

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



U.O. OPERE CIVILI

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 3: Variante di tracciato a Portogruaro

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica - Studio idrologico del bacino del Fiume Lemene

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

I Z 0 4 3 0 R 0 9 R I I D 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Aut. autorizzante
A	Emissione esecutiva	C. Cesali	giugno 2021	F. Cabas	giugno 2021	S. Lo Presti	giugno 2021	A. Vitozzi

ITALFERR S.p.A.
D.O. Opere Civili e Gestione delle varianti
Dott. Ing. Angelo Vitozzi
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Treviso
N° A20783

File: IZ0430R09RIID0001001A.doc

n. Elaborazione:

INDICE

1	PREMESSA	4
1.1	RIFERIMENTI NORMATIVI.....	5
2	INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO.....	6
3	IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME LEMENE.....	7
4	ANALISI IDROLOGICA.....	10
4.1	REGIONALIZZAZIONE DELLE PIOGGE E CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA DI RIFERIMENTO	10
4.2	VALUTAZIONE DELLE PORTATE AL COLMO E DEGLI IDROGRAMMI DI PIENA DI RIFERIMENTO	15
5	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI.....	21

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE Posti di Movimento e Varianti di Tracciato Lotto 3: Variante di tracciato a Portogruaro					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ04	LOTTO 03 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1. Variante di Portogruaro: inquadramento dell'area di studio.</i>	6
<i>Figura 2. Fiume Lemene: individuazione dei sottobacini di interesse.</i>	8
<i>Figura 3. Regionalizzazione delle piogge (Friuli Venezia Giulia): mappa del parametro a_1.</i>	12
<i>Figura 4. Regionalizzazione delle piogge (Friuli Venezia Giulia): mappa del parametro CV.</i>	12
<i>Figura 5. Regionalizzazione delle piogge (Friuli Venezia Giulia): mappa del parametro n.</i>	13
<i>Figura 6. Fiume Lemene e Roggia Versiola: stazioni pluviometriche di interesse e relativi topoietai.</i>	14
<i>Figura 7. Fiume Lemene: idrogrammi di piena di progetto, per vari tempi di ritorno.</i>	19
<i>Figura 8. Roggia Versiola: idrogrammi di piena di progetto, per vari tempi di ritorno.</i>	20

INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1. Fiume Lemene, sottobacini di interesse: caratteristiche morfometriche (A = superficie; L = lunghezza asta principale; H_{max} = quota massima; H_{min} = quota minima; H_{med} = quota media; P_{bac} = pendenza media del bacino; P_{asta} = pendenza media dell'asta principale).</i>	9
<i>Tabella 2. Stazioni pluviometriche di interesse: valori dei parametri a e n, da procedura di regionalizzazione.</i> ...	13
<i>Tabella 3. Superficie dei sottobacini in esame ricadente nei topoietai delle stazioni pluviometriche di interesse.</i> ...	15
<i>Tabella 4. Valori del Curve Number (CN) per le differenti coperture del suolo del CLC (Elaborazione ADIS).</i>	18
<i>Tabella 5. Valori dell'altezza di pioggia, per vari tempi di ritorno, e dei corrispondenti parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica, relativi ai sottobacini in esame.</i>	19
<i>Tabella 6. Valori della portata al colmo, per i differenti tempi di ritorno considerati, per i due sottobacini in esame.</i>	19

1 PREMESSA

Il presente elaborato è parte integrante del Progetto di Fattibilità Tecnica ed Economica (PFTE) “Potenziamento Linea Venezia – Trieste, Posti di Movimento e Varianti di tracciato”. L'intervento in progetto consiste nel suo complesso di *i*) interventi puntuali sul tracciato per elevarne le caratteristiche prestazionali, *ii*) potenziamento tecnologico; *iii*) varianti di tracciato fuori sede, in punti singolari, per la velocizzazione della linea. Nello specifico, gli interventi oggetto del presente PFTE sono:

- ✓ LOTTO 1 - Nuovo Posto di Movimento a modulo 750 m a San Donà di Piave;
- ✓ LOTTO 2 - Nuovo Posto di Movimento a modulo 750 m in località Fossalta di Portogruaro;
- ✓ **LOTTO 3 - Variante di tracciato a Portogruaro;**
- ✓ LOTTO 4 - Variante di tracciato sul Fiume Isonzo.

In particolare, nella presente relazione sono analizzate le caratteristiche idrologiche/idrauliche del contesto in cui si inserisce la nuova variante di tracciato a Portogruaro (**LOTTO 3**).

Il tracciato in progetto si slaccia dalla linea ferroviaria esistente subito dopo l'attuale attraversamento del Fiume Lemene e si sviluppa in aree classificate a pericolosità idraulica moderata/bassa secondo la pianificazione di bacino vigente, come mostrato negli elaborati annessi IZ0430R09RIID0002001A, IZ0430R09N6ID0002001A, IZ0430R09N6ID0002002A (si precisa che non sono previste nuove opere di attraversamento sul Fiume Lemene, nè interventi sul ponte ferroviario esistente). Si è proceduto pertanto allo sviluppo dello studio idrologico-idraulico del *Fiume Lemene*, volto alla determinazione delle corrispondenti aree potenzialmente inondabili, per verifica/conferma delle attuali condizioni di pericolosità idraulica esistenti nell'area di intervento.

È stato quindi effettuato dapprima lo studio idrologico del bacino del Fiume Lemene, finalizzato alla valutazione delle portate al colmo di progetto e dei relativi idrogrammi di piena da imporre come condizioni al contorno nel modello numerico idraulico sviluppato (cfr. IZ0430R09RIID0002001A).

Nello specifico, l'analisi idrologica è stata condotta secondo le seguenti fasi:

- perimetrazione del bacino idrografico e valutazione delle relative caratteristiche morfometriche

- raccolta delle osservazioni/registrazioni/dati di pioggia disponibili presso le stazioni pluviografiche di interesse
- definizione delle curve di possibilità pluviometrica (CPP) di progetto sulla base dell'elaborazione dei dati pluviometrici raccolti e dei risultati della procedura di regionalizzazione sviluppata nell'ambito del progetto *INTERREG IIIB Alpine Space Mitigation of Hydro-Geological Risk in Alpine Catchments – Catchrisk* dalle regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia
- valutazione delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena di riferimento nelle sezioni di chiusura considerate, per vari tempi di ritorno

Le analisi sono state sviluppate nel rispetto della pianificazione di bacino attualmente in vigore, in particolare del *Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) dell'Autorità di Bacino Interregionale del F. Lemene* (2002) e delle relative Norme Tecniche di Attuazione (N.T.A., 2002), nonché del *Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali*.

1.1 Riferimenti normativi

Di seguito, la normativa nazionale generale di riferimento, alla base degli studi idrologici-idraulici.

