

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J34H16000620009

U.O. COORDINAMENTO TERRITORIALE NORD

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA

POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m in località San Donà di Piave

IDROLOGIA E IDRAULICA

Relazione idrologica – Sede ferroviaria

SCALA:



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

I Z 0 4 1 0 R 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	C. Cappellini <i>C. Cappellini</i>	Giugno 2021	L. Barni <i>L. Barni</i>	Giugno 2021	S. Lo Presti <i>S. Lo Presti</i>	Giugno 2021	A. Perego Giugno 2021



File: IZ0410R26RHID0001001A

n. Elab.

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 2 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	-------------------

INDICE

1	INTRODUZIONE	4
2	RIFERIMENTI NORMATIVI	6
3	DISPOSIZIONI NORMATIVE	7
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE	9
	4.1 IL BACINO DELLA “PIANURA TRA PIAVE E LIVENZA”	11
5	ANALISI IDROLOGICA	12
	5.1 CURVE DI POSSIBILITÀ PLUVIOMETRICA	12
	5.1.1 Dati analisi regionalizzata – Regione Veneto	12
	5.1.2 Dati annali idrologici – Analisi statistica con distribuzione di Gumbel	18
	5.1.3 Confronto tra le metodologie di calcolo delle LSPP	23
	5.1.4 Riepilogo dei valori adottati	25
6	EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PRECIPITAZIONI	26
	6.1 I CAMBIAMENTI CLIMATICI IN ITALIA	26
	6.1 I CAMBIAMENTI CLIMATICI A SCALA DISTRETTUALE	29
	6.1.1 Metodologia impiegata	29
	6.1.2 Le proiezioni climatologiche	31
	6.2 REVISIONE DEGLI INPUT PLUVIOMETRICI DI PROGETTO	31

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 3 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	-------------------

INDICE DELLE FIGURE

FIGURA 1-1 INQUADRAMENTO AREA D'INTERVENTO	4
FIGURA 3-1 SUDDIVISIONE TERRITORIALE IN DISTRETTI	7
FIGURA 4-1 INQUADRAMENTO PM SAN DONÀ DI PIAVE	9
FIGURA 4-2 ESTENSIONE DISTRETTO IDROGRAFICO ALPI ORIENTALI	10
FIGURA 4-3 CORSI D'ACQUA PRINCIPALI DI COMPETENZA DEL DISTRETTO IDROGRAFICO ALPI ORIENTALI	10
FIGURA 4-4 BACINO PIANURA TRA LIVENZA E PIAVE	11
FIGURA 5-1 DELIMITAZIONE DELLE AREE OMOGENEE NELL'ANALISI REGIONALIZZATA DELLA REGIONE VENETO	13
FIGURA 5-2 SOTTOZONA OMOGENEA UNICA PER IL CONSORZIO DI BONIFICA VENETO ORIENTALE	15
FIGURA 5-3 ANALISI REGIONALIZZATA - LSPP < 1 ORA	17
FIGURA 5-4 ANALISI REGIONALIZZATA - LSPP > 1 ORA	17
FIGURA 5-5 DATI STAZIONE PLUVIOMETRICA	19
FIGURA 5-6 POSIZIONAMENTO DEL PLUVIOMETRO RISPETTO ALL'INTERVENTO IN PROGETTO	19
FIGURA 5-7 LSPP PER IL PLUVIOMETRO "NOVENTA DI PIAVE-GRASSAGA"	22
FIGURA 5-8 CONFRONTO LSPP < 1 ORA, TR 200 ANNI	23
FIGURA 5-9 CONFRONTO LSPP > 1 ORA, TR 200 ANNI	24
FIGURA 6-1 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 6-2 – 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)	28
FIGURA 6-3 RAPPRESENTAZIONE DEL MODELLO GLOBALE DEL CMCC	30

INDICE DELLE TABELLE

TABELLA 1-1 STRALCIO ELENCO ELABORATI	5
TABELLA 3-1 SINTESI DELLE CONDIZIONI DI PERICOLOSITÀ DEGLI INTERVENTI IN PROGETTO	8
TABELLA 5-1 VALORI DEI PARAMETRI DELLE LSPP E RELATIVE ALTEZZE DI PIOGGIA	16
TABELLA 5-2 DATI ANNALI IDROLOGICI ELABORATI CON METODO DI GUMBEL PER DURATE DI PIOGGIA < 1 ORA	20
TABELLA 5-3 DATI ANNALI IDROLOGICI ELABORATI CON METODO DI GUMBEL PER DURATE DI PIOGGIA > 1 ORA	21
TABELLA 5-4 PARAMETRI IDROLOGICI PER PM SAN DONÀ DI PIAVE	25
TABELLA 6-1 VARIAZIONI DI PRECIPITAZIONE MASSIMA GIORNALIERA PREVISTE NELL'AREA DI INTERVENTO (ISPRA, 2015) ...	32

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IZ04	10	R 26 RH	ID 00 0 1 001	A	4 di 32

1 INTRODUZIONE

Il presente documento viene redatto nell’ambito del progetto di fattibilità tecnico-economica del potenziamento della linea Venezia - Trieste. Il progetto comprende tutte le opere atte a consentire l’allaccio e l’interfaccia con le linee storiche esistenti e la risoluzione delle interferenze tra la parte di progetto stessa e l’esistente (viabilità, idrografia, ecc.).

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 del posto di movimento nel comune di San Donà di Piave (VE).

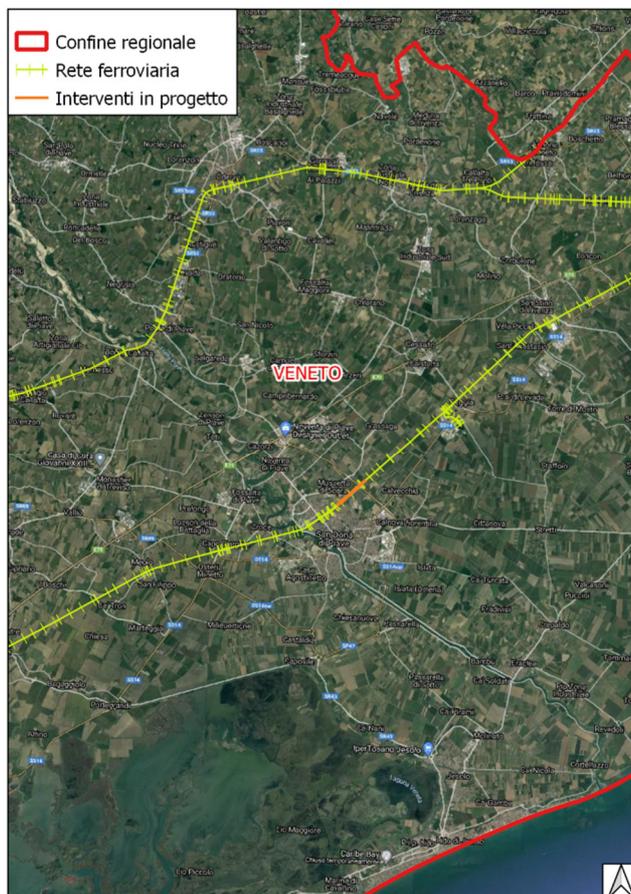


Figura 1-1 Inquadramento area d'intervento

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 6 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	-------------------

