221 - Reti stradali e spazi accessori	98	98	98	98
1411 - Parchi e giardini	68	79	86	89
1412 - Aree verdi incolte	68	79	86	89
1421 - Impianti sportivi	49	69	79	84
2311 - prati permanenti in assenza di specie arboree ed arbustive	59	75	83	87
2312 – prati permanenti con presenza di specie arboree ed arbustive sparse	35	56	70	77
3113 - formazioni ripariali	36	60	73	79
3114 - castagneti da frutto	67	78	85	89
3211 - praterie naturali d’alta quota assenza di specie arboree ed arbustive	49	69	79	84
3212 - praterie naturali d’alta quota con presenza di specie arboree ed arbustive sparse	43	65	76	82
3241 - cespuglieti con presenza significativa di specie arbustive alte ed arboree	46	67	77	84
3242 - cespuglieti in aree di agricole abbandonate	48	67	77	83
12111 - Insediamenti industriali, artigianali, commerciali	81	88	91	93
12112 - Insediamenti produttivi agricoli	62	76	83	87
12122 - Impianti di servizi pubblici e privati	81	88	91	93
12124 - Cimiteri	81	88	91	93
21141 – Colture floro-vivaistiche a pieno campo	30	58	71	78
31111 – boschi di latifoglie a densità media e alta governati a ceduo	25	55	70	77
31121 - boschi di latifoglie a densità bassa governati a ceduo	42	65	76	80

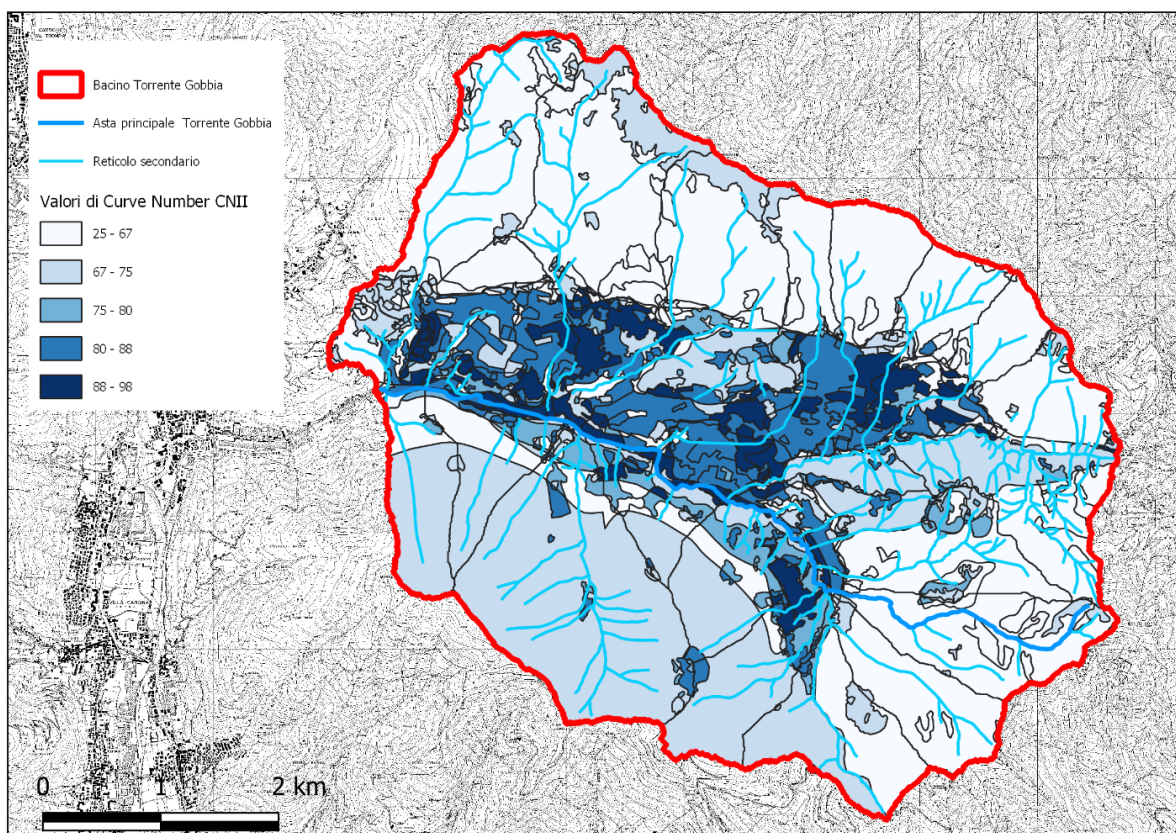
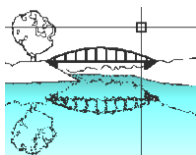