- R.D. 27 luglio 1904, n. 523
- Legge n. 183/1989, “*Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*”
- D.M. del 14 febbraio 1997 “*Direttive tecniche per l'individuazione e perimetrazione da parte delle Regioni a rischio idraulico*”
- Legge n. 365/2000 “*Conversione in legge, con modificazioni, del decreto legge 12 ottobre 2000, n. 279, recante interventi urgenti per le aree a rischio idrogeologico molto elevato ed in materia di protezione civile*” (*legge Soverato*)
- D.Lgs. n. 49/2010 “*Attuazione della direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi alluvioni*”
- D.Lgs. n. 152/2006 “*Norma in materia ambientale*”
- Direttiva n. 2007/60/CE (“*Valutazione e gestione dei rischi di alluvioni*”)
- Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2018) – D.M. 17 gennaio 2018
- Circolare esplicativa delle NTC 2018 n. 7 del 21 gennaio 2019
- Manuale di Progettazione Ferroviaria (RFI DTC SI PS MA IFS 001 E – Dicembre 2020)

2 INQUADRAMENTO DELL'AREA DI STUDIO

La nuova variante di tracciato a Portogruaro si sviluppa a partire dal ponte ferroviario esistente (non oggetto di intervento) sul *Fiume Lemene*, per poi proseguire in direzione Trieste, per una lunghezza complessiva di circa 1,3 km, inserendosi tra la linea ferroviaria esistente e la SS14 (Figura 1).

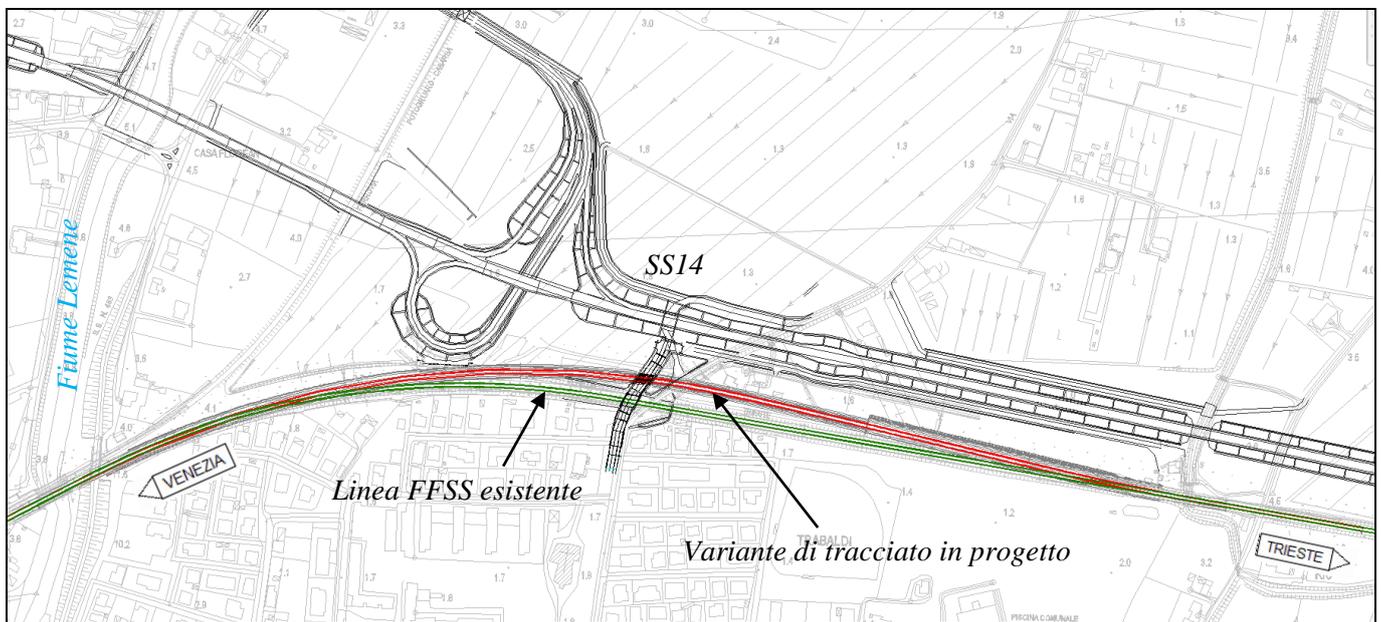


Figura 1. Variante di Portogruaro: inquadramento dell'area di studio.

La soluzione di variante all'attuale tracciato individuata permette un incremento delle prestazioni della linea ferroviaria in termini di velocità.

3 IL BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME LEMENE

Il Fiume Lemene ha origine da polle di risorgiva presso Casarsa e riceve in destra gli affluenti Fiume Reghena (dopo l'attraversamento ferroviario esistente) e Roggia Versiola (prima dell'attraversamento ferroviario esistente), prima di suddividersi, a valle di Concordia Sagittaria, in due rami: il ramo di sinistra, detto C. Cavanella Lungo, va direttamente a confluire nel Canale Nicesolo, il quale è in pratica un canale lagunare; il ramo di destra segue per un tratto il vecchio alveo del Fiume Lemene e, dopo aver ricevuto il Fiume Loncon, si immette a sua volta nel C. Nicesolo. Il regime idrologico del corso d'acqua risulta sostanzialmente alimentato da portate di risorgiva nella parte di monte e dagli scarichi della bonifica a scolo meccanico in quella di valle. Il territorio in esame è sostanzialmente pianeggiante. Le quote del terreno raggiungono al massimo 8 - 10 m s.l.m. nella parte settentrionale e sono mediamente dell'ordine del livello medio del mare nella parte meridionale, con ampie zone poste a quote anche inferiori nelle campagne della bonifica. La attuale configurazione della rete idrografica deriva sostanzialmente dagli interventi di ingegneria idraulica realizzati negli anni 30 da una parte ai fini della sistemazione della parte terminale del corso del F. Livenza, sistematicamente soggetto ad esondazioni, dall'altra per realizzare il sistema di canalizzazioni necessario per la bonifica delle campagne.

Il Fiume Lemene dal suo ingresso nel territorio della Provincia di Venezia presso Bagnara e fino a Portovecchio ha un corso tortuoso e quasi totalmente privo di arginature. Da Portovecchio a Portogruaro il corso del fiume diviene quasi rettilineo ed è delimitato da arginature. All'altezza di Portogruaro il Lemene riceve in destra la Roggia Versiola. Poco dopo il F. Lemene si divide in due rami, che si riuniscono subito a valle dell'abitato di Portogruaro, dopo la confluenza, in destra, con il F. Reghena. A valle di Portogruaro il corso del Lemene è regolare e delimitato da rilevanti arginature. All'altezza dell'abitato di Cavanella dal Lemene si diparte il C. Cavanella Lungo che, seguendo un corso rettilineo ed arginato, va a scaricare parte delle portate del Lemene nel C. Nicesolo a valle di Sindacale. A valle di Cavanella il tracciato del fiume descrive una doppia ampia ansa, per poi congiungersi con il Loncon in località Maranghetto. Alla confluenza con il Loncon il Lemene di fatto si separa in due rami. Il primo ramo segue un tratto di canale artificiale (C. Maranghetto) che confluisce nel C. Nicesolo; il secondo risale per un tratto verso Ovest lo stesso C. Maranghetto per poi riprendere verso Sud il corso dell'antico alveo del Lemene, che sfocia anch'esso nel C. Nicesolo in prossimità della costa presso il Porto di Falconera.

Il bacino del Fiume Lemene con sezione di chiusura in corrispondenza dell'attraversamento ferroviario esistente ha un'estensione di circa 90 km². In analogia agli studi disponibili sul territorio e condotti nell'ambito della pianificazione di bacino (in cui sono stati considerati separatamente i contributi idrologici del Fiume Lemene e dei suoi tributari), si è proceduto alla delimitazione sia del bacino del *Fiume Lemene* sia del sottobacino della *Roggia Versiola* (suo affluente in destra idraulica a monte del ponte ferroviario), tramite elaborazioni in ambiente GIS sulla base dei dati Lidar-DTM (risoluzione 5m x 5m) messi a disposizione dalle regioni Veneto e Friuli Venezia Giulia. Nella figura e nella tabella seguenti, l'individuazione dei sottobacini di interesse e le loro caratteristiche morfometriche.

