

POLITECNICO DI TORINO

Corso di Laurea Magistrale in
Ingegneria per l'Ambiente e il Territorio



Tesi di Laurea Magistrale

**Intersezioni viarie a rischio di alluvione: valutazione e
comunicazione nelle scuole - applicazione al caso studio della
Val Chisone (TO)**

Relatori

Prof. Pierluigi Claps

Dr. Paolo Cavaliere, PhD

Candidata

Martina Brunetto

Anno accademico 2020/2021

Abstract

Nel presente lavoro di tesi si affronta il tema degli attraversamenti inclini ad essere interessati da fenomeni alluvionali dal punto di vista della loro individuazione e della successiva comunicazione. Il target di riferimento scelto è quello degli studenti delle scuole secondarie di secondo grado al fine di aumentarne la consapevolezza del rischio e la conoscenza del proprio territorio, insieme ad un maggiore coinvolgimento ed interesse verso le discipline STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

I risultati prodotti da questo lavoro sono lo sviluppo di una procedura per la valutazione della vulnerabilità degli attraversamenti, la presentazione dei risultati attraverso strumenti interattivi ed un elaborato che chiarisca agli studenti la metodologia adottata. Quest'ultima tiene conto sia delle caratteristiche dell'infrastruttura stradale sia della capacità del bacino a monte di produrre un'onda di piena a seguito di piogge. Ciò è reso possibile dall'uso di parametri morfologici e idrologici, ottenuti con strumenti GIS, a partire dai dati messi a disposizione gratuitamente dalle istituzioni pubbliche.

Indice generale

ABSTRACT	2
INDICE GENERALE	3
INDICE FIGURE	5
INDICE TABELLE	8
1 INTRODUZIONE	9
2 IL RISCHIO ALLUVIONALE SULLA RETE VIARIA	12
2.1 APPROCCIO METODOLOGICO.....	16
3 APPLICAZIONE DELLA METODOLOGIA: LE STRADE DELLA VAL CHISONE (TO)	27
3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	27
3.1.1 <i>Reticolo idrografico</i>	30
3.1.2 <i>Rete stradale</i>	32
3.2 IDENTIFICAZIONE ATTRAVERSAMENTI.....	34
3.3 VALUTAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI POTENZIALMENTE SOGGETTI A FENOMENI ALLUVIONALI.....	37
4 LA COMUNICAZIONE EFFICACE DEL RISCHIO	43
4.1 PRINCIPALI BARRIERE ALLA COMUNICAZIONE EFFICACE.....	49
4.2 BUONE PRATICHE.....	53
4.2.1 <i>Storytelling: la tecnica della narrazione</i>	55
4.3 ESEMPI DI BUONE PRATICHE DI COMUNICAZIONE DELLA VIABILITÀ A RISCHIO.....	59
4.3.1 <i>Queensland (Australia)</i>	61
4.4 LA SITUAZIONE IN ITALIA.....	65
5 COMUNICAZIONE NELLE SCUOLE: COME COSTRUIRE UN PERCORSO DI CONSAPEVOLEZZA DEL RISCHIO	68
5.1 EDUCAZIONE ALLA SICUREZZA STRADALE.....	68
5.2 DIFFUSIONE DELLA CULTURA DI PROTEZIONE CIVILE NELLE SCUOLE.....	72
6 COMUNICAZIONE DEI RISULTATI DEL PROGETTO CHISONE	78
7 CONCLUSIONI	83

8	BIBLIOGRAFIA	86
9	ALLEGATI	90
9.1	ALLEGATO 1 - PARAMETRI MEDI AREALI DELLE CPP SUL BACINO DEL CHISONE	90
9.2	ALLEGATO 2 – PRESENTAZIONE PER LA COMUNICAZIONE NELLE SCUOLE	91

Indice figure

FIGURA 2.1 GIUGNO 2016: ATTRAVERSAMENTO DELLA SP23 DEL COLLE DEL SESTRIERE IN LOCALITÀ BRANDONEUGNA (TO) (FONTE: GOOGLE STREETVIEW)	13
FIGURA 2.2 25 NOVEMBRE 2016: ATTRAVERSAMENTO SULLA SP23 DEL COLLE DEL SESTRIERE IN LOCALITÀ BRANDONEUGNA (TO) (FONTE: L'ECO DEL CHISONE).....	13
FIGURA 2.3 APRILE 2018: ATTRAVERSAMENTO SULLA SP23 DEL COLLE DEL SESTRIERE IN LOCALITÀ BRANDONEUGNA (TO) (FONTE: GOOGLE STREETVIEW).....	13
FIGURA 2.4 RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DI UNA SMART ROAD (FONTE: ANAS - HTTPS://WWW.YOUTUBE.COM/WATCH?V=JFBIE_0C9OA).....	15
FIGURA 2.5 PANNELLO DI CONTROLLO DEL MONITORAGGIO METEO IN TEMPO REALE ESEGUITO SULLE SMART CAMERA DELLA SS51 (FONTE: WATERVIEW - WE ARE HIRING: POST LINKEDIN)	15
FIGURA 2.6 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA: L'ALTEZZA DI PIOGGIA ATTESA CRESCE ALL'AUMENTARE DELLA DURATA DELL'EVENTO E DEL PERIODO DI RITORNO.....	19
FIGURA 2.7 PLUVIOGRAMMA ED IDROGRAMMA ADOTTATI NELL'ANALISI: L'INTENSITÀ DI PIOGGIA SI MANTIENE COSTANTE PER TUTTA LA DURATA DELL'EVENTO PIOVOSO,	21
FIGURA 2.8 CONFRONTO TRA I TEMPI DI CORRIVAZIONE DI BACINI ALPINI SOTTESI ALLE GRANDI DIGHE PIEMONTESI E VALDOSTANE OTTENUTI CON DIVERSE FORMULE EMPIRICHE	24
FIGURA 2.9 DIAGRAMMA DI FLUSSO SEGUITO NEL PROCEDIMENTO DI CALCOLO DELLA PORTATA UNITARIA.....	26
FIGURA 3.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DELL'AREA DI STUDIO RISPETTO ALL'ITALIA ED AL PIEMONTE.....	27
FIGURA 3.2 TERRITORI COMUNALI PRESENTI NELL'AREA DI STUDIO	28
FIGURA 3.3 MODELLO DIGITALE DEL TERRENO 5X5 METRI (GEOPORTALE REGIONE PIEMONTE)	29
FIGURA 3.4 PRECIPITAZIONE TOTALE ANNUA SUL TERRITORIO PIEMONTESE NEL 2020 E ANOMALIA RISPETTO ALLA MEDIA DEL PERIODO DI RIFERIMENTO 1971-2000 (FONTE: ARPA PIEMONTE - HTTPS://WWW.ARPA.PIEMONTE.IT/RISCHINATURALI/TEMATISMI/CLIMA/CONFRONTI-STORICI/PRECIPITAZIONI/ANNO-PER-ANNO.HTML?DELTA=5).....	30
FIGURA 3.5 RETICOLO IDROGRAFICO UTILIZZATO PER L'ANALISI.....	31
FIGURA 3.6 RETE STRADALE ADOTTATA PER L'ANALISI, LA COLORAZIONE È IN FUNZIONE DELL'IMPORTANZA DELL'ARTERIA STRADALE E DELLA CLASSIFICAZIONE TECNICO-FUNZIONALE DELLA BDTRE DEL GEOPORTALE DELLA REGIONE PIEMONTE. LA SP23 È INDICATA CON IL COLORE ROSSO.....	32
FIGURA 3.7 IDENTIFICAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI.....	36
FIGURA 3.8 MAPPA DEL COEFFICIENTE PLUVIOMETRICO ORARIO A (MM/H) DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	38
FIGURA 3.9 MAPPA DELL'ESPONENTE DI INVARIANZA DI SCALA N DELLA CURVA DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA.....	38
FIGURA 3.10 MAPPA DEL FATTORE DI CRESCITA K_T , VALUTATO ATTRAVERSO AL DISTRIBUZIONE DI GUMBEL E PER PERIODO DI RITORNO DI 200 ANNI.....	38

FIGURA 3.11 RIPARTIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEGLI ATTRAVERSAMENTI SECONDO LE CLASSI DI PORTATA UNITARIA (M ³ /S/KM ²)	40
FIGURA 3.12 DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEGLI ATTRAVERSAMENTI INDIVIDUATI SULLA VIABILITÀ EXTRAURBANA PRINCIPALE. COLORAZIONE SULLA BASE DELLA PERICOLOSITÀ IDROLOGICA IN TERMINI DI PORTATA UNITARIA	41
FIGURA 3.13 DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEGLI ATTRAVERSAMENTI INDIVIDUATI SULLA VIABILITÀ EXTRAURBANA SECONDARIA. COLORAZIONE SULLA BASE DELLA PERICOLOSITÀ IDROLOGICA IN TERMINI DI PORTATA UNITARIA	41
FIGURA 3.14 DISTRIBUZIONE SPAZIALE DEGLI ATTRAVERSAMENTI INDIVIDUATI SULLA VIABILITÀ MINORE (URBANA, LOCALE). COLORAZIONE SULLA BASE DELLA PERICOLOSITÀ IDROLOGICA IN TERMINI DI PORTATA UNITARIA	42
FIGURA 4.1 HOMEPAGE DEL PORTALE DELLA FEMA (FEDERAL EMERGENCY MANAGEMENT AGENCY) “PLAN AHEAD FOR DISASTERS READY.GOV” CON LA SEZIONE DEDICATA A BAMBINI, FAMIGLIE ED EDUCATORI [17]	44
FIGURA 4.2 HOMEPAGE DI “IO NON RISCHIO”, PIATTAFORMA DI SUPPORTO AI VOLONTARI NELLE PIAZZE PER LA CAMPAGNA DI SENSIBILIZZAZIONE E COMUNICAZIONE DELLE BUONE PRATICHE DI PROTEZIONE CIVILE SVOLTA ORGANIZZATA DAL DIPARTIMENTO DI PROTEZIONE CIVILE (HOMEPAGE - IO NON RISCHIO (PROTEZIONECIVILE.IT) [18]).....	44
FIGURA 4.3 CELL BROADCASTING: ESEMPIO DI NOTIFICA DI ALLERTA PER FLASH FLOOD	45
FIGURA 4.4 APPLICAZIONE ALERTSWISS: MAPPA DELLE ZONE INTERESSATE DA INCENDIO	46
FIGURA 4.5 APPLICAZIONE ALERTSWISS: COMPORTAMENTI DI AUTOPROTEZIONE DA ADOTTARE	46
FIGURA 4.6 TWITTER: AGGIORNAMENTI CRITICITÀ PREVISTE SUL TERRITORIO NAZIONALE - CANALE UFFICIALE DEL DIPARTIMENTO DI PROTEZIONE CIVILE.....	46
FIGURA 4.7 RAPPRESENTAZIONE SCHEMATICA DEI MODELLI COMUNICATIVI “DAD” E “SON” (RIELABORAZIONE DI [23])	48
FIGURA 4.8 PANORAMICA TRIDIMENSIONALE DELL’AREA COLPITA E FOTO DEGLI EVENTI GIÀ AVVENUTI IN PASSATO (FONTE: SNOW FALL: THE AVALANCHE AT TUNNEL CREEK - MULTIMEDIA FEATURE - NYTIMES.COM [33])	56
FIGURA 4.9 LONGFORM SULLA DIGA DEL MONCENISIO PER IL PROGETTO RESBA (FONTE: STORIE DI RESILIENZA - RESBA - FUTURA [34])	57
FIGURA 4.10 SEGNALETICA STRADALE UTILIZZATA IN FRANCIA PER I TRATTI STRADALI SOGGETTI AD INONDAZIONE (FONTE: PANNEAU RISQUE D'INONDATION, DANS LES BASSES VALLÉES ANGEVINES - PHILIPPE BOLO (PHILIPPE-BOLO.FR)) 60	60
FIGURA 4.11 SEGNALETICA STRADALE IMPIEGATA NEL REGNO UNITO PER SEGNALARE LE STRADE ALLAGATE (FONTE: PROTECTING YOUR PROPERTY FROM FLOODING - MET OFFICE)	60
FIGURA 4.12 DASHBOARD DEL SISTEMA DI GESTIONE INTEGRATA SVILUPPATO DA RESOLUTE E TESTATO SU FIRENZE: CONTIENE LE INFORMAZIONI IN TEMPO REALE DEL TRASPORTO URBANO E VIABILITÀ, PARAMETRI AMBIENTALI, CONCENTRAZIONE POPOLAZIONE, SITUAZIONE DEI PRONTO SOCCORSO CITTADINI E VIGILANZA DI TWITTER [38]..	61
FIGURA 4.13 SEGNALETICA STRADALE PER LE STRADE SOGGETTE AD ALLAGAMENTI: CARTELLI PER SEGNALARE LE VIE INTERESSATE DALLO SCORRIMENTO DELLE ACQUE E INDICATORI DELLA PROFONDITÀ DELLE ACQUE (FONTE: ROAD SIGNS TRANSPORT AND MOTORING QUEENSLAND GOVERNMENT (WWW.QLD.GOV.AU)).....	62
FIGURA 4.14 MAPPA DELLA VIABILITÀ SUSCETTIBILE DI ALLAGAMENTO DEL QUEENSLAND (FONTE: FLOODED ROADS MAP - IF IT’S FLOODED. FORGET IT. (INITIATIVES.QLD.GOV.AU) [40])	63

FIGURA 4.15 HOMEPAGE DELLA PIATTAFORMA QLD TRAFFIC CON INDICAZIONE DELLE STRADE INTERDETTE AL TRAFFICO O TRANSITABILI SOLO DA MEZZI 4WD PERCHÉ INTERESSATE DA ALLAGAMENTI (FONTE: ROAD CONDITION INFORMATION - QLDTraffic [41]).....	64
FIGURA 4.16 ESEMPI DI TWEET QUOTIDIANAMENTE PUBBLICATI DAL DIPARTIMENTO DEI TRASPORTI DEL QUEENSLAND PER METTERE IN GUARDIA GLI AUTOMOBILISTI: A SINISTRA L'ALLAGAMENTO DI UN ATTRAVERSAMENTO STRADALE PER DUE VOLTE IN TRE GIORNI, A DESTRA LA PREVISIONE DI CONDIZIONI METEOROLOGICHE AVVERSE	64
FIGURA 4.17 SEGNALE DI ATTENZIONE E PANNELLO INTEGRATIVO PER ZONE SOGGETTE AD ALLAGAMENTI DELLA SEDE STRADALE PREVISTO DAL CODICE DELLA STRADA (FONTE: SEGNALETICA STRADALE IN ITALIA - WIKIPEDIA)	65
FIGURA 4.18 SEGNALE DI INDICAZIONE DI ATTRAVERSAMENTO DI UN CORSO D'ACQUA, IN QUESTO CASO IL FIUME ARNO (FONTE: SEGNALETICA STRADALE IN ITALIA - WIKIPEDIA)	65
FIGURA 4.19 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE INSTALLATI DALLA PROTEZIONE CIVILE DELLA REGIONE SICILIA (FONTE: ETNA: COMPLETATA LA RETE DI PANNELLI INFORMATIVI NELL'AREA PEDEMONTANA DIPARTIMENTO DELLA PROTEZIONE CIVILE - PRESIDENZA DELLA REGIONE SICILIANA (PROTEZIONECIVILESICILIA.IT))	66
FIGURA 4.20 PANNELLO A MESSAGGIO VARIABILE E SEMAFORO PER SEGNALARE LE ALLERTE IN CORSO NEL COMUNE DI GENOVA (FONTE: HTTPS://WWW.PRIMOCANALE.IT/NOTIZIE/GENOVA-ECCO-L-APP-IONONRISCHIO-CON-INFO-SU-ALLERTE-E-ALLUVIONE-176097.HTML)	66
FIGURA 4.21 PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE SULLA TANGENZIALE DI TORINO (FONTE: PANNELLI A MESSAGGIO VARIABILE AUTOSTRADA TORINO IVREA VALLE D'AOSTA - ATIVA).....	66
FIGURA 5.1 PORTALE ISTITUZIONALE DEL REGNO UNITO DEDICATO ALL'EDUCAZIONE ALLA SICUREZZA STRADALE CONTENENTE RISORSE E MATERIALI AI QUALI POSSONO ATTINGERE GLI INSEGNANTI PER LE ATTIVITÀ IN AULA (FONTE: THINK! – ROAD SAFETY)	70
FIGURA 5.2 ESEMPI DI MATERIALE FORMATIVO SUI RISCHI NATURALI E GIOCHI INTERATTIVI O SCARICABILI E STAMPABILI PRESENTI NELLA SEZIONE DEDICATA AI BAMBINI DEL PORTALE DELLA FEMA (WELCOME TO READY KIDS! READY.GOV [17]).....	73
FIGURA 5.3 MODELLO SISMICO (TELAIO DI UNA STRUTTURA E PIATTAFORMA VIBRANTE) REALIZZATO DAL TEAM "MI LEGO AL TERRITORIO" (I NOSTRI PROGETTI - MI LEGO AL TERRITORIO)	74
FIGURA 5.4 MODELLO ALLUVIONALE (RAPPRESENTANTE UN BACINO IDROGRAFICO) REALIZZATO DAL TEAM "MI LEGO AL TERRITORIO" (I NOSTRI PROGETTI - MI LEGO AL TERRITORIO)	74
FIGURA 5.5 PIATTAFORMA "SICURAMENTE": OGNI RISCHIO VIENE PRESENTATO CON LE STESSA CHIAVI DI LETTURA (CONOSCERE, MITIGARE, AFFRONTARE, CURIOSITÀ) E LE AZIONI DA INTRAPRENDERE VENGONO POI DECLINATE NEGLI STESSI CONTESTI (CASA, SCUOLA, CITTÀ, SOCIETÀ). (FONTE: PAGINA INIZIALE (SICURAMENTELAB.IT))	75
FIGURA 6.1 RAPPRESENTAZIONE DELLA VIABILITÀ SECONDO L'IMPORTANZA (FONTE: GOOGLE EARTH)	80
FIGURA 6.2 RAPPRESENTAZIONE DELLA MAPPA DELL'ALTEZZA DI PIOGGIA PER UN EVENTO DI DURATA PARI AD 1 ORA E TEMPO DI RITORNO DI 200 ANNI (FONTE: GOOGLE EARTH).....	80
FIGURA 6.3 RAPPRESENTAZIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI. NEGLI ATTRIBUTI SONO RIPORTATI TUTTI I PARAMETRI DI BACINO E QUELLI CALCOLATI DURANTE L'ANALISI (FONTE: GOOGLE EARTH)	81

Indice tabelle

TABELLA 2.1. FORMULE UTILIZZATE PER IL CONFRONTO DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE OTTENUTI DALLA RELAZIONE DI FERRO	23
TABELLA 3.1 SUDDIVISIONE DELLA VIABILITÀ CONSIDERATA NELL'ANALISI SECONDO L'IMPORTANZA.....	33
TABELLA 3.2 SUDDIVISIONE DEGLI ATTRAVERSAMENTI INDIVIDUATI SECONDO L'IMPORTANZA DEL TRATTO STRADALE DI APPARTENENZA	35
TABELLA 3.3 NUMERO DI ATTRAVERSAMENTI SECONDO LA CLASSE DI PORTATA UNITARIA E L'IMPORTANZA DI TRATTO STRADALE	40
TABELLA 4.1 PRINCIPALI OSTACOLI NELLA COMUNICAZIONE DEL RISCHIO [25].....	49
TABELLA 4.2 ESEMPI DI TERMINI SCIENTIFICI COMUNEMENTE FRAINTESI DAL PUBBLICO NON ESPERTO E ALTERNATIVE [30]	55
TABELLA 4.3 ELEMENTI STORYTELLING, LORO SIGNIFICATO E DECLINAZIONE NEGLI ESEMPI APPENA VISTI [33] [34] [35]	58
TABELLA 6.1 FASI DI PIANIFICAZIONE PER LA COMUNICAZIONE DEI RISULTATI	78

1 Introduzione

In un territorio come l'Italia fortemente esposto ad una grande varietà di rischi, è fondamentale che i cittadini ne siano ben informati e consapevoli per poter agire in maniera responsabile. Nonostante gli sforzi fatti negli ultimi anni, non sempre la popolazione italiana ha una corretta percezione del rischio ed in alcune situazioni tende ad avere un'eccessiva sicurezza nelle proprie capacità di evitarlo.

Un esempio emblematico sono le alluvioni repentine o "*flash floods*", alle quali le regioni mediterranee sono particolarmente soggette, che ogni anno causano numerose vittime. Durante questi fenomeni il livello dell'acqua può alzarsi velocemente trascinando via persone ed automobili, oltre a danneggiare le infrastrutture e i centri abitati [1] [2] [3].

La viabilità, essenziale per le operazioni di soccorso, è frequentemente soggetta a questo genere di fenomeni, tanto che la maggior parte delle perdite di vite umane avviene lungo le strade, in particolare in prossimità degli attraversamenti.

Gli impatti economici non si limitano ai danni diretti e locali, ma includono quelli portati dall'interruzione dei servizi forniti dalla rete stradale, per cui l'influenza di un localizzato flash flood può facilmente propagarsi a grandi distanze, specialmente nelle zone in cui mancano percorsi alternativi sicuri [4].

In queste situazioni il cittadino dovrebbe essere posto nella condizione di poter valutare la propria condizione di rischio ed agire di conseguenza, tutelando la propria incolumità e quella altrui. Per raggiungere questo obiettivo è indispensabile formarlo e fornirgli strumenti ed informazioni adeguate.

In questo contesto, la comunicazione del rischio è fondamentale e rientra tra le attività di protezione civile, come stabilito dal D.Lgs 1/2018, art. 2, comma 4, che afferma:

“Sono attività di prevenzione non strutturale di protezione civile quelle concernenti:

[...]

e) la diffusione della conoscenza e della cultura della protezione civile, anche con il coinvolgimento delle istituzioni scolastiche, allo scopo di promuovere la resilienza delle comunità e l'adozione di comportamenti consapevoli e misure di autoprotezione da parte dei cittadini;

f) l'informazione alla popolazione sugli scenari di rischio e le relative norme di comportamento nonché sulla pianificazione di protezione civile;”.

Si evince come venga riconosciuta l'importanza del coinvolgimento sin dall'età scolastica. Infatti, la formazione degli studenti è un ottimo strumento per veicolare e promuovere la cultura di protezione civile anche nelle famiglie.

Da queste considerazioni è stato sviluppato il presente lavoro di tesi, nel quale si affronta il tema degli attraversamenti inclini ad essere interessati da fenomeni alluvionali dal punto di vista della loro individuazione e della successiva comunicazione. Il target di riferimento scelto è quello degli studenti delle scuole secondarie di secondo grado al fine di aumentarne la consapevolezza del rischio e la conoscenza del proprio territorio, insieme ad un maggiore coinvolgimento ed interesse verso le discipline STEM (*Science, Technology, Engineering and Mathematics*).

I risultati prodotti da questo lavoro sono lo sviluppo di una procedura per la valutazione della vulnerabilità degli attraversamenti, la presentazione dei risultati attraverso strumenti interattivi ed un elaborato che chiarisca agli studenti la metodologia adottata. Quest'ultima tiene conto sia delle caratteristiche

dell'infrastruttura stradale sia della capacità del bacino a monte di produrre un'onda di piena a seguito di piogge. Ciò è reso possibile dall'uso di parametri morfologici e idrologici, ottenuti con strumenti GIS, a partire dai dati messi a disposizione gratuitamente dalle istituzioni pubbliche.

Nei capitoli successivi verrà esposta la metodologia adottata per la valutazione della vulnerabilità degli attraversamenti e se ne vedrà l'applicazione ad un'area di studio. In seguito, si affronterà il tema della comunicazione del rischio: verranno illustrati i principi generali da seguire e le strategie adottabili nel contesto scolastico per realizzare una comunicazione del rischio che sia efficace. Infine, verrà presentata la proposta di comunicazione dei risultati ottenuti per il caso studio.

2 Il rischio alluvionale sulla rete viaria

I fenomeni alluvionali sono tra i fenomeni naturali che causano il maggior numero di perdite di vite umane, gran parte delle quali avviene nel momento in cui le persone tentano di attraversare zone allagate a piedi o in auto. [5]

Il problema è rilevante sia nelle aree urbane, a causa dell'elevata impermeabilizzazione che impedisce l'infiltrazione delle precipitazioni, sia sulle strade extraurbane che intercettano piccoli corsi d'acqua [6]. Nel caso di piccoli bacini idrografici infatti, i tempi di risposta sono molto brevi per cui gli afflussi si traducono velocemente in deflussi causando un innalzamento repentino del livello idrico che, oltre a danneggiare l'infrastruttura, travolge persone ed automobili. Tali fenomeni sono detti "*flash floods*" o alluvioni repentine. [1] [2] [3]

Le infrastrutture stradali possono essere interessate da fenomeni alluvionali di diversa origine: le alluvioni fluviali e le alluvioni pluviali.

Le prime sono generate dall'incapacità dell'alveo di smaltire la portata in arrivo causando quindi l'esondazione ed il coinvolgimento delle aree circostanti. Avvengono generalmente in seguito a piogge intense e prolungate sul bacino idrografico che determinano un aumento di portata e quindi dei livelli in alveo. L'entità dell'innalzamento del livello e la sua velocità dipendono dall'evento piovoso e dalle caratteristiche del bacino, in particolare dall'intensità e durata dell'evento piovoso e dal tempo di corrivazione del bacino, che a sua volta è funzione delle caratteristiche geomorfologiche del bacino stesso e dall'uso del suolo.

Di seguito sono riportate le immagini degli effetti di un fenomeno alluvionale su un attraversamento stradale localizzato all'interno dell'area individuata nel presente lavoro come caso studio. Il tratto stradale nelle fotografie intersecava un torrente di dimensioni ridotte che in occasione dell'evento alluvionale verificatosi il 24

novembre 2016 ha visto un rapido aumento della portata, unita ad un elevato trasporto di materiale solido che hanno provocato danni ingenti.

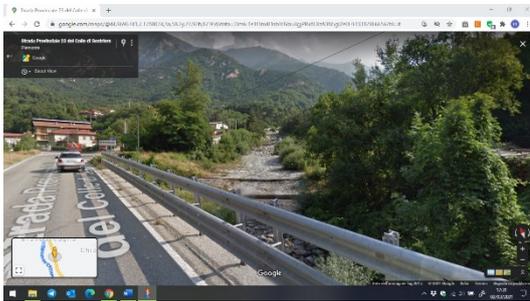


Figura 2.1 Giugno 2016: attraversamento della SP23 del Colle del Sestriere in località Brandoneugna (TO) (Fonte: Google StreetView)



Figura 2.2 25 novembre 2016: attraversamento sulla SP23 del Colle del Sestriere in località Brandoneugna (TO) (Fonte: L'Eco del Chisone)



Figura 2.3 Aprile 2018: attraversamento sulla SP23 del Colle del Sestriere in località Brandoneugna (TO) (Fonte: Google StreetView)

Anche l'urbanizzazione ha un peso rilevante nell'innalzamento del livello idrico: infatti, a causa della cementificazione, l'acqua non riesce ad infiltrarsi nel terreno andando ad aumentare i deflussi di piena, che nei tratti urbani vengono vincolati a sezioni e percorsi spesso insufficienti a smaltirli.