CLASSI DI USO DEL SUOLO

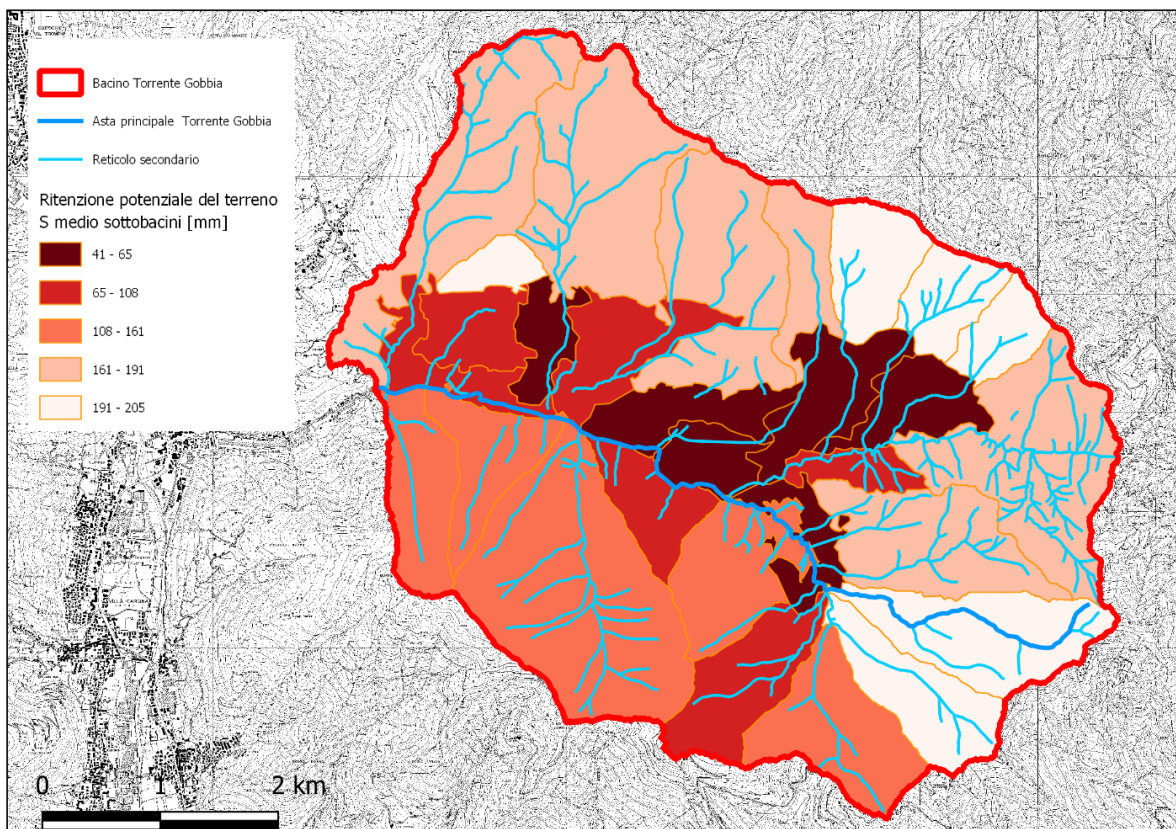
Per associare un dato valore di *Curve Number* (di seguito CN) al terreno è necessario conoscere l'uso del suolo. Questa informazione è stata mutuata dalle carte di uso del suolo DUSAF fornite da Regione Lombardia ed aggiornate all'anno 2018. Il valore di CN assegnato è un valore di CN_{II} (AMC II) e quindi riferito a condizioni di imbibizione del terreno medie.

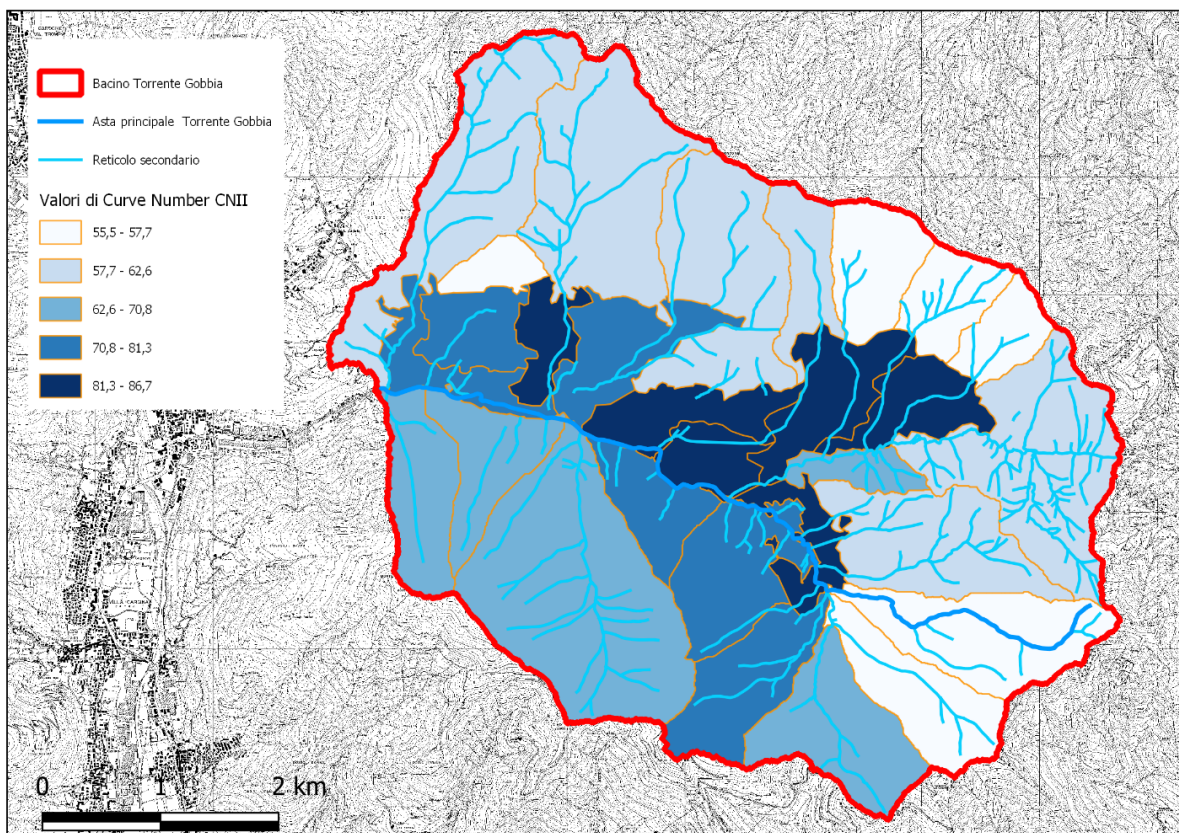
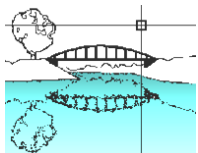
È stato svolto il calcolo del parametro S a scala di sottobacino, da cui è stato poi ricavato il valore di CN_{II}, a causa della relazione non-lineare che intercorre tra questi due parametri.