2 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:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino idrografico del fiume Sile e della Pianura tra Piave e Livenza, 2002.
- Analisi idrologica e definizione delle curve di possibilità pluviometrica del comprensorio, 2008.
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione, 2012.
- Analisi idrologiche-idrauliche per l'applicazione dei criteri dell'invarianza idraulica nel comprensorio del veneto orientale, 2012.
- Criteri e procedure per il rilascio di concessioni, autorizzazioni, pareri, relativi ad interventi interferenti con le opere consorziali, trasformazioni urbanistiche, e sistemazioni idraulico-agrarie, 2016.
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali – I CICLO 2015-2021.

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 7 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	-------------------

3 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 3-1 Suddivisione territoriale in distretti

Analizzando le opere in progetto secondo la nuova Direttiva 2000/60/CE, l'intervento ricade all'interno del bacino idrografico cosiddetto "Pianura tra Livenza e Piave" ma risente anche delle condizioni di pericolosità idraulica derivanti dal fiume Piave; in entrambi i casi, la competenza in materia è demandata al Distretto Idrografico Alpi Orientali. Di conseguenza, l'analisi idraulica dovrà considerare gli strumenti di pianificazione territoriale in vigore nella zona in esame, in particolare:

- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dei bacini idrografici dei fiumi Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione;
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) del bacino idrografico del fiume Sile e della Pianura tra Piave e Livenza;
- Piano di Gestione Rischio Alluvioni (PGRA) del Distretto Idrografico delle Alpi Orientali – I CICLO 2015-2021.

**POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE****Posti di Movimento e Varianti di Tracciato****LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m in località San Donà di Piave**

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 8 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	-------------------

Tabella 3-1 Sintesi delle condizioni di pericolosità degli interventi in progetto

INTERVENTO	PAI - Isonzo, Tagliamento, Piave e Brenta-Bacchiglione	PAI - Sile e Pianura tra Piave e Livenza	PGRA – I Ciclo
PM San Donà di Piave	P1	P1	P2

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 9 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	-------------------

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Come anticipato nell'introduzione, nell'ambito della progettazione del potenziamento della linea Venezia - Trieste, è prevista la realizzazione del posto di movimento ubicato nel comune di San Donà di Piave che si estende dalla progr. 33+781.35 km alla progr. 34+785.68 km.

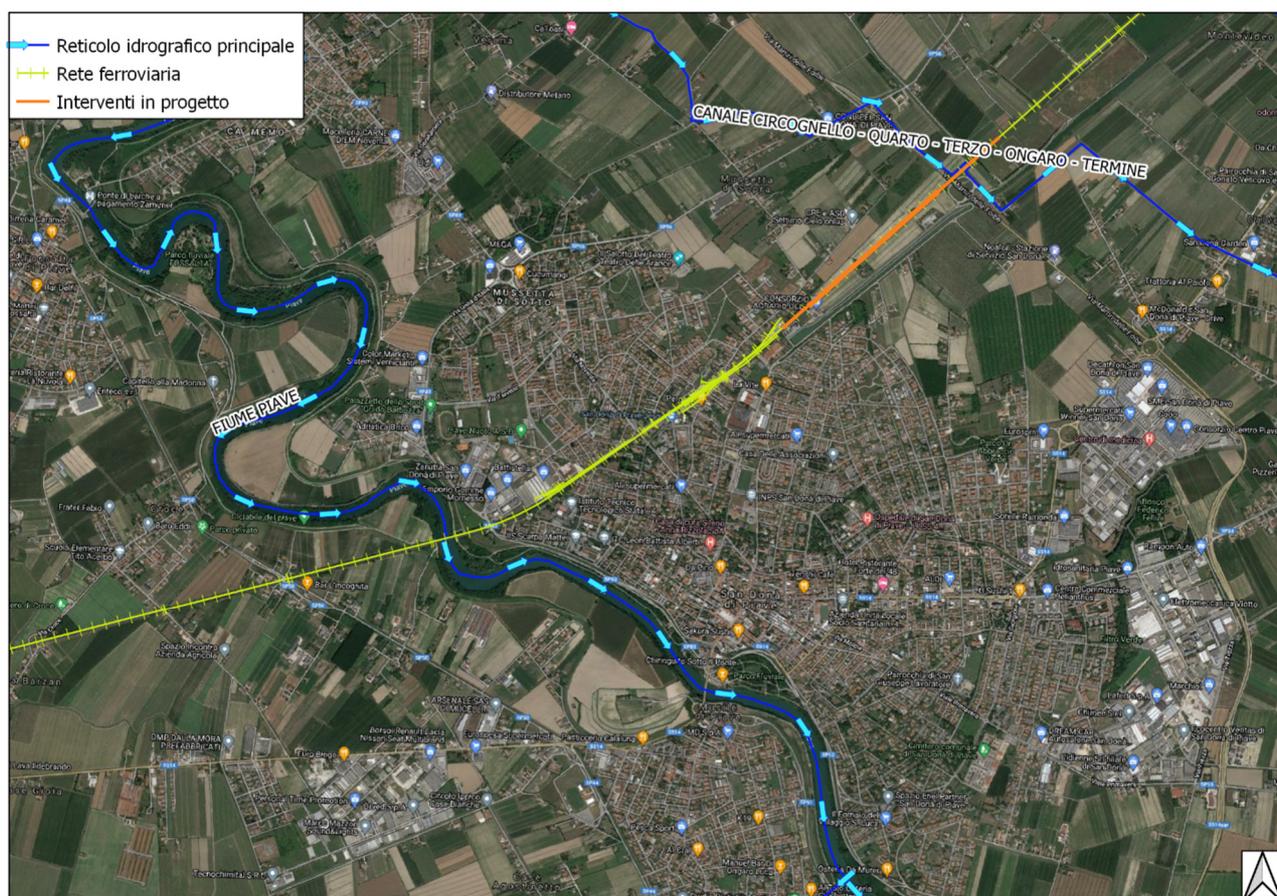


Figura 4-1 Inquadramento PM San Donà di Piave

Dal punto di vista dell'idrografia, il PM San Donà di Piave ricade all'interno del bacino idrografico cosiddetto "Pianura tra Livenza e Piave" di competenza del Distretto Idrografico Alpi Orientali.