Le alluvioni pluviali sono invece generate dalla saturazione del sistema di drenaggio che non è in grado di smaltire le acque meteoriche, di conseguenza si verifica un

allagamento delle infrastrutture. Si generano in seguito a piogge molto intense (come ad esempio le cosiddette “bombe d’acqua”).

Nel presente lavoro di tesi verrà presa in considerazione la vulnerabilità degli attraversamenti, facendo quindi riferimento alle alluvioni fluviali.

Se si considerano gli effetti degli eventi alluvionali sulle infrastrutture stradali, non ci si può limitare ai danni diretti e locali legati al danneggiamento dell’opera, ma nella maggior parte dei casi si ha una perdita di funzionalità che comporta un’interruzione dei servizi e danni indiretti nel lungo termine che possono propagarsi anche a grande distanza nel caso in cui non ci siano percorsi alternativi validi e sicuri. Inoltre, la rete stradale è indispensabile durante le operazioni di soccorso ed una sua interruzione può comportare gravi ritardi negli interventi.

È pertanto fondamentale una valutazione dei tratti stradali che potrebbero essere interessati da questi fenomeni, innanzitutto per segnalarli agli automobilisti e per conoscere la situazione della rete, ed in secondo luogo per dare una priorità agli interventi di riduzione del rischio su di essa.

L’Anas S.p.A., che gestisce parte della rete stradale e autostradale in Italia, ha lanciato il programma “*Smart road*” e realizzato in via sperimentale la prima strada intelligente in Europa in occasione dei Mondiali di sci alpino di Cortina 2021. Il lavoro ha previsto un investimento di 27 milioni di euro su 80 km della strada statale SS 51 “di Alemagna” per l’installazione di pali intelligenti (“*road side unit*”) che consentono la comunicazione tra l’infrastruttura e i veicoli e tra i veicoli stessi, a patto che questi siano di ultima generazione. [7]

Questo tipo di infrastrutture è in grado di comunicare con gli utenti in modo tempestivo, raccogliendo i dati inviati dal veicolo e comunicando le situazioni di possibile pericolo a cui l’utente sta andando incontro (ad esempio un veicolo fermo o a velocità ridotta). Sui pali intelligenti sono anche installate delle telecamere per la valutazione in tempo reale delle condizioni meteorologiche del manto stradale.

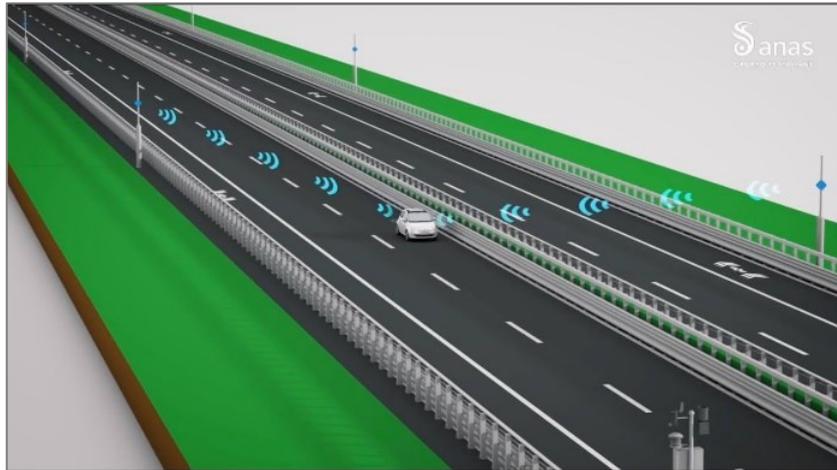


Figura 2.4 Rappresentazione schematica di una smart road (Fonte: Anas - https://www.youtube.com/watch?v=jFBIE_OC9OA)



Figura 2.5 Pannello di controllo del monitoraggio meteo in tempo reale eseguito sulle smart camera della SS51 (Fonte: [WaterView - WE ARE HIRING: post | LinkedIn](#))

Il programma prevede la realizzazione di 3000 km di strade intelligenti, sugli oltre 30.000 km di rete gestita da Anas S.p.A., entro il 2030 in previsione dello sviluppo e diffusione dei veicoli a guida autonoma. [7]

Questo intervento è molto importante per lo sviluppo della rete stradale del futuro; allo stato attuale però porta giovamento al gestore delle grandi vie di comunicazione

e non all'utente finale, il quale nella maggior parte dei casi non utilizza veicoli di ultima generazione e viaggia anche sulla viabilità secondaria, che risulta spesso trascurata dal punto di vista degli interventi di manutenzione e del dispiegamento di mezzi. Quest'ultima purtroppo è anche la più interessata da questo tipo di eventi alluvionali a causa dell'estensione maggiore a livello nazionale e della minore sicurezza dell'infrastruttura, legata ai minori investimenti di realizzazione e manutenzione.

Risulta quindi necessario porre una maggiore attenzione alla viabilità locale ed extraurbana valutandone le criticità anche attraverso metodi speditivi che non richiedano investimenti troppo elevati dal punto di vista computazionale e della quantità di dati necessaria.

2.1 Approccio metodologico

Secondo la definizione data dalle Nazioni Unite, il rischio è dato dal prodotto tra pericolosità, vulnerabilità ed esposizione [8]:

$$R = H \cdot E \cdot V$$

dove:

- H è la pericolosità, cioè la probabilità che in una data area e in un determinato intervallo temporale si verifichi un evento di una data entità;
- E è l'esposizione, cioè il valore degli elementi esposti all'evento considerato;
- V è la vulnerabilità, definita come grado di perdita degli elementi esposti a causa del verificarsi dell'evento.

La declinazione di questa definizione dal punto di vista applicativo è però complessa ed è fortemente dipendente dal contesto di applicazione, di conseguenza esistono numerosi modelli di stima della vulnerabilità della rete stradale nei confronti del

rischio alluvionale che applicano approcci diversi a seconda della scala di analisi e dei dati a disposizione.

I modelli di stima più diffusi valutano il rischio alluvionale generalmente attraverso una modellazione idrologica ed idraulica, partendo quindi da un'analisi statistica delle piogge, per determinare le portate al colmo e gli idrogrammi di piena, ed arrivando alla definizione degli scenari di allagamento, nei quali vengono valutate le aree allagate, l'altezza dei tiranti idrici e la velocità di flusso. Questo genere di analisi richiede una grande quantità di dati accurati ed è molto onerosa dal punto di vista computazionale e viene quindi adottata per applicazioni specifiche su porzioni ridotte di territorio.

Vi sono poi alcuni modelli che valutano la vulnerabilità della rete sulla base della sua accessibilità e ridondanza. Le procedure analitiche proposte individuano così l'affidabilità delle connessioni e i punti di debolezza della rete. [9]

Altri metodi invece adottano i principi dell'analisi multicriteri. Seguendo questo approccio si individuano i principali parametri dai quali dipendono la vulnerabilità e il rischio, gli elementi da analizzare vengono suddivisi in classi a vulnerabilità e rischio crescente sulla base di questi parametri e viene attribuito loro un punteggio, infine ad ogni criterio viene attribuito un peso a seconda di quanto questo incida sul rischio rispetto agli altri criteri. Per ogni elemento analizzato la valutazione finale è data dalla somma dei punteggi pesati ottenuti per ogni parametro. Questo approccio ha il pregio di poter includere nella stima anche parametri non fisicamente misurabili, ad esempio di carattere sociale, ma presenta l'inconveniente della valutazione soggettiva dei pesi, fatta sulla base del giudizio di un gruppo di esperti. Inoltre, i parametri utilizzati nelle diverse applicazioni presenti in letteratura dipendono dalla quantità e tipologia di dati a disposizione per l'area analizzata e risultano quindi molto variegati, spaziando dal numero di corsie della sede stradale alla velocità ammessa, per arrivare fino alla copertura del suolo ed alla pendenza del terreno circostante. [10] [11] [12]

Nel presente lavoro di tesi l'esigenza era quella di adottare un metodo di stima che richiedesse una quantità di dati in ingresso limitata e che questi fossero facilmente reperibili attraverso le banche dati istituzionali.

Si è quindi optato per l'adozione di una metodologia basata su analisi GIS (*Geographic Information Systems*), grazie alla quale integrare i diversi dati e procedere al calcolo dei parametri anche su larga scala.

Un'analisi di questo genere è stata applicata in aree di studio diverse da Chiarini [5] e Mattei [13] suddividendo gli attraversamenti ed i tronchi stradali in quattro diverse classi di suscettibilità sulla base dei parametri di pendenza locale, quota della sezione e area del bacino a monte. I risultati hanno mostrato come i tratti maggiormente soggetti ad allagamento siano quelli che drenano i bacini di dimensioni maggiori, in genere in aree pianeggianti di fondovalle.

Le limitazioni di quest'applicazione sono legate al fatto che la capacità di produrre un'onda di piena da parte del bacino sia considerata solo indirettamente attraverso l'estensione del bacino stesso, ma non vengono considerati parametri climatici legati alla piovosità dell'area. Inoltre, in tali applicazioni erano state considerate solamente vie di comunicazione di maggiore importanza, tralasciando la viabilità locale ed extraurbana secondaria.

Partendo da queste considerazioni si è quindi scelto di valutare la pericolosità idrologica degli attraversamenti mediante la valutazione della portata di piena per un assegnato periodo di ritorno. Quest'ultimo è stato valutato pari a 200 anni, considerando che la vita nominale di un attraversamento è in genere di 100 anni e che le Norme Tecniche per le Costruzioni prescrivono la verifica idraulica degli attraversamenti per eventi con periodo di ritorno di 200 anni.

La portata è stata valutata a partire dalla pioggia di progetto, ottenuta dalle curve di possibilità pluviometrica, sotto l'ipotesi che ad un evento piovoso con periodo di ritorno T corrisponda un evento di piena di pari periodo di ritorno.

Le curve di possibilità pluviometrica sono ottenute dall'analisi statistica dei massimi di precipitazione misurati dalle stazioni pluviometriche presenti sul territorio ed esprimono l'altezza di pioggia attesa per un evento piovoso al variare della durata e del periodo di ritorno (Figura 2.6). Possono essere espresse come:

$$h(d, T) = a \cdot d^n \cdot K_T$$

dove:

- h (mm) è l'altezza di pioggia, varia in funzione della durata e del periodo di ritorno dell'evento piovoso;
- a (mm/h) è il coefficiente pluviale orario della curva di possibilità pluviometrica;
- n è l'esponente di invarianza di scala della curva di possibilità pluviometrica;
- d (h) rappresenta la durata dell'evento piovoso;
- K_T è il fattore di crescita, che determina l'incremento dell'altezza di pioggia nel caso di eventi con probabilità di accadimento minore (cioè periodi di ritorno ed entità più elevati).

I parametri a , n e K_T si ottengono dall'analisi statistica degli estremi di pioggia misurati ed attraverso un'analisi spaziale è possibile ricavarli anche per punti sul territorio privi di stazioni di misura.

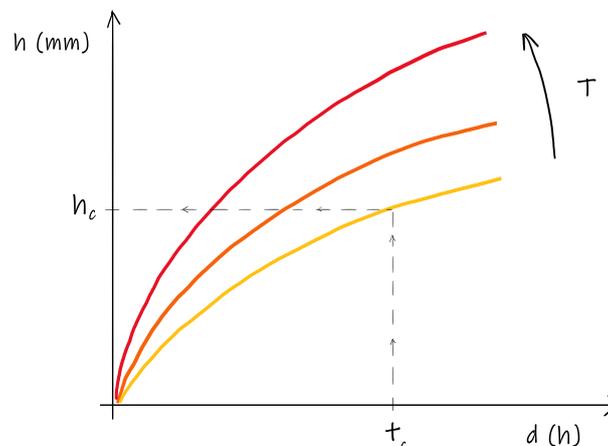


Figura 2.6 Curve di possibilità pluviometrica: l'altezza di pioggia attesa cresce all'aumentare della durata dell'evento e del periodo di ritorno

Attraverso la stima della pioggia di progetto è possibile valutare la portata di progetto applicando la formula razionale, frequentemente utilizzata per piccoli bacini:

$$Q_T = \frac{C \cdot i_T \cdot A}{3.6}$$

dove:

- Q_T (m^3/s) è la portata di progetto per un assegnato periodo di ritorno T (in questo caso pari a 200 anni);
- C è il coefficiente di deflusso che tiene conto della parte di acqua meteorica che si infila nel terreno e non contribuisce alla formazione della portata di piena;
- i_T (mm/h) è l'intensità di pioggia dell'evento piovoso per il periodo di ritorno considerato;
- A (km^2) è l'area del bacino idrografico a monte della sezione di chiusura considerata.

Il coefficiente di deflusso dipende dalla permeabilità e copertura dei suoli dell'area di bacino. All'interno della procedura adottata è stata fatta la scelta più conservativa nella quale non si hanno perdite legate all'infiltrazione e tutto il volume di pioggia contribuisce alla formazione della piena (come se il bacino fosse totalmente impermeabile), pertanto tale coefficiente è stato posto pari a 1. Questa scelta è stata motivata anche dal fatto di non voler aggiungere un ulteriore carico computazionale nel determinare le caratteristiche di copertura dei bacini relativi ai molti punti di intersezione ottenuti.

L'intensità di pioggia è data dal rapporto tra l'altezza di pioggia e la durata dell'evento piovoso. Ipotizzando un'intensità di pioggia uniforme su tutto il bacino (ipotesi valida nei bacini di piccole dimensioni) e costante per tutto l'evento piovoso, inizialmente le aree di bacino che contribuiranno alla formazione del deflusso di piena saranno quelle più vicine alla sezione di chiusura e con il trascorrere del tempo giungerà anche il contributo proveniente dalle aree più distanti. Il caso critico si verificherà quindi

quando tutta l'area di bacino contribuirà alla portata di piena transitante alla sezione di chiusura che avverrà per durate di pioggia pari o superiori al tempo di corrivazione del bacino t_c , definito in letteratura come il "tempo impiegato dalla goccia di pioggia che cade nel punto del bacino idraulicamente più lontano per arrivare alla sezione di chiusura considerata".

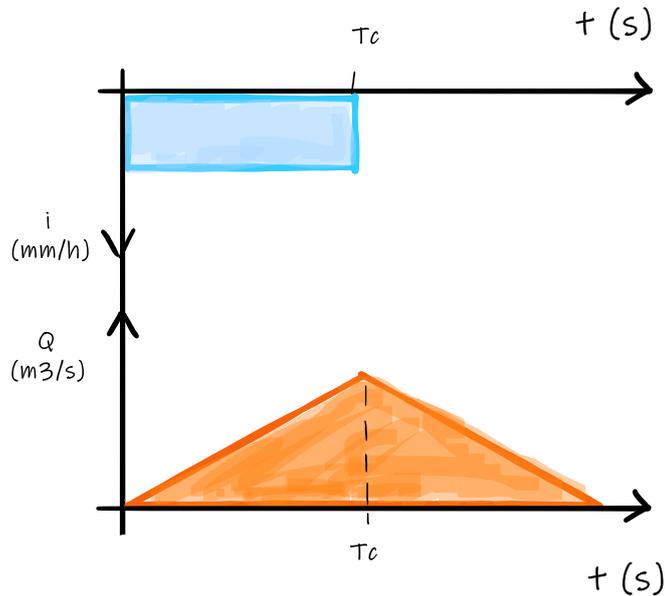


Figura 2.7 Pluviogramma ed idrogramma adottati nell'analisi: l'intensità di pioggia si mantiene costante per tutta la durata dell'evento piovoso,

Da queste considerazioni la formula razionale si può riscrivere come:

$$Q_T = \frac{C \cdot h_{t_c, T} \cdot A}{3.6 \cdot t_c} = \frac{C \cdot a \cdot t_c^{n-1} \cdot K_T \cdot A}{3.6}$$

Per la stima del tempo di corrivazione svariate formule empiriche sono state proposte nel corso degli anni, basate su vari parametri di bacino e caratterizzate da specifiche condizioni di validità. Nel caso in esame si è voluto minimizzare il calcolo dei parametri morfologici necessari e si è quindi identificata la relazione di Ferro [14], che lega il tempo di corrivazione all'area di bacino:

$$t_c = k\sqrt{A}$$

dove:

- t_c (h) è il tempo di corrivazione;
- k è un coefficiente empirico;
- A (km²) è l'area del bacino.

Il coefficiente k assume valori compresi tra 0.29 e 0.19 se si considera la velocità di trasferimento del picco di piena tra 1 e 1.5 m/s, come suggerito da Viparelli per corsi d'acqua in bacini montani e pedemontani [14]. Gli autori hanno tuttavia corretto questo coefficiente incrementandolo al valore di 0.675 sulla base di un confronto con misure effettuate su bacini di aree comprese tra 1 e 5500 km² in altri studi precedenti, dove l'applicazione dei valori di k inferiori portava ad una sottostima dei tempi di corrivazione.

Tali misurazioni erano però state effettuate su bacini in aree geografiche e climatiche molto diverse dai bacini alpini (alcuni di essi erano ad esempio bacini pugliesi). Per questo motivo si è scelto di procedere ad un confronto tra i tempi di corrivazione ottenuti con il valore k pari a 0.29 e 0.675 ed i tempi di corrivazione ottenuti con altre formule empiriche comunemente utilizzate su bacini alpini di piccole e medie dimensioni.

Per il confronto sono stati utilizzati i dati già disponibili valutati da Cordero [15]. In particolare, si tratta di parametri di bacini alpini sottesi alle grandi dighe piemontesi e valdostane. Per ognuno di questi punti è stato valutato il tempo di corrivazione attraverso la formula di Ferro e le relazioni riportate in Tabella 2.1. I risultati sono stati riportati nel grafico di seguito (Figura 2.8) in funzione dell'estensione areale del bacino.

Tabella 2.1. Formule utilizzate per il confronto dei tempi di corrivazione ottenuti dalla relazione di Ferro

Nome	Formula	Parametri	U. M.	Descrizione parametri
Giandotti	$t_c = \frac{4\sqrt{A} + 1.5 L}{0.8\sqrt{H_m}}$	A	km ²	Area del bacino
		L	km	Lunghezza dell'asta principale
		H _m	m	Altitudine media del bacino
Troutman e Karlinger (*)	$t_L = \frac{1.25\sqrt{A}}{3.6 c}$	t _L	h	Tempo di ritardo dell'onda di piena (differenza temporale tra il baricentro dell'idrogramma di piena ed il baricentro del pluviogramma)
		A	km ²	Area del bacino
		c	m/s	Velocità di trasferimento dell'onda di piena (assunta pari a 1.5 m/s da Viparelli)
Kirpich	$t_c = 0.000325 \left(\frac{L}{\sqrt{i_a}} \right)^{0.77}$	L	m	Lunghezza dell'asta principale
		i _a	-	Pendenza media dell'asta principale

(*) Risulta semplice ottenere il tempo di tempo di corrivazione da questa relazione dato che sperimentalmente il tempo di ritardo ed il tempo di corrivazione sono legati dalla relazione $\frac{t_L}{t_c} = 0.6$

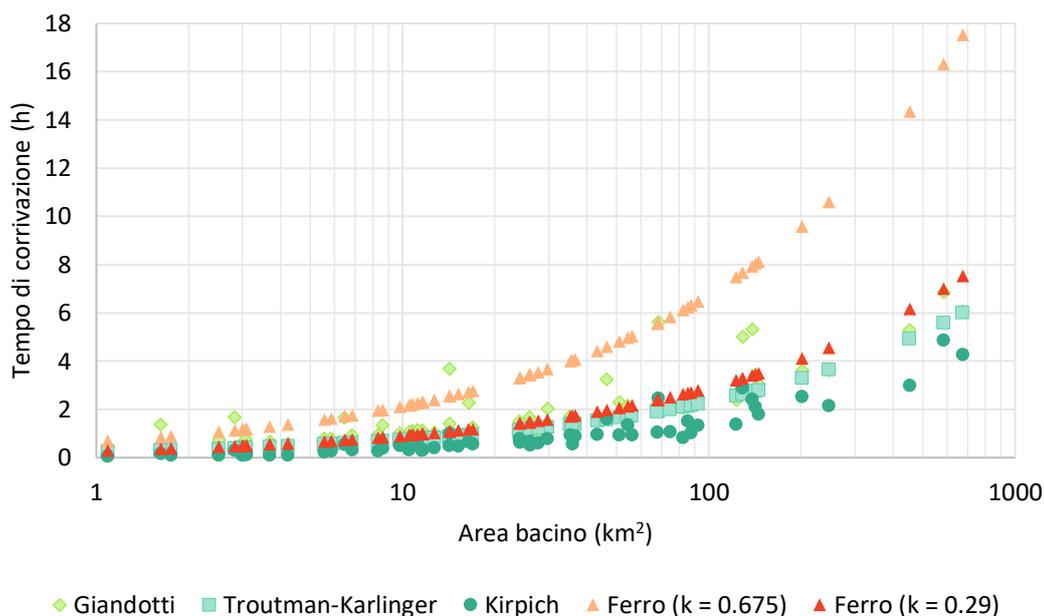


Figura 2.8 Confronto tra i tempi di corrivazione di bacini alpini sottesi alle grandi dighe piemontesi e valdostane ottenuti con diverse formule empiriche

Come si evince dal confronto, la relazione di Ferro con il coefficiente k pari a 0.29 fornisce risultati confrontabili con quelli ottenuti dalle altre formule empiriche, mentre l'utilizzo del coefficiente k pari a 0.675 porta ad una sovrastima di t_c sempre più elevata al crescere dell'area del bacino. La scelta è stata quindi quella di utilizzare la relazione senza la correzione del coefficiente k suggerita dagli autori.

Una volta stimati il tempo di corrivazione e l'altezza di pioggia di progetto è possibile procedere alla valutazione della portata al colmo di piena per ogni punto individuato. I risultati saranno ovviamente maggiori per le sezioni di chiusura poste più a valle, alle quali non necessariamente corrisponde una pericolosità maggiore in quanto l'estensione e la forma del bacino possono determinare fenomeni più o meno accentuati di concentrazione o laminazione della piena. Un esempio è dato dal caso dei flash floods che avvengono generalmente in piccoli bacini dove i tempi di risposta sono molto brevi.

Considerando che l'analisi è stata fatta su bacini montani di piccole e medie dimensioni e che esprimendo i risultati in termini di portata di progetto Q_{200} si sarebbero riscontrati valori maggiori nelle intersezioni di fondovalle lungo l'asta principale, si è deciso di valutare la pericolosità idrologica in termini di portata unitaria data dal rapporto tra la portata di progetto e l'area del bacino.

In Figura 2.9 viene riportato il procedimento appena descritto sottoforma di diagramma di flusso.

I risultati attesi sono quelli di riscontrare una pericolosità idrologica maggiore in termini di portata unitaria negli attraversamenti che sottendono piccoli bacini idrografici nelle aree caratterizzate da una piovosità più elevata. Questi risultati andranno analizzati nel dettaglio collegandoli all'importanza del tratto stradale al quale appartiene l'attraversamento ed anche questa analisi è realizzabile attraverso strumenti GIS.

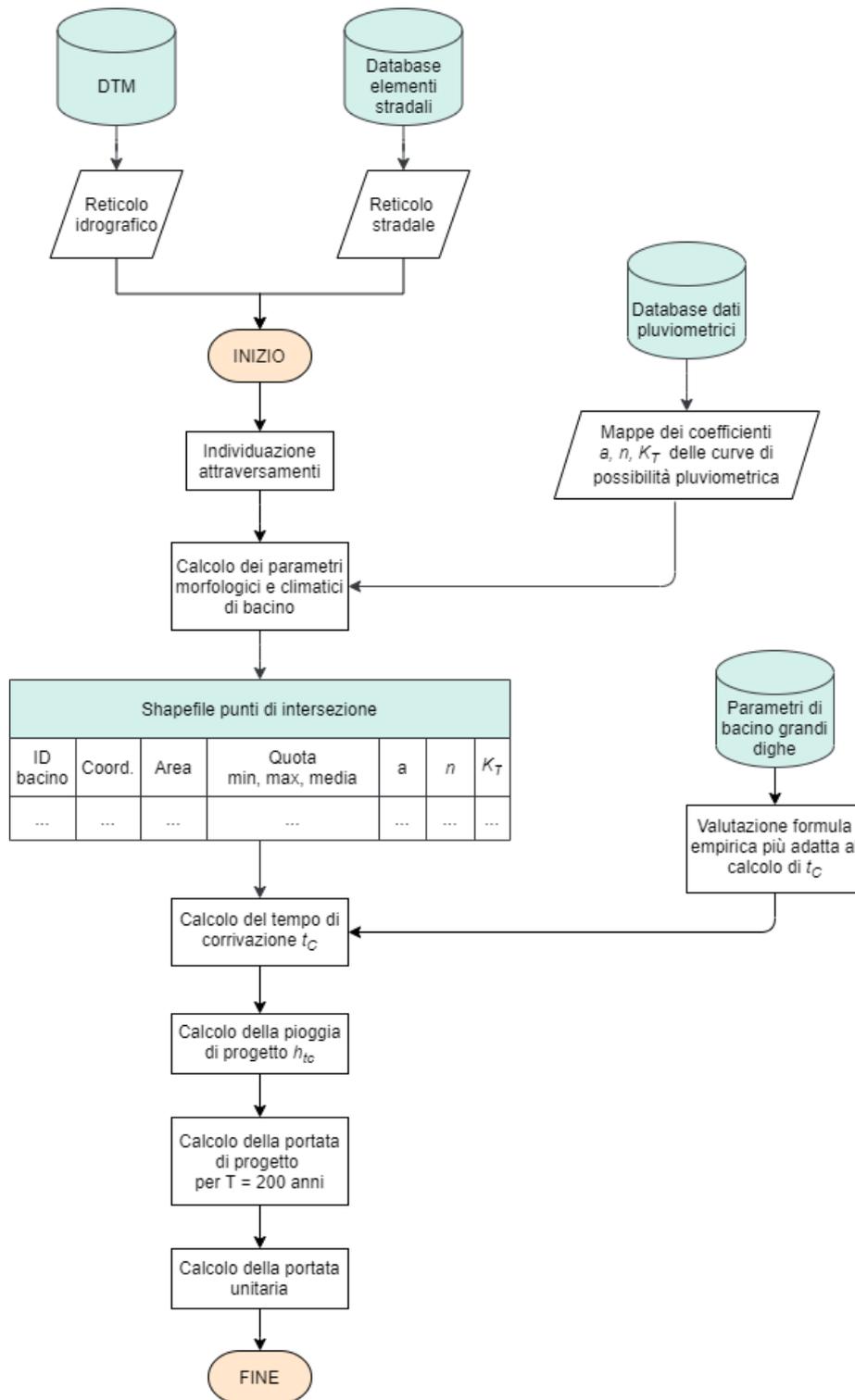


Figura 2.9 Diagramma di flusso seguito nel procedimento di calcolo della portata unitaria

3 Applicazione della metodologia: le strade della Val Chisone (TO)

3.1 Inquadramento territoriale

L'applicazione descritta nel capitolo precedente è stata applicata al bacino idrografico del torrente Chisone. Tale area di studio si trova all'interno della Città Metropolitana di Torino, più precisamente a Sud-Ovest del capoluogo.