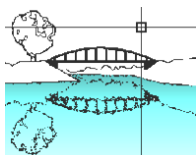




Questi valori sono stati poi mediati per ognuno dei sottobacini ed utilizzati nel modello idrologico.







MODELLO IDROLOGICO

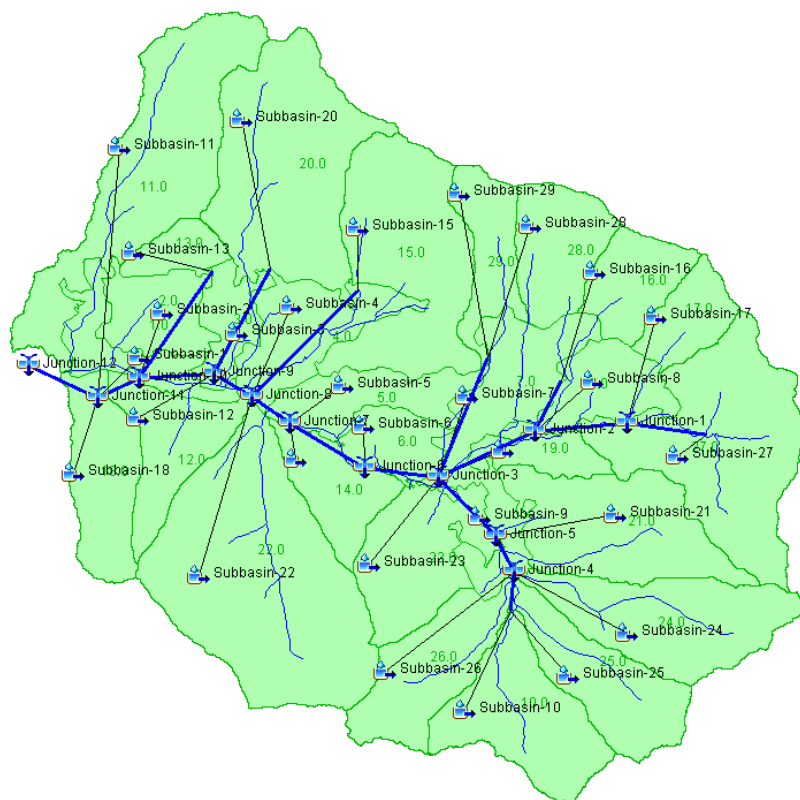
Il modello idrologico è stato implementato nel software gratuito HEC-HMS 4.10, distribuito dal Hydrologic Engineering Center dell'US Army Corps of Engineers. Gli output prodotti saranno quindi gli idrogrammi che fungeranno da dati in ingresso al modello idraulico.

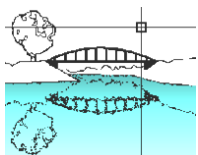
SOFTWARE HEC-HMS

Si tratta di un software progettato per simulare la risposta di un bacino ad un input meteorico. La modellazione del bacino avviene mediante la definizione di elementi concettuali che lo rappresentano, mentre i processi di trasformazione afflussi – deflussi vengono simulati mediante la scelta del modello tra quelli implementati nel programma.

BACINO DEL TORRENTE GOBBIA

Il bacino idrografico del torrente Gobbia è stato schematizzato in 29 sottobacini: mediante l'utilizzo delle varie componenti presenti, quali ad es. tronchi o giunzioni, si è descritta la rete completa del bacino, collegando ogni componente. L'immagine seguente riporta il modello così come è stato implementato all'interno del programma.