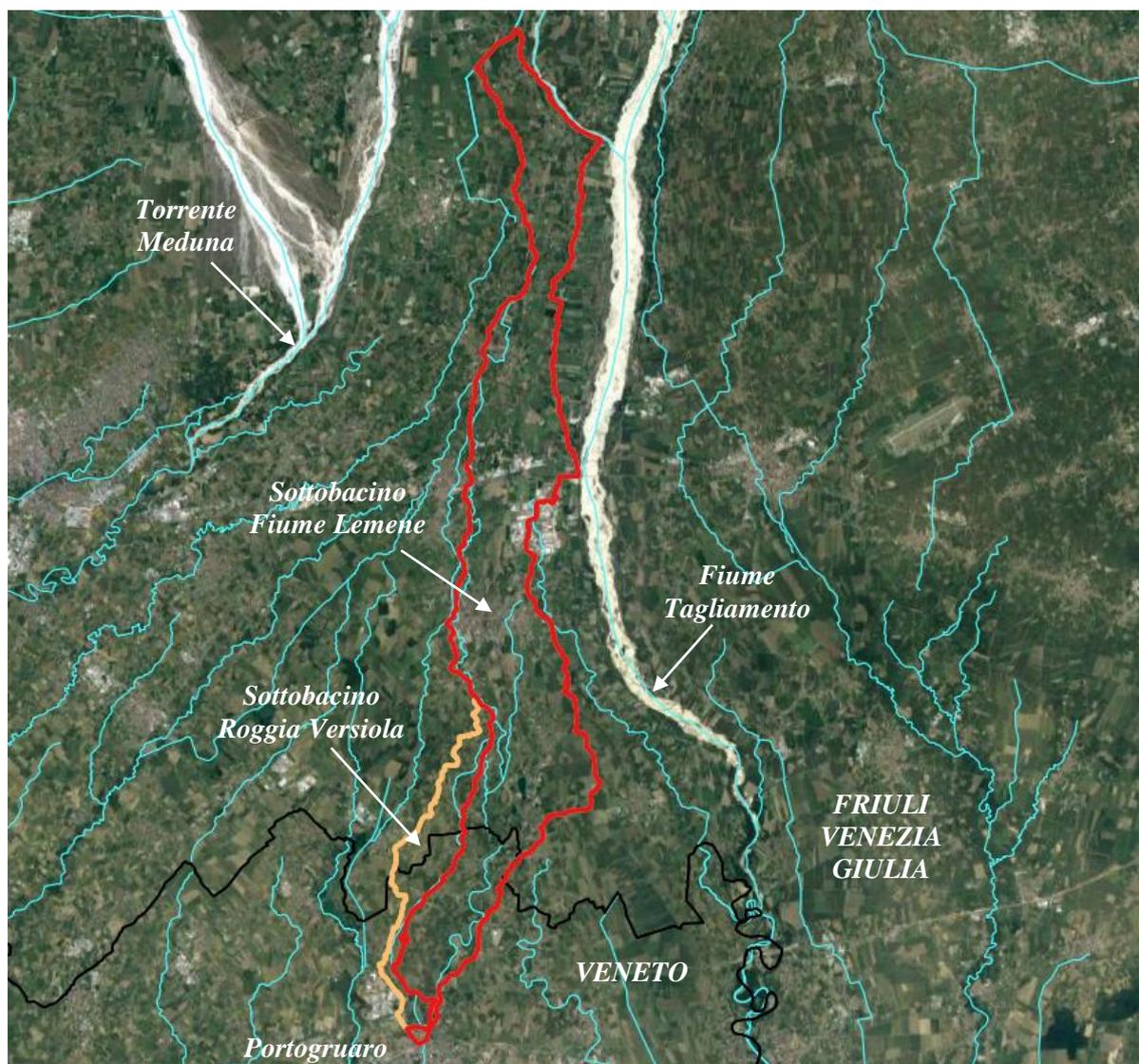


Figura 2. Fiume Lemene: individuazione dei sottobacini di interesse.

	<i>Roggia Versiola</i>	<i>Fiume Lemene</i>
<i>A (kmq)</i>	11.2	84.3
<i>L (km)</i>	13.8	38.11
<i>H_{max} (m slm)</i>	23.48	128
<i>H_{min} (m slm)</i>	2.54	2.31
<i>H_{med} (m slm)</i>	11.43	40.95
<i>P_{bac} (m/m)</i>	0.0185	0.017
<i>P_{asta} (m/m)</i>	0.0015	0.0017

Tabella 1. Fiume Lemene, sottobacini di interesse: caratteristiche morfometriche (*A* = superficie; *L* = lunghezza asta principale; *H_{max}* = quota massima; *H_{min}* = quota minima; *H_{med}* = quota media; *P_{bac}* = pendenza media del bacino; *P_{asta}* = pendenza media dell'asta principale).

Il sottobacino del *Fiume Lemene* si sviluppa per la maggior parte della sua estensione nella regione Friuli Venezia Giulia; il sottobacino della *Roggia Versiola* si estende invece più o meno in egual misura nella due regioni, Veneto e Friuli Venezia Giulia.

	POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE Posti di Movimento e Varianti di Tracciato Lotto 3: Variante di tracciato a Portogruaro					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ04	LOTTO 03 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

4 ANALISI IDROLOGICA

Dal punto di vista dei dati idrologici disponibili per il bacino del Fiume Lemene, se da un lato esistono alcune stazioni termo-pluviometriche in numero sufficiente e con registrazioni di dati sufficientemente continue per consentire un'analisi delle caratteristiche termiche e pluviografiche del bacino, dall'altro mancano quasi completamente dati di carattere idrometrico che consentano di descrivere, anche in prima approssimazione, il regime del corso d'acqua.

Si è proceduto quindi alla raccolta e alla verifica della disponibilità dei dati pluviometrici per il bacino idrografico in esame. Nello specifico, sono disponibili sia le registrazioni pluviometriche delle stazioni di misura (in Veneto e in Friuli Venezia Giulia) ricadenti nel bacino di interesse, nel periodo di osservazione 1951-1996 (fonte: *Annali idrologici*), sia le elaborazioni più recenti sviluppate nell'ambito della procedura di regionalizzazione degli eventi di precipitazione massimi nella regione Friuli Venezia Giulia realizzata nel progetto *INTERREG IIIB Alpine Space Mitigation of Hydro-Geological Risk in Alpine Catchments – Catchrisk*. Quest'ultima risulta essere uno dei risultati di maggior rilievo conseguiti dal progetto *INTERREG IIIB* medesimo, sia in termini relativi che assoluti, dato che risulta essere, a livello regionale lo studio idrologico, di *regionalizzazione*, più aggiornato e dettagliato disponibile, realizzato utilizzando le metodologie geostatistiche più avanzate e collaudate esistenti. Pertanto, nel presente studio idrologico si è fatto riferimento direttamente ai risultati della procedura di regionalizzazione sopra introdotta, messi a disposizione e forniti da Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – *Settore Difesa del Suolo e Prevenzione*.