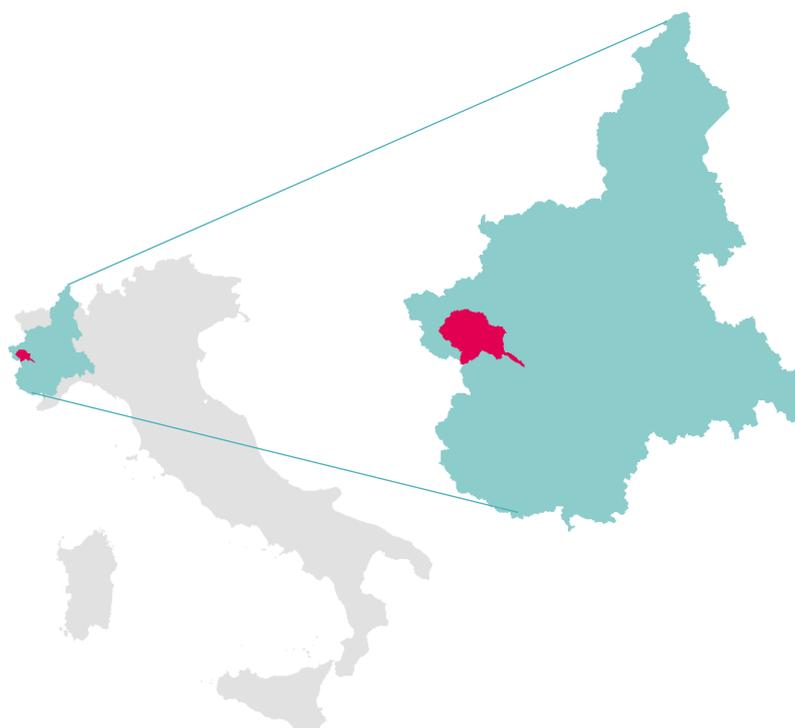


Figura 3.1 Inquadramento territoriale dell'area di studio rispetto all'Italia ed al Piemonte

Il territorio di interesse è stato identificato attraverso l'analisi GIS operata sul modello digitale del terreno con risoluzione spaziale di 5 metri, reperibile sul Geoportale della Regione Piemonte, ponendo la sezione di chiusura alla confluenza del Chisone nel torrente Pellice.

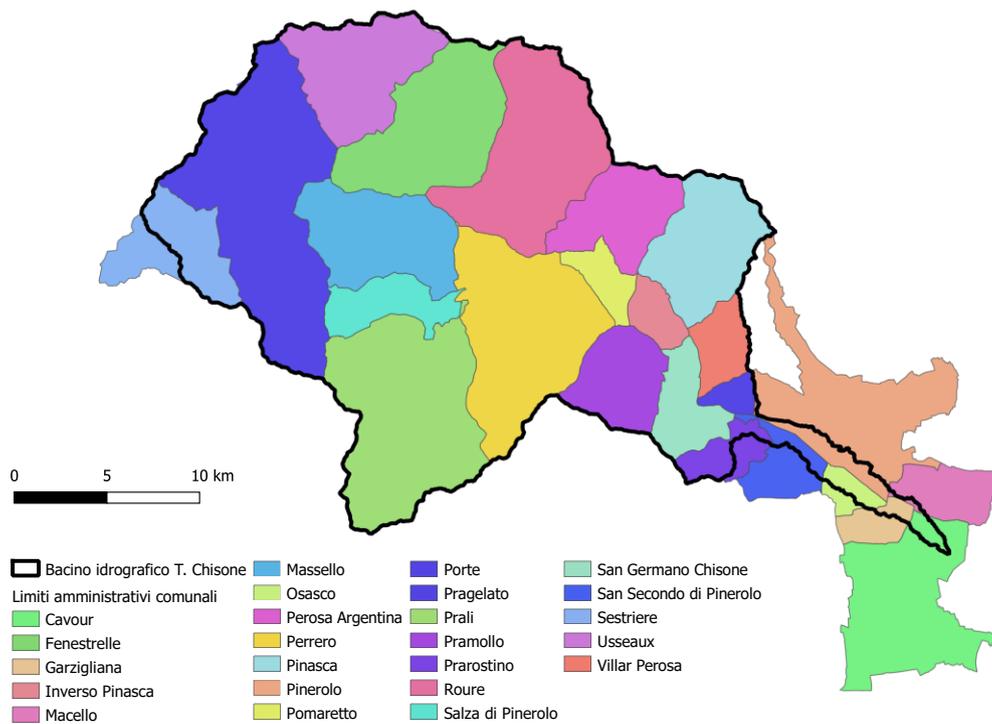


Figura 3.2 Territori comunali presenti nell'area di studio

L'area racchiude completamente al suo interno 16 territori comunali ed altri 8 solamente in parte, nel tratto finale verso la sezione di chiusura e nella testata del bacino, dove il territorio comunale di Sestriere drena in parte verso la Val Susa.

Dal punto di vista morfologico, il territorio rientra nelle Alpi Cozie e si presenta prevalentemente di carattere montano con una quota media di circa 1680 metri. La quota massima all'interno del bacino pari a 3280 m s.l.m. viene raggiunta dalla Punta Rognosa sullo spartiacque tra i Comuni di Pragelato, Sestriere e Sauze di Cesana. La sezione di chiusura si trova invece all'interno del territorio comunale di Cavour e corrisponde alla quota minima del bacino pari a 277 m s.l.m.

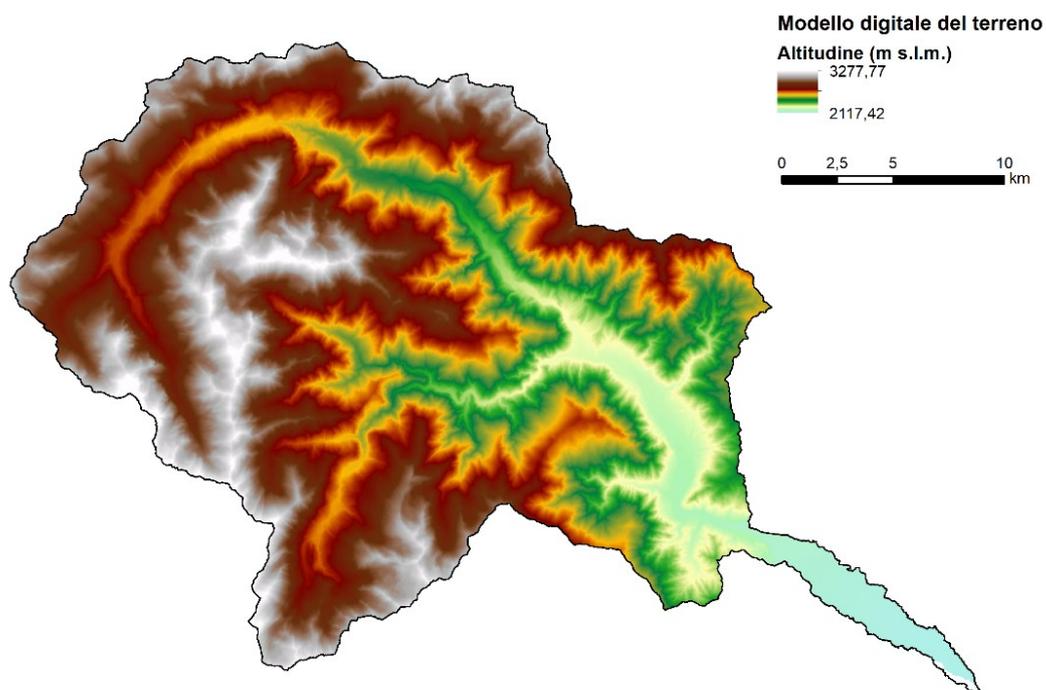
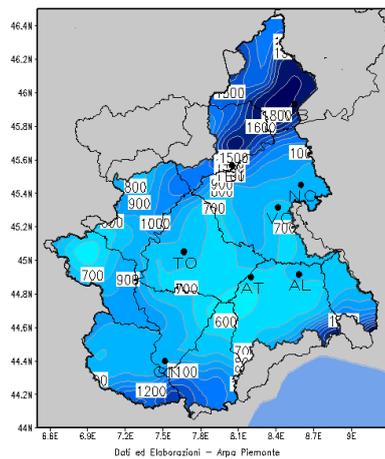


Figura 3.3 Modello digitale del terreno 5x5 metri (Geoportale Regione Piemonte)

La presenza della catena alpina e l'andamento morfologico della valle, che presenta inizialmente un andamento da Sud-Ovest verso Nord-Est per poi virare verso Sud-Est, influenzano le caratteristiche climatiche del territorio. I rilievi infatti influiscono sul regime dei venti e di conseguenza sulle precipitazioni andando a determinare un quantitativo maggiore o minore di precipitazione a seconda che il versante si trovi sul lato sopravvento o sottovento rispetto alle correnti in quota (si parla rispettivamente di *effetto staü* o *sbarramento e föhn* o *favonio*). Per questo motivo nell'area di interesse si passa da valori medi annui di precipitazione di circa 700 mm nella parte di testata del bacino e si arriva fino a 1100 mm nelle zone di bassa valle meno protette dai rilievi. Il regime pluviometrico presenta una concentrazione delle precipitazioni nei mesi autunnali di ottobre e novembre e in misura minore tra maggio e giugno, dove si hanno apporti meteorici più limitati ma che avvengono in concomitanza con la fusione nivale.

Precipitazione annuale (mm) – anno 2020



Anomalie annuali di Precipitazione (mm) anno 2020

Periodo di riferimento 1971-2000

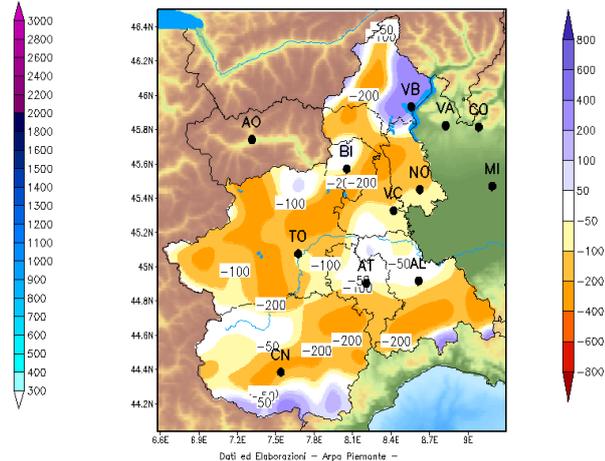


Figura 3.4 Precipitazione totale annua sul territorio piemontese nel 2020 e anomalia rispetto alla media del periodo di riferimento 1971-2000 (Fonte: Arpa Piemonte - <https://www.arpa.piemonte.it/rischinaturali/tematismi/clima/confronti-storici/precipitazioni/anno-per-anno.html?delta=5>)

3.1.1 Reticolo idrografico

L'asta principale del bacino è quella del torrente Chisone che si sviluppa dalle pendici del Monte Barifreddo (3028 m s.l.m.) in Val Troncea e dopo aver percorso circa 60 km giunge alla confluenza con il torrente Pellice, affluente di sinistra del Po circa 10 km più a valle. Alla sezione di chiusura il Chisone presenta un dato di portata medio annuo di $12.9 \text{ m}^3/\text{s}$ ed il bacino idrografico ha un'estensione di 600 km^2 . [6]

Il reticolo è molto esteso e gerarchizzato a causa delle caratteristiche morfologiche del territorio ed è caratterizzato prevalentemente da torrenti e ruscelli di montagna, alimentati da bacini molto piccoli.

Tra i numerosi affluenti del Chisone, un contributo importante è dato dal torrente Germanasca, affluente di destra tra Pomaretto e Perosa Argentina, che alla confluenza presenta una portata media annua di $4.9 \text{ m}^3/\text{s}$ e sottende un bacino di 196 km^2 . [6]

Il Germanasca nasce dall'unione di tre rami: il Germanasca di Prali, quello di Salza e quello di Massello. Il primo segue una direttrice da Sud verso Nord fino alla confluenza con gli altri due che invece hanno andamento Ovest-Est. Dopo la confluenza, che avviene a monte dell'abitato di Perrero, il torrente prosegue verso Est fino ad arrivare al Chisone.

Il fondovalle si presenta inizialmente poco sviluppato fino a Fenestrelle, per poi ampliarsi a partire da Perosa Argentina. Nella media e bassa valle, risulta ampio e occupato da conoidi alluvionali, anche di dimensioni rilevanti.

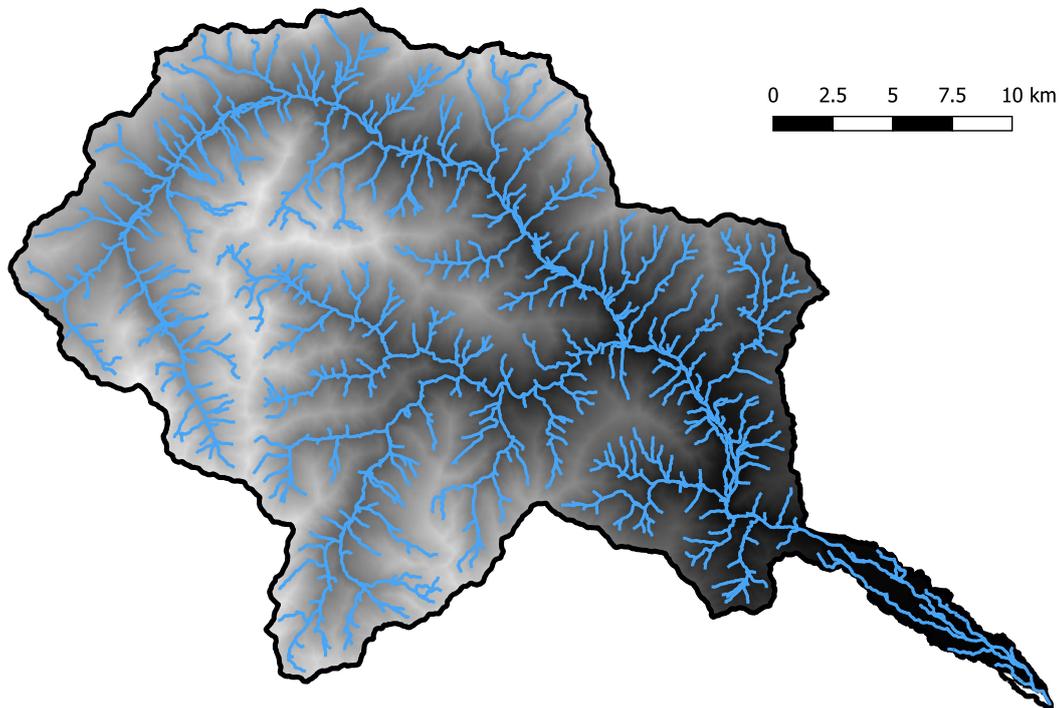


Figura 3.5 Reticolo idrografico utilizzato per l'analisi

3.1.2 Rete stradale

La viabilità si presenta abbastanza sviluppata con una notevole estensione di strade extraurbane che collegano le numerose borgate e frazioni presenti sul territorio ai centri urbani principali (Tabella 3.1).

L'arteria principale è costituita dalla strada provinciale "SP23 del Colle del Sestriere" (ex strada statale SS23) che parte da Torino, passa da Pinerolo e risale tutta la vallata fino a Sestriere, da dove ridiscende per terminare a Cesana Torinese. Data l'assenza della rete ferroviaria ed autostradale a monte di Pinerolo, la SP23 rappresenta un'importante via di comunicazione e per alcuni tratti l'unica, sia dal punto di vista del trasporto merci sia per il turismo. Nel 2006, in occasione dei Giochi olimpici invernali di Torino, è stata realizzata una variante che collega l'Autostrada del Pinerolese A55 al tracciato della SP23 evitando il passaggio nei centri urbani di Pinerolo, Porte, Villar Perosa e Pinasca.

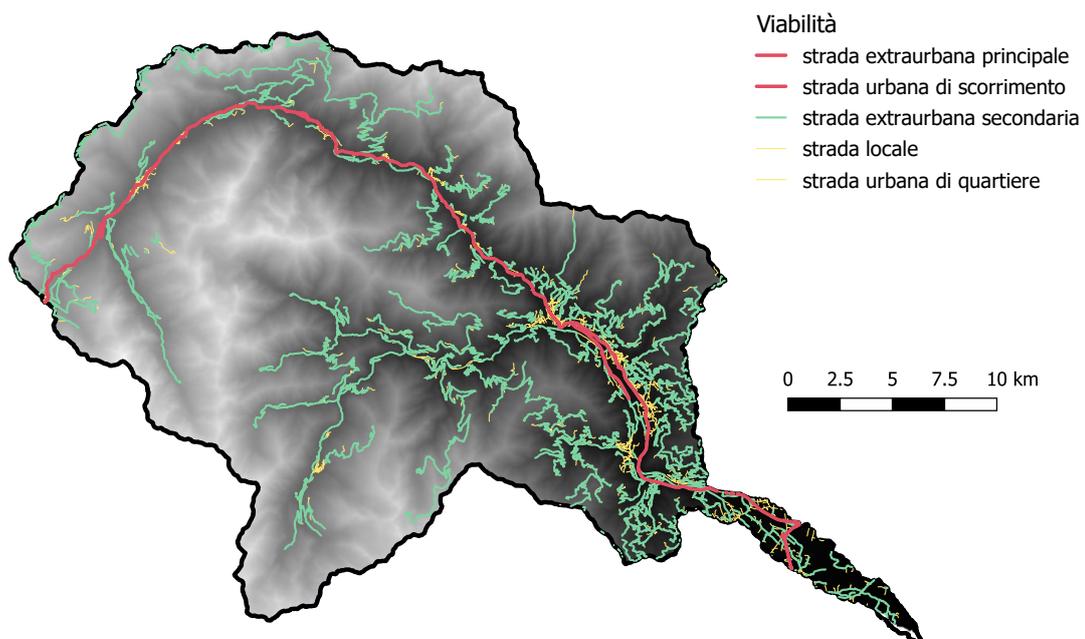


Figura 3.6 Rete stradale adottata per l'analisi, la colorazione è in funzione dell'importanza dell'arteria stradale e della classificazione tecnico-funzionale della BDTR del Geoportale della Regione Piemonte. La SP23 è indicata con il colore rosso.

Vi sono poi altre strade, di importanza minore dal punto di vista del traffico, ma rilevanti in quanto sono l'unico collegamento per alcuni centri abitati, ad esempio le strade provinciali:

- *SP169 della Val Germanasca* che percorre la valle da Perosa Argentina fino a Prali;
- *SP170 di Massello* che collega gli abitati di Massello e Salza di Pinerolo alla SP169;
- *SP168 di San Germano Chisone* che collega i centri abitati di Pramollo e San Germano Chisone al fondovalle;
- *SP166 della Val Chisone* che percorre la bassa valle in destra idrografica, da San Secondo di Pinerolo fino a Pomaretto.

Oltre alle strade extraurbane, gestite dalla Città Metropolitana di Torino, nell'analisi è stata inclusa anche la viabilità locale ed urbana, gestita dai singoli Comuni. Il reticolo stradale risulta quindi ripartito come riportato in Tabella 3.1.

Tabella 3.1 Suddivisione della viabilità considerata nell'analisi secondo l'importanza

<i>Classificazione tratto stradale</i>	<i>Lunghezza totale (km)</i>	<i>Percentuale</i>
<i>Viabilità extraurbana principale ed urbana di scorrimento (SP23)</i>	65.6	6.5%
<i>Viabilità extraurbana secondaria</i>	672.3	66.5%
<i>Viabilità locale ed urbana di quartiere</i>	272.9	27.0%
	1010.8	100%

3.2 Identificazione attraversamenti

Il reticolo stradale utilizzato per l'analisi GIS è quello disponibile sul Geoportale della Regione Piemonte, che mette a disposizione all'interno della BDTRE (Base Dati Territoriale di Riferimento degli Enti) un grafo stradale contenente la denominazione dei tratti stradali, la classificazione tecnico-funzionale ed altre informazioni sullo stato della sede stradale. I dati sono liberamente consultabili tramite il webGIS messo a disposizione o il servizio WMS e WFS e sono scaricabili a livello comunale, richiedendo poi un'operazione di unione dei diversi tratti stradali.

La BDTRE è aggiornata con cadenza annuale e contiene al suo interno anche le informazioni relative all'urbanizzato, all'orografia e vegetazione, ai sottoservizi ed all'idrografia.

Nonostante ciò, per l'analisi svolta non è stato adottato il reticolo idrografico della BDTRE, in quanto troppo dettagliato, bensì il reticolo ricavato nell'ambito del progetto Renerfor [6]. Tale progetto aveva l'obiettivo di costruire strumenti per la valutazione qualitativa del potenziale idroelettrico per la pianificazione in ambito regionale. Il reticolo Renerfor è stato ricavato da un modello digitale del terreno di risoluzione spaziale pari a 50 metri, imponendo una soglia per la quale solamente le celle che drenano un'area superiore a 0.25 km² entrano a far parte del reticolo.

Il vantaggio nell'utilizzo di questo reticolo è dato dalla disponibilità, per ogni cella appartenente al reticolo, dei parametri del bacino idrografico sotteso. Sono disponibili, in particolare, per ognuna delle 13204 celle del reticolo:

- l'area del bacino a monte;
- la quota minima, massima e media del bacino;
- il coefficiente pluviale orario a della curva di possibilità pluviometrica medio areale sul bacino e la deviazione standard;
- l'afflusso medio annuo MAP a scala di bacino;
- il coefficiente $fourierB1$ che descrive l'andamento del regime pluviometrico durante l'anno;

- il coefficiente cv_{rp} di variazione del regime pluviometrico;
- il percentile 75% della curva ipsografica;
- le percentuali $clc2$ e $clc3$ rappresentanti l'area di bacino classificata secondo le classi 2 e 3 di uso dei suoli del Corine Land Cover (classi con vegetazione arborea ed arbustiva e con vegetazione erbacea e seminativi).

Il reticolo non è in formato lineare bensì poligonale, definito con celle quadrate di lato 50 metri. Di conseguenza, l'intersezione tra il reticolo idrografico e quello stradale porta all'individuazione di un maggior numero di attraversamenti rispetto a quelli effettivi sul terreno perché vengono individuati come intersezioni anche i tratti nei quali la strada costeggia il torrente ad una distanza inferiore ai 50 metri. Questo fattore non è comunque uno svantaggio in quanto in molti casi l'esondazione, e quindi l'allagamento della sede stradale non avviene esattamente in corrispondenza dell'attraversamento ma in tratti adiacenti [5].

L'operazione di intersezione effettuata tra i due reticoli, mediante il software QGIS, ha portato all'individuazione di 1707 celle del reticolo idrografico, su ciascuna delle quali è stata realizzata la valutazione di pericolosità idrologica.

Nella Tabella 3.2 sottostante è riportata la classificazione degli attraversamenti suddivisi secondo l'importanza del tratto stradale; il totale degli attraversamenti è pari a 2657, dato che le celle del reticolo idrografico possono intersecare al loro interno uno o più tratti di reticolo stradale (Figura 3.7).

Tabella 3.2 Suddivisione degli attraversamenti individuati secondo l'importanza del tratto stradale di appartenenza

<i>Classificazione tratto stradale</i>	<i>N attraversamenti</i>	<i>Percentuale</i>
<i>Viabilità extraurbana principale ed urbana di scorrimento (SP23)</i>	225	8.5%
<i>Viabilità extraurbana secondaria</i>	1547	58.2%
<i>Viabilità locale ed urbana di quartiere</i>	885	33.3%
	2657	100%

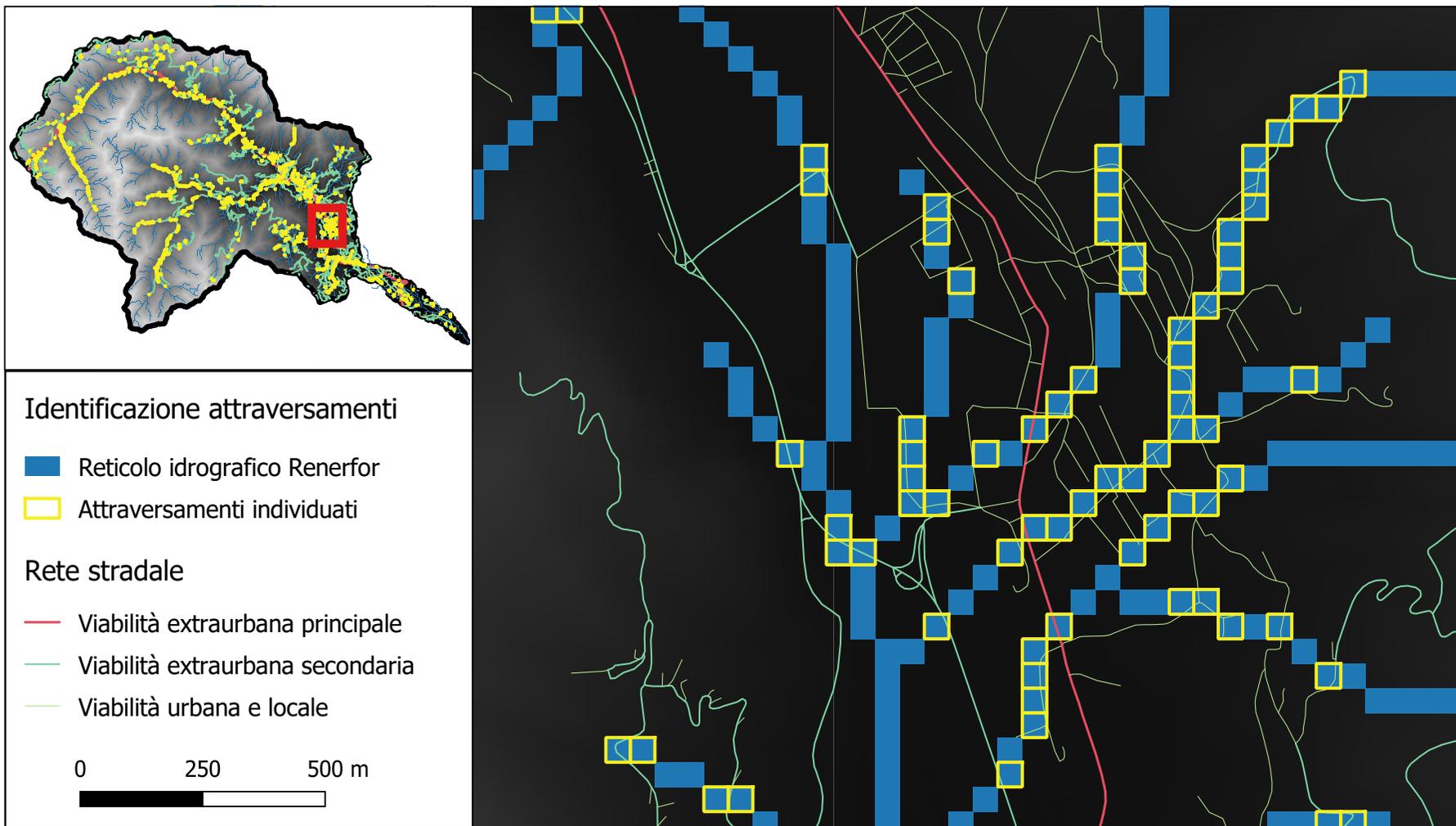


Figura 3.7 Identificazione degli attraversamenti

3.3 Valutazione degli attraversamenti potenzialmente soggetti a fenomeni alluvionali

Per valutare la pericolosità idrologica degli attraversamenti è stato innanzitutto necessario individuare per ogni punto i parametri della curva di possibilità pluviometrica (CPP) medi areali del bacino a monte dell'attraversamento.