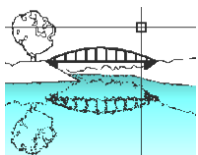


Le caratteristiche dei bacini sono ricavate tramite software GIS e riportate nel modello. Esiste anche la possibilità di utilizzare il tool GIS implementato all'interno del programma ma, data la forte antropizzazione del bacino, si è preferito ricorrere ad una schematizzazione piuttosto che ad un'analisi distribuita basata sui dati DEM disponibili.

Per ogni sottobacino devono essere definiti i modelli di perdita e di trasformazione della pioggia. Nel primo caso si è ricorso al già discusso metodo del curve number, mentre per il modello di trasformazione si è utilizzato il SCS Unit Hydrograph. Questo modello richiede in ingresso come parametri il tempo di Lag e la definizione del parametro di picco. Nelle tabelle seguenti si riportano i valori utilizzati per i sottobacini.

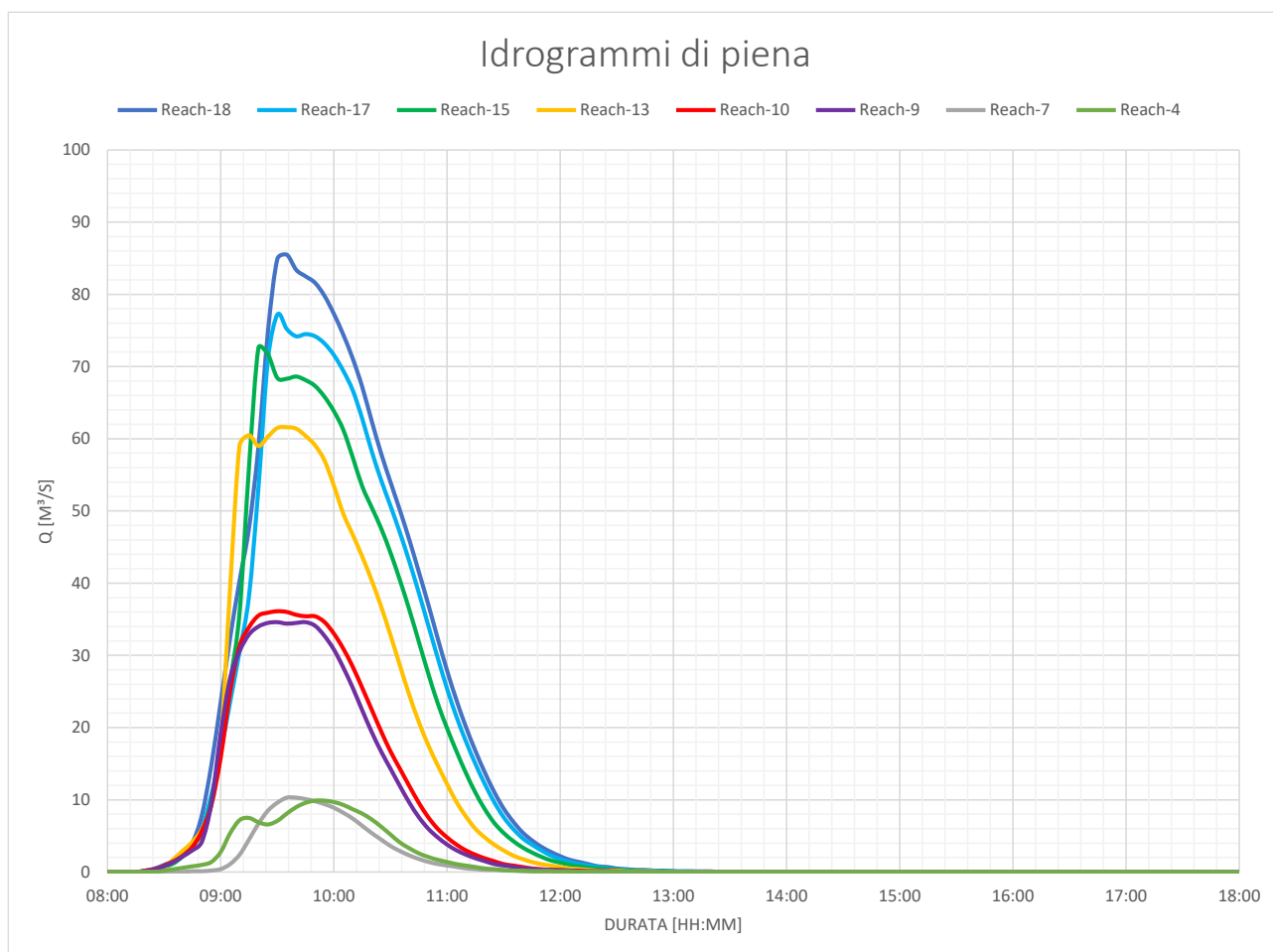
Sottobacino	L [m]	L [km]	h_{min} [m]	h_{max} [m]	Area [m ²]	Area [km ²]	S [mm]	CN	la [mm]
10	1894	1.89	497.86	1156.76	1162323	1.162	150.35	63.95	12.79
2	747	0.75	340.31	524.36	567912	0.568	64.67	80.87	16.17
3	938	0.94	365.59	555.75	395508	0.396	54.35	83.95	16.79
7	1800	1.80	415.67	730.66	820966	0.821	48.65	84.96	16.99
6	885	0.89	378.30	475.02	428495	0.428	41.02	86.74	17.35
1	1461	1.46	308.23	455.76	525162	0.525	70.04	80.43	16.09
4	1298	1.30	350.03	656.59	828472	0.828	84.32	79.85	15.97
