

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J84H20002450001

U.O. PROGETTAZIONE INTEGRATA NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LUNETTA DI GORIZIA

IDRAULICA

Relazione Idrologica

SCALA:

-

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

I Z 1 9 0 0 D 2 6 R H I D 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	Technital	Luglio 2021	L. Parni <i>L. Parni</i>	Luglio 2021	S. Lo Presti <i>S. Lo Presti</i>	Luglio 2021	A. Perego Luglio



File: IZ1900D26RHID0001001A.doc

1	PREMESSA.....	4
2	INTRODUZIONE.....	6
3	RIFERIMENTI NORMATIVI	7
4	DISPOSIZIONI NORMATIVE.....	8
5	INQUADRAMENTO TERRITORIALE.....	9
5.1	IL BACINO DEL FIUME ISONZO	11
6	ANALISI IDROLOGICA.....	13
6.1	CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	13
6.1.1	Dati analisi regionalizzata – Regione Friuli-Venezia Giulia	13
6.1.2	Dati annali idrologici – Analisi statistica con distribuzione di Gumbel	17
6.1.3	Confronto tra le metodologie di calcolo delle LSPP	20
6.1.4	Durate di precipitazione $t < 1$ ora.....	21
6.1.5	Riepilogo dei valori adottati	25
7	EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PRECIPITAZIONI.....	26
7.1	I CAMBIAMENTI CLIMATICI IN ITALIA	26
7.1	I CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA DISTRETTUALE.....	29
7.1.1	Metodologia impiegata.....	29
7.1.2	Le proiezioni climatologiche.....	31
7.2	REVISIONE DEGLI INPUT PLUVIOMETRICI DI PROGETTO.....	31

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 4-1 SUDDIVISIONE TERRITORIALE IN DISTRETTI.....	8
FIGURA 5-1 INQUADRAMENTO LUNETTA DI GORIZIA.....	9
FIGURA 5-2 ESTENSIONE DISTRETTO IDROGRAFICO ALPI ORIENTALI	10
FIGURA 5-3 CORSI D'ACQUA PRINCIPALI DI COMPETENZA DEL DISTRETTO IDROGRAFICO ALPI ORIENTALI	10
FIGURA 5-4 BACINO IDROGRAFICO DEL FIUME ISONZO	12
FIGURA 6-1 OUTPUT APPLICATIVO RAINMAP FVG - GORIZIA.....	15
FIGURA 6-2 OUTPUT APPLICATIVO RAINMAP FVG – CAPRIVA DEL FRIULI	16
FIGURA 6-3 RAINMAP FVG: LSPP PER DURATE > 1 ORA.....	17
FIGURA 6-4 DATI STAZIONE PLUVIOMETRICA CAPRIVA DEL FRIULI.....	18
FIGURA 6-5 LSPP PER IL PLUVIOMETRO "CERVIGNANO DEL FRIULI", PER DURATE > 1 ORA.....	20
FIGURA 6-6 CONFRONTO LSPP > 1 ORA, TR 100 ANNI	21
FIGURA 6-7 RELAZIONE ALTEZZA-FREQUENZA PER 2, 25, 100 ANNI	23
FIGURA 6-8 ALTEZZE DI PIOGGIA AL VARIARE DELLA METODOLOGIA PER T<1ORA.....	24
FIGURA 7-1 PRECIPITAZIONE MASSIMA GIORNALIERA (MM), SCENARIO RCP4.5. MAPPE DELLE VARIAZIONI PREVISTE DAI MODELLI CLIMATICI PER I TRE ORIZZONTI TEMPORALI 2021-2050 (PRIMA RIGA), 2041-2070 (SECONDA RIGA), 2061-2090 (TERZA RIGA)	28
FIGURA 7-2 – PRECIPITAZIONE MASSIMA GIORNALIERA (MM), SCENARIO RCP8.5. MAPPE DELLE VARIAZIONI PREVISTE DAI MODELLI CLIMATICI PER I TRE ORIZZONTI TEMPORALI 2021-2050 (PRIMA RIGA), 2041-2070 (SECONDA RIGA), 2061-2090 (TERZA RIGA)	29
FIGURA 7-3 RAPPRESENTAZIONE DEL MODELLO GLOBALE DEL CMCC	30

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 2-1 STRALCIO ELENCO ELABORATI.....	6
TABELLA 6-1 VALORI PARAMETRI A,N PER DURATE DI PRECIPITAZIONE > 1 ORA.....	16
TABELLA 6-2 DATI ANNALI IDROLOGICI ELABORATI CON METODO DI GUMBEL PER DURATE DI PIOGGIA > 1 ORA E STIMA PARAMETRI	18
TABELLA 6-3 DATI ANNALI IDROLOGICI ELABORATI CON METODO DI GUMBEL PER DURATE DI PIOGGIA > 1 ORA – COEFFICIENTE DI CRESCITA	19
TABELLA 6-4 DATI ANNALI IDROLOGICI ELABORATI CON METODO DI GUMBEL PER DURATE DI PIOGGIA > 1 ORA – PARAMETRICI A ED N.....	19
TABELLA 6-5 VALORI PARAMETRI A,N PER DURATE DI PRECIPITAZIONE > 1 ORA IN PROGETTO	21
TABELLA 6-6 RAPPORTO TRA ALTEZZA DI PIOGGIA DI DURATA INFERIORE AD UN'ORA – U.S. WATER BUREAU. 22	
TABELLA 6-7 VALORI PARAMETRI A, N PER DURATE DI PRECIPITAZIONE < 1 ORA IN PROGETTO	24
TABELLA 6-8 PARAMETRI IDROLOGICI PER VARIANTE ISONZO.....	25
TABELLA 7-1 VARIAZIONI DI PRECIPITAZIONE MASSIMA GIORNALIERA PREVISTE NELL'AREA DI INTERVENTO (ISPRA, 2015).....	32

1 PREMESSA

Il progetto nasce nel 2011 attraverso una Convenzione stipulata tra RFI e Regione Autonoma Friuli Venezia-Giulia finalizzata alla realizzazione di attività di studio e progettazione inerenti l'attività 2.2 "Progettare l'anello metropolitano e gli accessi ferroviari mancanti", nell'ambito del WP2 "Legami mancanti intermodali". La Regione Autonoma FVG aveva conferito a RFI l'incarico per la realizzazione di Studi e Progettazioni degli interventi previsti nel progetto "ADRIA-A, *Accessibilità e Sviluppo per il rilancio dell'Area Adriatica Interna*" finanziato nell'ambito del Programma per la Cooperazione Transfrontaliera Italia – Slovenia 2007-2013.

Nel 2013 è stato redatto uno studio preliminare da parte della società Serfer Srl che definisce le specifiche tecniche dell'intervento. Il progetto del 2011 non ha avuto seguito a causa del mancato finanziamento per la realizzazione e del decaduto interesse da parte del gestore sloveno nel realizzare gli interventi di propria competenza.

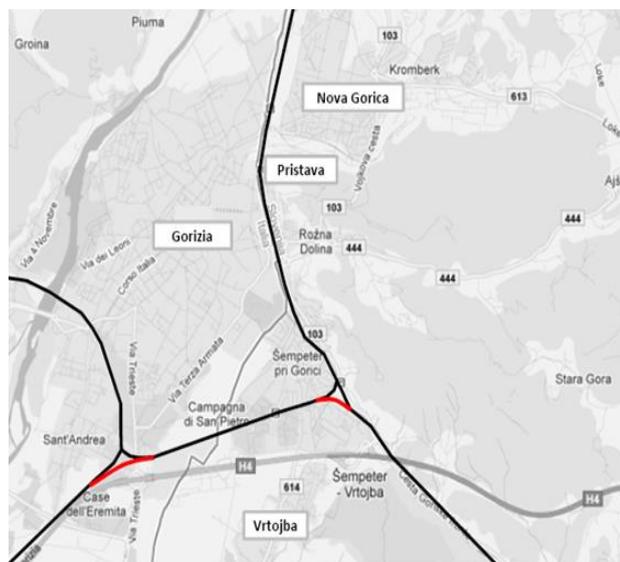


Figura 1: studio Serfer Srl del 2013.

Il progetto è stato recentemente revisionato dalle strutture di RFI e adattato alle nuove esigenze manifestate dagli enti locali e dalle realtà industriali che insistono sul nodo ferroviario. Sulla base degli esiti della rivalutazione dell'investimento è stata prevista una fase funzionale che comprende l'avvio del PD, senza PFTE, al fine di ridurre i tempi di consegna dei lavori.

L'obiettivo dell'intervento è quello di evitare l'inversione di banco nella stazione di Gorizia Centrale dei mezzi che transitano in direzione Nova Gorica partendo da Trieste. La realizzazione di tale intervento consente di fluidificare in modo significativo i collegamenti con Nova Gorica, nell'ottica di un potenziamento degli scambi tra Nova Gorica-Gorizia-Trieste.

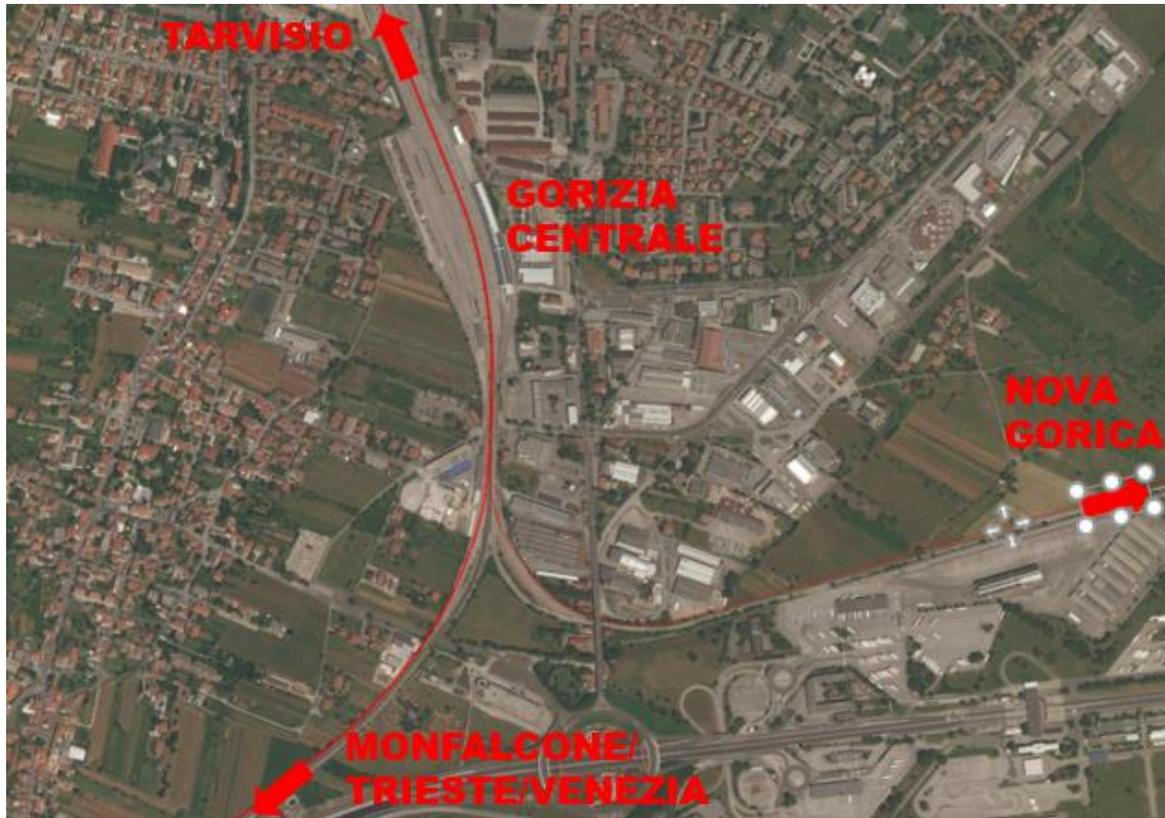


Figura 2: linee interessate dall'intervento "Lunetta di Gorizia".