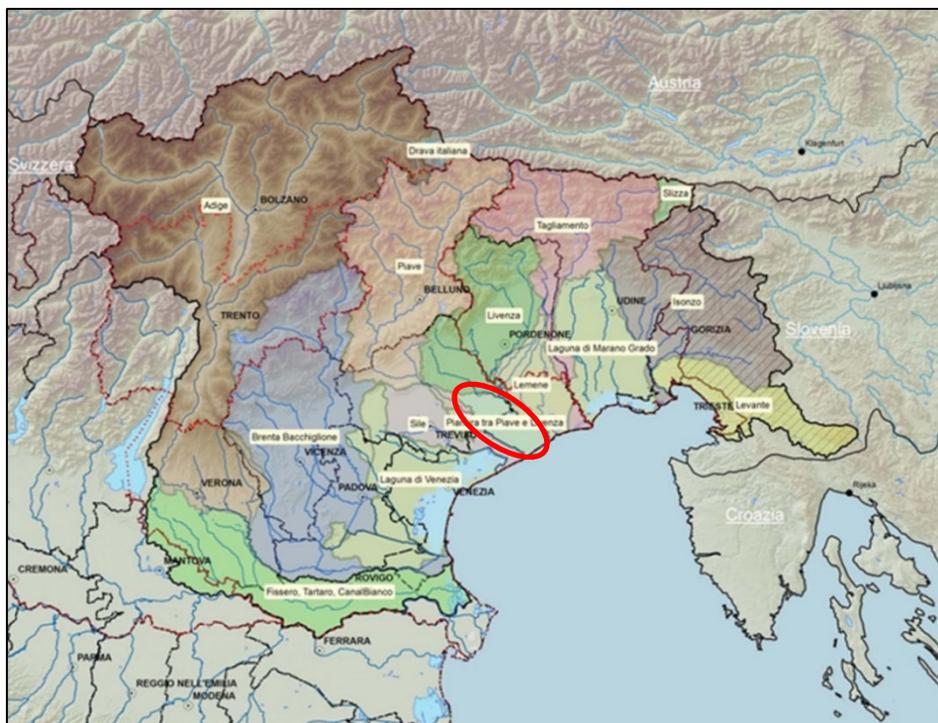


Figura 4-2 Estensione Distretto idrografico Alpi orientali

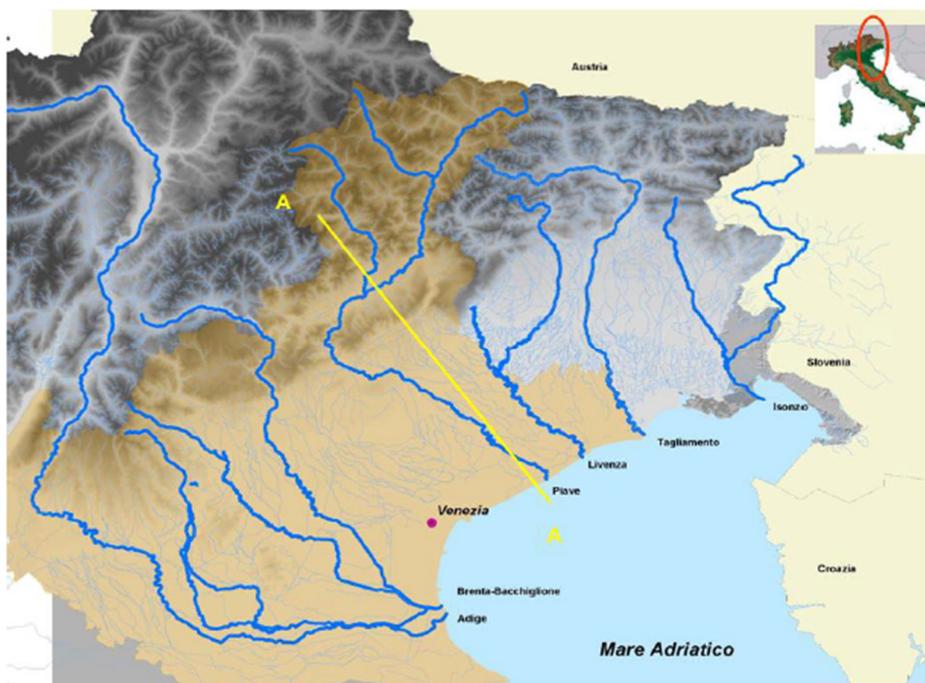


Figura 4-3 Corsi d'acqua principali di competenza del distretto idrografico alpi orientali

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 11 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	--------------------

4.1 IL BACINO DELLA “PIANURA TRA PIAVE E LIVENZA”

Il bacino della pianura tra Piave e Livenza, caratterizzato da un'estensione di circa 450 km², è compreso tra il fiume Livenza ad ovest ed il fiume Piave ad est; tuttavia, tale bacino non ne riceve le acque poiché gli alvei di entrambi i fiumi presentano quote idrometriche dominanti rispetto ai terreni attraversati.

Fatta eccezione per le aree più settentrionali, poste in adiacenza al centro abitato di Oderzo e delimitate dal corso del Monticano, il bacino in argomento è per lo più formato da comprensori di bonifica nei quali il drenaggio delle acque è garantito da una serie di impianti idrovori, inseriti in una rete di canali tra loro interconnessi e dal complesso funzionamento.

Per questa parte dell'ambito territoriale esaminato, nel quale le zone più settentrionali scolano a gravità verso aree della bonifica dove l'allontanamento delle acque può avvenire solamente per sollevamento meccanico, le simulazioni condotte con il modello di allagamento per le piene “critiche” con tempo di ritorno variabile tra i 20 anni e i 200 anni evidenziano la presenza di aree interessate da fenomeni di inondazione che si accentuano sensibilmente al crescere del tempo di ritorno dell'evento, soprattutto nella parte meridionale più depressa rispetto al medio mare.

Il fenomeno, che si manifesta per l'evento meno gravoso principalmente con insufficienze locali, al crescere dell'importanza dell'evento stesso assume decisamente caratteri generalizzati, seppure a danno di zone ben delimitabili del comprensorio. Si riscontra anche una sistematica riduzione del franco, per cui i problemi della sicurezza idraulica sono ben più importanti di quanto possa apparire dall'esame delle sole zone interessate dalla presenza di allagamenti. Tanto più, questa circostanza è da tenere presente considerando gli effetti disastrosi di sormonti più o meno diffusi o di eventuali cedimenti delle arginature dei principali corsi d'acqua, che fluiscono con quote idrometriche decisamente superiori rispetto al piano campagna.