In Piemonte, l'Arpa rende disponibili, attraverso l'Atlante delle piogge intense, i parametri delle CPP su un grigliato a maglie quadrate di lato 250 metri. Per ogni cella di questo grigliato è possibile ricavare i parametri a e n della CPP e K_T , fattore di crescita disponibile ricavato sia con la distribuzione di Gumbel sia con la GEV (*Generalized Extreme Value*). L'Atlante delle piogge intense è frutto del progetto Strada 2.0 - modulo CAPPPIO (*CAPitalizzazione azione di Caratterizzazione delle PIOgge estreme*), nella cui relazione si consiglia generalmente di adottare il fattore di crescita K_T ricavato attraverso la distribuzione GEV, ad eccezione delle zone marginali dove è preferibile adottare la distribuzione di Gumbel. Tale distribuzione infatti, avendo solamente due parametri, è più stabile nella stima di K_T . Per l'area di studio è quindi stato preso il valore di K_T , per un periodo di ritorno pari a 200 anni, ricavato con la distribuzione di Gumbel. [16]

Il parametro a era già disponibile dai dati Rennerfor, quindi non è stato necessario ricavarlo, mentre i parametri n e K_T sono stati ottenuti dalle mappe del progetto Strada 2.0 elaborate con QGIS per ricavarne le statistiche areali sul bacino idrografico (valore minimo, massimo, medio e deviazione standard).

Dall'osservazione della distribuzione spaziale dei parametri n e K_T , ci si è resi conto che la loro variazione all'interno dell'area di studio è molto limitata rispetto a quella del parametro a (Figura 3.8 e seguenti). Infatti, il coefficiente a presenta una deviazione standard valutata sull'intero bacino pari a 3.32, mentre l'esponente n ed il fattore di crescita valutato con la distribuzione di Gumbel e T pari a 200 anni, presentano una deviazione standard rispettivamente pari a 0.045 e 0.104.

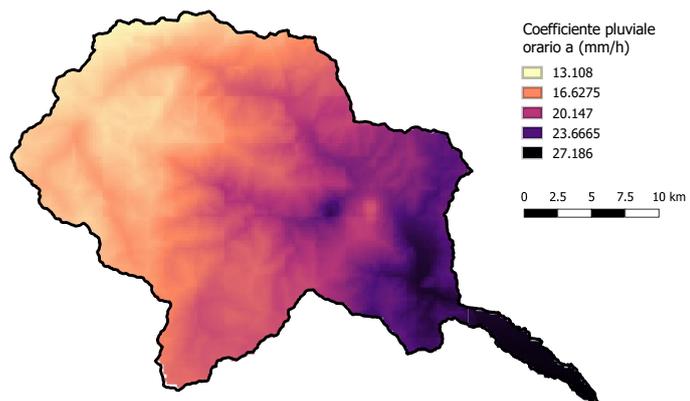


Figura 3.8 Mappa del coefficiente pluviometrico orario a (mm/h) della curva di possibilità pluviometrica

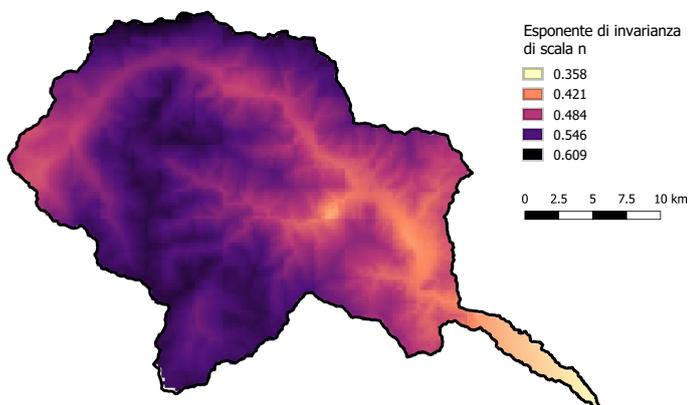


Figura 3.9 Mappa dell'esponente di invarianza di scala n della curva di possibilità pluviometrica

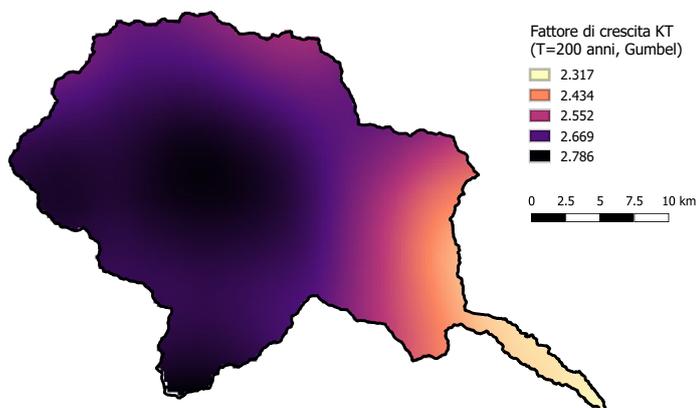


Figura 3.10 Mappa del fattore di crescita K_T , valutato attraverso al distribuzione di Gumbel e per periodo di ritorno di 200 anni

In “Allegato 1 - Parametri medi areali delle CPP sul bacino del Chisone” si riportano i valori massimi, minimi, medi areali e la deviazione standard di a , n , K_T ricavato attraverso la distribuzione di Gumbel e la GEV per i diversi tempi di ritorno.

Si è quindi scelto di assumere n e K_T costanti, prendendo il valore medio areale dell'intero bacino del Chisone e non i valori medi sui bacini sottesi dagli attraversamenti come nel caso del parametro a .

I valori adottati per n e K_T risultano rispettivamente pari a 0.51 e 2.66.

Successivamente alla valutazione dei parametri di piovosità da applicare nell'analisi sono stati valutati i tempi di corrivazione per ogni attraversamento secondo la relazione di Ferro:

$$t_c = k \cdot \sqrt{A} = 0.29 \cdot \sqrt{A}$$

Grazie ai parametri delle CPP ed al tempo di corrivazione è stato quindi possibile valutare l'altezza e l'intensità di pioggia critiche e successivamente la portata al colmo di piena per un evento con periodo di ritorno pari a 200 anni, secondo le relazioni già descritte nel capitolo precedente:

$$h_c = a \cdot t_c^n \cdot K_{200} \quad (mm)$$

$$i_c = \frac{h_c}{A} \quad \left(\frac{mm}{h} \right)$$

$$Q_{200} = \frac{C \cdot i_c \cdot A}{3.6} = \frac{1 \cdot a \cdot t_c^{n-1} \cdot K_{200} \cdot A}{3.6} \quad \left(\frac{m^3}{s} \right)$$

Infine, per ogni punto è stata valutata la portata unitaria rispetto all'area di bacino:

$$Q = \frac{Q_{200}}{A} \quad \left(\frac{m^3}{s \cdot km^2} \right)$$

Nel Figura 3.11 sottostante è riportata la distribuzione degli attraversamenti secondo la portata unitaria e l'importanza del tratto stradale di appartenenza. In questo caso

la portata unitaria è stata suddivisa in classi corrispondenti ai quartili valutati rispetto alla popolazione totale degli attraversamenti. La suddivisione è riportata anche nella Tabella 3.3. Si nota come gli attraversamenti appartenenti alla viabilità minore siano interessati da una pericolosità idrologica maggiore in termini di portata unitaria.

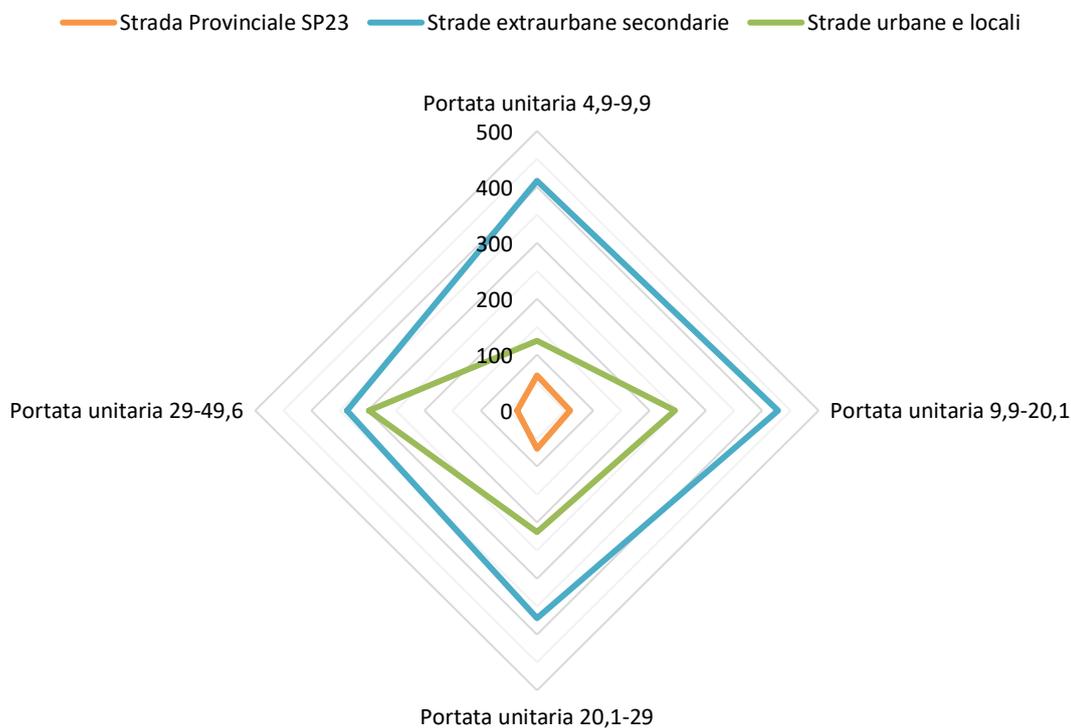


Figura 3.11 Ripartizione della pericolosità degli attraversamenti secondo le classi di portata unitaria ($m^3/s/km^2$)

Tabella 3.3 Numero di attraversamenti secondo la classe di portata unitaria e l'importanza di tratto stradale

	4.9-9.9 $m^3/s/km^2$	9.9.-20.1 $m^3/s/km^2$	20.1-29 $m^3/s/km^2$	29-49.6 $m^3/s/km^2$	Totale attraversamenti
Viabilità extraurbana principale ed urbana di scorrimento (SP23)	63	59	68	35	225
	28.0%	26.2%	30.2%	15.6%	100%
Viabilità extraurbana secondaria	411	428	371	337	1547
	26.5%	27.7%	24%	21.8%	100%
Viabilità locale ed urbana di quartiere	125	245	217	298	885
	14.1%	27.7%	24.5%	33.7%	100%

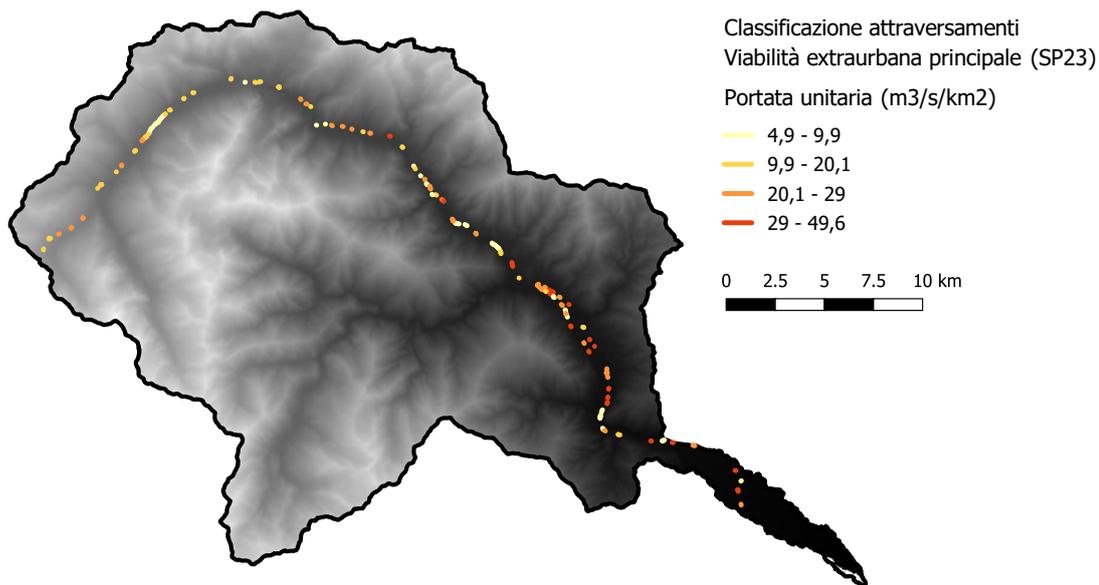


Figura 3.12 Distribuzione spaziale degli attraversamenti individuati sulla viabilità extraurbana principale.
Colorazione sulla base della pericolosità idrologica in termini di portata unitaria

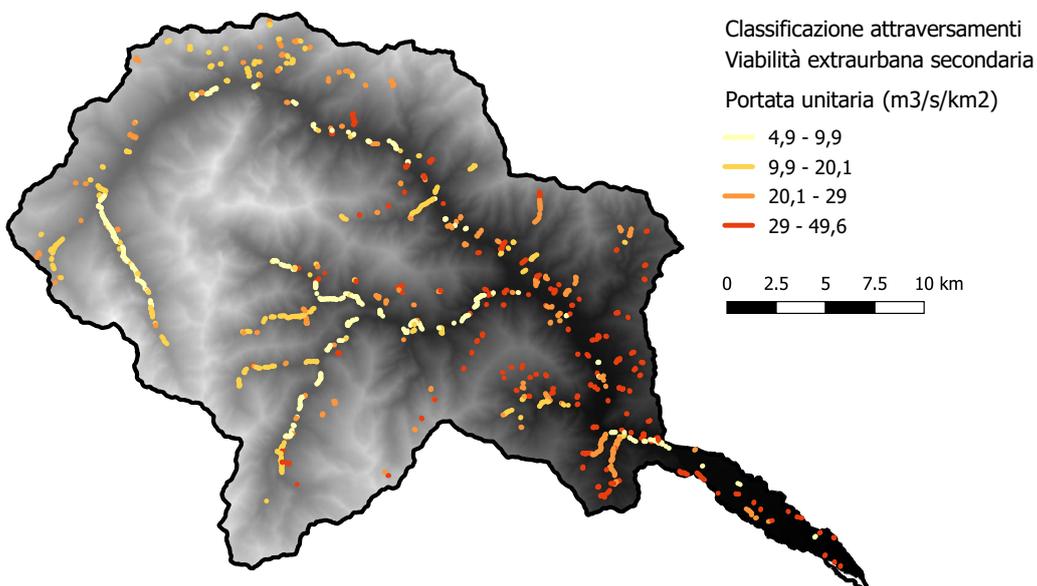
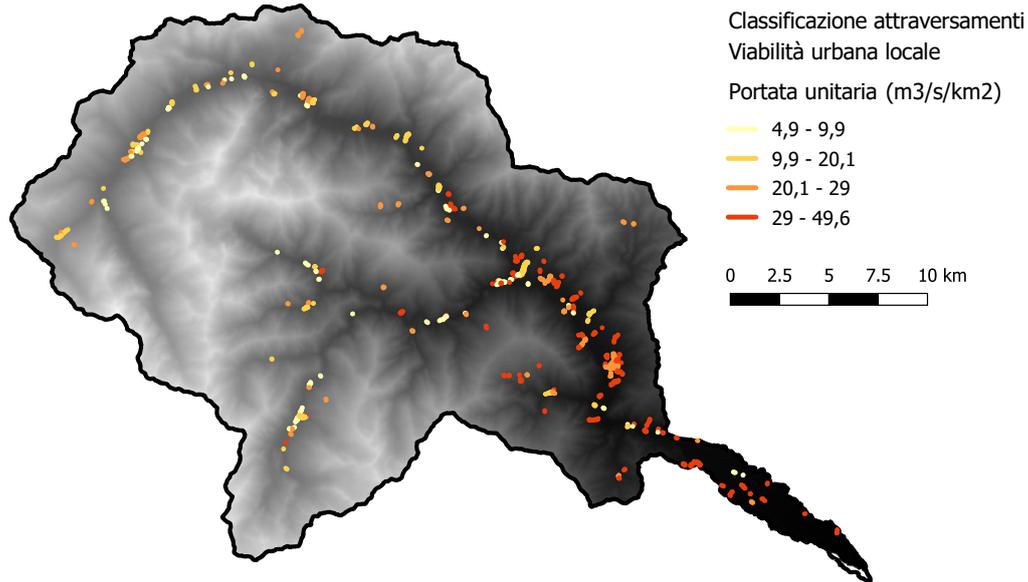


Figura 3.13 Distribuzione spaziale degli attraversamenti individuati sulla viabilità extraurbana secondaria.
Colorazione sulla base della pericolosità idrologica in termini di portata unitaria



*Figura 3.14 Distribuzione spaziale degli attraversamenti individuati sulla viabilità minore (urbana, locale).
Colorazione sulla base della pericolosità idrologica in termini di portata unitaria*

Dal punto di vista della distribuzione spaziale, si nota come i punti di maggiore criticità siano localizzati nella media e bassa valle, soprattutto lungo i tributari e non sull'asta principale. Questo è coerente con quanto ci si aspettava, essendo punti che sottendono bacini di area inferiore a quelli posizionati lungo l'asta principale, quindi caratterizzati da tempi di risposta inferiori, ed essendo l'area di bassa valle caratterizzata da una maggiore piovosità.

Nei prossimi capitoli verranno presentate le buone pratiche per una comunicazione efficace del rischio e verrà proposta una possibile strategia di comunicazione dei risultati ottenuti in quest'analisi a studenti delle scuole superiori nell'ottica di migliorare la conoscenza del territorio circostante.

4 La comunicazione efficace del rischio

La comunicazione del rischio è un ambito complesso e fortemente multidisciplinare che richiede competenze sia tecniche, sia di natura sociale, con il coinvolgimento di esperti della comunicazione e sociologi. Infatti, oltre al contenuto scientifico, sono rilevanti il rapporto di fiducia esistente tra gli enti e la cittadinanza e la forma con la quale il messaggio viene veicolato, in funzione delle caratteristiche sociali del gruppo di popolazione al quale ci si rivolge.

È indispensabile predisporre un'accurata pianificazione della comunicazione che identifichi innanzitutto il pubblico di riferimento e ne valuti i bisogni e la percezione del rischio. In base a questo ed all'obiettivo che ci si pone sarà possibile definire la strategia da adottare, il messaggio da comunicare e le sue modalità di diffusione [8].

Il ciclo di vita della comunicazione del rischio deve seguire tutte le fasi dell'evento e la strategia adottata varia con la fase considerata e l'obiettivo preposto.

Nella fase di prevenzione vengono privilegiati strumenti attraverso i quali è possibile approfondire il tema del rischio sotto diversi aspetti; l'obiettivo generale è quello di motivare l'adozione di comportamenti non rischiosi, informare e coinvolgere la popolazione. A seconda del pubblico da raggiungere e del tipo di informazione che si vuole fornire si può passare dai blog, ai video didattici e brochure informative, per arrivare fino agli eventi divulgativi e di confronto e alla creazione di portali dedicati.

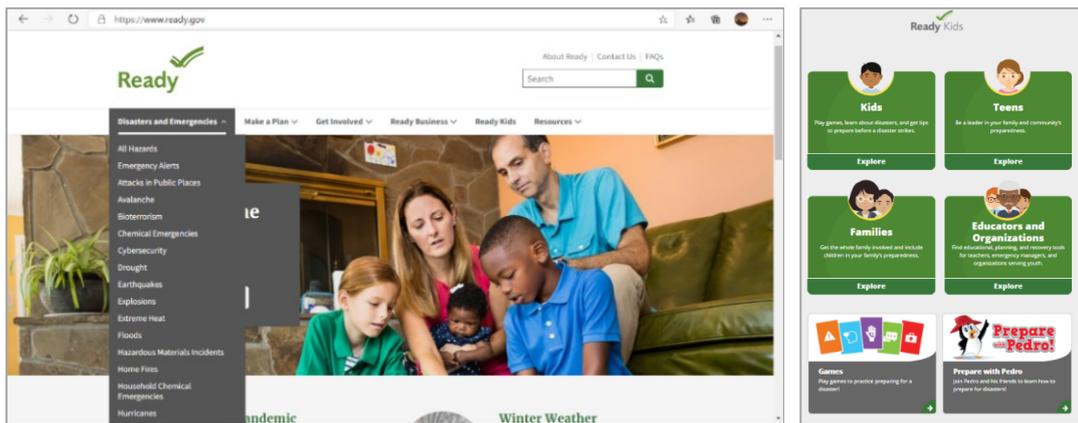


Figura 4.1 Homepage del portale della FEMA (Federal Emergency Management Agency) “[Plan Ahead for Disasters | Ready.gov](https://www.ready.gov)” con la sezione dedicata a bambini, famiglie ed educatori [17]



Figura 4.2 Homepage di “Io Non Rischio”, piattaforma di supporto ai volontari nelle piazze per la campagna di sensibilizzazione e comunicazione delle buone pratiche di protezione civile svolta organizzata dal Dipartimento di Protezione Civile ([Homepage - Io non rischio \(protezionecivile.it\)](https://www.protezionecivile.it)) [18]

Nella fase di allerta invece, è necessario fornire informazioni tempestive per informare in tempo reale la popolazione circa l'evoluzione dell'evento e i comportamenti da seguire. Si adottano quindi messaggi brevi e concisi che indichino il tipo di rischio, l'area interessata e quali comportamenti adottare. Tra gli strumenti più utilizzati rientrano:

- *Cell broadcasting*: tecnologia che permette di inviare simultaneamente brevi messaggi ai cellulari agganciati ad una determinata cella telefonica, o gruppo di celle, localizzate nell'area a rischio. Viene utilizzata da anni negli Stati Uniti (WEA – Wireless Emergency Alert), ed è già stata adottata in alcuni Paesi dell'Unione Europea, come la Romania. In Italia è ancora in via di sperimentazione. [19]



Figura 4.3 Cell broadcasting: esempio di notifica di allerta per flash flood

- *App mobile*: oltre all'invio di notifiche *push* per segnalare il pericolo, permettono anche di avere sezioni dedicate ad approfondimenti per conoscere meglio la tipologia di rischio ed i comportamenti da adottare (Figura 4.4 e Figura 4.5).
- *Mass media* (televisione, radio, giornali): hanno lo svantaggio che il messaggio non raggiunge tempestivamente il pubblico, ma sono considerati come la fonte più affidabile di informazione.
- *Social media*: permettono la pubblicazione di messaggi brevi da parte delle autorità e, in alcuni casi, anche l'invio di notifiche geolocalizzate per la zona a rischio (Figura 4.6).



Figura 4.4 Applicazione AlertSwiss: mappa delle zone interessate da incendio



Figura 4.5 Applicazione AlertSwiss: comportamenti di autoprotezione da adottare



Figura 4.6 Twitter: aggiornamenti criticità previste sul territorio nazionale - canale ufficiale del Dipartimento di Protezione Civile

L'approccio alla comunicazione del rischio ha subito diverse variazioni nel tempo, partendo da un approccio tecnico-scientifico utilizzato negli anni Settanta, dove veniva data rilevanza ai dati tecnici e quantitativi, per poi concentrarsi sull'efficacia del processo comunicativo ed infine puntare alla partecipazione ed al coinvolgimento di tutti gli attori a partire dagli anni Novanta fino ad oggi [20].

In generale si possono distinguere le seguenti strategie di comunicazione del rischio [21]:

- *Care communication*: utilizzata nelle campagne di prevenzione, ha l'obiettivo di motivare le persone a modificare il proprio comportamento;
- *Consensus communication*: ha lo scopo di mitigare le controversie attraverso il confronto e la partecipazione, per giungere a scelte condivise;
- *Crisis communication*: applicata prima, durante e dopo un evento per informare la popolazione sui comportamenti da tenere.

Dal punto di vista dei modelli comunicativi si è passati dai modelli "top-down" o "DAD" (*decide-announce-defend*) ai modelli "people-centred" o "SON" (*share-open-negotiate*) [8]. Nei primi, la comunicazione alla popolazione avviene solamente a valle del processo decisionale e mira a difendere e motivare le scelte fatte dagli esperti e dalle autorità. Nei modelli più recenti invece, le informazioni devono essere condivise in modo chiaro e trasparente favorendo il coinvolgimento e la partecipazione della popolazione nella valutazione delle azioni e degli interventi da attuare [22].

In questo secondo caso il dialogo e l'ascolto sono fondamentali per comprendere le difficoltà del pubblico e ricercare la strategia comunicativa ottimale, considerando che un pubblico di "non esperti" valuta il rischio basandosi soprattutto su fattori emotivi, giungendo a risultati profondamente diversi da quelli dei tecnici.

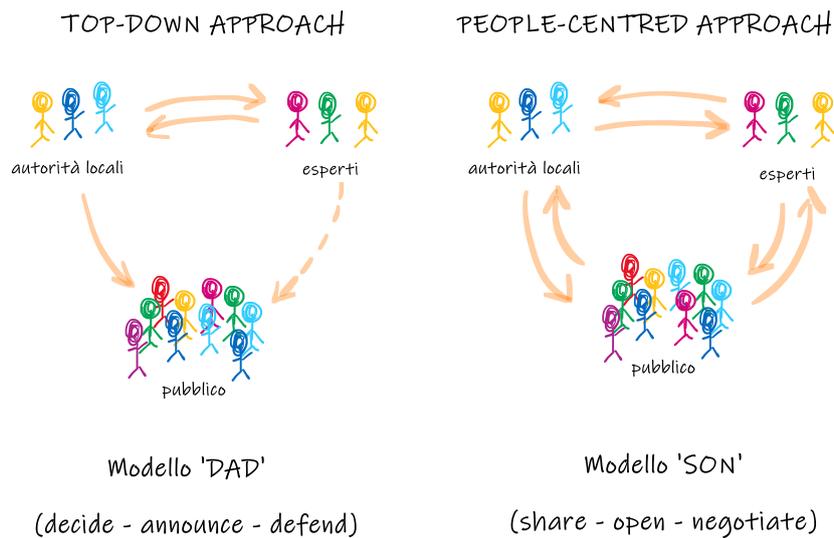


Figura 4.7 Rappresentazione schematica dei modelli comunicativi "DAD" e "SON" (rielaborazione di [23])

Nella valutazione individuale del rischio hanno notevole influenza le caratteristiche del ricevente (età, caratteristiche fisiche, esperienze pregresse...) ed il suo contesto sociale e culturale. Le persone tendono inconsciamente a valutare il rischio come accettabile sulla base delle credenze e dei valori propri del gruppo al quale appartengono, ed affrontano un evento semplificando la moltitudine di informazioni a disposizione in modo tale da ricondurlo a situazioni già affrontate in passato. Inoltre, la reazione delle persone rispetto al rischio è influenzata anche dalle caratteristiche del messaggio (canale di informazione, fonte...) e dalla volontarietà dell'esposizione e familiarità con il rischio, che ne determinano una soglia di accettabilità più elevata. [20] [22]

A causa dell'elevata quantità di elementi dai quali dipende la valutazione del rischio fatta dal singolo individuo e delle loro possibili combinazioni, è difficile prevedere quali saranno i risultati dal punto di vista dei comportamenti adottati nonostante l'aumento della letteratura sulla comunicazione del rischio e degli studi di come questo venga percepito dalle persone.