2 INTRODUZIONE

Il presente documento viene redatto nell'ambito del progetto definitivo per la realizzazione del Nuovo raccordo Bivio Gorizia Sud - Confine di Stato.

L'intervento prevede in sintesi le seguenti attività:

- Realizzazione di un nuovo tratto di linea a singolo binario per un'estesa complessiva di circa 1,4 km;
- Rifacimento, in leggera variante a singolo binario, di un tratto della linea storica, lato Slovenia, di estesa pari a circa 260 m;
- Elettrificazione della lunetta;
- Elettrificazione della Linea Gorizia C.le- Nova Gorica fino al deviatoio di ingresso al raccordo SDAG

Il fine ultimo dello studio idrologico è rappresentato dalla determinazione delle curve di possibilità pluviometrica di assegnato tempo di ritorno, che verranno assunte nelle successive verifiche idrauliche. La scelta dei tempi di ritorno degli eventi meteorici finalizzata al calcolo delle portate necessarie al dimensionamento delle varie tipologie di opere è stata effettuata in conformità a quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI e dalle Norme Tecniche delle Costruzioni.

In particolare, nella presente relazione si procederà alla definizione dei dati pluviometrici che caratterizzano gli eventi estremi di precipitazione, da impiegare come supporto alla progettazione della cosiddetta Lunetta di Gorizia il cui tracciato si sviluppa interamente nel comune di Gorizia.

Nella relazione, si riporta anche la sintesi delle condizioni di pericolosità per le aree in esame, secondo quanto contenuto nel PAI e PGRA.

Nel complesso, gli elaborati riguardanti l'idrologia e l'idraulica prodotti nell'ambito del presente studio sono riportati nella tabella sotto.

Tabella 2-1 Stralcio elenco elaborati

Descrizione elaborato	Scala	DIGIT CODIFICA ELABORATI																				
		PROGETTO		LOTTO		FASE / ENTE		TIPO DOC. / OP. DISCIPLINA					PROGR. EL.		R.							
		A	B	C	D	E	F	H	J	G	I	K										
IDRAULICA																						
Relazione idrologica	-	1	Z	1	9	0	1	D	2	6	R	H	I	D	0	0	0	1	0	0	1	A
Relazione drenaggio di piattaforma e di compatibilità idraulica	-	1	Z	1	9	0	1	D	2	6	R	I	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Corografia inquadramento PAI / PGRA	1:5000	1	Z	1	9	0	1	D	2	6	N	5	I	D	0	0	0	0	0	0	1	A
Planimetria di drenaggio piattaforma ferroviaria - Tav 1/2	1:1000	1	Z	1	9	0	1	D	2	6	P	7	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A
Planimetria di drenaggio piattaforma ferroviaria - Tav 2/2	1:1000	1	Z	1	9	0	1	D	2	6	P	7	I	D	0	0	0	2	0	0	2	A
Particolari e dettagli opere di drenaggio e smaltimento ferroviario	Varie	1	Z	1	9	0	1	D	2	6	B	Z	I	D	0	0	0	2	0	0	1	A

	PROGETTO DEFINITIVO					
	Lunetta Di Gorizia					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ19	LOTTO 00	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. A	FOGLIO 7 di 32

3 RIFERIMENTI NORMATIVI

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme in vigore a livello nazionale e/o europeo:

- R.D. 25/07/1904, n. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D. Lgs. 27 gennaio 1992, n. 132. "Attuazione della direttiva n. 80/68/CEE concernente la protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento provocato da certe sostanze pericolose".
- D.M. 14 Febbraio 1997 "Direttive tecniche per l'individuazione e la perimetrazione, da parte delle Regioni, delle aree a rischio idrogeologico".
- Direttiva 2000/60/CE, cosiddetta "Direttiva Acque".
- D. Lgs. n. 152/2006 – "Norme in materia ambientale".
- Direttiva 2007/60/CE, cosiddetta "Direttiva Alluvioni".
- L. 27 Febbraio 2009, n. 13 "Misure straordinarie in materia di risorse idriche e protezione dell'ambiente".
- D. Lgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- D. Lgs 23 Febbraio 2010, n. 49 "Attuazione della Direttiva 2007/60/CE relativa alla valutazione e gestione dei rischi di alluvioni".
- Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 17 gennaio 2018) e relativa circolare (Circolare n. 7/2019).
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato al 2021.

Il progetto è stato redatto nel rispetto delle seguenti norme in vigore a livello regionale e/o a scala di distretto idrografico:

- L.R. 29 aprile 2015, n. 11 Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque.
- Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'articolo 14, comma 1, lettera k) della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque).
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione.
- Piano stralcio per l'assetto idrogeologico dei bacini di interesse regionale (bacini idrografici dei tributari della laguna di Marano - Grado, ivi compresa la laguna medesima, del torrente Slizza e del levante).
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali – I CICLO 2015-2021.

4 DISPOSIZIONI NORMATIVE

Con le disposizioni del Testo Unico in materia ambientale (Decreto legislativo n. 152/2006) l'intero territorio italiano è stato ripartito complessivamente in 7 distretti idrografici, in ognuno dei quali è istituita l'Autorità di Bacino distrettuale, definita giuridicamente come ente pubblico non economico.



Figura 4-1 Suddivisione territoriale in distretti

Analizzando le opere in progetto secondo la nuova Direttiva 2000/60/CE, gli interventi ricadono nel bacino idrografico del fiume Isonzo di competenza del Distretto Idrografico Alpi Orientali. Di conseguenza, l'analisi idraulica dovrà considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore nella zona in esame; in particolare, gli strumenti legislativi analizzati sono:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione.
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali – I CICLO 2015-2021.

Gli interventi in progetto, con riferimento alla relazione di compatibilità idraulica e alla corografia di inquadramento non ricadono in aree di pericolosità idraulica sia con riferimento al PAI che al PRGA.

5 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Per la realizzazione del Nuovo raccordo Bivio Gorizia Sud - Confine di Stato sono previsti in sintesi le seguenti attività:

- Realizzazione di un nuovo tratto di linea a singolo binario per un'estesa complessiva di circa 1,4 km;
- Rifacimento, in leggera variante a singolo binario, di un tratto della linea storica, lato Slovenia, di estesa pari a circa 260 m;
- Elettrificazione della lunetta;
- Elettrificazione della Linea Gorizia C.le- Nova Gorica fino al deviatoio di ingresso al raccordo SDAG

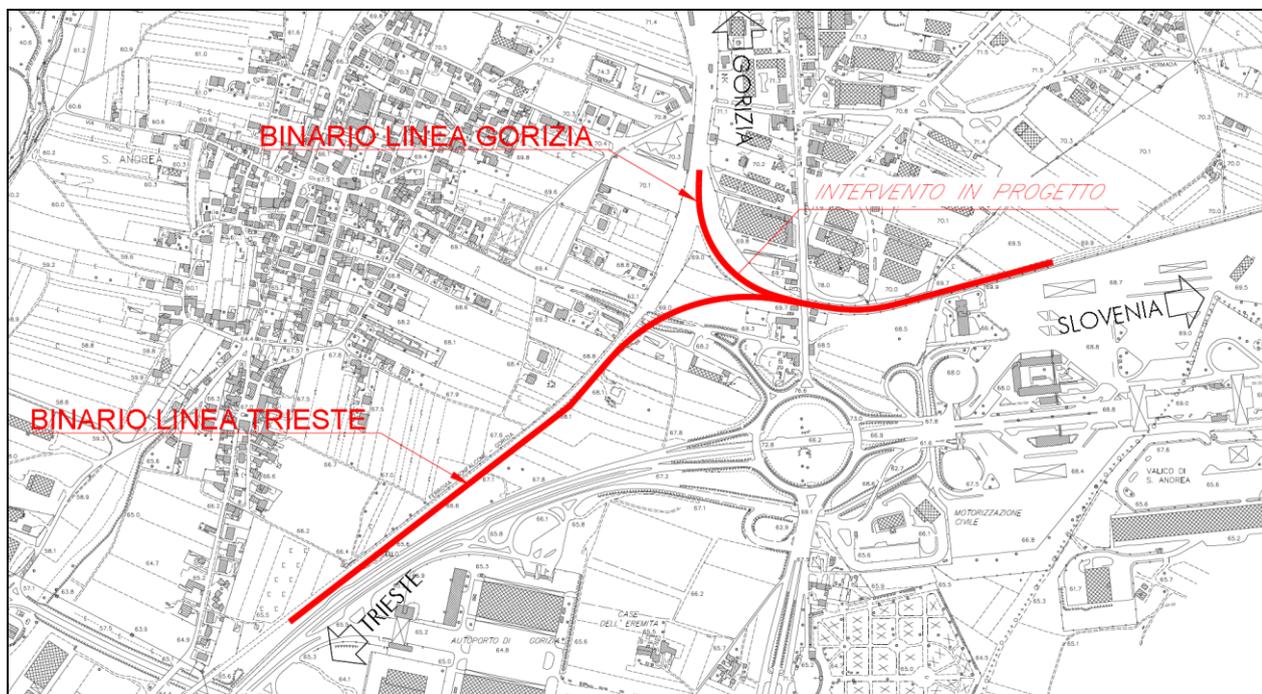


Figura 5-1 Inquadramento Lunetta di Gorizia

Nell'area di intervento non è presente idrografia superficiale e le aree ricadono nel bacino idrografico del fiume Isonzo di competenza del Distretto Idrografico Alpi Orientali.