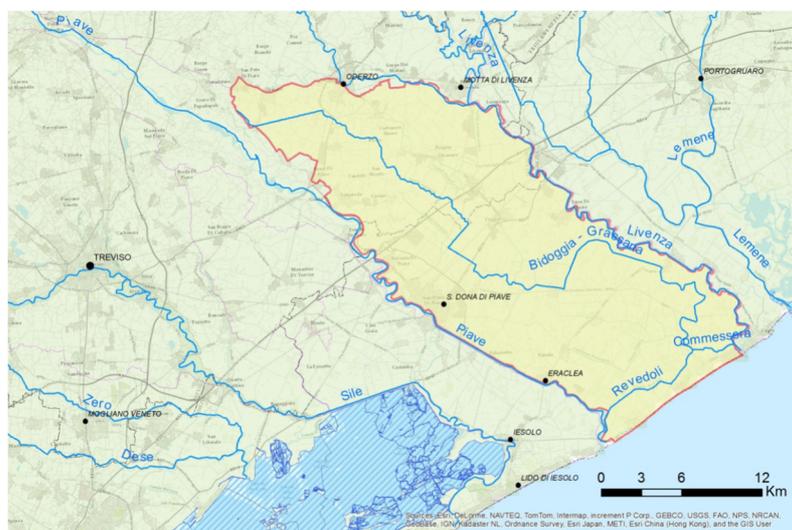


Figura 4-4 Bacino PIANURA TRA LIVENZA E PIAVE

5 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 idroclimatici ufficiali (Servizio Idrografico), delle caratteristiche morfologiche e di copertura del suolo e di eventuali altri studi disponibili.

5.1 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 (su committenza del Dipartimento della Protezione Civile) da NordEst Ingegneria S.r.l., all'interno del progetto "*Analisi Regionalizzata delle precipitazioni per l'individuazione di curve segnalatrici di possibilità pluviometrica di riferimento*", con particolare riferimento ad i valori validi per il Consorzio di Bonifica Veneto Orientale, all'interno del quale ricadono le nostre opere;
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, di una stazione pluviometrica ARPAV localizzata nelle vicinanze delle opere in progetto.

Le elaborazioni sono state sviluppate come di seguito descritte.

5.1.1 Dati analisi regionalizzata – Regione Veneto

L'analisi regionalizzata delle precipitazioni viene utilizzata qualora non siano presenti osservazioni pluviometriche nei dintorni della zona oggetto di intervento, o la serie storica risulti limitata. Tale metodo si fonda sull'ipotesi che la distribuzione dei valori estremi di precipitazione entro una certa area presenti delle caratteristiche abbastanza simili.

A tal proposito, nel 2011 è stata realizzata l'Analisi regionalizzata delle precipitazioni relativa al territorio dei consorzi di bonifica del Veneto; di seguito è mostrata l'estensione della regione, suddivisa per aree omogenee:

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 13 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	--------------------

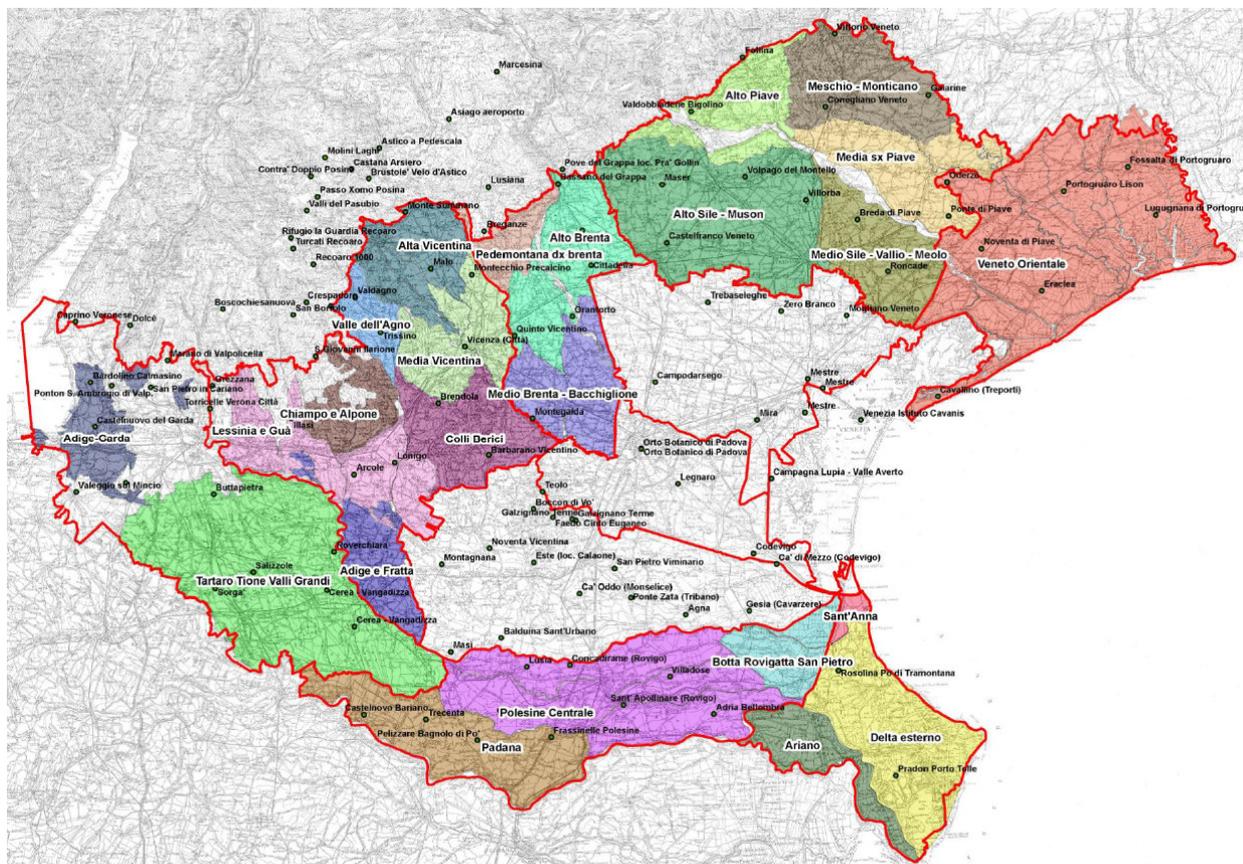


Figura 5-1 Delimitazione delle aree omogenee nell'Analisi regionalizzata della Regione Veneto

Nell'ambito di una *regione omogenea*, si è ipotizzato che la distribuzione di probabilità dei valori massimi annui delle altezze di precipitazione di durata d sia invariante, a meno di un fattore di scala dipendente dal sito di interesse, rappresentato dalla grandezza indice. La stima dell'altezza di pioggia presso la j -esima stazione $h_j(d, T)$ si esprime allora come prodotto di due termini:

$$h_j(d, T) = m_{j,d} \cdot h_d(T)$$

in cui $m_{j,d}$ è la grandezza indice specifica per la stazione di interesse e per la durata considerata, e $h_d(T)$ è un fattore adimensionale, chiamato *curva di crescita*, che esprime la variazione dell'altezza di precipitazione di durata d in funzione del tempo di ritorno T , indipendentemente dal sito. La curva di crescita assume validità regionale ed è comune a tutte le stazioni pluviometriche appartenenti ad una data zona omogenea. Come grandezza indice $m_{j,d}$ è stata adottata la media dei valori massimi annuali dell'altezza di precipitazione nella durata d . Tale dato è stimato dalla media campionaria delle misure effettuate presso ciascuna stazione.