I tempi di ritorno di riferimento sono **30, 100, 200, 300 anni**, in accordo alla definizione delle aree di pericolosità idraulica nell'ambito del P.A.I./P.G.R.A. (*pericolosità alta, P3 – 30 anni; pericolosità media, P2 – 100 anni; pericolosità bassa, P1 – 300 anni*), nonché alle NTC2018 e al Manuale di Progettazione Ferroviaria (200 anni = tempo di ritorno di progetto).

4.1 Regionalizzazione delle piogge e curve di possibilità pluviometrica di riferimento

L'analisi statistica delle precipitazioni su scala regionale consente di offrire al progettista delle variabili, che hanno una valenza fondamentale per la progettazione di interventi di difesa e per la zonazione del rischio, in funzione del luogo e del tempo di ritorno dell'evento di precipitazione.

L'elaborazione statistica, in tale contesto, permette di migliorare l'affidabilità dei dati, sia in riferimento alle estrapolazioni temporali (per elevati tempi di ritorno) che spaziali (in siti non strumentati). La regionalizzazione delle piogge fornisce le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSP) e la rappresentazione tabellare delle precipitazioni massime orarie attese, in funzione della durata e del tempo di ritorno per una determinata località. I dati analizzati sono stati ricavati dalle serie storiche delle precipitazioni per 1, 3, 6, 12, 24 ore di 130 stazioni pluviometriche ricadenti in Friuli e in Veneto in prossimità del confine regionale e coprono un intervallo di tempo dal 1920 al 2013. La numerosità campionaria minima è pari a 15 anni ed il valore medio è pari a 51 anni.

Il modello utilizzato è scala-invariante (fattore di scala costante ovvero indipendente dal tempo di ritorno dell'evento) ed è basato sulla distribuzione GEV (*Generalized Extreme value*) e può essere rappresentato con la seguente equazione:

$$h = a \cdot t^n$$

dove h = altezza della precipitazione attesa; a = coefficiente pluviometrico orario dipendente dal tempo di ritorno; n = coefficiente di scala, assunto scala-invariante nel modello utilizzato; t = durata della precipitazione.

Il parametro a è legato al periodo di ritorno (Tr) secondo la seguente relazione:

$$a = f(a_1, CV, Tr)$$

con a_1 = coefficiente pluviometrico orario; CV = coefficiente di variazione. Lo studio di regionalizzazione in esame ha prodotto le mappe dei parametri a_1 , CV , n con risoluzione di 500 m.

Tali mappe costituiscono la base degli eventi estremi di precipitazione utilizzata dall'applicativo *RainMapFVG* (distribuito e fornito da Regione Autonoma Friuli Venezia Giulia – *Settore Difesa del Suolo e Prevenzione*), per determinare, assegnato un punto ricadente nella regione, direttamente i valori dei parametri a_1 , CV , n , tramite i quali, a mezzo della relazione precedente del tempo di ritorno, è possibile stimare il valore del parametro a , e quindi i valori di precipitazione attesa in funzione della durata dell'evento. Nelle figure seguenti sono riportate le mappe sopra citate.

Non essendo nota la relazione funzionale che esprime la dipendenza del coefficiente pluviometrico a dai parametri a_1 , CV , Tr , si è proceduto dapprima all'individuazione delle stazioni pluviometriche ricadenti nel bacino di interesse e successivamente alla determinazione dei parametri a e n delle corrispondenti curve di possibilità pluviometrica (CPP).

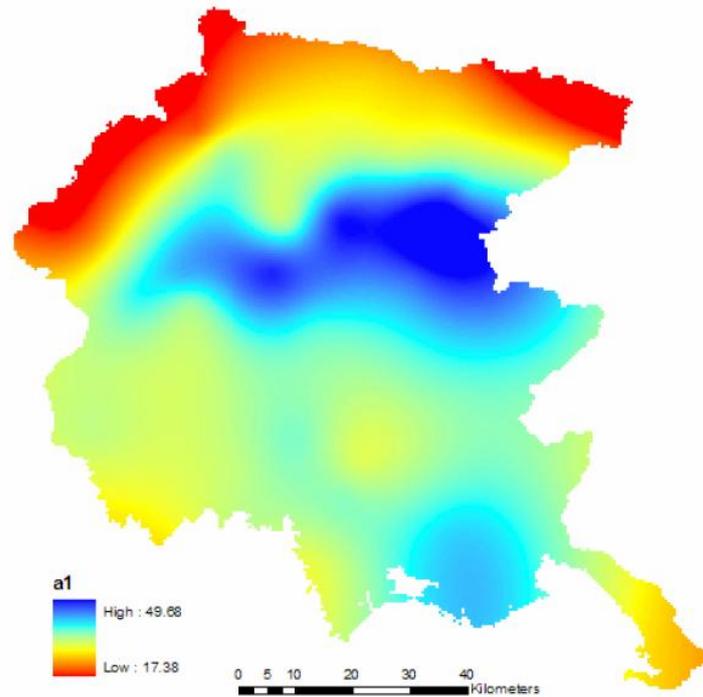


Figura 3. Regionalizzazione delle piogge (Friuli Venezia Giulia): mappa del parametro a_1 .

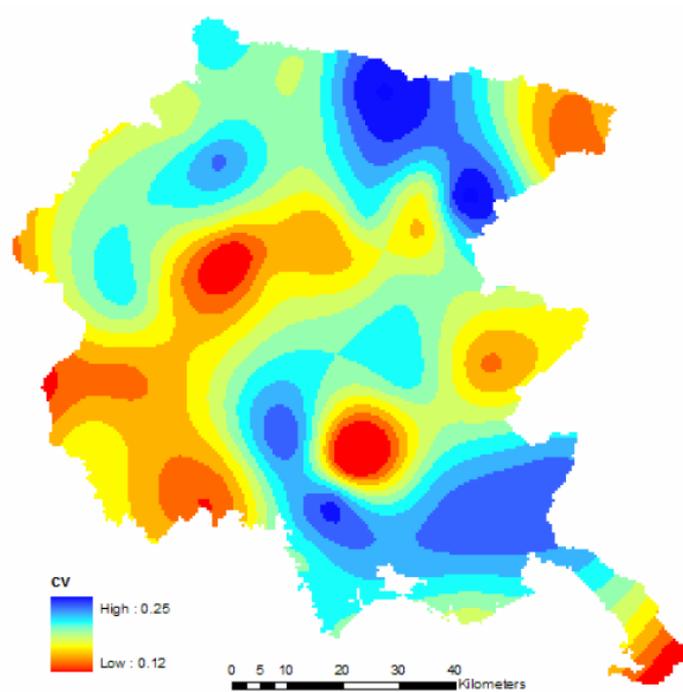


Figura 4. Regionalizzazione delle piogge (Friuli Venezia Giulia): mappa del parametro CV .