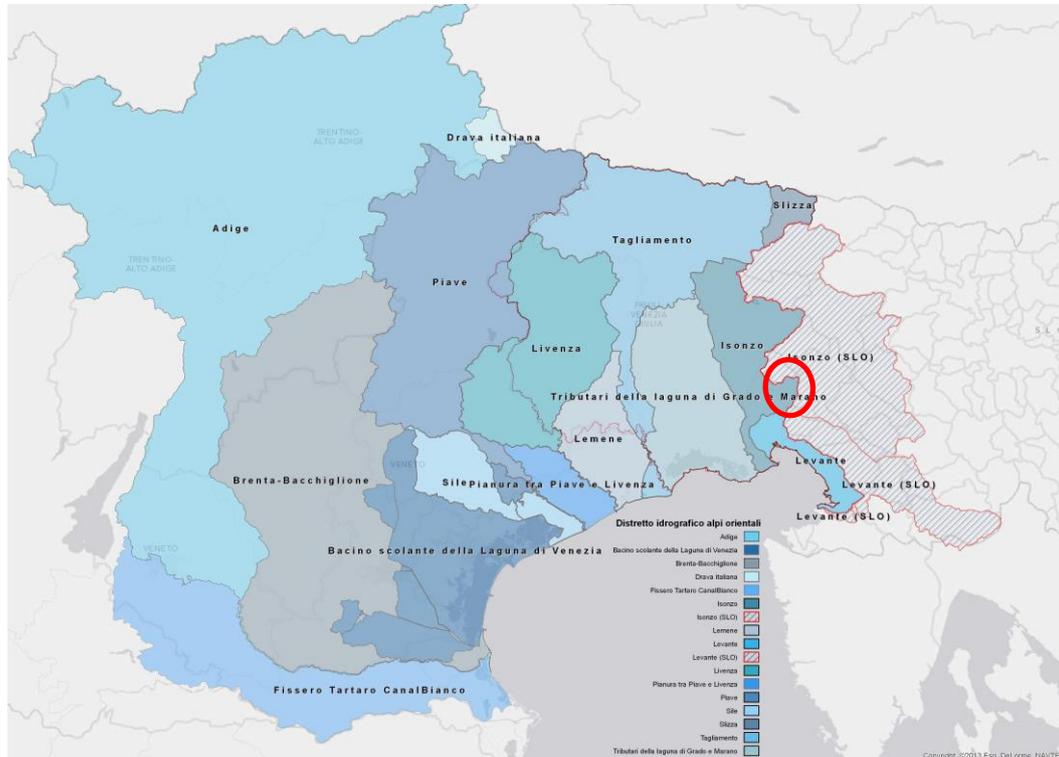


Figura 5-2 Estensione Distretto idrografico Alpi orientali

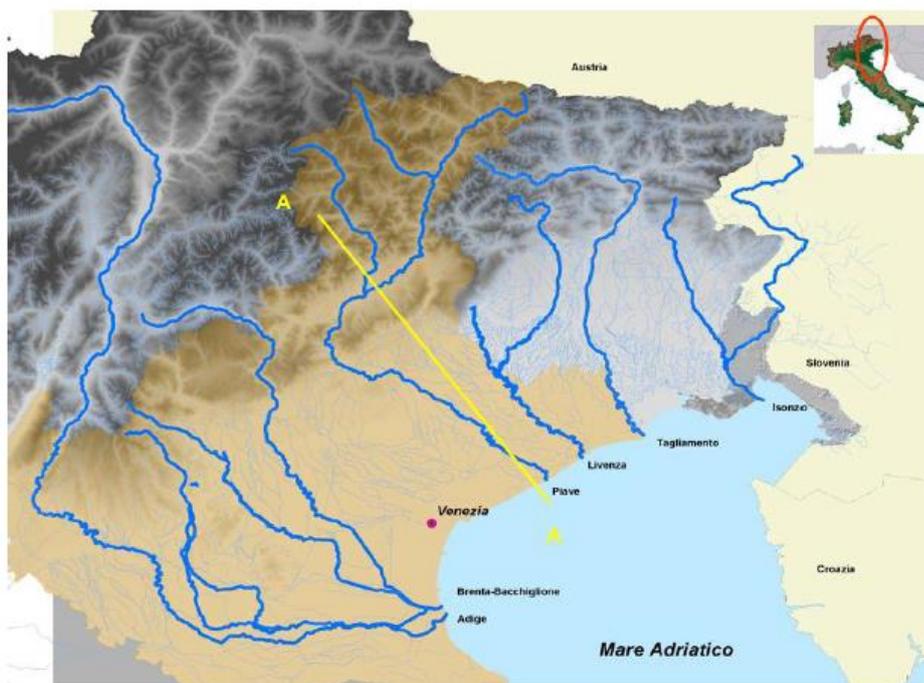


Figura 5-3 Corsi d'acqua principali di competenza del distretto idrografico alpi orientali

5.1 IL BACINO DEL FIUME ISONZO

Il fiume Isonzo nasce in Val di Trenta con sorgenti a quota 935 msm e sfocia nell'Adriatico, presso Monfalcone, ove forma un delta che tende, nel tempo, a spostarsi da occidente verso oriente.

Il bacino imbrifero dell'Isonzo sottende complessivamente una superficie di circa 3400 Km² dei quali circa 1150 Km², cioè circa un terzo, in territorio italiano; di carattere prettamente torrentizio, il fiume Isonzo raccoglie e scarica le acque del versante meridionale delle Alpi Giulie, che separano questo bacino da quello della Sava. Gli affluenti principali di destra sono il Coritenza, in territorio sloveno, ed il Torre, che invece, scorre quasi totalmente in territorio italiano; a sinistra l'Isonzo è alimentato dall'Idria e dal Vipacco, con i rispettivi bacini compresi totalmente e quasi totalmente in territorio sloveno.

Per quanto riguarda le criticità idrauliche rilevate, il Fiume Isonzo, nel primo tratto in territorio italiano, fra il confine e la località di Straccia in comune di Gorizia, dove il fiume scorre incassato tra pareti rocciose, il fondo dell'alveo è costituito a tratti da materiali ghiaiosi mobili. Rilievi compiuti alla fine degli anni 60 indicavano un abbassamento dell'alveo presso il confine dell'ordine di 35 cm circa, rispetto alle quote rilevate nel 1960.

Tale situazione potrebbe pregiudicare la stabilità delle opere di derivazione e dei ponti situati in Comune di Gorizia. Il fenomeno è dovuto presumibilmente alla ritenuta di materiali effettuata dai serbatoi di Sottosella e Canale, in Repubblica di Slovenia.

Tra l'abitato di Gorizia e la foce, l'Isonzo scorre su fondo ghiaioso e pianeggiante, diviso in varie ramificazioni tra banchi di materiali ghiaiosi più o meno stabilizzati.

Il carattere eminentemente torrentizio del corso d'acqua provoca lo spostamento dei filoni con conseguenti corrosioni delle sponde costituite da materiali friabili e minaccia la stabilità degli argini che accompagnano tutto il corso inferiore ad eccezione del tratto in sponda sinistra tra Gorizia e Sagrado.

Alcuni tratti di arginatura, e precisamente il tratto in destra tra il ponte di Sagrado e Villesse ed il tratto in sinistra a valle del ponte di Pieris presentano fenomeni di infiltrazioni durante le piene, con formazione di fontanazzi pericolosi per la stabilità delle arginature.

Il territorio collocato in destra idrografica dell'Isonzo, nel territorio del comune di Gorizia, è interessato da diverse situazioni di dissesto con conseguenti allagamenti periodici della carreggiata stradale che corre parallela al corso d'acqua, nonché da movimenti franosi causati dal deflusso non regolato delle acque provenienti dal Monte Calvario e allagamenti del cimitero di Piedimonte e di Piuma.



Figura 5-4 Bacino idrografico del fiume Isonzo

	PROGETTO DEFINITIVO					
	Lunetta Di Gorizia					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ19	LOTTO 00	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. A	FOGLIO 13 di 32

6 ANALISI IDROLOGICA

L'analisi idrologica è finalizzata alla definizione dei parametri delle linee segnalatrici di possibilità pluviometrica di assegnata probabilità di accadimento (sintetizzata nel parametro *tempo di ritorno*), indispensabili per la determinazione delle portate di piena che verranno assunte nelle successive verifiche idrauliche, così da progettare degli interventi che siano normativamente compatibili con quanto previsto dal Manuale di Progettazione RFI e dalle Norme Tecniche delle Costruzioni.

In generale, lo studio idrologico deve fornire l'inquadramento dell'area d'interesse sulla base dei dati idro-climatici ufficiali (Servizio Idrografico), delle caratteristiche morfologiche e di copertura del suolo e di eventuali altri studi disponibili.

6.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA

In generale, per la stima delle Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica, è preferibile utilizzare analisi già esistenti purché siano valide e stabiliscano in modo autorevole i valori delle LSPP dell'area in esame; nel presente progetto sono state confrontate:

1. le Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica elaborate e fornite dalla Regione Autonoma Friuli-Venezia Giulia che ha effettuato una "*Analisi statistica su scala regionale per la progettazione di interventi di difesa e la zonizzazione del rischio*".
2. le Linee segnalatrici di possibilità pluviometrica che si ottengono eseguendo un'opportuna analisi statistica (con distribuzione di Gumbel) sui massimi di precipitazione, per diverse durate di pioggia, su una stazione pluviometrica ARPA-FVG localizzata nelle vicinanze delle opere in progetto.

Le elaborazioni sono state sviluppate come di seguito descritte.

6.1.1 Dati analisi regionalizzata – Regione Friuli-Venezia Giulia

La regionalizzazione del regime pluviometrico che interessa il Friuli-Venezia Giulia è restituita direttamente dalla regione mediante l'applicativo *RainMap FVG*. Tale applicativo fornisce le linee segnalatrici di possibilità pluviometrica (LSPP) e la rappresentazione tabellare delle precipitazioni massime orarie attese, in funzione della durata e del tempo di ritorno per una determinata località.

La base dati utilizzata dall'applicativo è stata realizzata nell'ambito del progetto INTERREG IIIB Alpine Space *Mitigation of hydro-geological risk in alpine catchments - Catchrisk*; in particolare, nello studio che ha portato alla realizzazione della regionalizzazione degli eventi di precipitazione massimi della regione Friuli-Venezia Giulia sono stati utilizzati i dati relativi alle precipitazioni orarie di durata 1, 3, 6, 12, 24 ore provenienti da 62 stazioni

pluviometriche ricadenti nella regione in esame e nella regione Veneto in prossimità del confine regionale. Il periodo temporale di acquisizione dati è compreso tra il 1920 ed il 1997 per la maggior parte delle stazioni, con integrazione di dati fino al 2003 quando disponibili. La numerosità campionaria minima è pari a 15 anni ed il valore medio è pari a 51 anni.

Il modello utilizzato per la determinazione delle altezze di pioggia massime è di tipo *scala-invariante* (ovvero a fattore di scala costante, cioè non funzione del tempo di ritorno dell'evento), è basato sulla distribuzione GEV (*Generalized Extreme Value*) ed è riassumibile nella 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 di precipitazione

A sua volta, il parametro a è legato al tempo di ritorno T_r da un'equazione del tipo:

$$a = f(a_1, cv, T_r)$$

dove:

- a_1 coefficiente pluviometrico orario
- cv coefficiente di variazione

In sintesi, quindi, la funzione dell'applicativo RainMap FVG sarà quella di fornire, in ogni punto del territorio della regione Friuli-Venezia Giulia, i valori dei parametri a , n delle LSPP necessari per il calcolo delle precipitazioni massime attese.