In sintesi, il metodo della grandezza indice scinde il problema in due sotto-problemi disgiunti: la stima della curva di crescita valida per l'intera regione omogenea e la comprensione della reale distribuzione della grandezza indice nel territorio, di cui le medie campionarie sono delle realizzazioni affette da un certo errore.



POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m in località San Donà di Piave

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 14 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	--------------------

Da un punto di vista operativo, per ogni durata di precipitazione il metodo si sviluppa nei seguenti passi:

1. identificazione di un'ipotesi di zone omogenee;
2. calcolo della grandezza indice come media campionaria dei dati misurati presso ciascuna stazione;
3. normalizzazione del campione di ogni sito, i cui valori sono divisi per la corrispondente media;
4. regolarizzazione del campione composto dai dati normalizzati di tutte le stazioni comprese nella medesima zona omogenea, mediante una opportuna distribuzione di probabilità, e individuazione della corrispondente curva di crescita;

La regolarizzazione del campione composto dai dati normalizzati di tutte le stazioni di ciascuna zona omogenea è stata svolta col metodo di Gumbel.

Le sottozone omogenee individuate consistono in aree con la medesima curva di crescita (regionalizzazione del primo ordine) e per le quali è possibile attribuire un valore unico di grandezza indice, cioè di media dei massimi, ragionevolmente rappresentativo (regionalizzazione del secondo ordine). Ciascun consorzio è stato perciò diviso in sottozone omogenee, ottenute per aggregazione delle unità territoriali elementari. Lo studio, condotto su tutto il territorio regionale, dunque, ha suddiviso l'area di interesse in aree che potessero essere ritenute omogenee dal punto di vista della variabilità dei dati di pioggia per tutte le durate di precipitazione.

A tal proposito è stato condotto il test statistico di Hosking e Wallis (Test H) che stima l'omogeneità dei dati tra le stazioni del Comprensorio per le diverse durate: poiché nel caso del Consorzio di Bonifica Veneto Orientale il valore di H è sempre minore di 1, la curva di possibilità climatica di riferimento è unica per l'intero comprensorio.

Le stazioni utilizzate per la regionalizzazione delle piogge nell'area Veneto Orientale sono state 11, con almeno 8 anni di letture: Portogruaro-Lison, Fossalta di Portogruaro, Lugugnana di Portogruaro, Eraclea, Roncade, Ponte di Piave, Cavallino, Mogliano Veneto e Venezia Cavanis. Non tutti i siti di raccolta dati si trovano all'interno dell'area di interesse, poiché sono utilizzati come condizione al contorno al fine di circoscrivere la stessa.

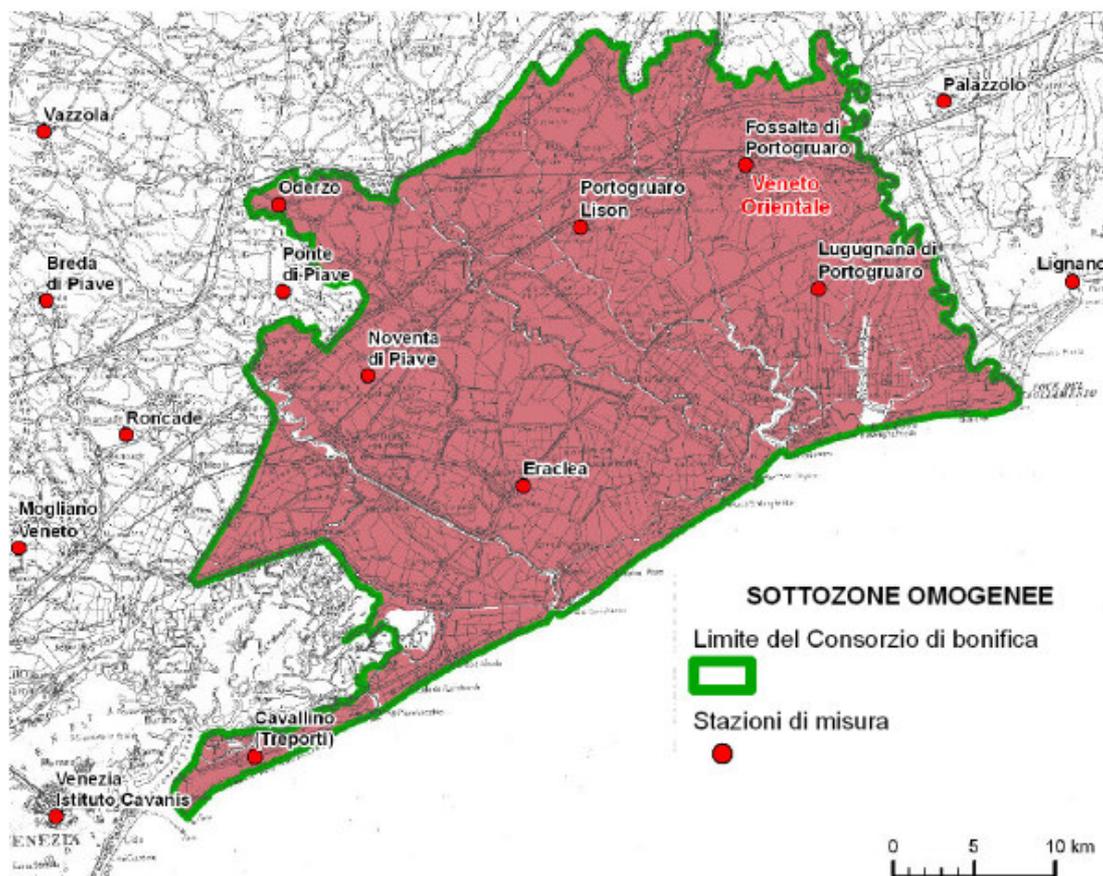


Figura 5-2 Sottozona Omogenea unica per il consorzio di bonifica veneto orientale

Il risultato finale dell'analisi condotta è dato dalla curva segnalatrice di possibilità pluviometrica (CPP), formula che esprime la precipitazione h in funzione della durata t dell'evento meteorico, per ogni tempo di ritorno. In particolare:

- a) Curve segnalatrici a tre parametri tarate sui valori attesi da 5 minuti a 24 ore:

$$h = \frac{a}{(t + b)^c}$$

dove a , b , c sono i parametri della curva LSPP mentre t è la durata di precipitazione, espressa in minuti;

- b) Curve segnalatrici a due parametri calcolati su quintetti di dati, negli intervalli sub-orari e orari e curva segnalatrice a due parametri riferita alle durate giornaliere:

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

dove a , n sono i parametri della curva LSPP mentre t è la durata di precipitazione, espressa in ore.