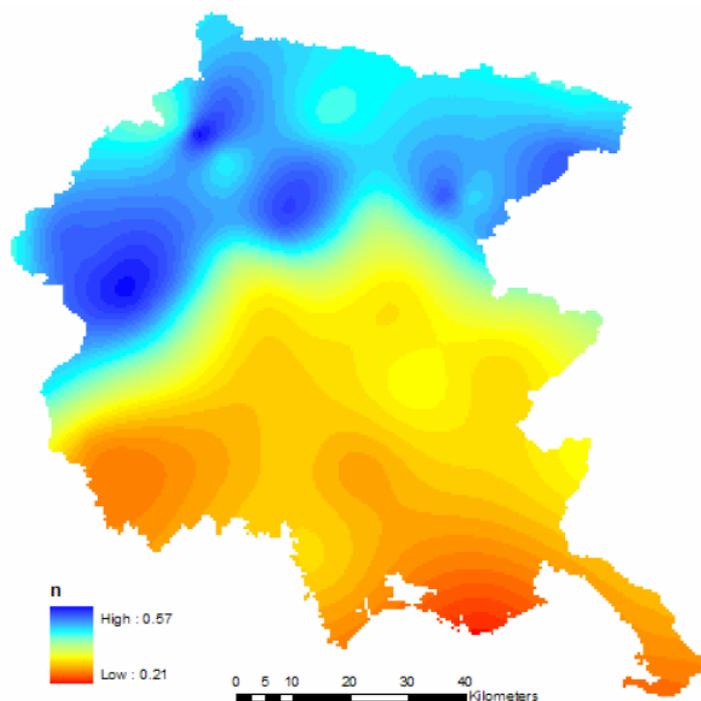


Figura 5. Regionalizzazione delle piogge (Friuli Venezia Giulia): mappa del parametro n .

Nello specifico, per i sottobacini di interesse (*Lemene* e *Versiola*) sono state individuate 6 stazioni pluviografiche (Figura 6). I corrispondenti valori dei parametri a_1 , CV (e quindi “ a ” per i tempi di ritorno di riferimento di 30, 100, 200, 300 anni) e n , ricavati dalla procedura di regionalizzazione sopra descritta, sono riportati in Tabella 2.

stazione	X (Gauss Boaga)	Y (Gauss Boaga)	$a_{Tr=30}$	$a_{Tr=100}$	$a_{Tr=200}$	$a_{Tr=300}$	n
PCIV Stallis	2353987	5079716	46.85	55.23	60.72	63.02	0.31
PCIV Arzenutto	2355190	5098122	78.24	98.15	111.18	116.63	0.28
PCIV Mure	2349640	5078630	51.08	61.03	67.54	70.26	0.31
PCIV San Vito al Tagliamento	2354812	5088002	64.49	79.12	88.69	92.70	0.29
San Vito al Tagliamento	2350499	5084795	56.31	67.86	75.42	78.59	0.29
PCIV Spilimbergo	2356366	5108313	68.21	83.39	93.33	97.48	0.26

Tabella 2. Stazioni pluviometriche di interesse: valori dei parametri a e n , da procedura di regionalizzazione.

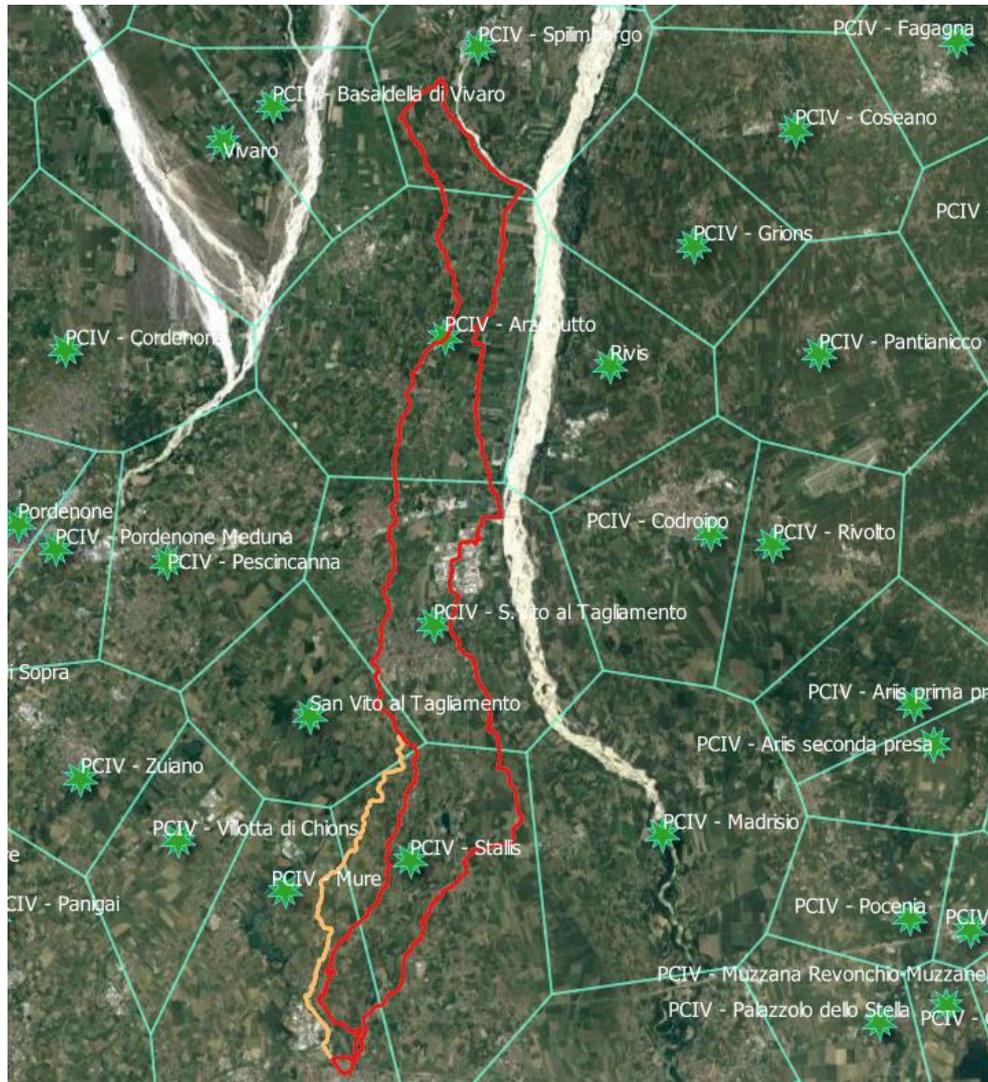


Figura 6. Fiume Lemene e Roggia Versiola: stazioni pluviometriche di interesse e relativi topoiati.

L'altezza di pioggia, ragguagliata all'area dei due sottobacini di interesse, può essere a questo punto valutata mediante l'applicazione del metodo dei poligoni di Thiessen o dei topoiati (Figura 6). In particolare, il volume di pioggia (V_p) caduto all'interno di un poligono di Thiessen o topoiato è uguale all'altezza di precipitazione misurata nella relativa stazione pluviometrica per l'area del poligono (Tabella 3). Il volume di pioggia caduto sull'intero bacino sarà quindi fornito dalla somma dei prodotti di cui prima con l'avvertenza che, per quei topoiati che parzialmente ricadono fuori dalla regione in esame, si dovrà considerare solo l'area della porzione del poligono o del topoiato che appartiene al bacino:

$$V_p = \sum_{i=1}^N h_i (\Omega_i \cap S)$$

in cui i è il generico topoieta/poligono di Thiessen; N , il numero dei topoieta; h_i , l'altezza di pioggia misurata nella stazione; Ω_i è l'area del topoieta; S , la superficie del bacino. Quindi, l'altezza di pioggia (h) ragguagliata all'area può essere dedotta come $h = V_p/S$.