Nel dettaglio, la stima delle curve di probabilità pluviometrica nelle stazioni di misura è stata effettuata per le durate da 1 a 24 ore con passo orario, definendo i parametri a ed n per i tempi di ritorno di 2, 5, 10, 20, 50, 100 e 200 anni. Nel proseguo si riportano i risultati per il Tempo di ritorno di progetto $T=100$ anni

Per gli interventi in progetto, i risultati ottenuti dall'applicativo inserendo il Comune, la zona o le coordinate di interesse, sono riportati nella seguente figura. In particolare, si riportano i risultati sia per Gorizia che per il comune di Capriva del Friuli in quanto nel proseguo è stato fatto un confronto tra i dati derivati dalla regionalizzazione e i

dati delle registrazioni classificati dall'ARPA – FVG. Per questi ultimi non esistono dati di registrazione per Gorizia ma per il comune limitrofo Capriva del Friuli.

GORIZIA

Coordinate Gauss-Boaga Fuso Est		
	E	N
Input	2411198	5089278
Baricentro cella	2411250	5089250

Parametri LSPP							
n	0.33						
Tempo di ritorno (Anni)							
	2	5	10	20	50	100	200
a	31.4	43.7	52.5	61.6	74.1	84.2	94.9

Precipitazioni (mm)							
Durata (Hr)	Tempo di ritorno (Anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
1	31.4	43.7	52.5	61.6	74.1	84.2	94.9
2	39.4	54.8	65.9	77.2	92.9	105.6	119.0
3	45.0	62.6	75.2	88.1	106.0	120.5	135.8
4	49.4	68.7	82.6	96.8	116.5	132.3	149.1
5	53.1	73.9	88.8	104.1	125.3	142.3	160.4
6	56.4	78.4	94.3	110.4	133.0	151.1	170.2
7	59.3	82.5	99.1	116.1	139.8	158.8	179.0
8	62.0	86.1	103.5	121.3	146.0	165.9	187.0
9	64.4	89.5	107.6	126.1	151.8	172.4	194.3
10	66.6	92.7	111.3	130.5	157.1	178.4	201.1
11	68.7	95.6	114.9	134.6	162.0	184.1	207.4
12	70.7	98.3	118.2	138.5	166.7	189.4	213.4
13	72.6	100.9	121.3	142.1	171.1	194.4	219.1
14	74.4	103.4	124.3	145.6	175.3	199.1	224.4
15	76.1	105.8	127.1	148.9	179.3	203.7	229.5
16	77.7	108.0	129.8	152.1	183.1	208.0	234.4
17	79.2	110.2	132.4	155.1	186.7	212.2	239.1
18	80.7	112.2	134.9	158.0	190.2	216.2	243.6
19	82.1	114.2	137.3	160.8	193.6	220.0	247.9
20	83.5	116.2	139.6	163.6	196.9	223.7	252.1
21	84.9	118.0	141.8	166.2	200.1	227.3	256.1
22	86.2	119.8	144.0	168.7	203.1	230.8	260.1
23	87.4	121.6	146.1	171.2	206.1	234.2	263.9
24	88.7	123.3	148.1	173.6	209.0	237.4	267.6

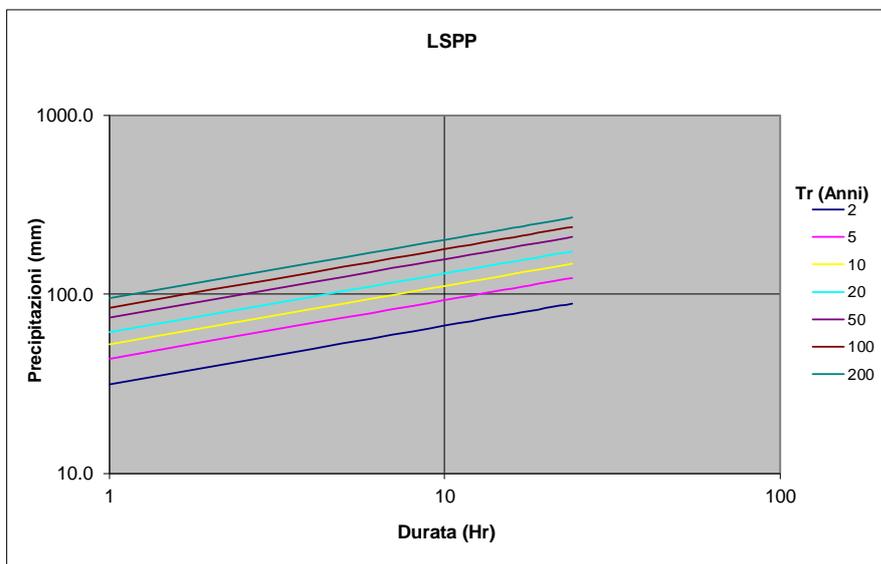


Figura 6-1 Output applicativo RainMap FVG - Gorizia

CAPRIVA DEL FRIULI

Coordinate Gauss-Boaga Fuso Est		
	E	N
Input	2404635	5089372
Baricentro cella	2404750	5089250

Parametri LSPP							
n	0.32						
	Tempo di ritorno (Anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
a	29.5	39.9	47.5	55.1	65.8	74.5	83.6

Precipitazioni (mm)							
Durata (Hr)	Tempo di ritorno (Anni)						
	2	5	10	20	50	100	200
1	29.5	39.9	47.5	55.1	65.8	74.5	83.6
2	36.7	49.7	59.1	68.7	82.0	92.7	104.1
3	41.7	56.5	67.2	78.1	93.2	105.4	118.3
4	45.7	61.9	73.6	85.5	102.1	115.4	129.6
5	49.0	66.4	79.0	91.8	109.6	123.9	139.1
6	51.9	70.4	83.6	97.2	116.1	131.2	147.3
7	54.5	73.9	87.8	102.1	121.9	137.8	154.7
8	56.9	77.1	91.6	106.5	127.1	143.8	161.4
9	59.0	80.0	95.1	110.5	132.0	149.2	167.5
10	61.0	82.7	98.3	114.3	136.4	154.3	173.2
11	62.9	85.3	101.3	117.8	140.6	159.0	178.5
12	64.7	87.6	104.2	121.0	144.5	163.4	183.4
13	66.3	89.9	106.8	124.2	148.2	167.6	188.1
14	67.9	92.0	109.4	127.1	151.8	171.6	192.6
15	69.4	94.1	111.8	129.9	155.1	175.4	196.9
16	70.8	96.0	114.1	132.6	158.3	179.0	200.9
17	72.2	97.9	116.3	135.2	161.4	182.5	204.8
18	73.5	99.6	118.4	137.6	164.3	185.8	208.5
19	74.8	101.4	120.5	140.0	167.2	189.0	212.1
20	76.0	103.0	122.4	142.3	169.9	192.1	215.6
21	77.2	104.6	124.3	144.5	172.5	195.1	219.0
22	78.3	106.2	126.2	146.6	175.1	198.0	222.2
23	79.4	107.7	128.0	148.7	177.6	200.8	225.4
24	80.5	109.1	129.7	150.7	180.0	203.5	228.4

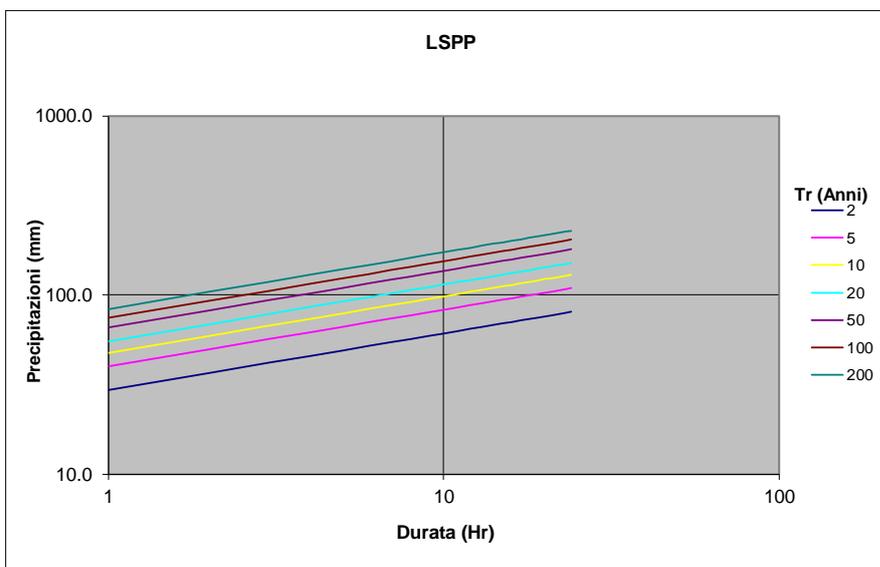


Figura 6-2 Output applicativo RainMap FVG – Capriva del Friuli

Di seguito, si riportano in una tabella di sintesi, i valori dei parametri a, n delle LSPP derivanti dall'utilizzo dell'applicativo RainMap FVG per il tempo di ritorno $T=100$ anni, tempo di ritorno individuato nel Manuale di Progettazione RFI come di riferimento per il dimensionamento e la verifica delle opere di drenaggio della linea ferroviaria.:

Tabella 6-1 Valori parametri a,n per durate di precipitazione > 1 ora

Tempo di ritorno 100 anni			
GORIZIA		CAPRIVA DEL FRIULI	
a [mm/h]	n	a [mm/h]	n
84.20	0.33	74.50	0.32