Nel presente progetto si è fatto riferimento alla formula tri-parametrica in quanto le durate di precipitazione di interesse sono tutte e solo quelle con durata inferiore a 24 ore.

Di seguito si riportano i valori dei parametri a, b, c delle LSPP per la formula trinomia e, successivamente, i valori di precipitazione ottenuti al variare della durata di pioggia, senza applicare alcun ragguglio viste le modeste superfici in gioco.

Tabella 5-1 Valori dei parametri delle LSPP e relative altezze di pioggia

FORMULA TRINOMIA (5 min < Tp < 24 ore)			
TR [anni]	a	b	c
2	18.5	10.8	0.819
5	23.8	11.8	0.813
10	25.4	11.7	0.799
20	25.9	11.3	0.781
30	25.8	10.9	0.769
50	25.4	10.4	0.754
100	24.5	9.6	0.732
200	23.2	8.7	0.709

h _{lorda} [mm]				
Tp [ore]	Tp [min]	Tr [anni]		
		50	100	200
0.08	5	16.16	17.21	18.14
0.17	10	26.14	27.75	29.09
0.25	15	33.24	35.24	36.89
0.50	30	46.85	49.75	52.11
0.75	45	55.39	58.99	61.97

h _{lorda} [mm]				
Tp [ore]	Tp [min]	Tr [anni]		
		50	100	200
1	60	61.65	65.85	69.38
3	180	87.34	94.86	101.68
6	360	105.77	116.38	126.48
9	540	117.69	130.57	143.12
12	720	126.78	141.49	156.05
18	1080	140.58	158.24	176.09
24	1440	151.16	171.20	191.74

A seguire, i grafici raffiguranti le LSPP per le durate di interesse, ricavate con i parametri della formula trinomia di cui sopra:

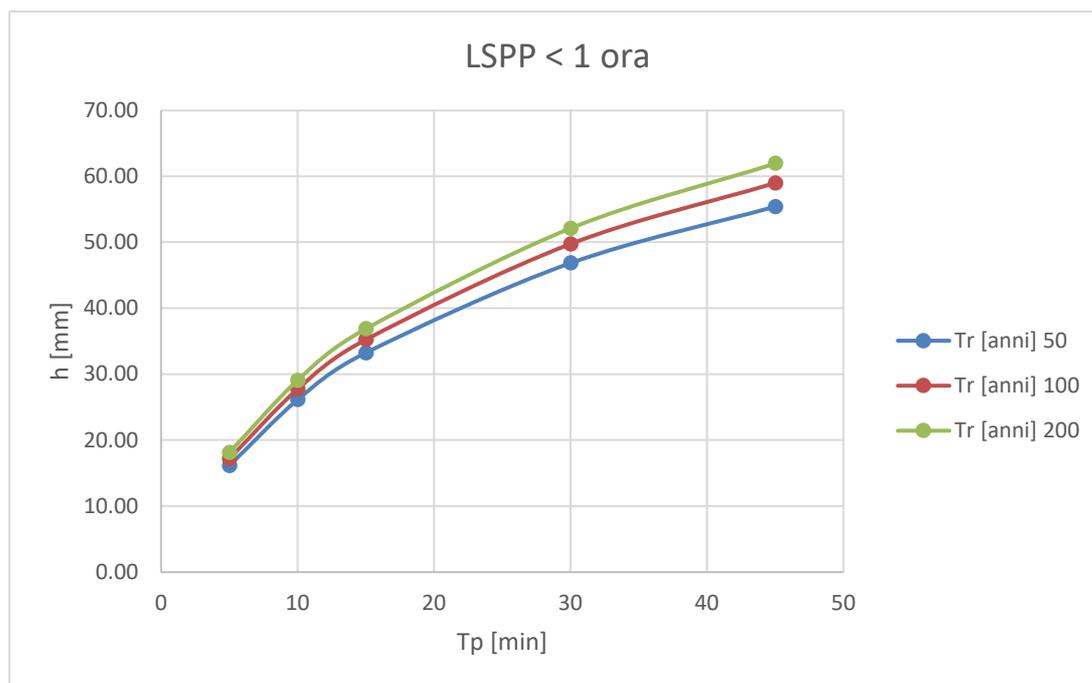


Figura 5-3 Analisi regionalizzata - LSPP < 1 ora

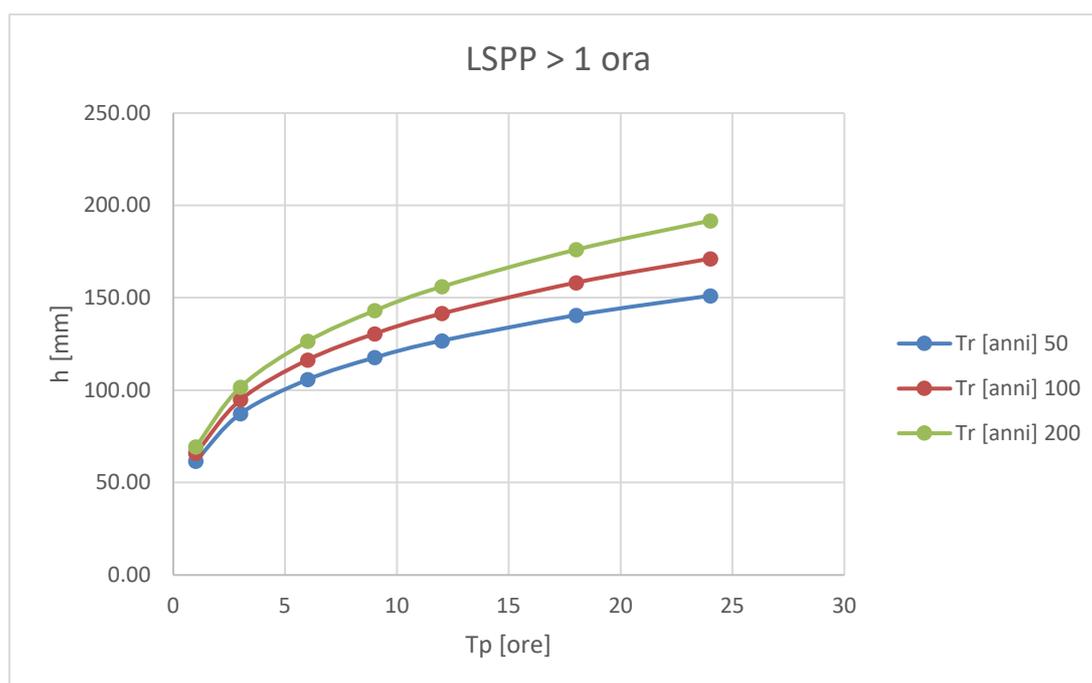


Figura 5-4 Analisi regionalizzata - LSPP > 1 ora

**POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE****Posti di Movimento e Varianti di Tracciato****LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m in località San Donà di Piave**