Tuttavia, è stato dimostrato che in caso di emergenza il tempo di reazione e l'adozione di comportamenti di autoprotezione sono strettamente legati alle conoscenze pregresse dell'individuo, mentre le indicazioni comportamentali fornite nel messaggio di allerta ricevuto sono meno influenti [24].

Risultano quindi di fondamentale importanza la formazione dell'individuo e la sua esperienza, ed è evidente la necessità di concentrare maggiori sforzi comunicativi nella fase di prevenzione, in modo tale da portare ad una maggiore consapevolezza del rischio.

Nei prossimi paragrafi verranno illustrati i principali ostacoli che si possono riscontrare e gli accorgimenti da seguire per una comunicazione del rischio efficace.

4.1 Principali barriere alla comunicazione efficace

Secondo quanto riportato in Covello et al. [25], gli ostacoli riscontrati nella comunicazione del rischio possono essere ricondotti a quattro ambiti principali, legati al messaggio comunicato, alla sua fonte, al canale di comunicazione ed al ricevente. Nella Tabella 4.1 vengono riportati alcuni esempi di possibili problemi di comunicazione che si possono riscontrare.

Tabella 4.1 Principali ostacoli nella comunicazione del rischio [25]

<i>Origine</i>	<i>Esempi</i>
<i>Messaggio</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ Livello di contenuto scientifico▪ Elevata incertezza dei dati
<i>Fonte del messaggio</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ Mancanza di fiducia e credibilità▪ Disaccordo tra esperti▪ Utilizzo di linguaggio tecnico e burocratico
<i>Canale di comunicazione</i>	<ul style="list-style-type: none">▪ Resoconto distorto e inaccurato▪ Selezione degli aspetti drammatici (caso dei mass media)

<i>Origine</i>	<i>Esempi</i>
<i>Ricevente</i>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Percezione del rischio falsata ▪ Overconfidence ▪ Mancanza di interesse ▪ Domanda di dati certi ▪ Opposizione a compromessi tra rischio, costi e benefici

I problemi comunicativi relativi al messaggio sono legati alla quantità di dati ed al livello scientifico del contenuto. È dimostrato come l'espressione del rischio in termini probabilistici sia fonte di incomprensioni per la gente comune, analogamente anche l'incertezza legata al dato stesso risulta di difficile interpretazione.

La fonte del messaggio può rappresentare un ostacolo alla comunicazione a causa della mancanza di credibilità e l'eccessivo utilizzo di linguaggio tecnico e burocratico. Altri fattori che danno luogo a difficoltà di comprensione sono la mancanza di accordo tra i pareri degli esperti ed i messaggi diffusi dalle diverse autorità.

L'assenza di un coordinamento e di un accordo tra le diverse fonti di informazione genera confusione nel ricevente su quale messaggio seguire come riferimento, con una conseguente perdita di credibilità e fiducia nell'istituzione, le quali vengono a mancare poiché i cittadini si sentono distanti dall'autorità, ritenendo che questa non ponga abbastanza attenzione alle proprie preoccupazioni, priorità e preferenze.

Per quanto riguarda i canali di comunicazione, si può riscontrare una distorsione delle informazioni con enfasi sugli aspetti che suscitano maggiore scalpore a discapito di un'eccessiva semplificazione del contenuto tecnico e scientifico, come spesso accade nel caso di giornali e programmi televisivi.

Le maggiori difficoltà comunicative legate al ricevente sono in parte già state illustrate nel paragrafo precedente, precisamente quelle connesse alla personale valutazione del rischio fatta da ogni individuo. A questi elementi si aggiungono la

difficoltà nell'interpretazione delle informazioni statistiche e la mancanza di una valutazione oggettiva del rischio a causa del proprio stato emotivo e delle proprie convinzioni che portano ad avere un'errata percezione del rischio e un'eccessiva sicurezza nelle proprie capacità di evitarlo.

A quanto appena visto, è possibile aggiungere tra gli errori che impediscono una comunicazione efficace quelli evidenziati da Scolobig [22]:

- l'eccessiva rassicurazione e la minimizzazione del rischio da parte delle autorità per non scatenare sentimenti di paura e panico nella popolazione;
- l'insufficiente preparazione tecnica del comunicatore;
- la convinzione da parte delle autorità di poter controllare la comunicazione ed il flusso seguito dal messaggio.

In relazione a quest'ultimo punto Scolobig [22] sottolinea il ruolo assunto dai social media negli ultimi anni come mezzo di comunicazione e le contraddizioni legate al loro utilizzo. In generale, sono da ritenersi uno strumento molto utile che, come i mass media, può svolgere un ruolo attivo ed efficace come collegamento tra le autorità e i cittadini raggiungendo un pubblico vasto in breve tempo, permettendo anche un'immediata valutazione dell'efficacia della comunicazione grazie alla semplice interazione che si può avere con il pubblico. Tuttavia, il loro utilizzo determina anche un aumento delle informazioni incoerenti ed inaccurate con una difficoltà per il ricevente nel valutare la credibilità della fonte. A questo si aggiunge il fenomeno delle "bolle epistemiche", per le quali si è sempre meno esposti a punti di vista diversi dal proprio, con una conseguente diminuzione dell'accesso all'informazione completa.

La tendenza degli ultimi anni è comunque quella di dare sempre più importanza a questa tipologia di canale di comunicazione, come è stato anche confermato dalla ricerca svolta dalla Regione Piemonte nell'ambito del "PITEM RISK" (Piano Integrato Tematico per Resilienza, Informazione, Sensibilizzazione e Comunicazione ai cittadini nell'area di cooperazione transfrontaliera ALCOTRA tra Italia e Francia) [26].

L'obiettivo dell'indagine era valutare il grado di conoscenza dei rischi della popolazione e le difficoltà incontrate dagli operatori nella comunicazione del rischio [27]. È stata adottata una strategia combinata che comprende un'indagine qualitativa attraverso focus group, una quantitativa attraverso questionari ed interviste telefoniche su un campione di popolazione, ed infine è stato fatto uno screening dei social media per valutarne l'utilizzo durante l'evento alluvionale del 2 e 3 ottobre 2020 che ha colpito le aree meridionali del Piemonte, la Liguria ed il sud-est della Francia.

In particolare, analizzando l'utilizzo di Facebook, Twitter ed Instagram durante l'evento alluvionale, si è giunti alle seguenti conclusioni:

- Facebook è stato di gran lunga il più utilizzato per condividere informazioni e partecipare al dialogo;
- Twitter viene principalmente utilizzato dalle istituzioni grazie all'alta velocità di comunicazione;
- Instagram ha visto un flusso informativo molto scarso.

Le persone hanno seguito l'evoluzione dell'evento e cercato notizie sulla situazione in atto attraverso i profili delle testate giornalistiche, di alcuni Sindaci e dei gruppi locali di volontari, fornendo a loro volta aggiornamenti sulla situazione locale e sull'organizzazione di raccolte fondi ed iniziative solidali locali. Dall'analisi quantitativa invece emerge come il 59% degli intervistati ritenga inaffidabili i social network come fonte di informazione e che i principali canali di comunicazione siano rappresentati dai mass media (TV, giornali e radio) con il 32% e dai siti istituzionali di Comuni, Regione e Dipartimento della Protezione Civile. Anche la ricerca di informazioni attraverso il rapporto personale diretto con amici, familiari e volontari è rilevante e raggiunge complessivamente il 15%. [27]

Nei focus group sono state indagate anche le difficoltà riscontrate dai soggetti comunicatori. È emerso come gli amministratori si trovino spesso impreparati dal punto di vista tecnico e senza risorse per le attività in tempo di pace. I giornalisti

invece, lamentano la mancanza, anche all'interno dei COC (Centro Operativo Comunale), di soggetti di riferimento che certifichino le informazioni. [27]

Dall'analisi quantitativa è inoltre emerso che il 51% degli intervistati non si sente abbastanza informato anche se il 56% ritiene probabile o molto probabile il verificarsi di un evento sul territorio dove risiede.

4.2 Buone pratiche

In base a quanto visto finora, i principi chiave su cui si basa una comunicazione efficace del rischio sono un rapporto di fiducia consolidato tra la cittadinanza e le autorità, la trasparenza nel fornire informazioni e l'apertura al dialogo. Una comunicazione a doppio senso permette una migliore pianificazione della strategia da seguire attraverso la valutazione dei bisogni informativi del pubblico. [8]

La pianificazione della comunicazione del rischio deve prevedere le seguenti fasi (elaborazione di [8] [20]):

1. Analisi dello scenario; ovvero identificazione del soggetto che comunica e del pubblico di riferimento;
2. Definizione degli obiettivi da raggiungere;
3. Definizione della strategia di comunicazione;
4. Scelta dei contenuti (fonte del rischio, descrizione del rischio, conseguenze, norme di comportamento);
5. Scelta delle attività e degli strumenti di comunicazione;
6. Valutazione dei feedback.

Di seguito si riportano alcuni suggerimenti e linee guida per la comunicazione del rischio ad un pubblico di non esperti (tratti da [8] [20] [22] [28] [29] [30] [31]):

- Favorire il dialogo e la partecipazione degli stakeholders.
- Coinvolgere il pubblico prima di prendere le decisioni importanti, ascoltandone le istanze e le preoccupazioni. Immedesimarsi nella loro situazione e creare empatia.
- Essere onesti e franchi: non sminuire, negare, nascondere il rischio, ma ammettere le incertezze.
- Semplificare la forma del messaggio, non il contenuto: non omettere informazioni, ma esporle tenendo conto della preparazione del ricevente.
- Adottare un linguaggio comune, prediligendo un approccio narrativo che includa metafore, sensazioni personali ed aneddoti.

Evitare termini specialistici e fare attenzione a come vengono percepite le parole utilizzate. Nella Tabella 4.2 sono riportati alcuni dei termini scientifici più frequentemente fraintesi e come potrebbero essere sostituiti.

- Utilizzare immagini, schemi e grafici. Le frasi devono essere brevi e dirette.
- Limitare il ricorso a formule matematiche, numeri e probabilità.
- Anticipare e prepararsi a possibili domande e problemi posti dal pubblico.
- Accompagnare le informazioni sul rischio con le indicazioni dei comportamenti da tenere.
- In fase di emergenza, fornire informazioni tempestive concise e dare indicazioni per trovare approfondimenti.
- Collaborare con fonti credibili.
- Utilizzare più canali di comunicazione.
- Pianificare attentamente e valutare i risultati ottenuti in maniera continuativa.

Tabella 4.2 Esempi di termini scientifici comunemente fraintesi dal pubblico non esperto e alternative [30]

<i>Termine scientifico</i>	<i>Interpretazione del pubblico</i>	<i>Possibile sostituzione</i>
Teoria	Congettura, ipotesi	Interpretazione scientifica
Incertezza	Ignoranza	Range
Conservativo	Conservativo dal punto di vista politico	Cauto, protettivo

4.2.1 Storytelling: la tecnica della narrazione

Lo storytelling nasce come tecnica giornalistica che sfrutta un linguaggio narrativo per coinvolgere lo spettatore, e negli ultimi anni si è sempre più diffusa in tutti gli ambiti anche della vita quotidiana. L'idea alla base di questa tecnica è la trasposizione delle emozioni provate dal soggetto, che ha vissuto la storia e la racconta, al pubblico che lo ascolta. In questo modo la memoria del singolo diventa memoria collettiva.

Prestley et al. [32] hanno analizzato le dirette televisive dei meteorologi durante l'emergenza legata all'uragano Harvey nel 2017, stabilendo che l'elemento principale della comunicazione adottata per interpretare le informazioni scientifiche a favore del pubblico è stato l'utilizzo di un linguaggio definito "figurativo" ed "intenso":

- "Figurativo" perché i concetti scientifici venivano spiegati attraverso metafore ed altri concetti più comuni (l'uragano ad esempio veniva paragonato ad una macchina, il cui motore si alimenta con l'umidità).
- "Intenso" perché i meteorologi suscitavano emozioni nello spettatore confrontando l'evento a quelli passati ed esprimendo le proprie opinioni personali e sensazioni di incredulità e sconcerto.

La tecnica dello storytelling integra quindi le informazioni di carattere scientifico alle testimonianze personali utilizzando più strumenti contemporaneamente per immergere completamente lo spettatore nell'esperienza narrativa. Un esempio

applicato alla comunicazione del rischio è quello realizzato dal giornale “The New York Times” relativo ad un fenomeno valanghivo nel nordovest degli Stati Uniti [33]. L’evento viene riportato attraverso le testimonianze di chi ne è stato vittima e chi ha prestato soccorso, integrate da video, foto ed animazioni.

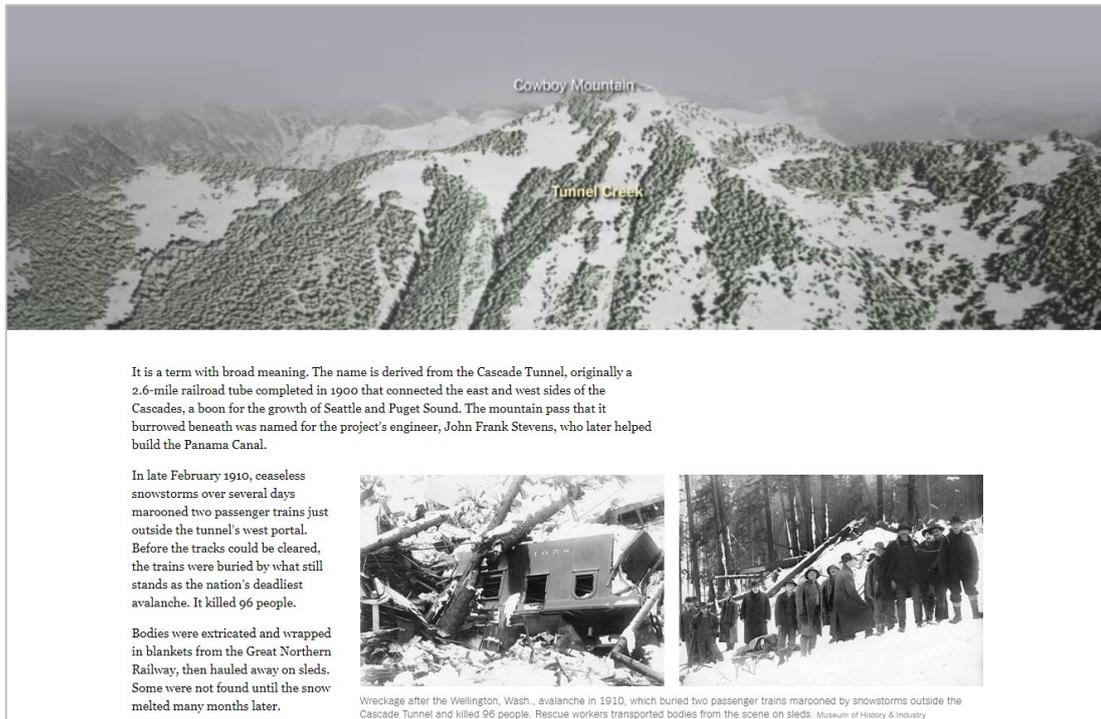


Figura 4.8 Panoramica tridimensionale dell’area colpita e foto degli eventi già avvenuti in passato (Fonte: [Snow Fall: The Avalanche at Tunnel Creek - Multimedia Feature - NYTimes.com](https://www.nytimes.com/2010/02/26/us/26avalanche.html) [33])

Questo lavoro è stato poi di esempio nella realizzazione di un longform relativo alla gestione del rischio alla diga del Moncenisio (TO) nell’ambito del progetto RESBA. Tale progetto, realizzato tra il 2014 e il 2020 nell’area di cooperazione transfrontaliera ALCOTRA tra Italia e Francia, aveva l’obiettivo di approfondire la conoscenza del rischio diga per migliorare la prevenzione, la comunicazione e la gestione della sicurezza dei territori a valle degli sbarramenti.

La diga del Moncenisio si trova in territorio francese ma in caso di rottura provocherebbe un’onda di piena che raggiungerebbe Torino e la Pianura Padana interessando una vasta area densamente popolata. In questo progetto, uno degli

obiettivi era quello di informare la popolazione del rischio connesso alla diga attraverso il coinvolgimento degli istituti scolastici, la realizzazione di video informativi e la produzione del longform.

Il longform è stato realizzato con la tecnica dello storytelling ed illustra la diga del Moncenisio dal punto di vista della sua storia, il territorio circostante ed il rischio connesso ad essa. [34]



Figura 4.9 Longform sulla diga del Moncenisio per il progetto RESBA
(Fonte: [Storie di Resilienza - Resba - Futura](#) [34])

Per la realizzazione di questi tipi di prodotti è necessario identificare gli aspetti più rappresentativi dell'argomento che si vuole comunicare, dopo aver effettuato gli approfondimenti e le ricerche necessari, per poi procedere alla stesura della trama e dello storyboard tenendo conto degli elementi chiave che seguono la regola delle "6S" [35], riportati nella Tabella 4.3. Successivamente è necessario raccogliere ed unire i contributi multimediali audio, video e fotografici ed infine è possibile pubblicare il prodotto e valutarne l'efficacia. [36]

Tabella 4.3 Elementi storytelling, loro significato e declinazione negli esempi appena visti [33] [34] [35]

<i>Elementi storytelling</i>	<i>Significato</i>	<i>Esempio NYT</i>	<i>Esempio RESBA</i>
<i>Story-architect</i>	Autore del racconto	The New York Times	Studenti Master di giornalismo (Università di Torino)
<i>Story-listener</i>	Pubblico	Lettori NYT	Lettori periodico Futura
<i>Story</i>	Racconto vero e proprio	Evento valanghivo avvenuto che travolse alcuni sciatori.	Costruzione della diga, evoluzione del territorio circostante, rischio diga e normativa
<i>Set</i>	Luogo e tempo di ambientazione del racconto	Località di Tunnel Creek, il 19 febbraio 2012	Moncenisio (TO), confine tra Italia e Francia, a partire dal '900 fino ad oggi
<i>Show</i>	Forma nella quale viene presentata l'esperienza	Testimonianze scritte e sotto forma di interviste o audio Animazioni e foto	Testimonianze ed interviste sotto forma di audio e video Foto
<i>Storyteller</i>	Presentatore della storia, influenza come questa viene accolta dal lettore	Vittime dell'evento e soccorritori	Parenti dei guardiani della diga, degli abitanti e dei soldati che risiedevano al Moncenisio, esperti di protezione civile, affittuari dell'alpeggio

La tecnica dello storytelling è stata utilizzata da Macchia [37] per trasformare, e adattare ad un pubblico di non esperti, i rapporti di evento compilati dalle istituzioni e tipicamente dedicati a tecnici del settore.

Il “racconto di evento” che si ottiene dalla rielaborazione prevede:

- Una chiara spiegazione dell’evoluzione spaziale e temporale dell’evento, attraverso le immagini radar o satellitari, tralasciando l’analisi meteorologia dettagliata;
- Una presentazione semplificata dei dati quantitativi, ad esempio per confronto con eventi storici;
- L’inclusione di testimonianze dirette, foto e video amatoriali per raccontare l’evento ed i suoi effetti sul territorio;
- L’integrazione di osservazioni sulle criticità affrontate nella gestione dell’evento e le lezioni apprese.

4.3 Esempi di buone pratiche di comunicazione della viabilità a rischio

Di seguito verranno presentati alcuni esempi di comunicazione del rischio alluvionale per la rete stradale adottati all’estero, ritenuti rilevanti rispetto a quanto detto finora sull’efficacia comunicativa. Nella sezione successiva saranno invece esposte le strategie adottate in Italia.

Sono stati analizzati esempi riguardanti sia la fase di allerta sia quella di preparazione all’evento che, come visto precedentemente, rispondono a necessità comunicative differenti. Lo strumento più diffuso è la segnaletica stradale che viene utilizzata sia per mettere in guardia gli automobilisti e prepararli al possibile allagamento della sede stradale, sia durante l’emergenza per segnalare le interruzioni. [31]

Di seguito sono riportati due esempi di cartellonistica stradale diffusa in Francia e nel Regno Unito per segnalare rispettivamente i tratti stradali a rischio alluvionale e quelli già interessati da allagamenti e quindi non transitabili.



Figura 4.10 Segnaletica stradale utilizzata in Francia per i tratti stradali soggetti ad inondazione

(Fonte: [Panneau risque d'inondation, dans les Basses Vallées Angevines - Philippe Bolo \(philippe-bolo.fr\)](#))



Figura 4.11 Segnaletica stradale impiegata nel Regno Unito per segnalare le strade allagate

(Fonte: [Protecting your property from flooding - Met Office](#))

In tema di gestione delle emergenze e viabilità si segnala anche il progetto RESOLUTE, ovvero “*RESilience management guidelines and Operationalization applIed to Urban Transport Environment*”, finanziato da fondi europei e realizzato tra il 2015 e il 2018 coinvolgendo anche aziende ed enti italiani, come il Comune e l’Università di Firenze.

Il progetto aveva come tema centrale la resilienza delle infrastrutture critiche e la loro gestione. I principi di base sono stati:

- Il trasporto urbano è fondamentale per il sostegno della comunità
- I percorsi delle persone spesso coincidono con i percorsi di propagazione del rischio.

Nel corso del progetto sono stati realizzati diversi prodotti, testati nella città pilota di Firenze, tra cui le linee guida europee per la gestione della resilienza (*ERMG – European Resilience Management Guidelines*), strumenti di supporto alle decisioni in emergenza e applicazioni per smartphone per l’assistenza alla popolazione durante le emergenze.



Figura 4.12 Dashboard del sistema di gestione integrata sviluppato da Resolute e testato su Firenze: contiene le informazioni in tempo reale del trasporto urbano e viabilità, parametri ambientali, concentrazione popolazione, situazione dei pronto soccorso cittadini e vigilanza di Twitter [38]

In particolare, si è svolta un'esercitazione per testare il sistema di evacuazione con il quale un operatore, supportato dall'algoritmo messo a punto durante il progetto, può assistere da remoto il cittadino che ha richiesto aiuto attraverso l'applicazione, e può guidarlo fino al punto di raccolta lungo il percorso più sicuro.

4.3.1 Queensland (Australia)

Un esempio particolarmente virtuoso è rappresentato dallo Stato del Queensland, regione nord-est dell'Australia, spesso caratterizzata da fenomeni alluvionali durante la stagione piovosa, da novembre ad aprile. In seguito all'evento del 2011 che interessò l'area della capitale Brisbane e che fu catastrofico in termini di estensione e danni, il governo del Queensland e il consiglio comunale della città si sono adoperati per promuovere la consapevolezza del rischio nella popolazione.

Sul sito istituzionale del Brisbane City Council è presente infatti una sezione dedicata alla preparazione, principalmente rispetto al rischio alluvionale, per i residenti e

proprietari di attività commerciali. I cittadini vi trovano i consigli per compilare un piano di emergenza per il proprio nucleo familiare ed hanno la possibilità di consultare le mappe di pericolosità e quelle delle zone allagate in occasione dei grandi eventi storici del 1974 e del 2011. Inoltre, tramite lo stesso portale, le persone possono registrarsi al sistema di allertamento che avviene tramite mail, sms, messaggi vocali e notifiche sull'apposita applicazione per smartphone. [39]

Molta attenzione è stata posta alla viabilità suscettibile di allagamento ed al rischio per gli automobilisti, per cui è stata realizzata un'apposita segnaletica stradale per le strade soggette ad allagamenti. In aggiunta, è stato creato il portale "If It's Flooded. Forget It" nel quale sono riportate testimonianze di vittime di incidenti stradali causati dall'allagamento della sede stradale ed è possibile visualizzare su mappa i tratti stradali suscettibili di allagamento in base agli eventi passati fino al 2018. [40]



Figura 4.13 Segnaletica stradale per le strade soggette ad allagamenti: cartelli per segnalare le vie interessate dallo scorrimento delle acque e indicatori della profondità delle acque
(Fonte: [Road signs | Transport and motoring | Queensland Government \(www.qld.gov.au\)](http://www.qld.gov.au))

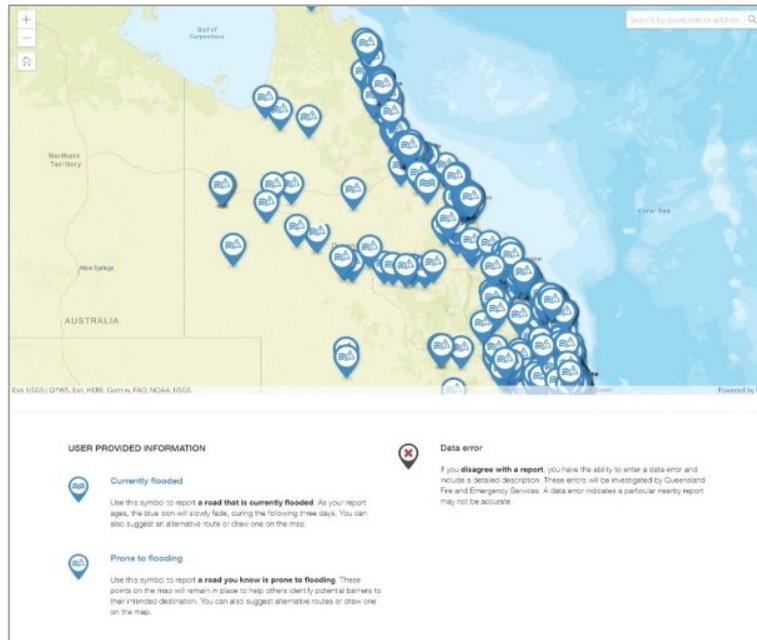


Figura 4.14 Mappa della viabilità suscettibile di allagamento del Queensland
 (Fonte: [Flooded Roads Map - If It's Flooded. Forget it. \(initiatives.qld.gov.au\)](https://www.initiatives.qld.gov.au/) [40])

È stata inoltre realizzata una piattaforma che permette di visualizzare la situazione della viabilità e le condizioni di traffico in tempo reale, gestita dal Dipartimento dei Trasporti del governo del Queensland (Figura 4.15). In essa si possono verificare quali strade siano totalmente o parzialmente interdette al traffico a causa di allagamenti dovuti a fenomeni alluvionali o piogge intense. [41]

Il Dipartimento dei Trasporti del Queensland è anche molto attivo attraverso i social media, in particolare Twitter, dove vengono frequentemente pubblicati aggiornamenti sullo stato della viabilità e delle condizioni meteo previste, oltre a messaggi per ricordare i rischi a cui gli automobilisti possono andare incontro.



Figura 4.15 Homepage della piattaforma QLD Traffic con indicazione delle strade interdetto al traffico o transitabili solo da mezzi 4WD perché interessate da allagamenti
(Fonte: [Road Condition Information - QLDTraffic](#) [41])



Figura 4.16 Esempi di tweet quotidianamente pubblicati dal Dipartimento dei Trasporti del Queensland per mettere in guardia gli automobilisti: a sinistra l'allagamento di un attraversamento stradale per due volte in tre giorni, a destra la previsione di condizioni meteorologiche avverse

4.4 La situazione in Italia

In Italia l'utilizzo di segnaletica stradale per la segnalazione dei tratti e degli attraversamenti a rischio è scarsamente utilizzata, nonostante sia prevista dalla normativa ("Nuovo Codice della Strada" D.Lgs. 285/1992 e s.m.i, "Regolamento di esecuzione e di attuazione del nuovo codice della strada" D.P.R. 495/1992 e s.m.i). Nello specifico, il Codice prevede l'utilizzo del segnale di pericolo obbligatoriamente accompagnato da un pannello integrativo che ne indichi la natura, in questo caso l'allagamento della strada (Figura 4.17). Nella pratica però, la segnaletica per gli attraversamenti dei corsi d'acqua è in genere di carattere turistico-informativa come quella in Figura 4.18 dove viene segnalata la presenza di un fiume e la sua denominazione.