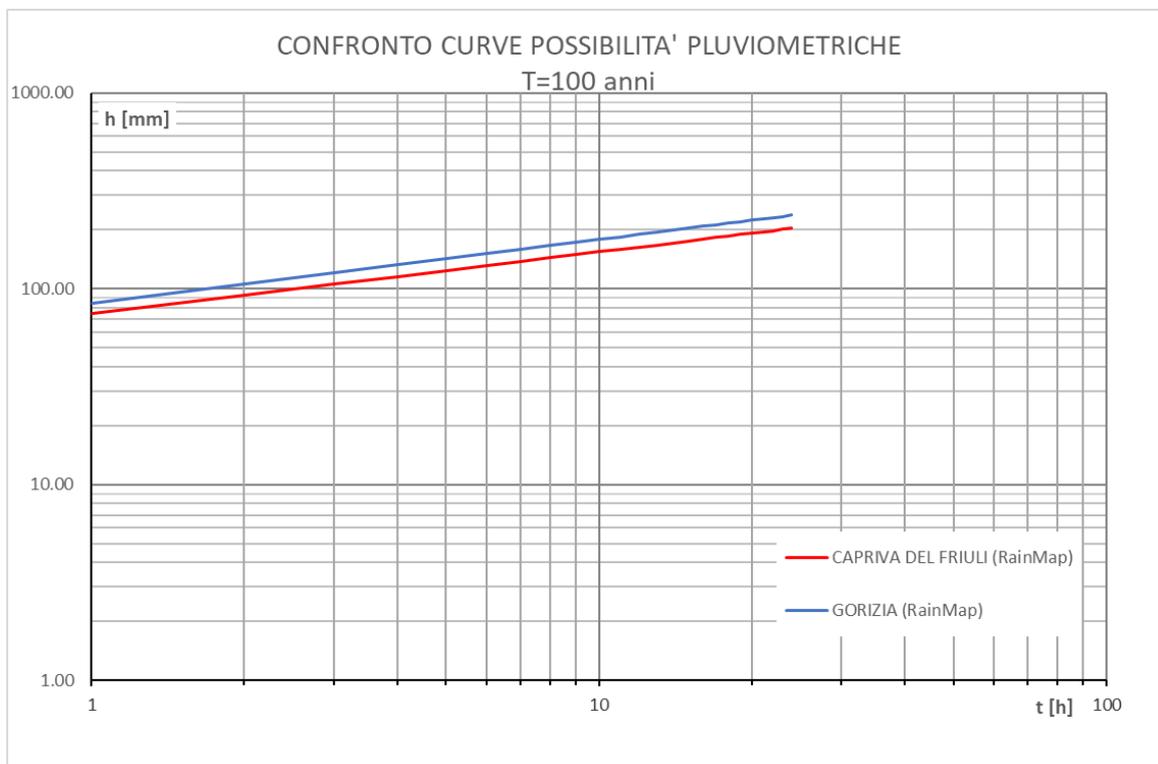


Figura 6-3 RainMap FVG: LSPP per durate > 1 ora

6.1.2 Dati annali idrologici – Analisi statistica con distribuzione di Gumbel

Per disporre di un termine di paragone con i risultati riportati al paragrafo 6.1.1, sono stati considerati anche i dati del pluviometro più vicino agli interventi in progetto, ovvero la stazione di “Capriva del Friuli”.

In generale, le registrazioni sono state reperite direttamente sul sito di ARPA Friuli-Venezia Giulia (<https://www.osmer.fvg.it/clima.php?ln=>) sotto forma di valori massimi di precipitazione al variare della durata di pioggia, dal 1992 al 2020 compresi. I dati degli Annali idrologici, per la stazione in esame, sono disponibili in formato standardizzato per durate orarie di 1, 3, 6, 12 e 24 ore.

Di seguito si riportano i dati geografici del pluviometro d’interesse, il suo posizionamento rispetto agli interventi in progetto, e, a seguire, i dati degli annali idrologici, elaborati con il metodo di Gumbel.

Stazione di CAPRIVA DEL FRIULI (GO)



Altitudine (m s.l.m.) 85

Latitudine (N) 45.9600

Longitudine (E) 13.5100

Figura 6-4 Dati stazione pluviometrica Capriva del Friuli

Tabella 6-2 Dati annali idrologici elaborati con metodo di Gumbel per durate di pioggia > 1 ora e stima parametri

Stazione Pluviometrica di Capriva del Friuli					
Anno	1	3	6	12	24
1990	35.0	45.0	90.0	117.0	124.0
1991	50.0	71.0	85.0	90.0	101.0
1992	54.0	69.0	102.0	127.0	147.0
1993	33.0	74.0	116.0	134.0	197.0
1994	29.0	37.0	48.0	54.0	61.0
1995	49.0	82.0	87.0	112.0	120.0
1996	29.0	33.0	42.0	67.0	80.0
1997	60.0	152.0	184.0	204.0	207.0
1998	56.0	76.0	92.0	108.0	127.0
1999	55.0	67.0	70.0	72.0	73.0
2000	38.0	54.0	67.0	97.0	125.0
2001	56.0	60.0	60.0	73.0	89.0
2002	41.0	48.0	64.0	81.0	95.0
2003	29.0	50.0	68.0	80.0	86.0
2004	35.0	58.0	70.0	85.0	87.0
2005	54.0	71.0	93.0	99.0	99.0
2006	22.0	42.0	60.0	65.0	75.0
2007	24.0	50.0	51.0	56.0	59.0
2008	56.0	65.0	73.0	76.0	102.0
2009	31.0	48.0	58.0	94.0	137.0
2010	51.0	63.0	78.0	87.0	134.0
2011	47.0	60.0	62.0	65.0	74.0
2012	24.0	39.0	56.0	85.0	136.0
2013	26.0	66.0	94.0	101.0	101.0
2014	48.0	62.0	69.0	78.0	96.0
2015	34.0	58.0	63.0	74.0	99.0
2016	43.0	56.0	73.0	99.0	129.0
2017	23.0	38.0	60.0	85.0	89.0
2018	21.0	37.0	40.0	54.0	83.0
2019	34.0	39.0	42.0	73.0	92.0
2020	39.0	61.0	72.0	91.0	102.0

N	31	31	31	31	31
μ_v	39.5	59.1	73.8	89.8	107.3
σ	12.26	21.66	27.32	29.14	34.18
ε	34.03	49.32	61.55	76.66	91.91
α	0.10	0.06	0.05	0.04	0.04
k'	0.65	0.79	0.80	0.68	0.67
CV	0.31	0.37	0.37	0.32	0.32
CV_m	0.34				
k' m	0.72				
a	40.80				
n	0.31				

Tabella 6-3 Dati annali idrologici elaborati con metodo di Gumbel per durate di pioggia > 1 ora – Coefficiente di crescita

T	Kt
2	0.94
5	1.24
10	1.44
20	1.63
50	1.88
100	2.06
200	2.24

Tabella 6-4 Dati annali idrologici elaborati con metodo di Gumbel per durate di pioggia > 1 ora – Parametrici a ed n

T	a	n
50	76.56	0.31
100	84.06	
200	91.54	

A seguire, i grafici raffiguranti le LSPP per il pluviometro d'interesse, al variare del tempo di ritorno, per durate di pioggia > 1 ora:

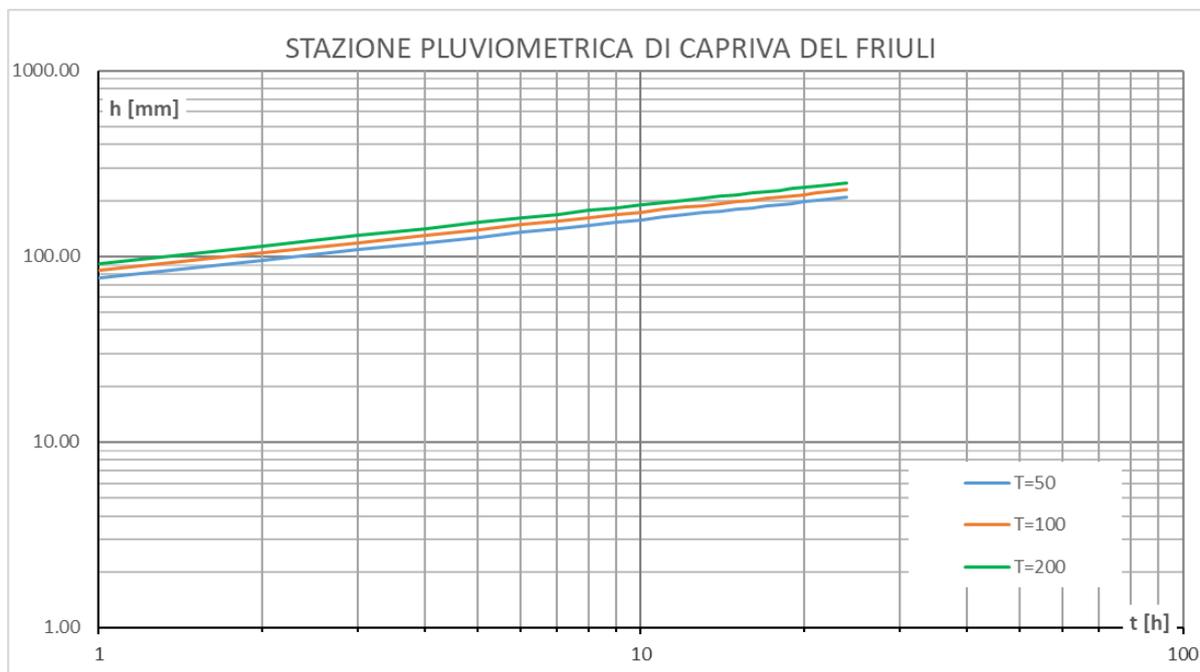


Figura 6-5 LSPP per il pluviometro "Cervignano del Friuli", per durate > 1 ora

6.1.3 Confronto tra le metodologie di calcolo delle LSPP

Nel presente paragrafo vengono confrontate le altezze di pioggia precedentemente calcolate, al fine di individuare il metodo di analisi più affidabile per la definizione delle curve di pioggia di progetto da utilizzare nei calcoli per il dimensionamento delle opere idrauliche.

Il confronto è stato effettuato per il tempo di ritorno di progetto pari a 100 anni.

LSPP > 1 ORA

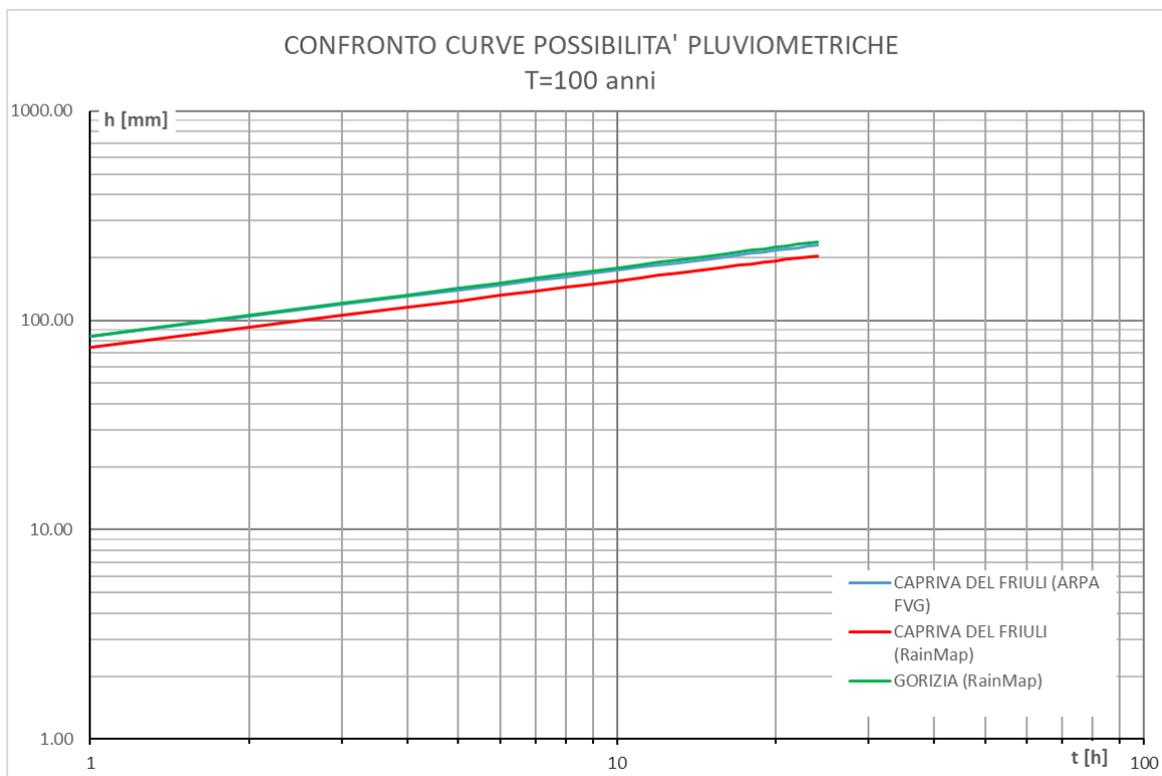


Figura 6-6 Confronto LSPP > 1 ora, Tr 100 anni

Come si evince dall'immagine precedente, le altezze di pioggia che scaturiscono dall'analisi statistica con il metodo di Gumbel applicato ad i valori di precipitazione forniti da ARPA-FVG risultano paragonabili a quelle che si ottengono dall'analisi regionalizzata.