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 18 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	--------------------

5.1.2 Dati annali idrologici – Analisi statistica con distribuzione di Gumbel

Per disporre di un termine di paragone con i risultati riportati al paragrafo 5.1.1, sono stati considerati anche i dati del pluviometro più vicino agli intervento in progetto, ovvero la stazione di “Noventa di Piave – Grassaga”. Per tale stazione di monitoraggio sono stati reperiti direttamente sul sito di ARPA Veneto (<https://www.arpa.veneto.it/bollettini/storico/precmax/>) i valori dei 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 sub-orarie di 5, 10, 15, 30 e 45 minuti, e 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 all’intervento in progetto, e, a seguire, i dati degli annali idrologici, elaborati con il metodo di Gumbel.

Tabella 5-2 Dati annali idrologici elaborati con metodo di Gumbel per durate di pioggia < 1 ora

Durate di pioggia < 1 ora					
NOVENTA DI PIAVE - GRASSAGA					
INTERVENTO	PM San Donà di Piave				
ANNO	MAX_5min	MAX_10min	MAX_15min	MAX_30min	MAX_45min
1992	13.8	21.6	29.2	35	40.4
1993	9.2	15.2	18.2	23.4	27.8
1994	8	16	19.8	26	28
1995	8.8	17.6	23	35	43
1996	5.4	9.4	12	17.6	20
1997	13	20.2	25.8	30	31.2
1998	10.6	16.6	21.4	31.8	42
1999	6	10	12.8	14.6	16.8
2000	10	15.8	20.4	34.4	42.4
2001	12.2	19.2	24	31.6	33.6
2002	8.6	14	20.2	27.8	30.6
2003	7.4	10.8	11.8	15.2	20.4
2004	9.8	17.8	22.8	27.2	33.4
2005	9.8	17	22	30.4	35.4
2006	10.8	20.2	27.8	41	43.2
2007	8.2	13.8	16.8	24.6	27.8
2008	6	10.8	14.6	25.2	33.8
2009	8.4	14.6	15.6	18.8	20.8
2010	7	12.6	16	18.8	22.8
2011	12.6	21.6	27.6	31.4	37.2
2012	10.2	17.8	25.2	44.6	58.2
2013	13.4	14.6	15.6	20.2	21.4
2014	10	17.4	27.4	49.4	61.8
2015	10.2	15.8	21.2	32.8	39
2016	12.2	21.2	28.8	48.4	69.2
2017	9	15.2	18.4	24.8	32
2018	11.6	20	26.4	35.6	36.8
2019	13.2	18	23.6	29	30.6
2020	8.2	15.2	20	28.2	30

Numerosità N	29	29	29	29	29
Media μ	9.78	16.21	20.98	29.41	34.81
Dev. Std σ	2.32	3.41	5.16	9.00	12.34
$u = \mu - 0.45 \sigma$	8.73	14.67	18.66	25.36	29.26
$\alpha = 1.283/\sigma$	0.55	0.38	0.25	0.14	0.10

TR [ANNI]	a_LSPP [mm/h]	n_LSPP [-]
2	40.89	0.563
5	54.25	0.608
10	63.10	0.629
25	74.31	0.649
30	76.50	0.652
50	82.62	0.660
100	90.88	0.670
200	99.11	0.678

		h_{forda} [mm]		
Tr [ore]	Tr [min]	Tr [anni]	Tr [anni]	Tr [anni]
		50	100	200
0.08	5	16.01	17.19	18.37
0.17	10	25.31	27.36	29.40
0.25	15	33.08	35.90	38.70
0.50	30	52.28	57.12	61.93
0.75	45	68.33	74.95	81.54

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	IZ04	10	R 26 RH	ID 00 0 1 001	A	21 di 32

Tabella 5-3 Dati annuali idrologici elaborati con metodo di Gumbel per durate di pioggia > 1 ora

Durate di pioggia > 1 ora					
NOVENTA DI PIAVE - GRASSAGA					
INTERVENTO	PM San Donà di Piave				
ANNO	MAX_1H	MAX_3H	MAX_6H	MAX_12H	MAX_24H
1992	43	45.8	48.8	64.2	113.6
1993	30.4	44	51.4	51.4	59.4
1994	28.8	34.4	36	44.4	50
1995	44.2	44.2	51.8	58.2	110
1996	21	41	47.2	51	53.6
1997	31.2	32.2	32.6	41.8	49
1998	46	51.8	51.8	52	59.2
1999	20.4	30.6	32.6	45.2	71
2000	49.2	52.2	65.4	77.6	104.4
2001	35	36.8	39.8	42.2	43.6
2002	31	43.6	54.2	64.6	65.2
2003	23.6	25.4	30.6	47	59.2
2004	34.4	52.2	68	69.2	69.2
2005	39.2	56.6	59	59.8	78.2
2006	43.2	60	70.4	81.4	137.4
2007	37.6	55.2	80.8	81.8	83.6
2008	37	48.2	62.4	84.4	107.4
2009	23.8	40.8	67.6	74.6	95.4
2010	25.8	39.4	44.8	55	59
2011	40.8	45.4	45.6	55	101.4
2012	65	76.2	76.6	77.2	77.2
2013	26.2	51.4	67	74.6	75.6
2014	67	67.8	68	68.6	71.6
2015	41.4	57.4	60.4	67.4	67.6
2016	81	92.8	93.2	93.2	93.2
2017	32.8	39.2	40.4	48.8	64.4
2018	37.2	42.4	47	53.2	53.2
2019	31.2	47.2	55.6	60	70
2020	31.6	35	36.2	60	68.4

Numerosità N	29	29	29	29	29
Media μ	37.90	47.90	54.66	62.20	76.24
Dev. Std σ	13.88	14.02	15.61	14.01	22.85
$u = \mu - 0.45 \sigma$	31.65	41.60	47.64	55.89	65.96
$\alpha = 1.283/\sigma$	0.09	0.09	0.08	0.09	0.06