Stazione	Area topoieta (km ²)	
	Bacino Fiume Lemene	Bacino Roggia Versiola
<i>PCIV Stallis</i>	22.99	6.02
<i>PCIV Arzenutto</i>	21.4	0
<i>PCIV Mure</i>	5.2	4.93
<i>PCIV San Vito al Tagliamento</i>	26.52	0
<i>San Vito al Tagliamento</i>	1.25	0.25
<i>PCIV Spilimbergo</i>	6.94	0

Tabella 3. Superficie dei sottobacini in esame ricadente nei topoieta delle stazioni pluviometriche di interesse.

4.2 Valutazione delle portate al colmo e degli idrogrammi di piena di riferimento

Il calcolo delle portate al colmo di progetto e degli idrogrammi di piena di riferimento, da applicare come condizione al contorno nel modello numerico bidimensionale sviluppato (cfr. IZ0430R09RIID0002001A), è stato effettuato applicando il metodo di trasformazione *afflussi-deflussi* proposto da *Nash*.

Il modello di *Nash* descrive il comportamento di un bacino idrografico mediante un numero n (parametro di forma) di invasi disposti in serie ciascuno dei quali caratterizzato da una stessa costante k (parametro di scala) di invaso.

La funzione che descrive l'andamento dell'idrogramma è la seguente:

$$U(t) = \frac{(t/k)^{n-1} e^{-t/k}}{k (n-1)!}$$

	POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE Posti di Movimento e Varianti di Tracciato Lotto 3: Variante di tracciato a Portogruaro					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ04	LOTTO 03 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

Ricorrendo ad una astrazione matematica, il modello di Nash può essere esteso al caso in cui il numero di serbatoi disposti in serie sia un numero reale. In tal caso la funzione fattoriale $(n-1)!$ viene sostituita con la funzione Gamma $\Gamma(\alpha)$ e la funzione $U(t)$ diventa:

$$U(t) = \frac{(t/k)^{\alpha-1} e^{-t/k}}{k \Gamma(\alpha)}$$

Il tempo di ritardo ed il tempo di picco risultano pari a:

$$t_L = \alpha k \quad t_p = (\alpha - 1)k$$

Pertanto, ai fini della determinazione della portata al colmo e del relativo idrogramma unitario adimensionale, l'applicazione del modello di Nash richiede la conoscenza dei due parametri α (parametro di forma) e k (parametro di scala) legati al tempo di ritardo.

Per la stima di questi parametri è possibile procedere con diversi metodi, sfruttando i numerosi modelli geomorfologici disponibili in letteratura (Rodriguez et al. 1979, Rosso 1984), che sfruttano le caratteristiche del reticolo idrografico opportunamente analizzato secondo varie regole di classificazione (Strahler 1952), o più semplicemente ricorrendo alle espressioni che li correlano al più noto parametro idrologico ovvero il tempo di corrivazione del bacino.

Nella maggior parte dei casi, il parametro di forma n risulta compreso tra 2 e 3 (nel caso specifico è stato assunto $n = 3$ per entrambi i sottobacini in esame), mentre il valore del parametro di scala può essere valutato come $k = 0.5 \cdot \tau_c / (n-1)$.

Inoltre, si è assunto quale pioggia di progetto uno ietogramma di tipo rettangolare con durata pari al tempo di corrivazione; la depurazione delle piogge lorde è avvenuta con il metodo CN-SCS.

Nello specifico, la determinazione del tempo di corrivazione può essere effettuata mediante l'applicazione di alcune classiche formule empiriche di uso comune; in particolare, per il bacino del **Fiume Lemene**, può essere applicata la ben nota formula di Giandotti:

$$\tau_c = \frac{4\sqrt{S} + 1,5L}{0,8\sqrt{h_m - h_0}}$$

con S = area del bacino [km^2]; L = lunghezza dell'asta principale [km]; h_m = altitudine media del bacino imbrifero sotteso [m s.m.m.]; h_0 = quota della sezione di chiusura del bacino [m s.m.m.]. In particolare, per il sottobacino del *Fiume Lemene* in esame, si ha $\tau_c = 18.9$ ore.

Per il sottobacino della *Roggia Versiola*, in ragione della modesta estensione, sono state applicate invece le seguenti formulazioni:

- *Ventura*

$$\tau_c = 0,1272 \cdot \sqrt{\frac{A}{i_m}}$$

- *Pasini*

$$\tau_c = 0,108 \cdot \frac{\sqrt[3]{L \cdot A}}{\sqrt{i_m}}$$

- *Pezzoli*

$$\tau_c = 0,055 \cdot \frac{L}{\sqrt{i_m}}$$

- *Puglisi*

$$\tau_c = 6 L^{2/3} (H_{\max} - H_{\min})^{-1/3}$$

dove i_m è la pendenza media dell'asta principale; A , la superficie del bacino; L , la lunghezza dell'asta principale; H_{\max} e H_{\min} , le quote massima e minima del bacino. Il tempo di corrivazione in tal caso è stato valutato come il minimo valore ottenuto dall'applicazione delle formulazioni sopra descritte, da cui (per il sottobacino della *Roggia Versiola* in esame) $\tau_c = 11$ ore.

Ai fini della depurazione delle piogge lorde, per la valutazione del Curve Number (CN) si è fatto riferimento alla copertura del suolo, riportata nel Corine Land Cover (CLC) al 4° livello (ISPRA, 2018), che caratterizza i sottobacini in esame. In particolare, ad ogni codice del CLC relativo ad una specifica copertura del suolo è stato assegnato il relativo CN, per assegnata categoria di suolo (A, B, C, D), dedotto da tabelle disponibili in letteratura, di seguito riportate.

Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D	Codice Uso del Suolo (UDS)	UDS	A	B	C	D
AREE PORTUALI	123	98	98	98	98	PRATI ARTIFICIALI COLTURE					
AREE AEROPORTUALI ED ELIPORTI	124	92	93	94	95	FORAGGERE OVE SI PUÒ RICONOSCERE					
AREE ESTRATTIVE	131	89	92	94	95	UNA SORTA DI AVVICENDAMENTO CON I					
DISCARICHE E DEPOSITI DI ROTTAMI	132	90	92	94	95	SEMINATIVI E UNA CERTA					
CANTIERI	133	90	92	94	95	PRODUTTIVITÀ, SONO SEMPRE					
AREE VERDI URBANE	141	65	74	81	84	POTENZIALMENTE RICONVERTITI A					
CIMITERI	143	57	77	85	89	SEMINATIVO. POSSONO ESSERE					
VIGNETI	221	72	81	88	91	RICONOSCIBILI MURETTI O MANUFATTI	2112	67	71	81	89
FRUTTETI E FRUTTI MINORI	222	67	78	85	89	SEMINATIVI SEMPLICI E COLTURE					
OLIVETI	223	72	81	88	91	ORTICOLE A PIENO CAMPO	2121	66	77	85	89
ARBORICOLTURA CON ESSENZE						RISALIE	2122	98	98	98	98
FORESTALI	224	67	78	85	89	VIVAI	2123	66	77	85	89
PRATI STABILI	231	67	71	81	89	COLTURA IN SERRA	2124	98	98	98	98
COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE A						COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE					
COLTURE PERMANENTI	241	59	74	82	86	ALL'OLIVO	2411	59	74	82	86
SISTEMI CULTURALI E PARTICELLARI						COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AL					
(COMPLESSI)	242	63	73	82	88	VIGNETO	2412	59	74	82	86
AREE PREVALENTEMENTE OCCUPATE DA						COLTURE TEMPORANEE ASSOCIATE AD					
COLTURA AGRARIE CON PRESENZA DI						ALTRE COLTURE PERMANENTI (PASCOLI					
SPAZI NATURALI IMPORTANTI	243	62	71	78	81	E SEMINATIVI ARBORATI CON					
AREE AGROFORESTALI	244	45	66	77	83	COBERTURA DELLA SUGHERA DAL 5 AL	2413	59	74	82	86
BOSCHI MISTI DI CONIFERE E LATIFOGLIE	313	39	51	63	70	25%)	3111	39	51	63	70
AREE A PASCOLO NATURALE	321	67	71	81	89	BOSCO DI LATIFOGLIE					
SPAGGIE DUNE E SABBIE	331	56	73	82	86	ARBORICOLTURA CON ESSENZE					
PARETI ROCCIOSE E FALESIE	332	98	98	98	98	FORESTALI (LATIFOGLIE)	3112	39	51	63	70
AREE CON VEGETAZIONE RADA	333	70	75	84	90	BOSCHI DI CONIFERE	3121	39	51	63	70
PALUDI INTERNE	411	100	100	100	100	CONIFERE A RAPIDO ACCRESCIMENTO	3122	39	51	63	70
PALUDI SALMASTRE	421	100	100	100	100	FORMAZIONI VEGETALI BASSE E CHIUSE,					
SALINE	422	100	100	100	100	STABILI, COMPOSTE PRINCIPALMENTE DI					
ZONE INTERTIDALI	423	98	98	98	98	CESPUGLI, ARBUSTI E PIANTE ERBACEE					
LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI	521	100	100	100	100	(ERICHE, ROVI, GINESTRE, GINEPRI NANI					
MARI	523	100	100	100	100	ECC.)	3221	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE COMPATTO E						FORMAZIONI DI RIPANON ARBOREE	3222	51	58	73	80
DENSO	1111	89	92	94	96	MACCHIA MEDITERRANEA	3231	51	58	73	80
TESSUTO RESIDENZIALE RADO E	1112	78	80	85	87	GARIGA	3232	51	58	73	80
NUCLEIFORME A CARATTERE						AREE A RICOLONIZZAZIONE NATURALE	3241	45	55	68	75
RESIDENZIALE E SUBURBANO	1121	74	75	78	80	AREE A RICOLONIZZAZIONE ARTIFICIALE	3242	45	55	68	75
TESSUTO AGRO-RESIDENZIALE SPARSO E						SPAGGIE DI AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3311	56	73	82	86
FABBRICATI RURALI A CARATTERE						AREE DUNALI NON COPERTE DA					
TIPICAMENTE AGRICOLO O RURALE	1122	65	67	70	72	VEGETAZIONE DI AMPIEZZA SUPERIORE					
INSEDIAMENTI INDUSTRIALI/ARTIG. E						A 25M	3312	56	73	82	86
COMM. E SPAZI ANNESSI	1211	89	92	94	95	AREE DUNALI CON COPERTURA					
INSEDIAMENTO DI GRANDI IMPIANTI DI						VEGETALE CON AMPIEZZA SUPERIORE A					
SERVIZI	1212	89	92	94	95	25 M	3313	56	73	82	86
RETI STRADALI E SPAZI ACCESSORI						LETI ASCIUTTI DI TORRENTI DI					
(SVINCOLI, STAZIONI DI SERVIZIO, AREE						AMPIEZZA SUPERIORE A 25M	3315	56	73	82	86
DI PARCHEGGIO ECC.)	1221	98	98	98	98	FIUMI, TORRENTI E FOSSI	5111	100	100	100	100
RETI FERROVIARIE COMPRESSE LE						CANALI E IDROVIE	5112	100	100	100	100
SUPERFICI ANNESSE (STAZIONI,						BACINI NATURALI	5121	100	100	100	100
SMISTAMENTI, DEPOSITI ECC.)	1222	96	96	96	96	BACINI ARTIFICIALI	5122	100	100	100	100
GRANDI IMPIANTI DI CONCENTRAMENTO						LAGUNE, LAGHI E STAGNE COSTIERI A					
E SMISTAMENTO MERCI (INTERPORTI E						PRODUZIONE ITTICA NATURALE					
SIMILI)	1223	92	93	94	95	ACQUACOLTURE IN LAGUNE, LAGHI E					
IMPIANTI A SERVIZIO DELLE RETI DI						STAGNI COSTIERI	5212	100	100	100	100
DISTRIBUZIONE						ESTUARI E DELTA	5213	100	100	100	100
(TELECOMUNICAZIONI/ENERGIA/IDRICHE)	1224	92	93	94	95	AREE MARINE A PRODUZ. ITTICA					
DISCARICHE	1321	90	92	94	95	NATURALE	5231	100	100	100	100
DEPOSITI DI ROTTAMI A CIELO APERTO,						ACQUACOLTURE IN MARE LIBERO	5232	100	100	100	100
CIMITERI DI AUTOVEICOLI	1322	90	92	94	95	PIOPPI, SALICETI, EUCALITTETI ECC.					
AREE RICREATIVE E SPORTIVE	1421	70	78	83	88	ANCHE IN FORMAZIONI MISTE	31121	39	51	63	70
AREE ARCHEOLOGICHE	1422	49	69	79	84	SUGHERE	31122	39	51	63	70
SEMINATIVI IN AREE NON IRRIGUE	2111	58	72	81	85	CASTAGNETI DA FRUTTO	31123	39	51	63	70
						ALTRO	31124	39	51	63	70

Tabella 4. Valori del Curve Number (CN) per le differenti coperture del suolo del CLC (Elaborazione ADIS).

Per i sottobacini del *Fiume Lemene* e della *Roggia Versiola* in esame, vista l'elevata permeabilità dei terreni, costituiti da depositi alluvionali del quaternario, è stata assunta una categoria del suolo A e una classe di umidità media (II). Per tali caratteristiche, si ottiene un valore medio di CN pari a **67.3** per il sottobacino del Fiume Lemene e a **72.5** per il sottobacino della Roggia Versiola. La pioggia efficace è quindi valutata come $P_e = (P - 0.2 \cdot S) / (P + 0.8 \cdot S)$ con P = altezza di pioggia di progetto corrispondente ad un dato tempo di ritorno T_r e una durata τ_c ; $S = 254 \cdot (100/CN - 1)$.

Ai fini della stima dell'altezza di pioggia di progetto (e del corrispondente ietogramma), con riferimento alle curve di possibilità pluviometrica (CPP) introdotte nel paragrafo precedente, nella tabella seguente sono riportati i valori di altezza di pioggia (di durata pari al tempo di corruzione dei due sottobacini in esame), per vari tempi di ritorno, ragguagliati all'area dei due sottobacini considerati (secondo il metodo dei topoi), unitamente ai valori "ragguagliati" dei parametri a e n delle corrispondenti CPP.

Sottobacino	Tr = 30 anni		Tr = 100 anni		Tr = 200 anni		Tr = 300 anni		n
	a	h_{π} (mm)	a	h_{π} (mm)	a	h_{π} (mm)	a	h_{π} (mm)	
Fiume Lemene	62.5	146.7	76.5	179.5	85.7	200.9	89.5	209.9	0.29
Roggia Versiola	48.9	102.1	58.1	121.2	64.1	133.6	66.6	138.9	0.31

Tabella 5. Valori dell'altezza di pioggia, per vari tempi di ritorno, e dei corrispondenti parametri a e n delle curve di possibilità pluviometrica, relativi ai sottobacini in esame.