In assenza di dati di precipitazioni per Gorizia nel proseguo saranno pertanto utilizzati i risultati ottenuti dall'applicazione del metodo regionale (Rain Map)

Tabella 6-5 Valori parametri a,n per durate di precipitazione > 1 ora in progetto

Tempo di ritorno 100 anni	
GORIZIA	
a [mm/h]	n
84.20	0.33

6.1.4 Durate di precipitazione $t < 1$ ora

Nel caso di durate di precipitazione < 1 ora, l'utilizzo dei parametri riportati in Tabella 6-1 per il calcolo delle altezze di pioggia associate a durate dell'ordine dei minuti, risulta spesso troppo cautelativo.

Per ovviare a ciò, generalmente si procede al calcolo delle altezze di pioggia impiegando comunque la stessa formula ($h = a t^n$) ma operando una correzione al parametro n , che in questo caso assume il nome di n' .

Per il calcolo del valore del parametro n' , si può procedere in due modi distinti:

a) Seguendo le indicazioni presenti nella normativa regionale - Regolamento recante disposizioni per l'applicazione del principio dell'invarianza idraulica di cui all'articolo 14, comma 1, lettera k) della legge regionale 29 aprile 2015, n. 11 (Disciplina organica in materia di difesa del suolo e di utilizzazione delle acque) -; a pag. 6 dell'Allegato 1, la normativa prescrive che << Nel caso di sistemi di drenaggio nei quali, a causa della conformazione della rete drenante, si debbano considerare piogge di durata inferiore a quella oraria (scrosci), si procede estrapolando i necessari parametri dalle LSPP tarati sulle piogge di durata pari ad 1 ora: il coefficiente n va poi moltiplicato per il valore $4/3$, ovvero si ha $n' = \frac{4}{3} n$ >>. Nel nostro caso, si ottiene $n' = 0.44$.

b) Ricorrendo alla formula di Bell, di seguito descritta. Nel nostro caso, si ottiene $n' = 0.48$.

Formula di Bell

Lo U.S. Water Bureau raccomanda, per tempi di pioggia inferiori a mezz'ora, l'adozione di una relazione empirica derivata interamente da dati di breve durata; tale relazione mostra che, a parità di tempo di ritorno, il rapporto tra l'altezza di pioggia relativa ad una durata dell'ordine dei minuti e l'altezza di pioggia relativa alla durata di 1 ora, rimane costante, come riportato in tabella seguente.

Tabella 6-6 Rapporto tra altezza di pioggia di durata inferiore ad un'ora – U.S. Water Bureau

t [min]	5	10	15	30
$r_{\delta} = h_{\delta} / h_{60}$	0.29	0.45	0.57	0.79

Bell ("Generalized Rainfall Duration Frequency Relationship" – Journal of the Hydraulics Division – Proceedings of American Society of Civil Engineers – volume 95, issue 1 – gennaio 1969), sulla scorta di osservazioni provenienti da oltre 150 stazioni con oltre 40 anni di osservazione, ha dimostrato che la relazione proposta da U.S. Water Bureau può essere estesa fino a valori di durata di pioggia pari a due ore; inoltre, egli ha riscontrato la costanza dei rapporti tra piogge di breve durata e piogge di durata pari ad un'ora anche in Australia, Africa, Hawaii, Alaska e Porto Rico, come risulta dalla figura seguente.

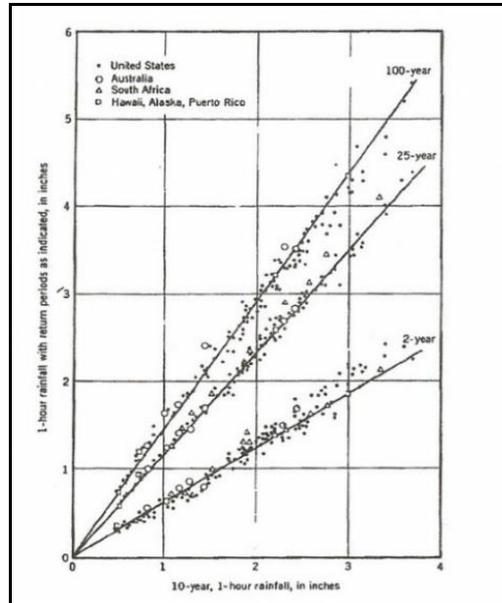


Figura 6-7 Relazione altezza-frequenza per 2, 25, 100 anni

In relazione alla modesta variazione dei rapporti di intensità-durata correlata al tempo di ritorno, Bell ha proposto la seguente relazione, che ben si adatta ai dati osservati:

$$\frac{P_T^t}{h_T^{60}} = (0.54t^{0.25} - 0.50)$$

applicabile per $5 \leq t \leq 120$ minuti, dove:

- P_T^t indica l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari al tempo t , riferita al periodo di ritorno T
- h_T^{60} è l'altezza di pioggia relativa ad un evento di durata pari ad un'ora, riferita al periodo di ritorno T
- t è il tempo di pioggia espresso in minuti.

Nota l'altezza di pioggia h_t relativa all'evento di durata t , passando ai logaritmi, le coppie *altezza di pioggia-durata di pioggia* vengono regolarizzate con l'equazione di una retta dove il termine noto indica il parametro a e il coefficiente angolare rappresenta proprio il parametro n' ; dunque, si ottiene:

$$h = a_{LSPP} t^{n'}$$

Confronto tra le due metodologie

Per la definizione del parametro n' da impiegare per il calcolo delle altezze di pioggia associate a durate dell'ordine dei minuti, si effettua un confronto tra:

- Valore del parametro n' così come definito dalla Normativa Regionale sull'invarianza idraulica:
 $n' = 4/3 n = 0.44$;
- Valore del parametro n' così come ottenuto dal calcolo con la formula di Bell: $n' = 0.48$.

Nel seguente grafico si riportano i valori di altezza di pioggia al variare del tempo (minore di 1h) utilizzando le due metodologie.

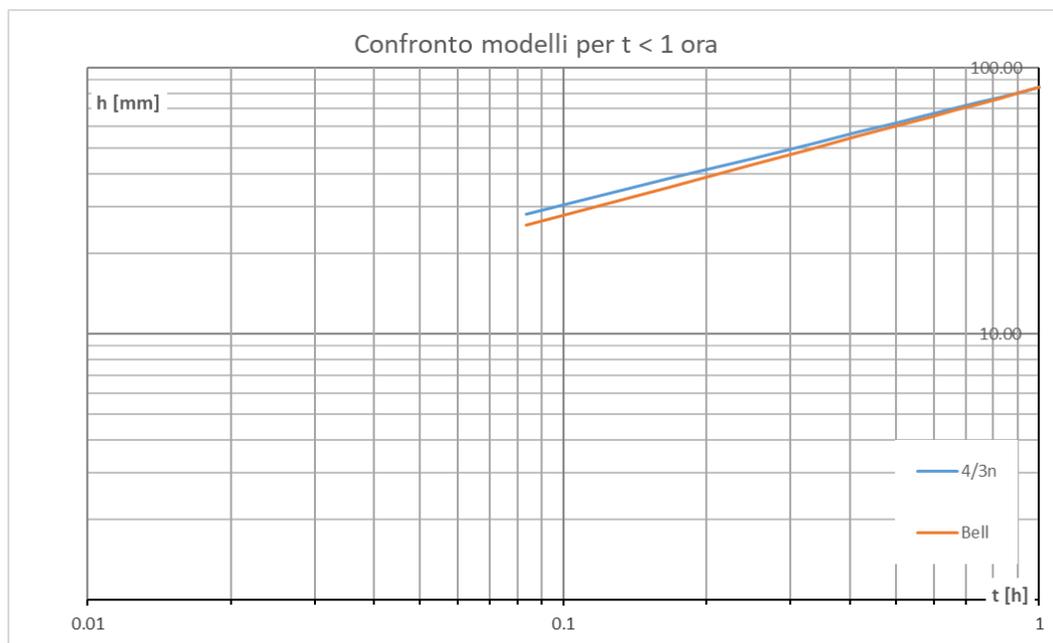


Figura 6-8 Altezze di pioggia al variare della metodologia per $t < 1$ ora

Come si evince dalla figura precedente, si hanno valori di h maggiori nel caso in cui $n' = 4/3 n = 0.44$.

Nella tabella seguente, si riportano i valori dei parametri per le durate di pioggia inferiori ad un'ora, nel caso in cui si ricorre all'uso della regionalizzazione del regime pluviometrico che interessa il Friuli-Venezia Giulia.

Tabella 6-7 Valori parametri a , n per durate di precipitazione < 1 ora in progetto

Tempo di ritorno $T=100$ anni	
a [mm/h]	n
84.20	0.44

6.1.5 Riepilogo dei valori adottati

Di seguito, sinteticamente, i valori dei parametri idrologici da impiegare per il dimensionamento delle opere in progetto, distinti in base alla durata di pioggia (minore/maggiore di un'ora). Le durate di precipitazione vanno inserite in ore.

Tabella 6-8 Parametri idrologici per Variante Isonzo

Durata di pioggia < 1 ora		
TR [anni]	a [mm/h]	n [-]
100	84.20	0.44

Durata di pioggia > 1 ora		
TR [anni]	a [mm/h]	n [-]
100	84.20	0.33

7 EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PRECIPITAZIONI

7.1 I CAMBIAMENTI CLIMATICI IN ITALIA

I cambiamenti climatici rappresentano una delle sfide più rilevanti del nostro tempo. Gli studi più autorevoli evidenziano che l'Europa meridionale e l'area mediterranea dovranno fronteggiare nei prossimi anni gli impatti più significativi dei cambiamenti climatici e saranno fra le aree più a rischio del pianeta, in particolare per l'aumento delle temperature, la variazione delle precipitazioni e la maggiore frequenza ed intensità di eventi estremi (ondate di calore, alluvioni improvvise, siccità, incendi ecc.).