Figura 4.17 Segnale di attenzione e pannello integrativo per zone soggette ad allagamenti della sede stradale previsto dal Codice della Strada (Fonte: [Segnaletica stradale in Italia - Wikipedia](#))



Figura 4.18 Segnale di indicazione di attraversamento di un corso d'acqua, in questo caso il fiume Arno (Fonte: [Segnaletica stradale in Italia - Wikipedia](#))

Sempre più spesso vengono anche installati pannelli a messaggio variabile che possono essere programmati per segnalare le allerte in corso, le condizioni stradali ed il traffico presente sulla rete. I pannelli non sono regolamentati dal Codice della Strada, il quale stabilisce solo che siano leggibili e non provochino abbagliamento.

Questo tipo di segnaletica viene utilizzata prevalentemente nelle grandi città e sulle vie di comunicazione principali, di conseguenza non è diffusa in modo omogeneo e capillare sul territorio.



Figura 4.19 Pannelli a messaggio variabile installati dalla Protezione Civile della Regione Sicilia (Fonte: [Etna: completata la rete di pannelli informativi nell'area pedemontana Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza della Regione Siciliana \(protezionecivilesicilia.it\)](http://Etna:completata%20la%20rete%20di%20pannelli%20informativi%20nell%27area%20pedemontana%20Dipartimento%20della%20Protezione%20Civile%20-%20Presidenza%20della%20Regione%20Siciliana%20(protezionecivilesicilia.it)))



Figura 4.20 Pannello a messaggio variabile e semaforo per segnalare le allerte in corso nel Comune di Genova (Fonte: <https://www.primocanale.it/notizie/genova-ecco-l-app-iononrischio-con-info-su-allerte-e-alluvione-176097.html>)

Figura 4.21 Pannelli a messaggio variabile sulla tangenziale di Torino (Fonte: [Pannelli a messaggio variabile | Autostrada Torino Ivrea Valle d'Aosta - Ativa](http://Pannelli%20a%20messaggio%20variabile%20|%20Autostrada%20Torino%20Ivrea%20Valle%20d'Aosta%20-%20Ativa))

In definitiva, non esistono in Italia mezzi chiari e facilmente accessibili per il cittadino che consentano di informarsi preventivamente sui tratti stradali soggetti ad allagamento, senza muoversi di casa. Uno strumento che potrebbe diventare molto utile da questo punto di vista è IT-Alert, il sistema nazionale di allarme pubblico multicanale realizzato dal Dipartimento di Protezione Civile. Attualmente è appena iniziata la fase di sperimentazione (a partire da ottobre 2020), ma una volta a regime il sistema prevede l'invio di brevi messaggi di allerta tramite il cellbroadcasting, in affiancamento all'applicazione per i cellulari ed ai servizi web che consentiranno l'integrazione di informazioni sulla situazione di emergenza in corso e la diffusione delle buone pratiche di comportamento. [42] [43]

Sull'app di IT-Alert sarà anche implementata la consultazione del Piano di Protezione Civile del Comune di appartenenza, attualmente non disponibile per tutti i Comuni. I cittadini potranno perciò contemporaneamente informarsi sulle allerte in corso o previste per i giorni successivi e verificare quali potrebbero essere le aree coinvolte sul proprio territorio comunale.

5 Comunicazione nelle scuole: come costruire un percorso di consapevolezza del rischio

Se tra le buone pratiche per la comunicazione del rischio, viste nel capitolo precedente, figura anche l'utilizzo di molteplici canali e strumenti, il coinvolgimento delle istituzioni scolastiche non deve essere sicuramente tralasciato. Gli studenti dovrebbero poter approfondire le diverse tipologie di rischio, i comportamenti di autoprotezione, l'organizzazione della protezione civile ed il suo funzionamento durante tutto il loro percorso scolastico, in modo tale da assimilare e fare propri tali concetti. Inoltre, rendendo partecipi i ragazzi si ottiene un ampliamento del pubblico raggiunto, poiché questi agiranno da vettori, diffondendo il messaggio all'interno delle famiglie.

Nel presente lavoro di tesi si è deciso di rivolgere l'attenzione agli studenti delle scuole secondarie di secondo grado, quindi alla fascia di età compresa tra i 14 e i 19 anni. Questo perché si tratta della categoria spesso più trascurata nelle campagne di comunicazione ma anche nell'ottica di accrescere l'interesse verso le discipline scientifiche ed ingegneristiche.

Per individuare le tecniche migliori dal punto di vista didattico si è guardato alla letteratura sull'educazione alla sicurezza stradale ed alle proposte e strumenti adottati per la diffusione della cultura di protezione civile nelle scuole.

5.1 Educazione alla sicurezza stradale

I programmi di educazione alla sicurezza stradale sono risultati molto più numerosi, sviluppati e consolidati rispetto alla formazione in materia di protezione civile, non solo livello nazionale ma anche negli altri Paesi europei.

La maggior parte di questi programmi è dedicata alle scuole elementari o medie e di conseguenza affronta la sicurezza stradale dal punto di vista del pedone o del ciclista senza soffermarsi sugli automobilisti. I pochi progetti rivolti ad un pubblico adolescente invece analizzano i rischi legati alla guida in stato di ebbrezza e all'utilizzo di sostanze stupefacenti. [44]

L'obiettivo principale delle campagne di educazione stradale è l'aumento della conoscenza dei regolamenti stradali, in particolare della segnaletica, e la comprensione delle possibili situazioni di pericolo, ai quali vanno aggiunti lo sviluppo di un atteggiamento positivo verso la sicurezza per sé e per gli altri e la consapevolezza del rischio. [45] [46]

Dragutinovic e Twisk [44] hanno analizzato i programmi di diversi Paesi europei, della Nuova Zelanda e dell'Australia valutandone l'impostazione e l'efficacia. Gli autori si sono resi conto che l'impostazione dei programmi varia in modo radicale nei diversi Paesi ed è complesso capire quale tra queste sia la migliore per la mancanza di criteri di valutazione chiari e consolidati con i quali sia possibile effettuare anche un confronto dei risultati a distanza di anni.

Dal loro studio emerge che l'obbligatorietà dell'insegnamento varia molto da un Paese all'altro, ad esempio in Francia e Spagna è previsto sia alla scuola primaria sia a quella secondaria, mentre in Gran Bretagna è obbligatorio solo nella prima. Allo stesso modo anche la gestione dell'insegnamento varia in maniera sostanziale: in alcuni Paesi viene considerato un insegnamento specifico, mentre in altri vengono fornite le linee guida generali ma l'organizzazione viene lasciata a discrezione di ogni istituto scolastico integrando l'insegnamento all'interno delle altre materie.

Uno dei programmi, considerato dagli autori tra i migliori nel gruppo analizzato, è quello adottato dalla Francia, che vede l'educazione alla sicurezza stradale come insegnamento a sé stante e che prevede anche il superamento di due esami: a 12 anni per la sicurezza stradale relativa ai pedoni ed ai veicoli a due ruote e a 16 anni per la sicurezza stradale generale.

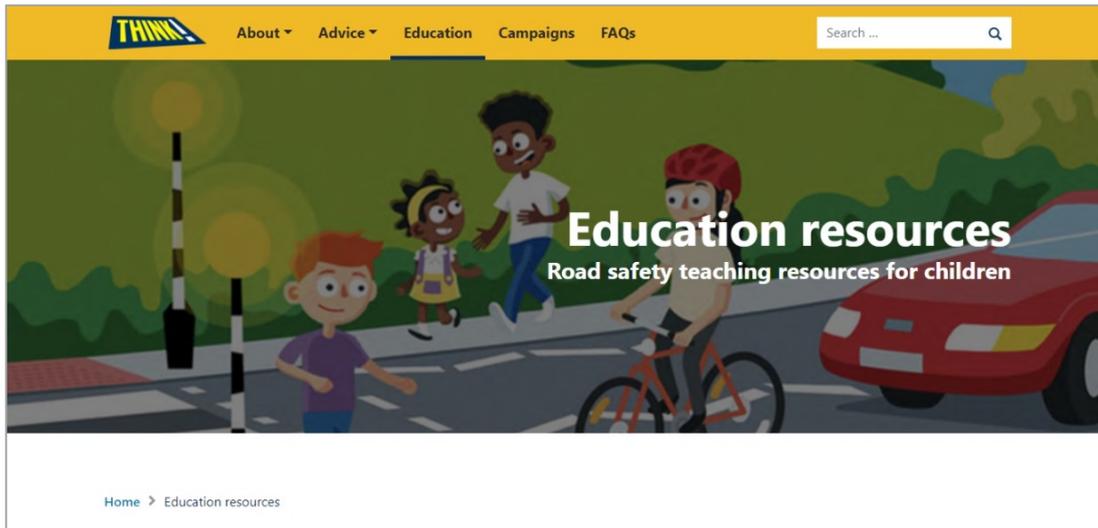


Figura 5.1 Portale istituzionale del Regno Unito dedicato all'educazione alla sicurezza stradale contenente risorse e materiali ai quali possono attingere gli insegnanti per le attività in aula (Fonte: [THINK! – Road safety](#))

L'impostazione adottata da Australia e Nuova Zelanda invece vede l'insegnamento integrato all'interno di altre materie ma concentrato in alcuni periodi dell'anno scolastico durante i quali vengono svolte anche esercitazioni pratiche con la collaborazione delle forze di polizia.

Secondo gli autori emerge la necessità di coinvolgere anche i genitori e spostare l'attenzione sul punto di vista degli automobilisti. Il loro consiglio è quello di rivolgere maggiore attenzione al pubblico adolescente, considerando anche che secondo le statistiche questo risulta essere più soggetto ad incidenti stradali rispetto alle fasce di età inferiori.

Anche se nella maggior parte dei casi questi programmi sono dedicati a fasce di età inferiori rispetto a quella di interesse per il presente lavoro di tesi, è comunque possibile ricavare alcune informazioni utili [44]:

- La formazione pratica è la più efficace, in questo modo gli studenti apprendono i comportamenti da adottare e sono in grado di replicarli in contesti simili. È però necessario fare attenzione al fatto che le capacità

pratiche non sono sufficienti ma è indispensabile una conoscenza di base della materia.

- L'apprendimento interattivo, attraverso tecniche collaborative ed anche il coinvolgimento degli adulti, è uno strumento valido.
- È necessario tenere conto dello sviluppo emotivo e morale che avviene durante la fase adolescenziale. In questa fase dello sviluppo i ragazzi tendono a sottostimare il rischio e sovrastimare le proprie capacità, e sono fortemente influenzati dai loro coetanei nelle scelte che compiono.

Nello studio condotto da Riaz et al. [45] è stato valutato il programma educativo sviluppato in Belgio per i ragazzi tra i 16 e 19 anni. In questo caso vengono organizzate le *“Traffic weeks”* durante le quali si svolgono dei seminari comprendenti sia una parte pratica sia una parte teorica sui temi della guida sotto l'influenza di sostanze stupefacenti e alcool e sui rischi stradali (intesi come stanchezza, distrazione e velocità). La valutazione sull'efficacia fatta dagli autori con questionari distribuiti prima e dopo i seminari e focus group mirava anche a raccogliere suggerimenti dai ragazzi stessi per poter migliorare il percorso formativo.

I risultati hanno mostrato come questa tipologia di impostazione fosse gradita dagli studenti e che uno degli aspetti più apprezzati fosse il fatto che in questo caso gli adulti non avessero vietato espressamente i comportamenti scorretti ma che l'attenzione venisse focalizzata sulle conseguenze derivanti dalla loro adozione. Una richiesta emersa invece è stata quella di rendere i workshop più attivi e coinvolgenti.

5.2 Diffusione della cultura di protezione civile nelle scuole

Andando invece ad analizzare le campagne comunicative in ambito scolastico relative alla diffusione della cultura di protezione civile, purtroppo non si sono riscontrati programmi nazionali ben strutturati e consolidati.

Nei Paesi anglosassoni, rispetto a quanto accade in Italia, si nota una maggiore attenzione, con la presenza di contenuti dedicati a bambini e ragazzi all'interno dei portali istituzionali delle agenzie che si occupano della gestione delle emergenze.

Gli Stati Uniti ad esempio, sono una delle nazioni più attive in tutti i campi della comunicazione del rischio. L'ente governativo che se ne occupa è la FEMA (*Federal Emergency Management Agency*), il quale ha predisposto il portale *Ready.gov* [17] dedicato alla comunicazione del rischio in "tempo di pace". All'interno di questo portale sono presenti materiali formativi ed approfondimenti per la preparazione ai disastri, sono fornite le linee guida per la redazione di piani di emergenza a livello familiare ed infine vi sono una sezione per le famiglie e gli insegnanti ed un'altra molto vasta dedicata ai bambini, con giochi ed attività relative ai diversi rischi. È importante sottolineare che molti di questi contenuti sono disponibili in più lingue, quali lo spagnolo e il cinese, per favorirne la comprensione anche da parte di chi non ha familiarità con l'inglese.

La FEMA ha anche un canale YouTube sul quale vengono pubblicati frequentemente brevi video sulla preparazione nei confronti delle diverse tipologie di disastri naturali.

Per gli adolescenti sono stati messi in atto due diversi programmi [17]:

- *Youth Preparedness Council*: programma creato nel 2012 per coinvolgere i giovani nella realizzazione di progetti per la preparazione ai disastri, utile anche per raccogliere le opinioni dei ragazzi sull'operato del personale della FEMA. Possono fare richiesta di ammissione al programma i giovani tra i 13 e 17 anni. La durata è di due anni durante i quali i ragazzi lavorano suddivisi in squadre per ideare e promuovere il loro progetto a livello nazionale e locale.

- *Teen Community Emergency Response Team (Teen CERT):* è il programma che mira a formare gli adolescenti nella preparazione ai disastri e nella risposta alle emergenze, in modo tale da supportare le operazioni di soccorso nella loro comunità e a scuola. Si affianca al programma CERT che vede la formazione di gruppi di volontari all'interno delle comunità locali per avere una pronta risposta in caso di emergenza. Il programma prevede un addestramento di 20 ore nelle quali il volontario impara ad esempio a prestare soccorso, assistere i feriti e a riconoscere i pericoli ed anticiparli. In caso di emergenza, il "Teen CERT" sarà quindi in grado di prestare assistenza durante le evacuazioni e fornire informazioni alla popolazione, oltre a collaborare nell'organizzazione dei volontari e nella gestione degli sfollati.

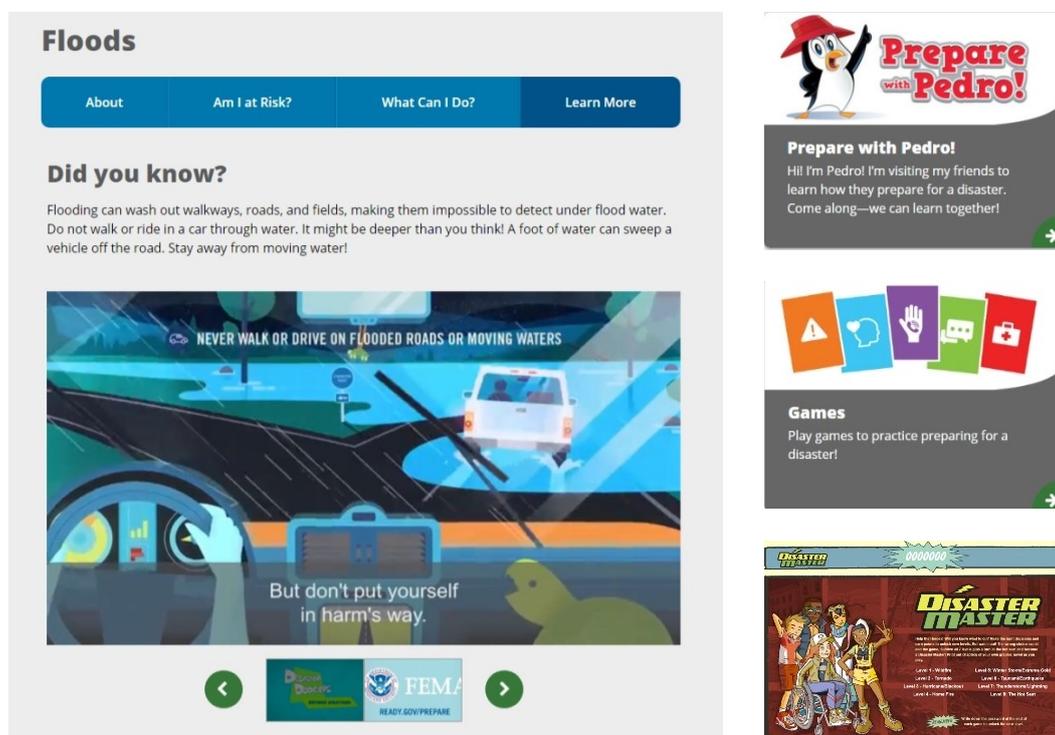


Figura 5.2 Esempi di materiale formativo sui rischi naturali e giochi interattivi o scaricabili e stampabili presenti nella sezione dedicata ai bambini del portale della FEMA ([Welcome to Ready Kids!](https://www.ready.gov/welcome-to-ready-kids) | [Ready.gov](https://www.ready.gov) [17])

Per quanto riguarda l'Italia, si tratta perlopiù di attività messe in atto nell'ambito di progetti specifici ed anche in questo caso sono pochi quelli dedicati alle scuole secondarie di secondo grado.

Il team studentesco del Politecnico di Torino "Mi Lego al Territorio" si è rivolto a bambini e ragazzi sfruttando il principio dei "serious games", cioè l'utilizzo dei giochi a scopo didattico, il cui fine principale non è il divertimento bensì l'apprendimento. Le loro attività prevedono una breve spiegazione frontale del rischio sismico o idrogeologico, evidenziandone le cause, le conseguenze e il corretto atteggiamento da adottare, seguita da un momento di verifica dell'apprendimento attraverso un quiz interattivo. La parte finale dell'attività prevede l'interazione con il modello fisico realizzato con i Lego®, che simula il terremoto o il fenomeno alluvionale, sul quale gli studenti possono modificare ed inserire le opere di protezione e valutarne l'impatto sul territorio.

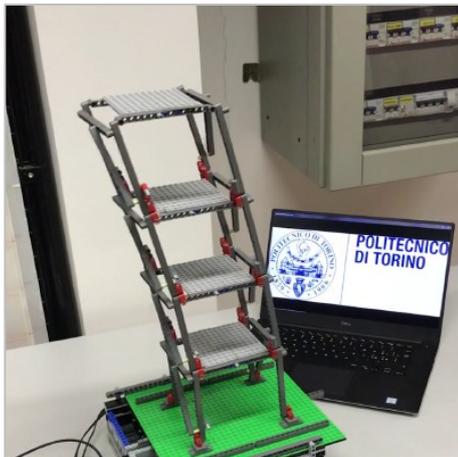


Figura 5.3 Modello sismico (telaio di una struttura e piattaforma vibrante) realizzato dal team "Mi Lego Al Territorio" ([I nostri progetti - Mi Lego al Territorio](#))



Figura 5.4 Modello alluvionale (rappresentante un bacino idrografico) realizzato dal team "Mi Lego Al Territorio" ([I nostri progetti - Mi Lego al Territorio](#))

L'approccio dell'apprendimento attraverso il gioco è stato utilizzato anche nell'ambito del progetto RESBA, visto nel capitolo precedente. Il piano di comunicazione del progetto ha previsto infatti anche il coinvolgimento delle scuole superiori presenti sul territorio che sarebbe interessato dall'onda di piena nel caso di

collasso della diga del Moncenisio. Gli studenti hanno appreso il funzionamento del sistema di protezione civile e l'importanza della pianificazione di protezione civile comunale attraverso un gioco di ruolo nel quale ogni studente del gruppo corrispondeva ad una diversa figura coinvolta nella gestione dell'emergenza (ad esempio Sindaco, funzionario tecnico, volontario...) e doveva confrontarsi e coordinarsi con gli altri per prendere le decisioni necessarie alla salvaguardia della popolazione.

Un progetto dedicato agli studenti delle università e scuole superiori è anche quello dell'associazione di volontari LARES che nel 2014 ha avviato "Sicuramente" per l'educazione e l'orientamento alla cultura della protezione civile, della sicurezza e dell'autoprotezione dai rischi. Il progetto prevede un modello di formazione a cascata nel quale gli allievi universitari, preventivamente formati, diventano tutor per gli allievi delle scuole superiori che formano a loro volta i loro compagni di classe, supportati da una piattaforma di e-learning dove gli studenti possono approfondire e valutare le proprie conoscenze. [47]



Figura 5.5 Piattaforma "Sicuramente": ogni rischio viene presentato con le stesse chiavi di lettura (Conoscere, Mitigare, Affrontare, Curiosità) e le azioni da intraprendere vengono poi declinate negli stessi contesti (casa, scuola, città, società). (Fonte: [Pagina iniziale \(sicuramentelab.it\)](http://sicuramentelab.it))

Nell'ambito del progetto transfrontaliero tra Italia e Austria "RiKoST" è stata svolta un'attività di comunicazione che ha coinvolto le scuole medie e superiori dell'Alto Adige. L'impostazione adottata ha previsto una lezione teorica introduttiva sui rischi naturali e una parte di attività pratica nella quale i ragazzi interagivano con la cartografia delle zone di pericolo sia in formato cartaceo sia in formato tridimensionale. Per la visualizzazione di quest'ultima i ragazzi hanno utilizzato dei visori per la realtà virtuale che hanno permesso loro di sorvolare il territorio e apprezzare l'impatto che possono avere i rischi naturali su di esso grazie alle ricostruzioni pre-evento e post-evento di fenomeni realmente accaduti in passato. Dalle schede di valutazione compilate dai ragazzi al termine dell'attività è emerso che questa è stata accolta in modo positivo, ma nonostante il tentativo di utilizzare un linguaggio scientifico semplice, la parte teorica risulta ancora da migliorare. Per quanto riguarda l'attività pratica, dai questionari è emersa la difficoltà nell'interazione e nell'interpretazione delle mappe cartacee mentre la realtà virtuale ha permesso una chiara comprensione dei possibili effetti dei rischi naturali. [48]

Anche se ad oggi la formazione svolta all'interno delle scuole non è ancora diffusa in modo uniforme e capillare, si auspicano dei cambiamenti rilevanti nei prossimi anni. L'importanza della diffusione della cultura di protezione civile all'interno delle scuole è infatti stata riconosciuta dalla Legge 92/2019 che ha reintrodotto l'insegnamento dell'educazione civica, per almeno 33 ore di lezione all'anno in tutte le scuole di ogni ordine e grado a partire dall'anno scolastico 2020/2021.

All'interno dell'insegnamento sarà presente l'educazione alla sicurezza stradale ma soprattutto per la prima volta è prevista la formazione di base in materia di protezione civile. Per agevolare gli insegnanti e fornire loro un riferimento, il Dipartimento di Protezione Civile ha realizzato un libro di testo che illustra i principali rischi presenti in Italia, gli eventi del passato e come questi hanno portato alla nascita dell'attuale Sistema Nazionale di Protezione Civile, la gestione del rischio ed il ruolo del volontariato e della partecipazione. [49]

Inoltre, dallo scorso anno scolastico 2019/2020 la campagna nazionale “Io Non Rischio” ha visto un ampliamento dedicato alla scuola primaria.

“Io Non Rischio” è nata come iniziativa nelle piazze per la comunicazione del rischio e delle buone pratiche di protezione civile, la diffusione della cultura di protezione civile e la sensibilizzazione della popolazione attraverso la testimonianza diretta dei volontari di protezione civile. La campagna è partita inizialmente nel 2011 con il rischio sismico, al quale sono stati aggiunti il rischio maremoto e alluvionale nel 2013 e nel 2014 ed infine il rischio vulcanico per i Campi Flegrei nel 2019. Dallo scorso anno è stato attivato anche il percorso “Io Non Rischio Scuola”, nell’ambito del quale i volontari selezionati si recano tra i banchi delle scuole primarie e con l’ausilio di schede e laboratori didattici comunicano le buone pratiche di protezione civile. [18]

6 Comunicazione dei risultati del progetto Chisone

Sulla base di quanto visto nei capitoli precedenti in materia di comunicazione efficace del rischio e comunicazione nelle scuole, è stata sviluppata una strategia per la presentazione dei risultati ottenuti dall'applicazione della metodologia di valutazione di pericolosità idrologica agli attraversamenti della Val Chisone.

Secondo quanto visto precedentemente, la pianificazione della comunicazione è un elemento necessario, anche se non sufficiente, affinché questa sia efficace. Di conseguenza, sono state messe in pratica le diverse fasi di pianificazione suggerite dalla letteratura, definendo gli elementi riportati in Tabella 6.1.

Tabella 6.1 Fasi di pianificazione per la comunicazione dei risultati

1. <i>Definizione del pubblico di riferimento</i>	studenti della scuola secondaria di secondo grado (età compresa tra i 14 e 19 anni)
2. <i>Definizione degli obiettivi da raggiungere</i>	maggiore consapevolezza del territorio circostante e maggiore interesse verso le discipline STEM (Science, Technology, Engineering, Mathematics)
3. <i>Definizione della strategia di comunicazione</i>	presentazione dei risultati in modalità interattiva
4. <i>Scelta dei contenuti</i>	risultati dell'analisi di pericolosità idrologica sul bacino del Chisone e spiegazione della metodologia applicata
5. <i>Scelta delle attività e degli strumenti di comunicazione</i>	presentazione dei risultati attraverso Google Earth e realizzazione di una presentazione come materiale didattico per la spiegazione della metodologia
6. <i>Analisi dei feedback</i>	è una fase fondamentale per la valutazione dell'efficacia della strategia di comunicazione ma, non essendo stata fatta alcuna attività in aula con gli studenti, non è stato possibile effettuarla

La scelta di presentare i risultati attraverso strumenti interattivi è stata fatta per coinvolgere gli studenti e invitarli a replicare l'analisi sul proprio territorio. Lo strumento adottato è stato quindi Google Earth, in quanto liberamente accessibile e scaricabile sia per smartphone sia per computer, ma anche utilizzabile tramite browser. Inoltre, l'applicazione permette di esplorare il territorio attraverso una modalità di visualizzazione tridimensionale.

Attraverso Google Earth sono stati rappresentati i diversi elementi utili alla comprensione dell'analisi svolta. In particolare, si sono rappresentati:

- Il bacino idrografico del torrente Chisone;
- Il reticolo idrografico;
- La rete stradale, differenziando gli elementi per colore e spessore della linea in base alla categoria di tratto stradale (Figura 6.1);
- La localizzazione degli attraversamenti e l'area del bacino a monte utilizzata per la pesatura della pericolosità, rappresentata attraverso l'altezza degli elementi;
- La pericolosità idrologica degli attraversamenti, rappresentata sia in scala di colore sia con l'altezza degli elementi posta pari alla portata unitaria (Figura 6.3);
- La piovosità: è stata realizzata una mappa relativa all'altezza di pioggia per un evento di durata pari ad un'ora e periodo di ritorno di 200 anni. Anche se non sono in valori di altezza di pioggia utilizzati nell'analisi (dipendenti dal tempo di corrivazione dei singoli attraversamenti) permette di capire quali sono le aree nelle quali si riscontra una maggiore piovosità e confrontarle con la pericolosità idrologica degli attraversamenti (Figura 6.2).