Nella tabella seguente, si riportano quindi i valori di portata al colmo per i due sottobacini in esame, per i vari tempi di ritorno considerati, dedotti applicando il metodo di Nash implementato nel software *URBIS*.

Sottobacino	Q_{Tr30} (m ³ /s)	Q_{Tr100} (m ³ /s)	Q_{Tr200} (m ³ /s)	Q_{Tr300} (m ³ /s)
Fiume Lemene	70.6	98.9	118.3	126.5
Roggia Versiola	10.4	14	16.5	17.6

Tabella 6. Valori della portata al colmo, per i differenti tempi di ritorno considerati, per i due sottobacini in esame.

Nelle figure seguenti sono mostrati invece i corrispondenti idrogrammi di piena di riferimento.

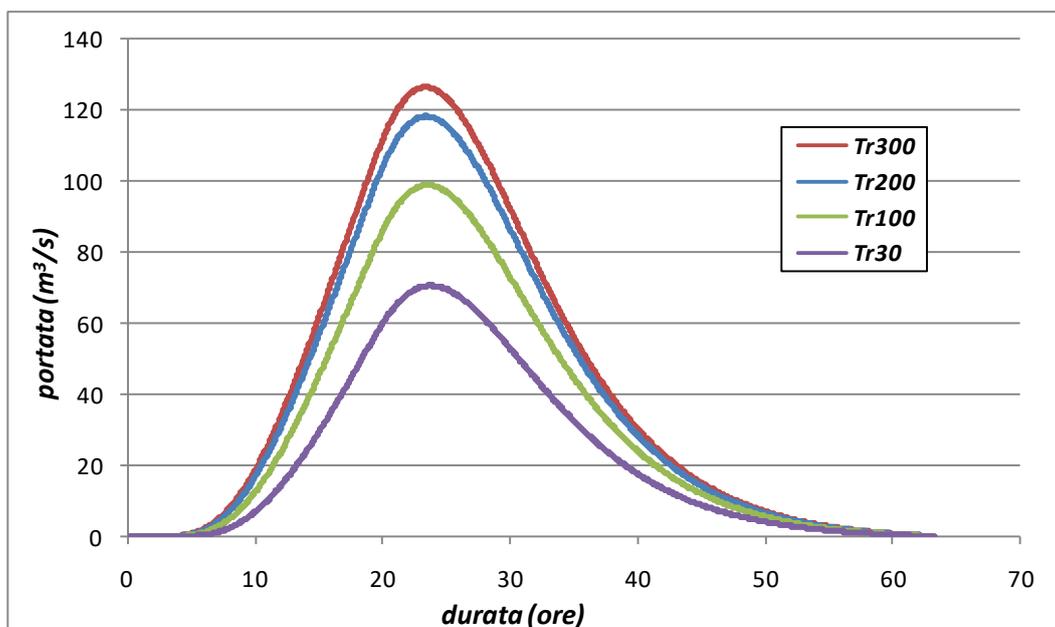


Figura 7. Fiume Lemene: idrogrammi di piena di progetto, per vari tempi di ritorno.

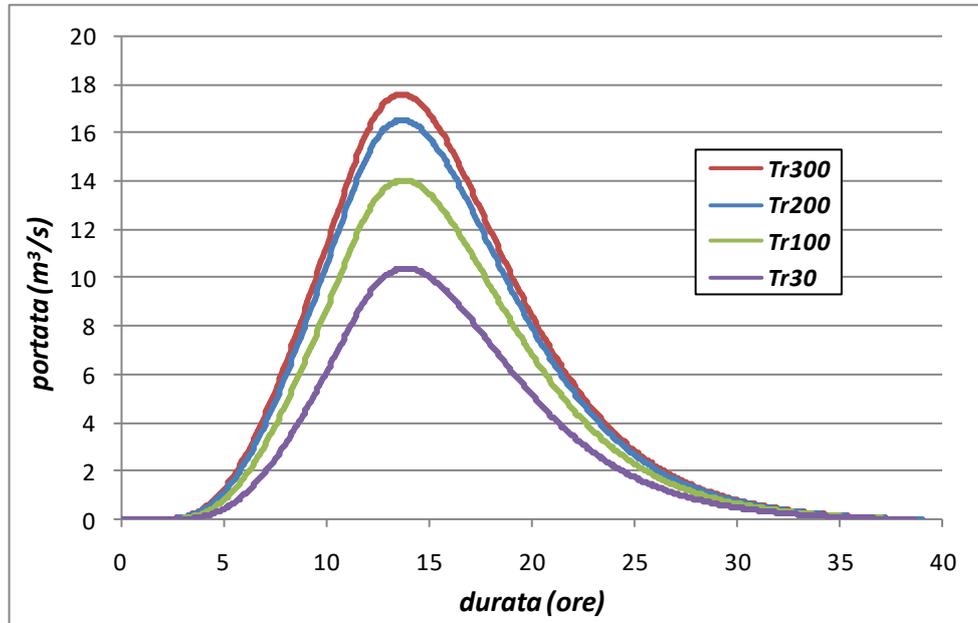


Figura 8. Roggia Versiola: idrogrammi di piena di progetto, per vari tempi di ritorno.

Tali idrogrammi sono stati quindi applicati nel modello numerico bidimensionale sviluppato ai fini della determinazione delle aree potenzialmente inondabili per esondazione delle piene di riferimento del bacino del Fiume Lemene nell'area di intervento, come meglio descritto nell'elaborato annesso IZ0430R09RIID0002001A.

	POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE Posti di Movimento e Varianti di Tracciato Lotto 3: Variante di tracciato a Portogruaro					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ04	LOTTO 03 R 09	CODIFICA RI	DOCUMENTO ID0001 001	REV. A

5 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

AA. VV. *Manuale di Ingegneria Civile e Ambientale*, Zanichelli ESAC, Bologna, 2003.

ADIS. *Linee guida e indirizzi operativi per l'attuazione del principio della invarianza idraulica*, 2008.

Distretto Idrografico delle Alpi Orientali, PIANO DI GESTIONE DEL RISCHIO ALLUVIONI, approvato dal Comitato Istituzionale il 3/3/2016.

Da Deppo L., Datei C., Salandin P., *Sistemazione dei corsi d'acqua*, Edizioni Libreria Cortina, Milano, 2004.

Ferro V., *La sistemazione dei bacini idrografici*, McGraw-Hill, Milano, 2006.

Maione U., *Appunti di idrologia 3. Le piene fluviali*, La Goliardica Pavese, 1977.

Marani M., *Processi e modelli dell'Idrometeorologia*, Dispense, 2005.

Rodriguez-Iturbe I., Gonzalez-Sanabria M, Bras. R, *A geomorphoclimatic theory on the Instantaneous Unit Hydrograph*, Water Resour. Res. 18(4), pp 877-886, 1982.

Rosso, R, *Nash model relation to Horton order ratios*, Water Resour. Res. 20(7), pp. 914-920, 1984

Strahler, A. N., *Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topology*, Geological Society of America Bulletin, 63 (11): 1117–1142, 1952.

Surendra, K. M., Vijay., P. S. *Soil Conservation Service Curve Number (SCS-CN) Methodology*. Springer, pp. 84-146, 2003.