Il rapporto speciale recentemente pubblicato dall'IPCC¹ evidenzia che, ad oggi, il riscaldamento prodotto a livello globale dalle attività umane ha già determinato un incremento della temperatura di circa 1 °C rispetto al periodo pre-industriale (1850–1900). Nel solo decennio 2006-2015, la temperatura è cresciuta di 0.87 °C (\pm 0.12 °C) rispetto allo stesso periodo pre-industriale. Se questo andamento di crescita della temperatura dovesse continuare immutato nei prossimi anni, il riscaldamento globale prodotto dall'uomo porterebbe ad un aumento di 1.5 °C intorno al 2040.

Pur essendo il cambiamento climatico un fenomeno di natura globale, i suoi effetti non sono distribuiti sul pianeta in maniera uniforme, ma si manifestano in maniera diversa e hanno ripercussioni a scala locale, diversificati in base alle criticità del territorio e alle sue caratteristiche di natura ambientale, economica e sociale, e necessitano quindi di essere analizzati e studiati in maniera differenziata in funzione della diversa vulnerabilità del territorio, dei livelli di sviluppo economico e della capacità di adattamento della componente antropica e naturale. Dunque, la conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale per la valutazione degli impatti e della strategia nazionale di adattamento ai cambiamenti climatici (MATTM, 2015).

Studiare gli impatti dei cambiamenti climatici sui sistemi naturali e umani significa analizzarne, secondo la definizione dell'IPCC (2014), gli *"effetti su persone, abitazioni, salute, ecosistemi, beni e risorse economiche, sociali e culturali, servizi (inclusi quelli ambientali) e infrastrutture dovuti all'interazione dei cambiamenti climatici o degli eventi climatici pericolosi che si presentano entro uno specifico periodo di tempo, e alla vulnerabilità di una società o di un sistema esposti ai cambiamenti climatici stessi"*.

Mentre la conoscenza del clima presente e passato e delle variazioni in corso si fonda sull'osservazione delle variabili climatiche e sull'applicazione di metodi e modelli statistici di riconoscimento e stima delle tendenze in corso, la conoscenza del clima futuro si basa sulle proiezioni dei modelli climatici.

¹ IPCC, 2018, Global warming of 1.5°C. An IPCC Special Report on the impacts of global warming of 1.5°C above pre-industrial levels and related global greenhouse gas emission pathways, in the context of strengthening the global response to the threat of climate change, sustainable development, and efforts to eradicate poverty.

Si riporta, di seguito, un breve estratto dal documento “Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali”, ISPRA, 2015:

Secondo la definizione della World Meteorological Organization (WMO), le proiezioni climatiche forniscono la probabilità con cui determinate variazioni del clima possono verificarsi nei prossimi decenni, in relazione a diverse possibili evoluzioni dello sviluppo socio-economico globale. Tali condizioni (scenari) comportano, in particolare, diversi andamenti delle emissioni di gas climalteranti in atmosfera. A tale proposito, l'Intergovernmental Panel for Climate Change (IPCC) ha recentemente ridefinito gli scenari futuri a scala globale (Representative Concentration Pathways – RCP), allo scopo di fornire informazioni sulla probabile evoluzione delle diverse componenti della forzante radiativa (emissioni di gas serra, inquinanti e uso del suolo), da utilizzare come input per i modelli climatici. Gli scenari RCP sostituiscono i precedenti scenari pubblicati dall'IPCC nello Special Report on Emission Scenarios (SRES). I quattro nuovi RCP includono uno scenario di mitigazione, che stima un valore molto basso della forzante radiativa al 2100 (2.6 W/m² - RCP2.6), due scenari intermedi (4.5 W/m² - RCP4.5 e 6 W/m² - RCP6) e uno scenario caratterizzato da un'elevata emissione e da un elevato valore della forzante radiativa (8.5 W/m² - RCP8.5).

Proprio l'IPCC ha introdotto una definizione più specifica del termine “proiezione climatica”, riferendola alla stima delle variazioni del clima futuro che viene fornita dai modelli climatici. Questi ultimi possono essere classificati in due categorie, globali e regionali, che contraddistinguono la diversa scala spaziale delle simulazioni del clima futuro.

I modelli regionali (“Regional Climate Models”, RCM) rispondono alla necessità di fornire una migliore rappresentazione dei fenomeni a scala locale. Tali modelli, innestandosi su un modello globale da cui vengono acquisite le condizioni iniziali e al contorno, producono le proiezioni climatiche su una specifica area di interesse, ad una risoluzione più elevata (fino a una massima risoluzione orizzontale di 10-50 km).

Dall'insieme degli output dei modelli climatici disponibili, sono state estratte e analizzate le proiezioni di precipitazione cumulata annuale fino al 2100 di quattro modelli, negli scenari di emissione RCP4.5 e RCP8.5. Nello specifico, sono stati selezionati i dati che ricoprono l'intero territorio nazionale e per tre orizzonti temporali, rappresentati da periodi di 30 anni (2021-2050, 2041-2060 e 2061-2090), sono stati calcolati sia i valori medi che gli indici rappresentativi degli estremi di precipitazione.

Nelle figure seguenti, si riportano le mappe delle variazioni della precipitazione massima giornaliera (in 24 ore) previste da quattro modelli climatici (ALADIN, GUF, CMCC, LMD), nonché la variazione “media d'insieme” (ENSEMBLE MEAN), con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5, a scala nazionale.

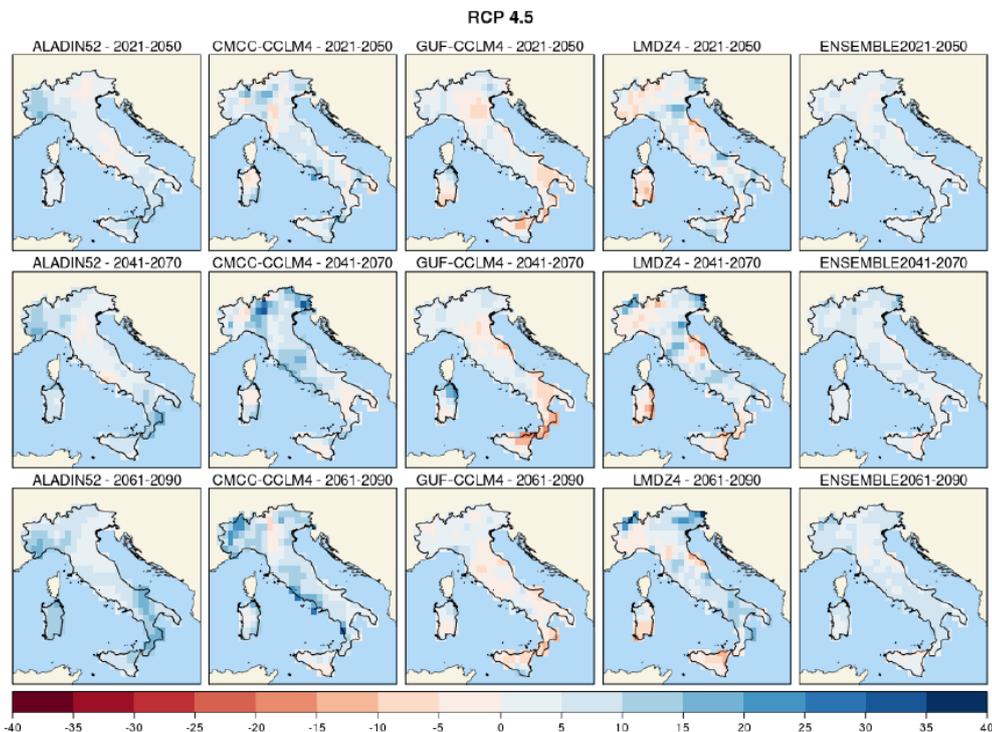
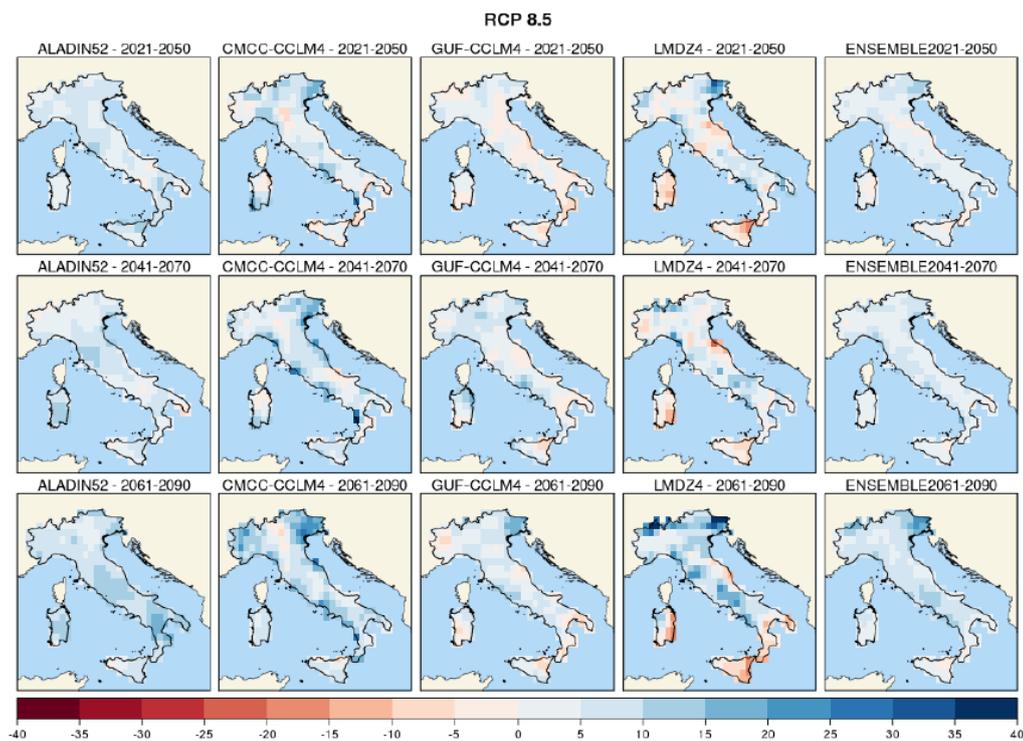


Figura 7-1 Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga)



	PROGETTO DEFINITIVO Lunetta Di Gorizia					
	RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ19	LOTTO 00	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. A

Figura 7-2 – Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga)

In entrambi gli scenari, due modelli climatici indicano un aumento delle precipitazioni massime giornaliere su quasi tutto il territorio nazionale, di entità generalmente modesta (inferiore a 10 mm) ma con punte superiori a 20 mm in alcune zone.