5	702	0.70	361.37	574.69	638830	0.639	52.41	84.00	16.80
18	1495	1.50	303.70	1157.76	850731	0.851	141.79	66.41	13.28
11	3981	3.98	303.70	1275.39	2004410	2.004	190.05	57.90	11.58
12	1117	1.12	312.80	1109.39	760568	0.761	129.71	67.49	13.50
13	720	0.72	452.23	821.98	282169	0.282	202.96	55.79	11.16
14	347	0.35	365.01	888.16	604841	0.605	108.04	71.55	14.31
15	1261	1.26	457.77	1332.39	1793620	1.794	176.52	61.46	12.29
16	983	0.98	687.46	1237.45	568986	0.569	199.51	56.32	11.26
17	626	0.63	657.98	1236.85	451172	0.451	201.35	55.97	11.19
8	997	1.00	472.96	710.84	618795	0.619	64.47	82.02	16.41
19	1027	1.03	424.69	734.19	326827	0.327	107.55	70.61	14.12
9	1087	1.09	405.88	535.03	424706	0.425	57.72	83.21	16.64
21	1776	1.78	477.25	1147.14	1378306	1.378	163.07	62.22	12.44
22	2515	2.52	361.38	1158.23	3006709	3.007	109.24	70.23	14.05
23	391	0.39	399.93	1029.77	1031772	1.032	109.60	70.89	14.18
24	2728	2.73	478.17	1211.71	1318267	1.318	191.54	57.43	11.49
25	2068	2.07	478.17	1155.86	943898	0.944	197.26	56.67	11.33
26	1677	1.68	478.17	1087.47	944095	0.944	101.83	71.90	14.38
27	2218	2.22	490.71	1167.50	2075662	2.076	167.28	61.22	12.24
28	807	0.81	659.23	1294.70	749035	0.749	204.69	55.46	11.09
29	846	0.85	562.66	1331.43	582767	0.583	171.04	60.89	12.18
20	2100	2.10	490.92	1344.49	2107505	2.108	180.19	59.48	11.90