Agli studenti verrà quindi fornito il progetto di Google Earth e attraverso l'applicazione potranno esplorarlo ed analizzare i diversi elementi rappresentati.

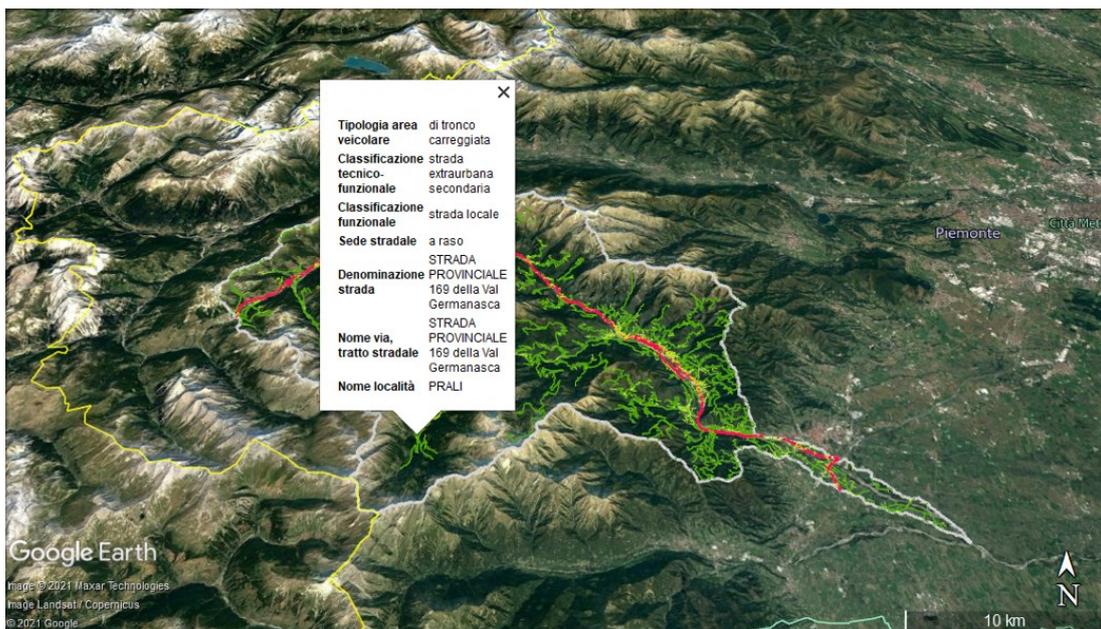


Figura 6.1 Rappresentazione della viabilità secondo l'importanza (Fonte: Google Earth)

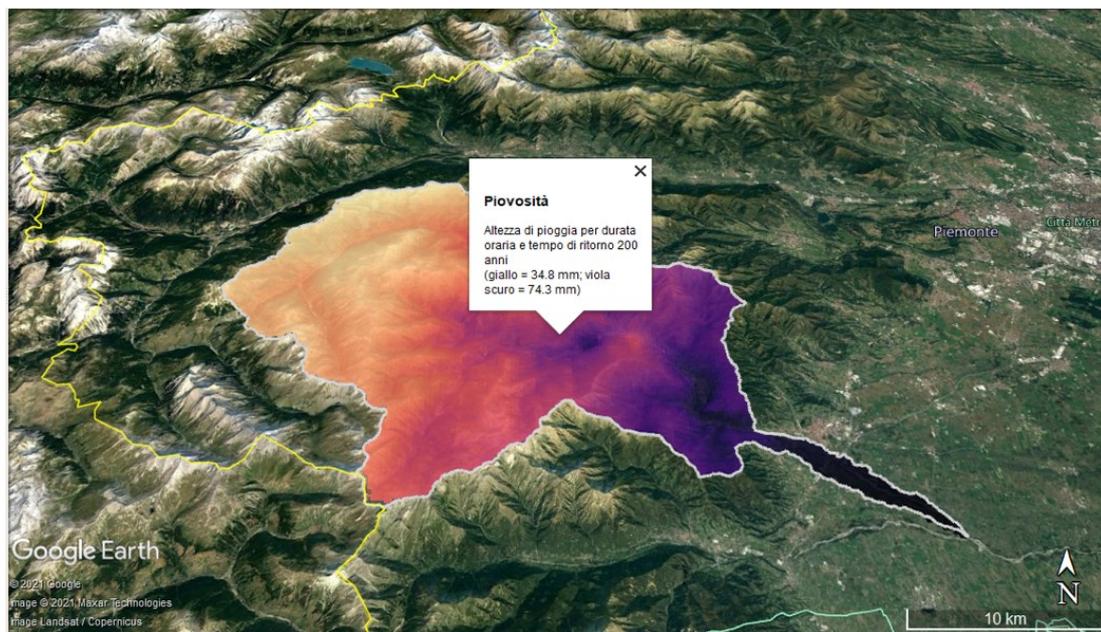


Figura 6.2 Rappresentazione della mappa dell'altezza di pioggia per un evento di durata pari ad 1 ora e tempo di ritorno di 200 anni (Fonte: Google Earth)



Figura 6.3 Rappresentazione degli attraversamenti. Negli attributi sono riportati tutti i parametri di bacino e quelli calcolati durante l'analisi (Fonte: Google Earth)

Attraverso gli strumenti “tour” e “movie maker”, integrati all’interno dell’applicazione Google Earth per il computer, è stato girato un breve filmato di inquadramento dell’area e spiegazione degli aspetti più rilevanti legati alla valutazione della pericolosità idrologica degli attraversamenti.

Nella realizzazione del video si è cercato di illustrare i punti salienti nel modo più semplice possibile e mantenendo una durata ridotta, inferiore ai quattro minuti, per non perdere l’attenzione degli studenti durante la visione. Il video è stato poi integrato all’interno della presentazione per la spiegazione dell’applicazione della metodologia, in modo tale che in un solo prodotto gli studenti abbiano a disposizione: il procedimento, un possibile modo di sfruttare gli strumenti interattivi ed i risultati.

Le diapositive della presentazione sono riportate in “Allegato 2 – Presentazione per la comunicazione nelle scuole”.

All'interno della presentazione sono state inserite le diverse fasi dell'analisi a partire dall'origine, inserendo quindi anche come reperire i dati necessari e su quale portale questi sono disponibili.

L'obiettivo finale è quello di realizzare un'attività didattica suddivisa in due diverse fasi. Nella prima, attraverso la presentazione ed il video, vengono spiegati gli elementi che influiscono sulla pericolosità idrologica e per quale motivo sono importanti, e vengono mostrati gli strumenti necessari per l'analisi, cioè QGIS (software GIS open source) e Google Earth. Nella seconda fase invece, gli studenti verranno invitati a replicare l'analisi su una piccola porzione di territorio da loro individuata e dovranno valutare la coerenza dei risultati sulla base di quanto appreso nella prima parte.

Con tale attività si mira ad incrementare la conoscenza del proprio territorio e la consapevolezza del rischio, confidando anche in un'attività di disseminazione da parte degli studenti stessi all'interno delle loro famiglie.

7 Conclusioni

All'interno del presente lavoro di tesi è stata proposta una metodologia per la stima della pericolosità idrologica delle intersezioni tra il reticolo idrografico e la rete stradale, con l'obiettivo di fornire uno strumento utile alla gestione del territorio, in termini di individuazione dei punti critici ed assegnazione di una priorità agli interventi da effettuare. In particolare, si è posta l'attenzione allo sviluppo di una procedura speditiva che utilizzi una base dati limitata e facilmente reperibile, attraverso la quale individuare i punti critici, sui quali effettuare poi valutazioni più approfondite circa lo stato degli attraversamenti e la loro capacità di smaltire la portata di piena.

A differenza dei lavori precedenti presenti in letteratura, in questo caso è stato tenuto conto anche della rete viaria minore in quanto, pur essendo meno interessata dal traffico stradale, costituisce un collegamento fondamentale per le piccole località, specialmente in aree montane; inoltre dato il notevole sviluppo e la scarsità degli investimenti in termini di sicurezza, rappresenta anche la parte di rete stradale che subisce il maggior numero di danni in termini di costi diretti ed indiretti in caso di eventi alluvionali. Un ulteriore elemento aggiuntivo in quest'analisi è stata la considerazione dei parametri legati alla piovosità, che permettono la differenziazione tra bacini morfologicamente simili ma posti in aree con differenti caratteristiche climatiche.

Per lo sviluppo della metodologia si è dovuto tenere conto in primo luogo dell'elevata quantità di punti di intersezione che si sarebbero ottenuti, cercando di limitare il carico computazionale. L'approccio scelto si è basato sull'utilizzo dei sistemi GIS, grazie ai quali è possibile integrare dati diversi anche su vasta scala.

La procedura sviluppata prevede la valutazione della pericolosità idrologica degli attraversamenti espressa in termini di portata unitaria, in modo da poter confrontare tra loro bacini anche di estensioni diverse, partendo dalla valutazione in ogni punto

di intersezione della portata al colmo di piena attesa per un periodo di ritorno assegnato, scelto pari a 200 anni.

L'analisi è stata fatta attraverso l'applicazione della formula razionale, metodo indiretto di stima delle piene frequentemente utilizzato per i piccoli bacini, per la quale è stato necessario definire preliminarmente la pioggia di progetto ed il tempo di corrivazione per i bacini sottesi dagli attraversamenti. La prima è stata ricavata a partire dai parametri delle curve di possibilità pluviometrica, assumendo che il periodo di ritorno dell'evento piovoso e quello dell'evento di piena coincidano. Per il tempo di corrivazione invece, è stata adottata la relazione di Ferro, che tiene conto solamente dell'estensione del bacino, sempre al fine di contenere il carico computazionale; tale scelta è stata fatta solamente dopo aver appurato la coerenza dei risultati di tempi di corrivazione sui piccoli bacini montani con altre formule empiriche comunemente utilizzate.

La procedura è poi stata applicata al caso studio del bacino idrografico del torrente Chisone, per il quale si disponeva già di una serie di parametri di bacino calcolati lungo tutto il reticolo idrografico.

I risultati ottenuti sono coerenti con quanto atteso. Si è riscontrata una concentrazione di intersezioni caratterizzate da una pericolosità idrologica più elevata sul reticolo idrografico minore della media e bassa valle, dove i bacini idrografici sottesi sono di piccole dimensioni ma caratterizzati da altezze di pioggia maggiori rispetto a quelli dell'alta valle. Inoltre, concentrandosi sulle diverse categorie stradali si osserva che gli attraversamenti delle strade urbane e locali tendono ad avere una pericolosità idrologica più elevata in termini di portata unitaria rispetto alle strade di maggiore importanza.

Il secondo obiettivo del presente lavoro di tesi era lo sviluppo di una proposta di comunicazione dei risultati ottenuti. In particolare, si è scelto come target di riferimento gli studenti della scuola superiore di secondo grado, per sensibilizzare fin da subito i futuri adulti al tema della conoscenza del proprio territorio e della

consapevolezza dei rischi presenti, oltre a suscitare un maggiore interesse verso le discipline scientifico-ingegneristiche.

Dall'analisi della letteratura sulla comunicazione del rischio e sui percorsi educativi scolastici sono stati evidenziati i principali ostacoli e le buone pratiche da mettere in atto durante la comunicazione.

A partire da questi concetti si è quindi scelto di presentare i risultati non attraverso mappe statiche o tabelle di dati, ma utilizzando uno strumento interattivo come Google Earth, scelto in base al libero accesso ed alla disponibilità su gran parte dei dispositivi elettronici.

È stata poi proposta un'attività didattica basata sull'apprendimento dell'utilizzo degli strumenti GIS da parte dei ragazzi. A tale scopo è stata realizzata una presentazione che illustri la fonte dei dati ed il procedimento di valutazione della pericolosità idrologica, per permettere loro di replicarlo. Attraverso l'esercitazione pratica, e non solo una lezione teorica sul rischio alluvionale, quest'attività punta all'obiettivo di suscitare interesse nei ragazzi verso la tematica dei rischi naturali e coinvolgerli nella diffusione della consapevolezza del rischio.

8 Bibliografia

- [1] M. Llasat e al., «High-impact floods and flash floods in Mediterranean countries: the FLASH preliminary database,» *Adv. Geosci.*, n. 23, p. 47–55, 2010.
- [2] W. Amponsah e al., «Integrated high-resolution dataset of high-intensity European and Mediterranean flash floods. Earth Sys. Sci. Data,» *Copernicus Pubs.*, n. 10 (4), pp. pp.1783 - 1794, 2018.
- [3] Pregnolato e al., «Potential impact of climate change on flooding disruptions to urban transport networks,» *J. Inf. Syst.*, vol. 23 (4), 2017.
- [4] C. Balijepalli e al., «Measuring vulnerability of road network considering the extent of serviceability of critical road links in urban areas,» *J. Transport Geogr.*, n. 39, pp. 145-155, 2014.
- [5] C. Chiarini, «Valutazione della suscettibilità al rischio idraulico di infrastrutture viarie dell'entroterra Toscano,» Politecnico di Torino, 2020.
- [6] D. Ganora, E. Gallo, F. Laio, A. Masoero e P. Claps, «Analisi idrologiche e valutazioni del potenziale idroelettrico dei bacini piemontesi,» Progetto Renerfor, 2015.
- [7] Anas S.p.A, «Anas S.p.A | Sito istituzionale Anas S.p.A.,» [Online]. Available: <https://www.stradeanas.it/it>.
- [8] Servizio Bacini montani della Provincia autonoma di Trento, «Linee guida per la comunicazione del rischio alluvionale,» 2019.
- [9] R. Pokharel e H. Ieda, «Reliability and Vulnerability of Road Network: A Research Review from Practicability Perspective,» *Proceedings of the Japan Society of Civil Engineers*, n. 45, 2020.
- [10] I. Yakubu, R. Sallau, A. Sheikh, Z. Aminu, S. Aib e H. Musa, «GIS-based MCDA for Gully Vulnerability Mapping Using AHP Techniques,» *Journal of Geographical Studies*, vol. 4 (2), pp. 45-63, 2020.
- [11] A. Benedetto e A. Chiavari, «Flood risk: A new approach for roads vulnerability assessment,» *WSEAS Transactions on Environment and Development*, vol. 6, n. 6, 2010.
- [12] N. Chen, S. Yao, C. Wang e W. Du, «A Method for Urban Flood Risk Assessment and Zoning Considering Road Environments and Terrain,» *Sustainability*, vol. 11 (10), n. 2734, 2019.

- [13] G. Mattei, «Valutazione della suscettibilità al rischio idraulico di infrastrutture viarie della Provincia di Torino,» Politecnico di Torino, 2020.
- [14] V. Ferro, *La sistemazione dei bacini idrografici*, Milano: McGraw-Hill, 2006.
- [15] S. Cordero, «Metodologie statistiche e sperimentali per il supporto ai piani di emergenza in presenza di invasi artificiali,» Politecnico di Torino, Torino, 2019.
- [16] P. Claps, F. Laio, P. Allamano, A. Libertino e M. Iavarone, «Caratterizzazione delle Piogge estreme in Piemonte. Relazione finale attività di ricerca nell'ambito del progetto STRADA 2.0 modulo CAPPIO,» CINID, 2015.
- [17] Federal Emergency Management Agency, «Plan Ahead for Disaster | Ready.gov,» [Online]. Available: <https://www.ready.gov/>.
- [18] Dipartimento della Protezione Civile, ANPAS, INGV, ReLUIS, «Homepage - Io Non Rischio,» [Online]. Available: <http://iononrischio.protezionecivile.it/>.
- [19] «EU-Alert - Wikipedia,» [Online]. Available: <https://en.wikipedia.org/wiki/EU-Alert>.
- [20] F. Ferrante, *Comunicazione pubblica del rischio*, Chieti: Edizioni Tabula fati, 2020.
- [21] R. E. Lundgren e A. H. McMakin, *Risk communication: A handbook for communicating environmental, safety, and health risks*, Hoboken: Wiley, 2009.
- [22] A. Scolobig, Interviewee, *Consapevolezza del rischio e preparazione per una comunicazione efficace*. [Intervista]. 03 Novembre 2020.
- [23] A. Scolobig, T. Prior, D. Schröter, J. Jörin e A. Patt, «Towards people-centred approaches for effective disaster risk management: Balancing rhetoric with reality,» *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 12, pp. 202-212, 2015.
- [24] J. Sutton, L. Fischer, L. E. James e S. E. Sheff, «Earthquake early warning message testing: Visual attention, behavioral responses, and message perceptions,» *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 49, n. 101664, 2020.
- [25] V. Covello, D. Winterfeldt e P. Slovic, «Risk communication: A review of the literature,» *Risk Abstracts*, pp. 171-182, 1986.
- [26] Fondazione Montagna Sicura; Regione Piemonte; Regione Autonoma Valle d'Aosta; Fondazione CIMA; Service départemental d'incendie et de secours de la Savoie, «Pitem Risk: Il piano integrato tematico sulla prevenzione e gestione del rischio,» [Online]. Available: <https://www.pitem-risk.eu/>.
- [27] Regione Piemonte - Settore comunicazione, ufficio stampa, relazioni esterne e URP; POA s.r.l.s., «Ricerca finalizzata alla conoscenza della percezione del rischio, relativa al PITEM RISK, progetto RISK COM,» ottobre 2020. [Online].

- Available: <https://www.pitem-risk.eu/notizie/ricerca-sulla-conoscenza-e-percezione-del-rischio>.
- [28] V. T. Covello, «Best Practices in Public Health Risk and Crisis Communication,» *Journal of Health Communication*, vol. 8, pp. 5-8, 2003.
- [29] NOAA, Risk communication and behaviour: best practices and findings, NOAA, 2016.
- [30] NOAA, A Practical Guide for Natural Hazard Risk Communication, NOAA, 2019.
- [31] E. Inrieri, G. Dotta, K. Fontanelli, C. Bianchini, F. Bardi, F. Campatelli e N. Casagli, «Operational framework for flood risk communication,» *International Journal of Disaster Risk Reduction*, vol. 46, n. 101510, 2020.
- [32] R. Prestley, M. K. Olson, S. C. Vos e J. Sutton, «Machines, Monsters, and Coffin Corners: Broadcast Meteorologists' Use of Figurative and Intense Language during Hurricane Harvey,» *Bulletin of the American Meteorological Society*, vol. 101, n. 8, 2020.
- [33] The New York Times, «Snow Fall: The Avalanche at Tunnel Creek,» [Online]. Available: <https://www.nytimes.com/projects/2012/snow-fall/index.html#/?part=tunnel-creek>.
- [34] «Storie di Resilienza - Resba - Futura,» [Online]. Available: <https://www.futura.news/storie-di-resilienza-33/>.
- [35] LinkedIn, [Online]. Available: <https://www.linkedin.com/feed/update/urn:li:activity:6735148196042940416/?commentUrn=urn%3Ali%3Acomment%3A%28activity%3A6735148196042940416%2C6735193948899307520%29>.
- [36] N. Lucci, «Comunicazione scientifica per la pianificazione di Protezione Civile,» Politecnico di Torino, 2018.
- [37] S. Macchia, «Il contributo della conoscenza nella prevenzione dei rischi associati ai grandi nubifragi,» Politecnico di Torino, 2017.
- [38] Resolute Consortium, «Resolute - Home,» 2015. [Online]. Available: <http://www.resolute-eu.org/index.php>.
- [39] Brisbane City Council, «Be prepared | Brisbane City Council,» [Online]. Available: <https://www.brisbane.qld.gov.au/community-and-safety/community-safety/disasters-and-emergencies/be-prepared>.
- [40] Queensland Government, «Home - If It's Flooded. Forget It,» [Online]. Available: <http://floodwatersafety.initiatives.qld.gov.au/>.
- [41] Queensland Government, «Road Condition Information - QLD Traffic,» [Online]. Available: <https://qldtraffic.qld.gov.au/>.

- [42] Dipartimento della Protezione Civile, «Dipartimento della Protezione Civile - IT-Alert,» [Online]. Available: <https://www.it-alert.it/#>.
- [43] C. Bianchini, «Come procede lo sviluppo di IT-alert? - Emergenza 2.0,» 14 12 2020. [Online]. Available: <https://www.emergenzaduepuntozero.it/2020/12/14/sviluppo-italert/>.
- [44] N. Dragutinovic e D. Twisk, «The effectiveness of road safety education,» SWOV Institute for Road Safety Research, Leidschendam, The Netherlands, 2006.
- [45] M. S. Riaz, A. Cuenen, S. Dhondt, H. Craps, D. Janssens, G. Wets, T. Brijs e K. Brijs, «Evaluation of a Road Safety Education Program Based on Driving Under Influence and Traffic Risks for Higher Secondary School Students in Belgium,» *Safety*, vol. 5, n. 34, 2019.
- [46] North Yorkshire Road Safety and Travel Awareness Team, «Road Safety in the Secondary Curriculum - Resources for Key Stage 3 and 4,» North Yorkshire County Council, 2015.
- [47] LARES, «Home - SicuramenteLab,» [Online]. Available: <http://www.sicuramentelab.it/>.
- [48] EURAC Research, «Fare formazione sul rischio da pericoli naturali nelle scuole: indicazioni a partire dalle attività del progetto RiKoST in Alto Adige,» in *Le Alpi e i rischi da pericoli naturali: la comunicazione come tema strategico - Sessione di confronto tra il progetto "RiKoST" (Programma Interreg Italia-Austria) e il PITEM "RISK" (Programma Interreg Alcotra Italia-Francia)*, 2021.
- [49] M. Dolce, A. Miozzo, D. Di Bucci, L. Alessandrini, S. Bastia, P. Bertuccioli, D. Bilotta, S. Ciolli, G. De Siervo, D. Fabi, L. Madeo, E. Panunzi e V. Silvestri, La protezione civile in Italia. Testo istituzionale di riferimento per i docenti scolastici, Dipartimento della Protezione Civile - Presidenza del Consiglio dei Ministri, 2020.
- [50] K. C. H. van Ginkel, F. Dottori, L. Alfieri, L. Feyen e E. E. Koks, «Direct flood risk assessment of the European road network: an object-based approach,» *Natural Hazards and Earth System Sciences*, 2020.
- [51] R. Ledda, «Valutazione preliminare di pericolosità idrologica lungo l'asse stradale SS131 in Sardegna,» Politecnico di Torino, 2018.
- [52] Federal Emergency Management Agency, «Home | FEMA.gov,» [Online]. Available: <https://www.fema.gov/>.
- [53] ARPA Piemonte, «Geoportale ARPA Piemonte,» [Online]. Available: <http://webgis.arpa.piemonte.it/geoportale/>.
- [54] Regione Piemonte, «Geoportale Regione Piemonte,» [Online]. Available: <https://www.geoportale.piemonte.it/cms/>.

9 Allegati

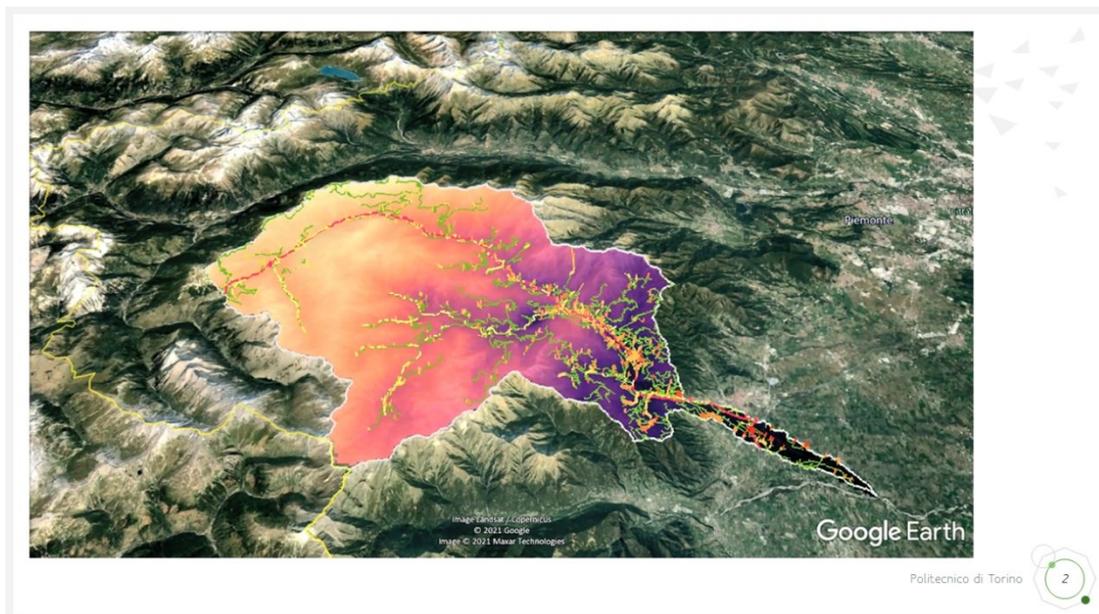
9.1 Allegato 1 - Parametri medi areali delle CPP sul bacino del Chisone

<i>Parametro</i>	<i>Minimo</i>	<i>Massimo</i>	<i>Media areale</i>	<i>Deviazione standard</i>
<i>a (mm/h)</i>	13.11	27.19	18.66	3.32
<i>n</i>	0.36	0.61	0.51	0.045
<i>K_T Gumbel – 2 anni</i>	0.92	0.94	0.93	0.005
<i>K_T Gumbel – 5 anni</i>	1.25	1.35	1.32	0.020
<i>K_T Gumbel – 10 anni</i>	1.47	1.63	1.59	0.037
<i>K_T Gumbel – 20 anni</i>	1.67	1.91	1.84	0.053
<i>K_T Gumbel – 50 anni</i>	1.93	2.25	2.17	0.073
<i>K_T Gumbel – 100 anni</i>	2.12	2.52	2.41	0.089
<i>K_T Gumbel – 200 anni</i>	2.32	2.79	2.66	0.104
<i>K_T Gumbel – 500 anni</i>	2.57	3.13	2.98	0.124
<i>K_T Gumbel – 1000 anni</i>	2.77	3.40	3.22	0.139
<i>K_T GEV – 2 anni</i>	0.87	0.094	0.90	0.017
<i>K_T GEV – 5 anni</i>	1.26	1.32	1.30	0.014
<i>K_T GEV – 10 anni</i>	1.47	1.63	1.58	0.034
<i>K_T GEV – 20 anni</i>	1.67	1.96	1.88	0.068
<i>K_T GEV – 50 anni</i>	1.93	2.50	2.30	0.133
<i>K_T GEV – 100 anni</i>	2.13	2.99	2.64	0.199
<i>K_T GEV – 200 anni</i>	2.32	3.55	3.01	0.281
<i>K_T GEV – 500 anni</i>	2.58	4.43	3.54	0.420
<i>K_T GEV – 1000 anni</i>	2.77	5.22	3.98	0.551