7.1 I CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA DISTRETTUALE

A corredo dell'individuazione delle attività da svolgere per il raggiungimento della riduzione delle conseguenze negative per la salute umana, l'ambiente, il patrimonio culturale e le attività economiche che possono derivare dalle alluvioni, il Parlamento Europeo ed il Consiglio dell'Unione Europea, nelle premesse della direttiva alluvioni 2007/60/CE, sottolineando l'imprevedibilità dei fenomeni alluvionali, indicano come i cambiamenti climatici possano contribuire ad aumentare la probabilità e ad aggravare gli impatti negativi delle alluvioni sugli elementi esposti.

L'articolo 14, punto 4 (CAPO VIII - RIESAMI, RELAZIONI E DISPOSIZIONI FINALI), stabilisce inoltre che il riesame della valutazione preliminare del rischio alluvione, delle mappe della pericolosità e del rischio di alluvione e del Piano di Gestione del Rischio di Alluvioni deve tener conto del probabile impatto dei cambiamenti climatici sul verificarsi di alluvioni.

In linea con la Strategia Europea di Adattamento al Cambiamento Climatico (SEACC), adottata dalla CE il 16 aprile 2013, la quale incoraggia gli Stati ad adottare Strategie nazionali di adattamento ai cambiamenti climatici che identifichino priorità e indirizzino gli investimenti fornendo indicazioni per la loro predisposizione e attuazione, alla fine di ottobre del 2014 è stata approvata in sede di conferenza delle regioni e delle province autonome il documento "*Elementi per una Strategia Nazionale di Adattamento ai cambiamenti climatici*". Tale documento contiene una visione degli impatti dei cambiamenti climatici in molteplici settori socioeconomici e sistemi naturali, individuando un set di azioni e indirizzi di adattamento per far fronte a tali impatti. Esso è alla base della "*Strategia Nazionale di Adattamento ai Cambiamenti Climatici*" adottata, con Decreto Direttoriale Prot. 86/CLE del Ministero dell'Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare – Direzione Generale per il Clima e l'Energia, del 16 giugno 2015.

7.1.1 Metodologia impiegata

Le analisi condotte durante il progetto TRUST (Autorità di Bacino dei Fiumi Isonzo, Tagliamento, Livenza, Piave, Brenta-Bacchiglione, 2011) hanno permesso di caratterizzare i cambiamenti climatici e le possibili alterazioni del ciclo idrogeologico che potranno interessare il distretto idrografico delle Alpi Orientali nel corso del XXI secolo.

Nello specifico è stato utilizzato un insieme di simulazioni climatologiche, condotte con diversi modelli: in una prima fase le simulazioni sono state condotte con un modello di circolazione generale globale ad alta risoluzione "atmosfera - oceano" del Centro euro-Mediterraneo sui Cambiamenti Climatici (CMCC), accoppiato con un modello

	PROGETTO DEFINITIVO					
	Lunetta Di Gorizia					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ19	LOTTO 00	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. A	FOGLIO 30 di 32

del mare Mediterraneo, per produrre scenari climatologici relativamente al periodo 1950-2100. In questo modello le componenti globali (oceano e atmosfera) sono accoppiate con un modello del mare Mediterraneo ad alta risoluzione, capace di riprodurre i principali meccanismi fisici dell'area di interesse; in una fase successiva, i dati globali sono stati oggetto di *downscaling* dinamico al fine di raggiungere una risoluzione spaziale sufficiente per l'esecuzione di studi di impatto sull'area del Distretto Alpi Orientali. Il *downscaling* è stato eseguito utilizzando l'output del modello globale per generare le condizioni al contorno da fornire al modello regionale COSMO-CLM, con il quale sono state eseguite simulazioni ad altissima risoluzione (8 km). COSMO-CLM è un modello regionale non idrostatico realizzato dalla CLM-Community a partire dal modello meteorologico LM del DWD (Germania). La non idrostaticità ha consentito una descrizione ottimale dei fenomeni convettivi, responsabili di eventi estremi di precipitazione.

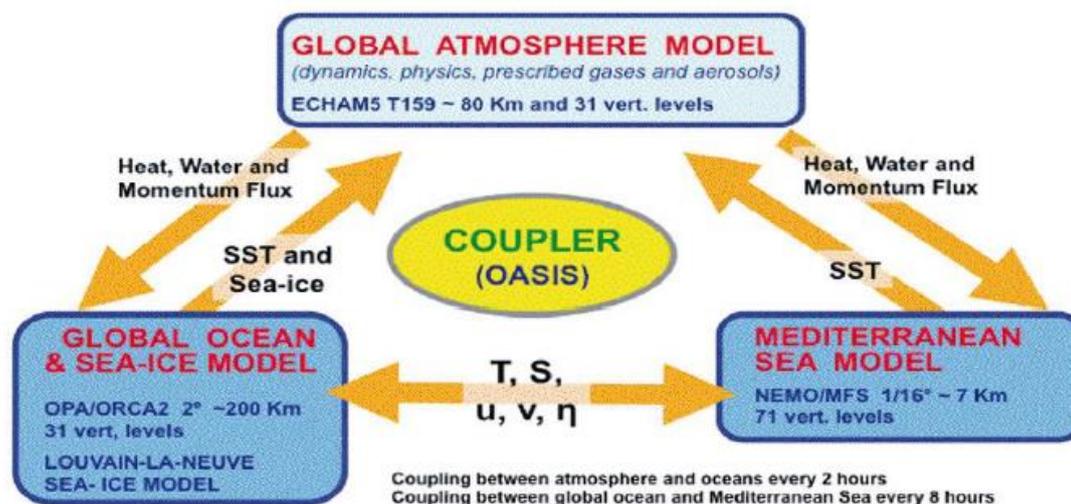


Figura 7-3 Rappresentazione del modello globale del CMCC

I modelli globale e regionale sono stati utilizzati per eseguire simulazioni climatiche della seconda parte del XX secolo (1951-2000) e proiezioni sul XXI secolo (2001-2050). Al fine di verificare l'affidabilità dei modelli nel riprodurre il clima osservato nell'area del distretto, è stato utilizzato il data set grigliato ad alta risoluzione della temperatura a 2 metri e della precipitazione, fornito dal Climate Research Center dell'Università East Anglia (Mitchell *et al.*, 2004).

Inoltre, al fine di confrontare i risultati delle simulazioni TRUST con quelli ottenuti con altri modelli e sostanziare così la discussione sulle proiezioni dei cambiamenti climatici attesi, sono stati usati dati (temperatura a 2 metri e precipitazione) ottenuti con le simulazioni CMPI3.

Infine, sono stati considerati i cicli stagionali relativi al periodo di riferimento 1971-2000 dei parametri quali la precipitazione, la temperatura a 2 metri e l'evapotraspirazione. Essi sono poi stati confrontati con i cicli stagionali

relativi alle proiezioni climatiche per il periodo 2071-2100. In aggiunta, sono stati analizzati i trend calcolati su tutto il XXI secolo.

Il modello climatico globale del CMCC ha mostrato buone capacità nel riprodurre le principali caratteristiche del clima osservato. L'errore nella temperatura superficiale del mare (SST) è simile all'errore sistematico mostrato dalla maggior parte dei modelli globali accoppiati allo stato dell'arte. Una lieve sovrastima della temperatura di circa 1°C interessa alcune aree degli oceani tropicali, mentre un errore di sottostima più pronunciato (4-5°C) è visibile nella parte nord-ovest degli oceani dell'Emisfero Nord, specialmente il nord Atlantico. Nella regione euro-mediterranea, molte caratteristiche del clima simulato sembrano essere in buon accordo con le osservazioni. Come mostrato e discusso in dettaglio in *Gualdi et al., (2010)*, il modello descrive molto bene le caratteristiche stagionali osservate di temperatura superficiale e precipitazione. Specialmente la valutazione della precipitazione orografica sembra migliorata grazie all'alta risoluzione adottata, se confrontata con altri AOGCM allo stato dell'arte come, per esempio, quelli usati nel programma CMIP3 (*Meehl et al., 2007*).

7.1.2 Le proiezioni climatologiche

All'interno del territorio del Distretto delle Alpi Orientali, durante il XXI secolo è predetto dal modello un riscaldamento dell'area di circa 5°C. Le simulazioni idrologiche mostrano per il futuro (2071-2100) un incremento del deflusso medio mensile in inverno, dovuto ad un generale aumento delle precipitazioni e delle temperature che genera modificazioni nelle modalità di accumulo e scioglimento nivale. Il deflusso simulato forzando il modello con le proiezioni climatiche future, se confrontato con quello attuale, evidenzia una leggera diminuzione in termini di volume totale annuo ed un lieve incremento per gli eventi estremi di piena. Rispetto ai dati storici (1950-1965) trova conferma, ed anzi viene enfatizzata, una marcata diminuzione nei deflussi medi nel periodo primaverile – estivo (da Aprile ad Agosto), tendenza questa già in atto allo stato attuale, mentre si assiste ad un significativo incremento delle intensità delle precipitazioni nel periodo autunnale.

In generale, nei bacini di competenza del Distretto Idrografico Alpi Orientali, si evidenzia un anticipo dei processi di scioglimento del manto nevoso ed una conseguente diminuzione dei deflussi nel periodo estivo.

Inoltre, l'attività sperimentale effettuata dal distretto ha valutato un innalzamento medio di circa 20 cm dei livelli idrici nei corsi d'acqua legato al cambiamento climatico.

7.2 REVISIONE DEGLI INPUT PLUVIOMETRICI DI PROGETTO

Nella presente progettazione, il tema dei cambiamenti climatici è stato tenuto in conto incrementando i valori di precipitazione attesi in maniera proporzionale rispetto a quanto desumibile dalle mappe messe a disposizione da ISPRA. In particolare, nella tabella seguente, si riportano i valori di variazione “*media di insieme*” (*ENSEMBLE MEAN*) di precipitazione massima giornaliera (*h24*) (rispetto al valore medio nel periodo climatologico di riferimento 1971-2000), prevista nell'area di intervento, per i tre orizzonti temporali: 2021-2050, 2041-2070, 2061-2090, con

	PROGETTO DEFINITIVO					
	Lunetta Di Gorizia					
RELAZIONE IDROLOGICA	COMMESSA IZ19	LOTTO 00	CODIFICA D 26 RH	DOCUMENTO ID 0001 001	REV. A	FOGLIO 32 di 32

riferimento allo scenario “massimo” di emissione RCP8.5, dedotti dalle mappe sopra descritte, da utilizzare per la verifica degli elementi idraulici.

Tabella 7-1 Variazioni di precipitazione massima giornaliera previste nell’area di intervento (ISPRA, 2015)

INTERVENTO	Variazione media h_{24} (RCP8.5) [mm]		
	2021-2050	2041-2070	2061-2090
Lunetta di Gorizia	+ 5-10	+ 5-10	+10-15

Gli incrementi di precipitazione di sopra riportati non sono, ad ogni modo, presi come base per la progettazione; infatti, le opere di smaltimento idraulico sono state dimensionate considerando un coefficiente di sicurezza tale che da tenere conto anche degli incrementi di precipitazione dovuti ai cambiamenti climatici..