L'analisi idrologica così condotta ha permesso di determinare le portate del torrente Gobbia.

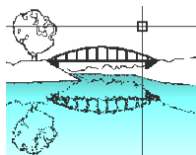


PORTATE DI PIENA

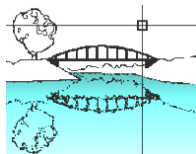
Nel grafico seguente si riportano le portate al colmo che saranno utilizzate poi nello studio idraulico.



Nella tabella successiva sono riportati gli idrogrammi generati da ogni sottobacino: nel grafico vengono poi raffrontati i contributi dei bacini urbanizzati e quelli non urbanizzati in termini di volume.

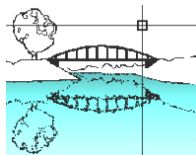


Time	Sottobacini																												
	11	18	1	2	13	3	12	20	4	22	15	5	14	6	19	7	23	9	21	24	26	10	25	8	16	17	27	29	28
08:00	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:05	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:10	0	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
08:15	0	0	0	0.2	0	0.3	0	0	0.2	0	0	0.8	0	0.2	0	0.1	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0	0	0
08:20	0	0	0.1	0.5	0	0.6	0	0	0.4	0	0	1.5	0.1	0.4	0	0.3	0	0.5	0	0	0	0	0	0.4	0.1	0	0	0	
08:25	0	0	0.2	0.8	0	1	0	0	0.7	0	0	2	0.1	0.5	0	0.6	0	0.9	0	0	0	0	0	0.6	0.1	0	0	0	
08:30	0	0	0.3	1	0	1.4	0	0	1.1	0	0	2.5	0.1	0.7	0	0.8	0	1.2	0	0	0	0	0	0.8	0.1	0	0	0	
08:35	0	0	0.4	1.3	0.1	1.8	0	0	1.5	0	0.1	3.2	0.1	0.9	0	1.1	0	1.6	0	0	0	0	0	1	0.2	0	0	0	
08:40	0	0	0.6	1.8	0.1	2.4	0.1	0	2.1	0	0.1	4.6	0.2	1.3	0.1	1.4	0.1	2.2	0	0	0.1	0	0	1.4	0.2	0	0	0	
08:45	0	0.5	1.1	3.8	0.2	4.9	0.7	0.1	3.6	0.3	0.4	10.9	9.6	2.6	0.5	2.7	2.5	4.1	0.1	0	0.4	0.1	0	2.7	0.6	0.1	0.1	0.2	
08:50	0	1.9	1.9	7.5	0.5	9.4	2.4	0.2	6.3	0.9	1.1	20.9	17.6	5.1	1.7	5.1	5.6	7.6	0.3	0	1.1	0.3	0	5.3	1.4	0.3	0.2	0.8	
08:55	0.1	4.4	2.9	9.5	1	12.5	4.6	0.5	9.7	1.9	2.6	21.5	13.8	6.4	2.9	7	5.2	11	0.6	0	2.5	0.6	0.1	7	2.9	0.8	0.4	1.5	
09:00	0.1	6.9	3.4	8.9	1.8	12.2	6.1	0.8	11.5	3.4	4.2	15.9	10.3	5.9	3.3	7.2	4	11.8	1.1	0.1	3.8	1	0.2	6.9	4.5	1.2	0.7	2	
09:05	0.2	8.6	3.5	6.8	2.7	10.1	6.5	1.4	11.5	4.8	5.5	10.9	8.1	4.5	3.2	6.2	3.2	10.6	1.7	0.1	4.6	1.4	0.3	5.7	5.7	1.4	1	2.2	
09:10	0.3	9.4	3.1	5.1	3.5	7.5	6	1.9	10.3	5.9	6.4	8	6.7	3.3	2.7	4.7	2.6	8.4	2.2	0.2	5	1.7	0.5	4.3	6.4	1.5	1.4	2.2	
09:15	0.4	9.3	2.5	4	4.1	5.8	5.4	2.5	8.4	6.6	6.6	6.1	5.7	2.5	2.3	3.6	2.2	6.5	2.5	0.3	4.9	1.9	0.7	3.3	6.5	1.5	1.7	2.1	
09:20	0.6	8.7	2.1	3.1	4.4	4.6	4.8	2.9	6.8	6.8	6.5	4.9	5.1	2	2	2.9	2	5.3	2.7	0.4	4.5	2	0.9	2.6	6.4	1.4	1.9	1.9	
09:25	0.8	8.1	1.7	2.6	4.6	3.7	4.3	3.2	5.6	6.8	6.2	4.1	4.6	1.6	1.8	2.3	1.8	4.3	2.8	0.5	4	2	1	2.2	6.2	1.4	2	1.8	
09:30	0.9	7.5	1.4	2.2	4.6	3.1	3.9	3.5	4.7	6.4	5.9	3.5	4.2	1.4	1.6	1.9	1.6	3.6	2.8	0.6	3.6	1.9	1.1	1.8	5.9	1.3	2.1	1.6	
09:35	1.1	6.9	1.2	1.9	4.5	2.7	3.5	3.6	4	5.9	5.6	3.1	3.9	1.2	1.4	1.6	1.5	3	2.7	0.7	3.3	1.8	1.2	1.6	5.6	1.2	2.1	1.5	
09:40	1.3	6.3	1	1.6	4.4	2.3	3.1	3.5	3.4	5.5	5.2	2.6	2.7	1	1.3	1.4	1.2	2.6	2.6	0.7	2.9	1.7	1.3	1.3	5.2	1.1	2	1.4	
09:45	1.4	5.6	0.9	1.2	4.1	1.8	2.6	3.4	2.9	5	4.6	1.7	1.1	0.8	1	1.1	0.6	2.1	2.4	0.7	2.6	1.6	1.2	1.1	4.5	0.9	1.9	1.1	
09:50	1.5	4.6	0.7	0.8	3.6	1.3	2	3.3	2.3	4.5	3.9	0.9	0.4	0.5	0.7	0.8	0.2	1.6	2.2	0.7	2.2	1.4	1.2	0.7	3.5	0.5	1.8	0.8	
09:55	1.6	3.6	0.5	0.5	3	0.8	1.4	3	1.7	3.9	3	0.5	0.2	0.3	0.4	0.5	0.1	1.1	1.9	0.7	1.7	1.2	1.1	0.5	2.5	0.3	1.6	0.5	