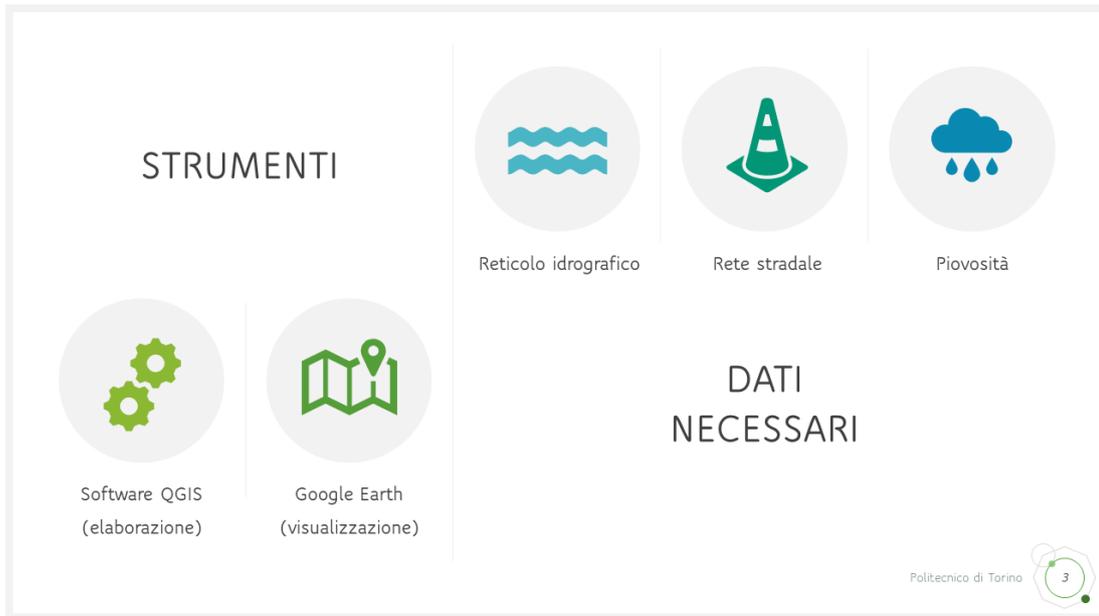
9.2 Allegato 2 – Presentazione per la comunicazione nelle scuole



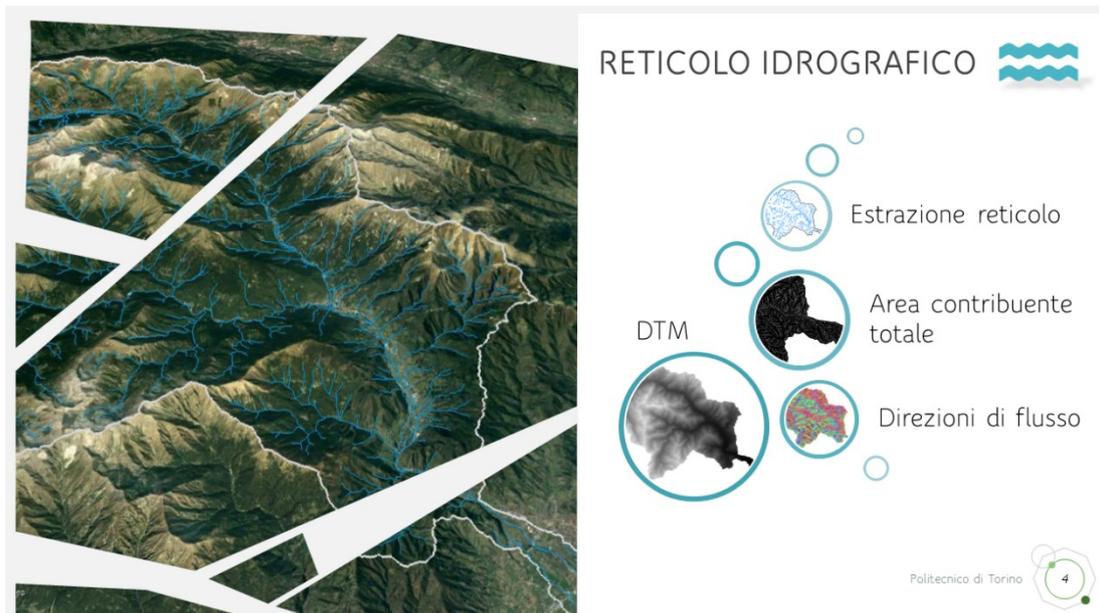
Diapositiva 1. Titolo



Diapositiva 2. Video realizzato con Google Earth per l'inquadramento dell'area di studio e la presentazione della valutazione della pericolosità idrologica



Diapositiva 3. Illustrazione degli strumenti e dei dati necessari per l'analisi (in fase di presentazione in aula è importante spiegare il motivo per cui sono necessari questi dati e come influiscono sulla pericolosità idrologica)



Diapositiva 4. Illustrazione del metodo con cui si ricava il reticolo idrografico

RETICOLO IDROGRAFICO



DTM 5m
 Regione Piemonte
 (Modello Digitale del
 Terreno, griglia 5 metri)

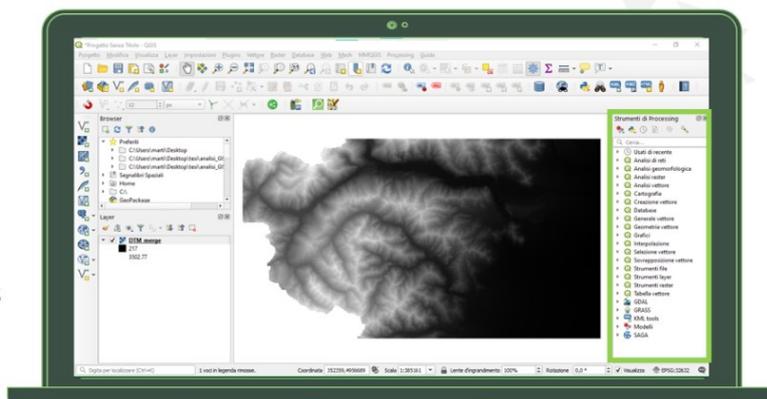
<https://www.geoportale.piemonte.it/cms/>



Elaborazione con QGIS

Merge (GDAL), r.fill.dir
 (GRASS), flow accumulation
 (SAGA), raster calculator

Soglia di accumulo 10,000 celle (bacino minimo 0,25 km²)
 N.B. questo è solo un esempio di utilizzo dei comandi disponibili, è possibile applicare anche altri algoritmi per l'estrazione del reticolo



Politecnico di Torino

5

Diapositiva 5. Guida per reperire dal Geoportale della Regione Piemonte il DTM su cui fare le elaborazioni

RETICOLO IDROGRAFICO e RETE STRADALE



BDTRE
 Regione Piemonte
 (Base Dati Territoriale di
 Riferimento degli Enti)

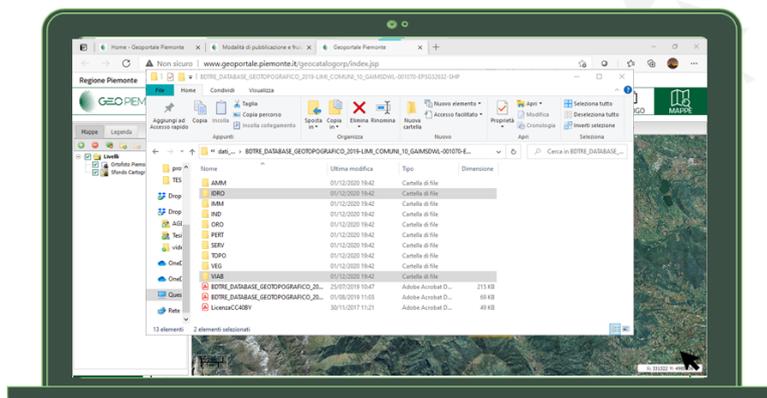
<https://www.geoportale.piemonte.it/cms/>



Utilizzo in QGIS

Shapefile utilizzati:

- IDRO -> el_idr_vert
- VIAB -> el_str_tp_str

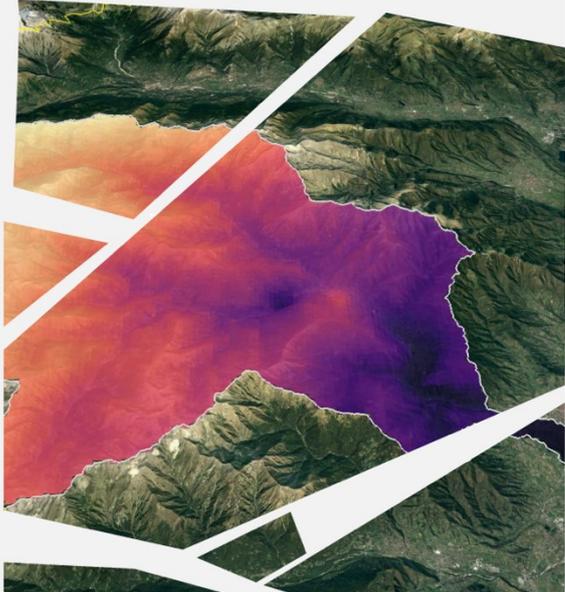


Politecnico di Torino

6

Diapositiva 6. Guida su come reperire da Geoportale della Regione Piemonte la BDTRE, dalla quale è possibile prendere sia il reticolo idrografico (senza ricavarlo dal DTM) sia la rete stradale

PIOVOSITÀ



-  Stazioni pluviometriche
-  Serie di dati pluviometrici
-  Analisi statistica spaziale e temporale
-  Mappe dei parametri delle curve di possibilità pluviometrica
-  Curva di possibilità pluviometrica per il punto di interesse

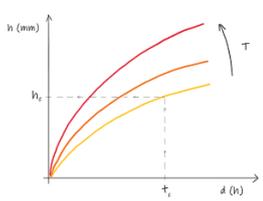
Politecnico di Torino 7

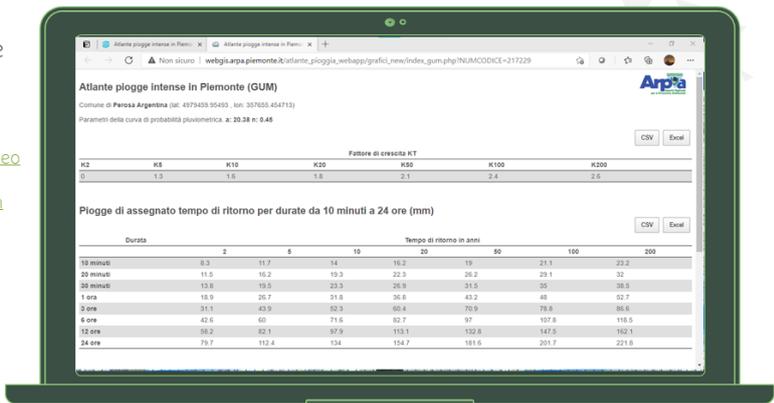
Diapositiva 7. Spiegazione sommaria dei parametri di piovosità necessari per l'analisi (a, n, KT) e come questi vengono ricavati a partire dai dati misurati

PIOVOSITÀ

 Atlante delle piogge intense ARPA

https://webgis.arpa.piemonte.it/Geoviewer2D/?config=other-configs/atlantepiogge_config.json





Politecnico di Torino 8

Diapositiva 8. Guida su come reperire i parametri di piovosità dall'Atlante delle piogge intense di ARPA Piemonte

Valutazione della pericolosità idrologica degli attraversamenti

Procedimento

Politecnico di Torino 9

Diapositiva 9. Spiegazione del procedimento per la valutazione della pericolosità idrologica

Procedimento

DTM

Reticolo idrografico

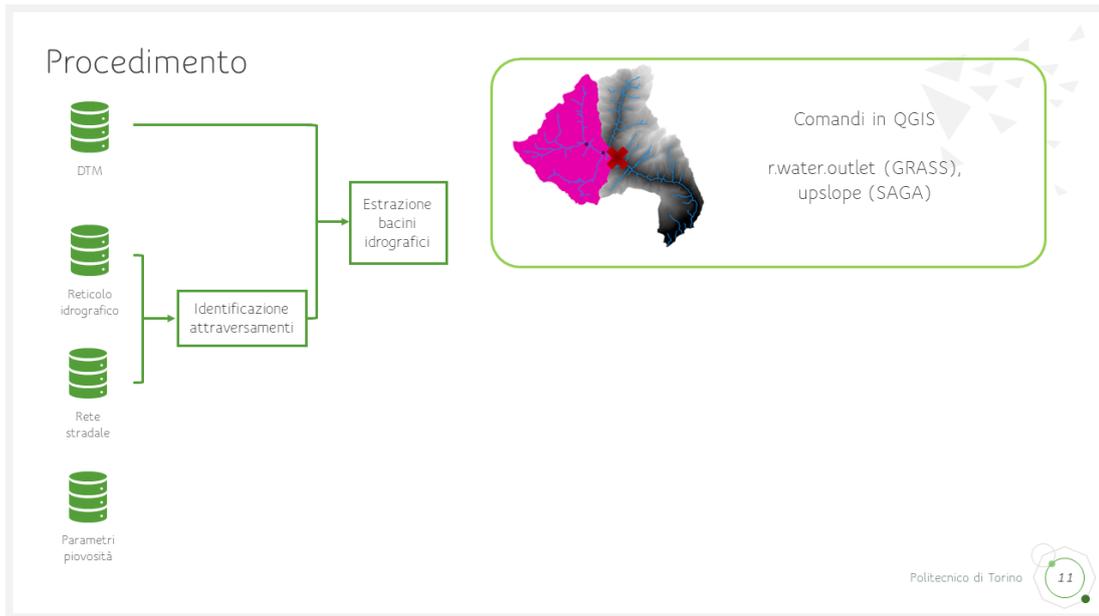
Rete stradale

Parametri piovosità

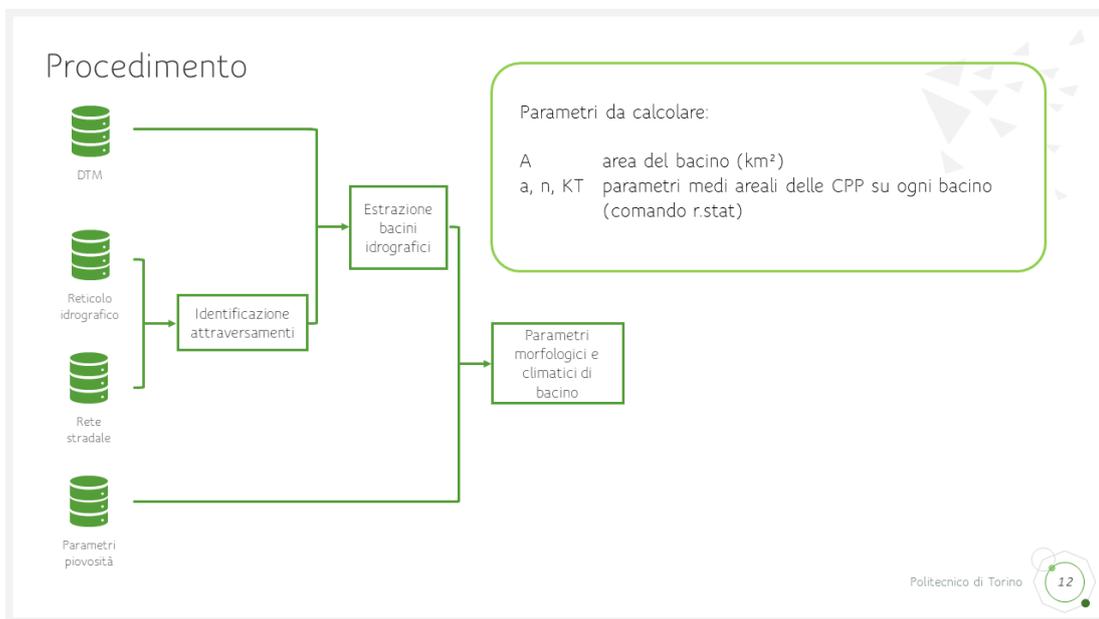
Identificazione attraversamenti

Politecnico di Torino 10

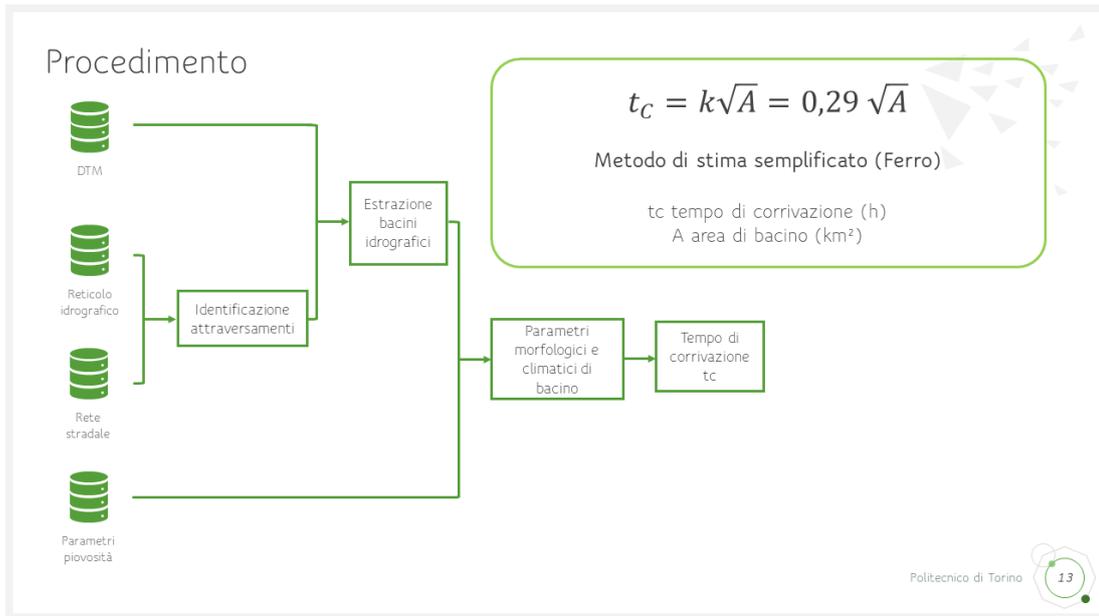
Diapositiva 10. Identificazione degli attraversamenti attraverso l'intersezione del reticolo idrografico e della rete stradale



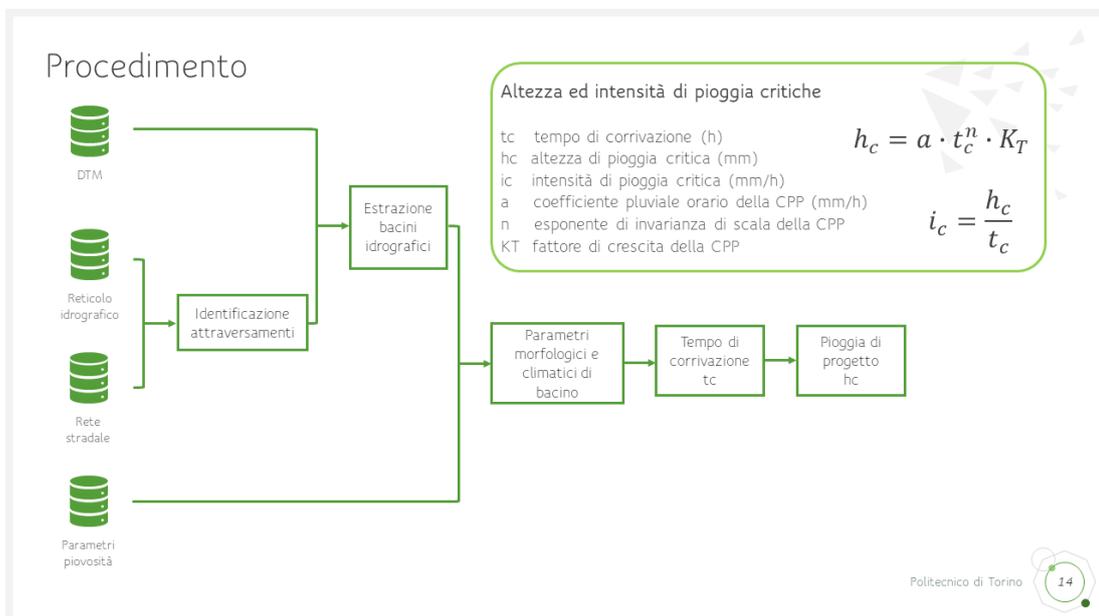
Diapositiva 11. Estrazione dei bacini idrografici sottesi in ogni punto di attraversamento



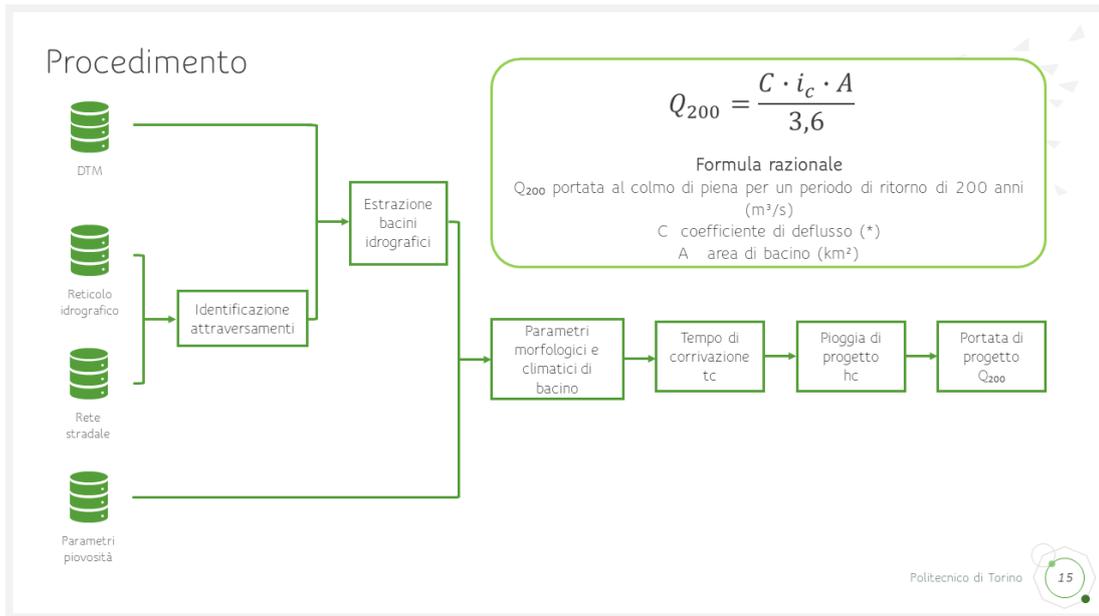
Diapositiva 12. Valutazione dei parametri morfologici e climatici (medi areali) per ogni bacino idrografico



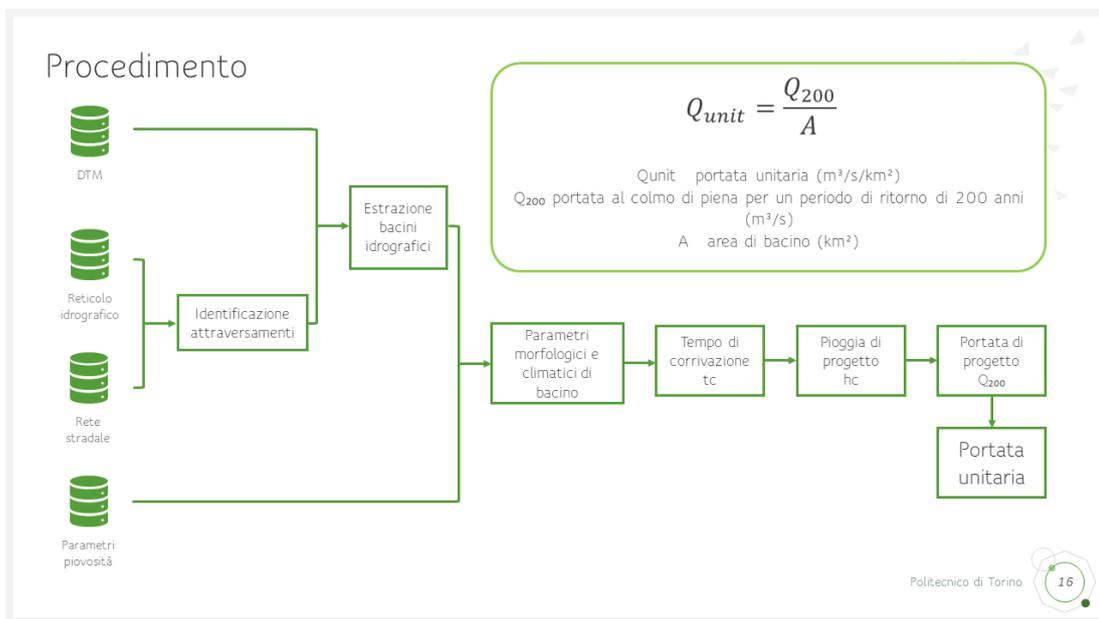
Diapositiva 13. Valutazione del tempo di corrvazione per i diversi bacini idrografici, attraverso il metodo di stima semplificato proposto da Ferro



Diapositiva 14. Valutazione dell'altezza e dell'intensità di pioggia critiche (pioggia di progetto)



Diapositiva 15. Applicazione della formula razionale per la valutazione della portata di progetto



Diapositiva 16. Valutazione della portata unitaria in ogni punto di attraversamento

...i risultati hanno senso?

Valutazione della coerenza dei risultati ottenuti con quanto atteso



Tempi di risposta

I bacini di piccole dimensioni hanno una risposta più rapida, sono più soggetti a flash floods



Importanza viabilità

Strade ad importanza maggiore vedranno investimenti maggiori in termini di sicurezza



Piuvosità

Aree caratterizzate da piovosità maggiore avranno valori di portata unitaria più elevati

Politecnico di Torino

17

Diapositiva 17. Valutazione dei risultati ottenuti (Hanno senso? Sono come quanto atteso?)

...i risultati hanno senso?



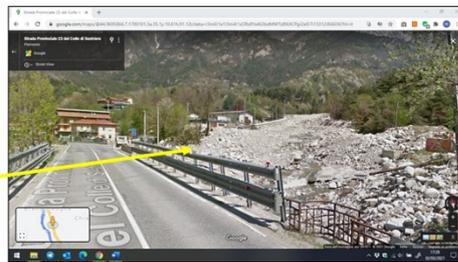
È importante tenere conto anche di quanto accaduto in passato!!

Fonti per documentarsi sugli eventi storici:

- Progetto Giano (ENEA) e AVI (CNR): <http://sici.irpi.cnr.it/>
- SICI-Polaris: <http://polaris.irpi.cnr.it/>;
- Rapporti di evento (Regione, ARPA, altri enti locali.);
- Fonti giornalistiche



Fonte: Google Earth



Evento alluvionale 24-25 novembre 2016 - SP23 località Brandoneugna (Perosa Argentina)

Fonte: Google StreetView, L'Eco del Chisone

Politecnico di Torino

18

Diapositiva 18. Ulteriori elementi per capire se i risultati ottenuti sono validi: confronto con le informazioni relative agli eventi alluvionali del passato.

(A prescindere dalla valutazione della coerenza dei risultati, la documentazione relativa agli eventi storici è importante anche per la conoscenza del territorio circostante)



Diapositiva 19. Fine presentazione