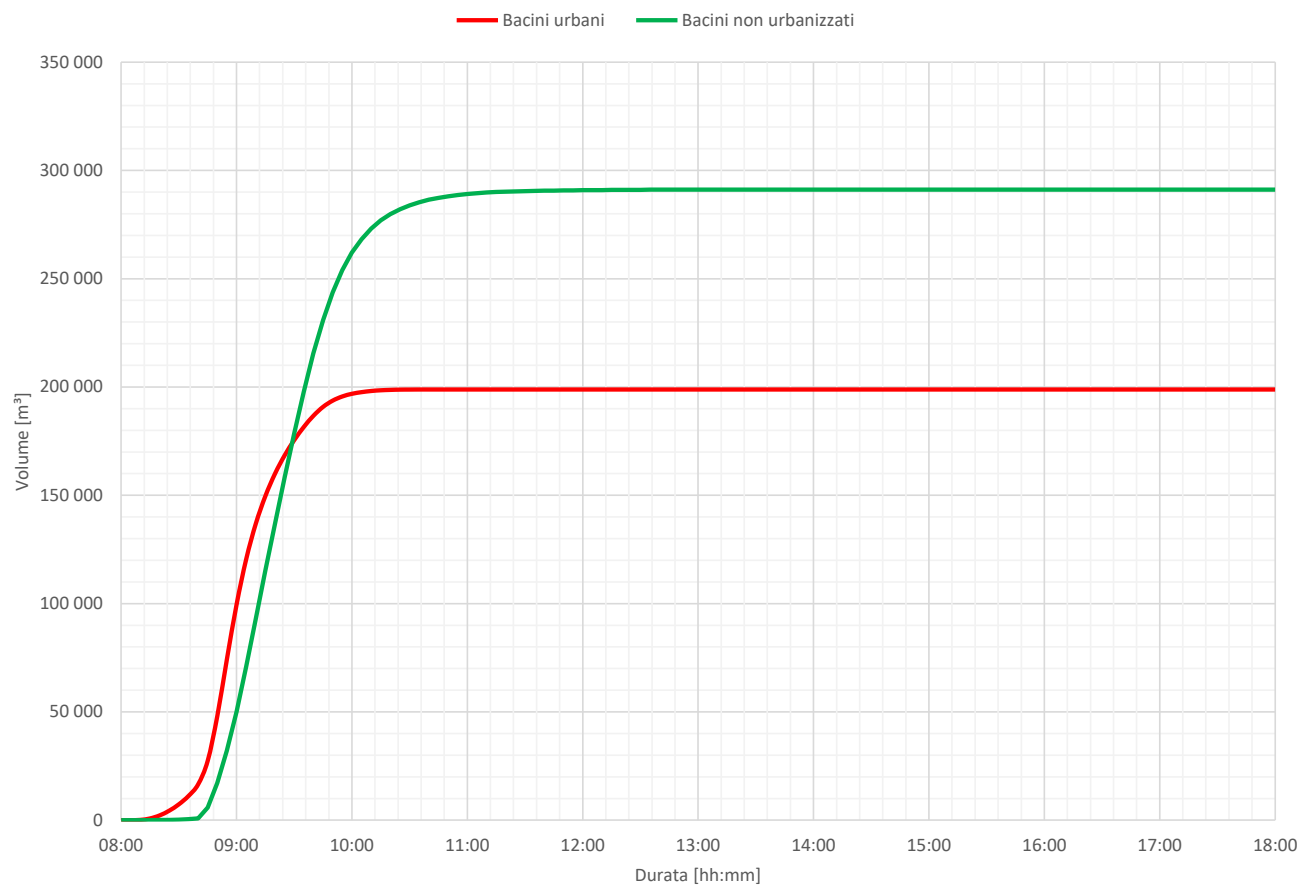


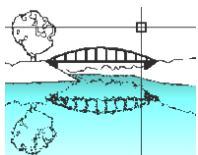
Servizi di ingegneria

10:00	1.7	2.6	0.4	0.3	2.3	0.5	0.9	2.7	1.2	3.3	2.2	0.2	0.1	0.2	0.3	0.3	0	0.7	1.7	0.7	1.3	1	1	0.3	1.7	0.2	1.4	0.3	1.5
10:05	1.7	1.8	0.2	0.2	1.8	0.3	0.6	2.3	0.8	2.7	1.5	0.1	0	0.1	0.2	0.2	0	0.4	1.4	0.6	1	0.8	0.9	0.2	1.1	0.1	1.2	0.2	0.9
10:10	1.7	1.3	0.2	0.1	1.3	0.2	0.4	2	0.6	2.1	1.1	0.1	0	0.1	0.1	0.1	0	0.3	1.1	0.6	0.7	0.7	0.8	0.1	0.7	0.1	1	0.1	0.6
10:15	1.7	0.9	0.1	0.1	0.9	0.1	0.2	1.6	0.4	1.7	0.7	0	0	0	0.1	0.1	0	0.2	0.8	0.5	0.5	0.5	0.6	0.1	0.5	0	0.8	0.1	0.4
10:20	1.6	0.6	0.1	0	0.7	0.1	0.1	1.3	0.3	1.3	0.5	0	0	0	0	0	0	0.1	0.6	0.4	0.4	0.4	0.5	0	0.3	0	0.6	0	0.2
10:25	1.5	0.4	0.1	0	0.5	0	0.1	1.1	0.2	1	0.4	0	0	0	0	0	0	0.1	0.5	0.4	0.3	0.3	0.4	0	0.2	0	0.5	0	0.1
10:30	1.4	0.3	0	0	0.4	0	0.1	0.8	0.1	0.8	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.4	0.3	0.2	0.2	0.3	0	0.1	0	0.4	0	0.1
10:35	1.3	0.2	0	0	0.3	0	0	0.7	0.1	0.6	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0.3	0.3	0.1	0.2	0.3	0	0.1	0	0.3	0	0
10:40	1.2	0.1	0	0	0.2	0	0	0.5	0	0.5	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0	0.1	0	0.2	0	0
10:45	1	0.1	0	0	0.1	0	0	0.4	0	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0	0	0	0.2	0	0
10:50	0.9	0.1	0	0	0.1	0	0	0.3	0	0.3	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0	0	0.2	0	0
10:55	0.8	0	0	0	0.1	0	0	0.3	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0.1	0.1	0	0	0	0.1	0	0
11:00	0.7	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0
11:05	0.6	0	0	0	0	0	0	0.2	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0
11:10	0.6	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0.1	0	0	0	0.1	0	0
11:15	0.5	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:20	0.4	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:25	0.4	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:30	0.3	0	0	0	0	0	0	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:35	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:40	0.3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:45	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:50	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
11:55	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:00	0.2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
12:05	0.1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0



Volume di pioggia cumulato [m³]



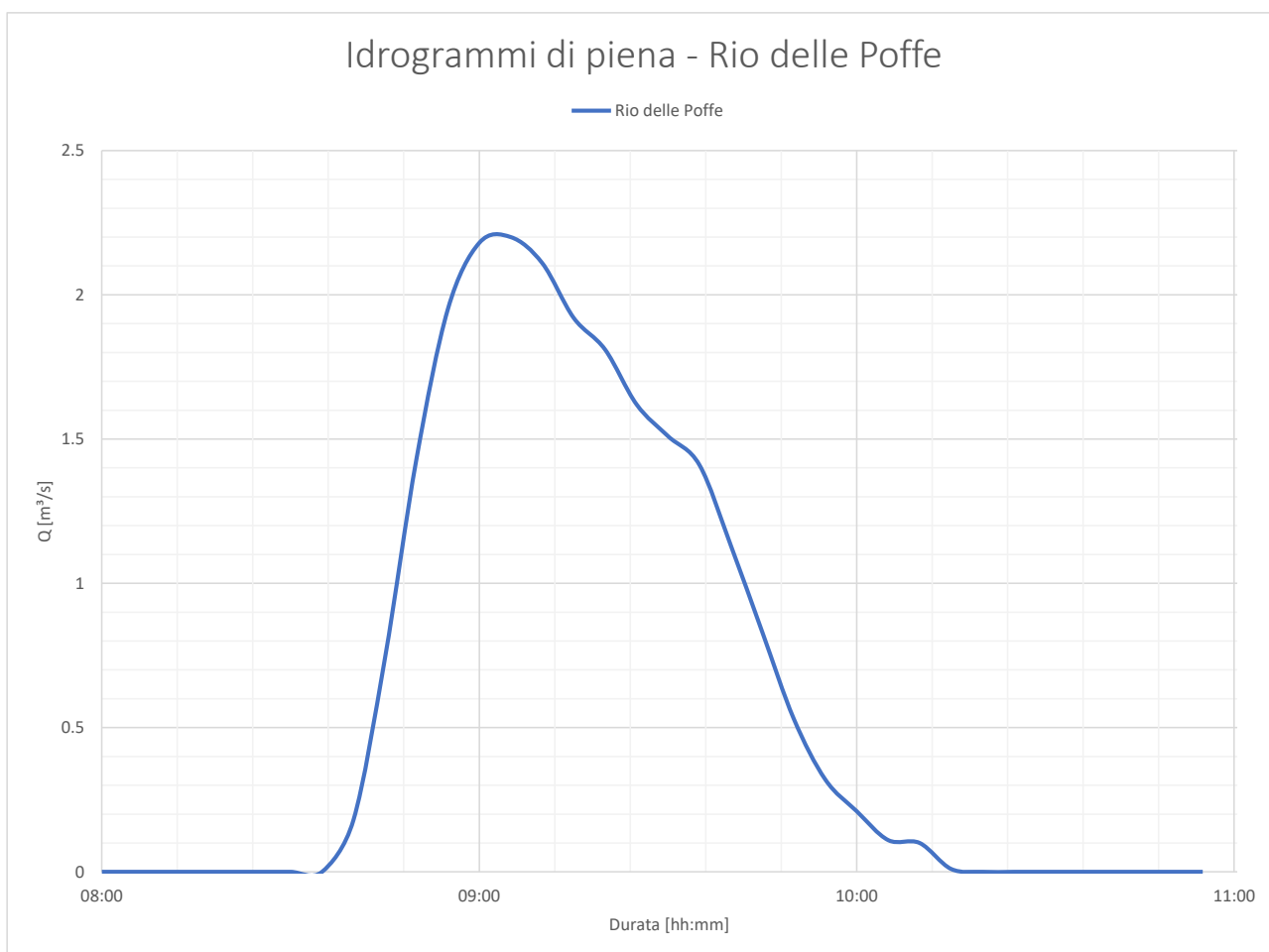


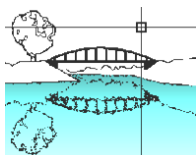
ANALISI IDROLOGICA LOCALITÀ VIA VERDI

L'analisi idrologica svolta ha permesso di ottenere anche le portate convogliate dal Rio delle Poffe all'imbocco del suo tombinamento in via Pasotti Astorre.

Dall'analisi svolta la portata convogliata presenta, per un tempo di ritorno di 100 anni, un picco di 1,8 m³/s. Nella tabella seguente si riportano i dati del bacino, corrispondente al numero 29 della precedente analisi, e di seguito l'idrogramma generato, che fungerà da input per il modello idraulico.

Sottobacino	L [m]	L [km]	hmin [m]	hmax [m]	Area [m ²]	Area [km ²]	S [mm]	CN	la [mm]
Rio delle Poffe	846	0.85	562.66	1331.43	582767	0.583	171.04	60.89	12.18





ALLEGATI

- Tav. 1 Corografia generale
- Tav. 2 Carta geologica
- Tav. 3 Uso del suolo
- Tav. 4 Rete idrografica
- Tav. 5 Rete fognaria
- Tav. 6 Sottobacini
- Tav. 7 Permeabilità del terreno
- Tav. 8 Capacità di ritenzione idrica del suolo
- Tav. 9 Parametro CN (Curve Number)
- Tav. 10 Parametri LSPP