TR [ANNI]	a_LSPP [mm/h]	n_LSPP [-]
2	35.53	0.219
5	46.87	0.197
10	54.37	0.188
25	63.83	0.179
30	65.69	0.178
50	70.85	0.174
100	77.81	0.170
200	84.75	0.166

Tp [ore]	Tp [min]	h _{orda} [mm]		
		Tr [anni]	Tr [anni]	Tr [anni]
		50	100	200
1	60	70.85	77.81	84.75
3	180	85.76	93.74	101.69
6	360	96.74	105.43	114.08
9	540	103.80	112.93	122.02
12	720	109.12	118.57	127.99
18	1080	117.09	127.01	136.89
24	1440	123.09	133.35	143.58

A seguire, i grafici raffiguranti le LSPP per il pluviometro d'interesse, al variare della durata di pioggia e del tempo di ritorno:

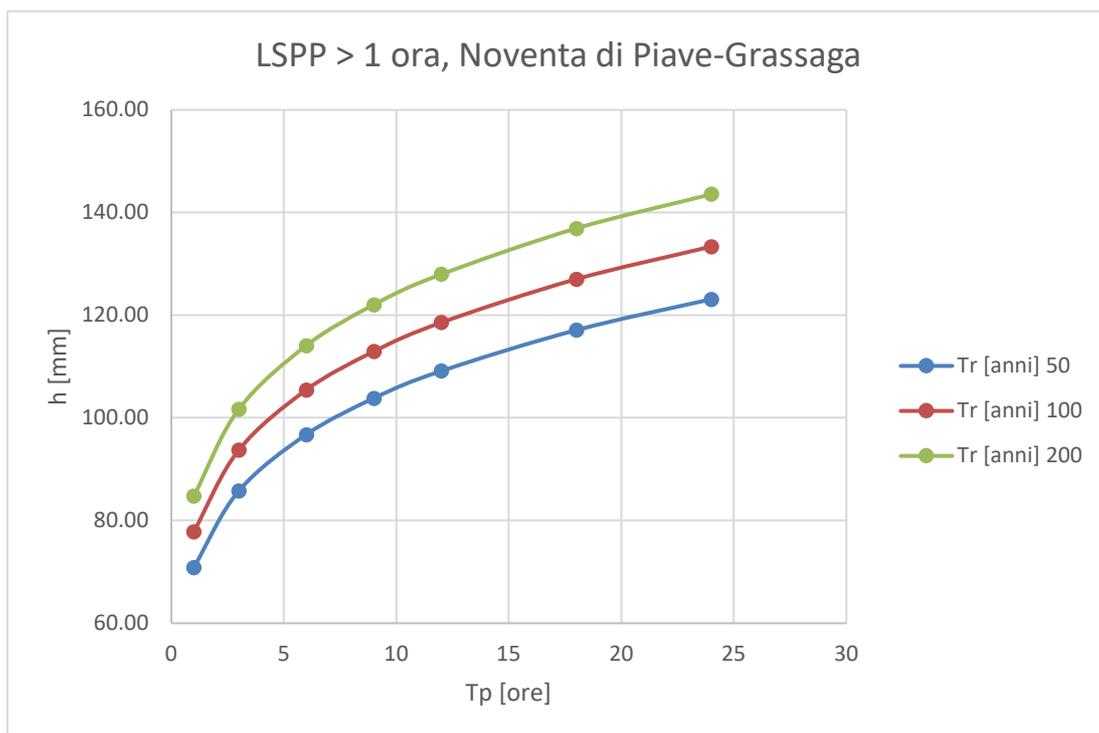
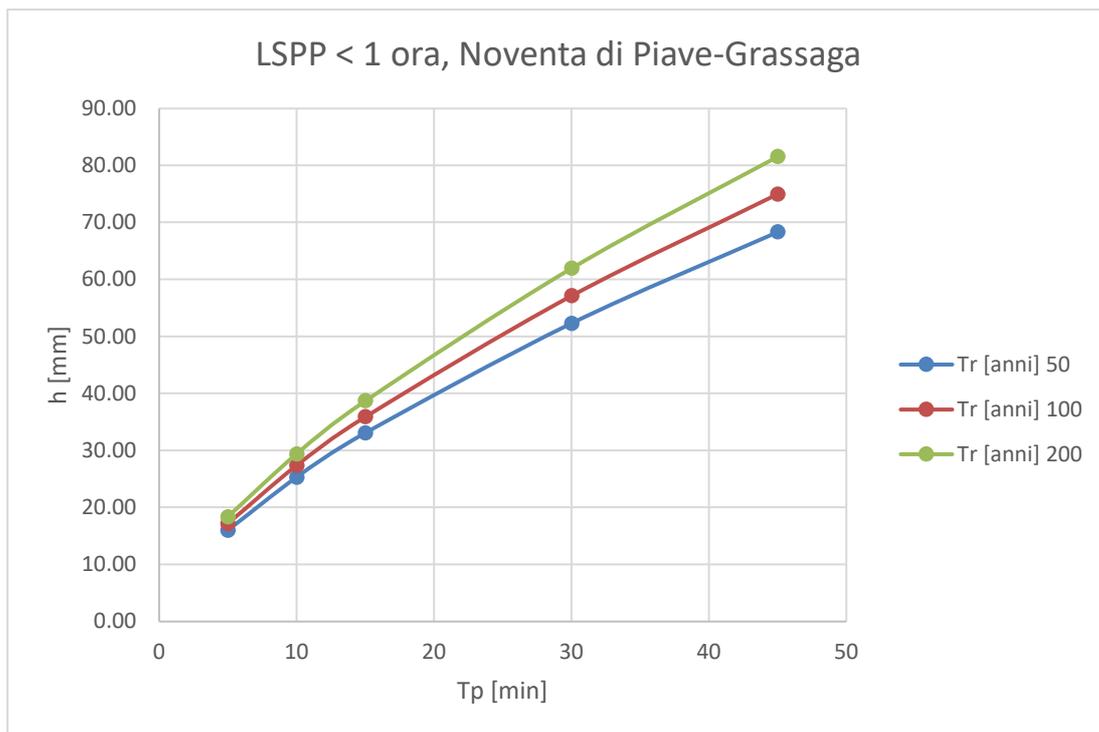


Figura 5-7 LSPP per il pluviometro "Noventa di Piave-Grassaga"

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 23 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	--------------------

5.1.3 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 tutti i tempi di ritorno d'interesse ma, a titolo esemplificativo, verrà riportato solo quello relativo a 200 anni.

LSPP < 1 ORA

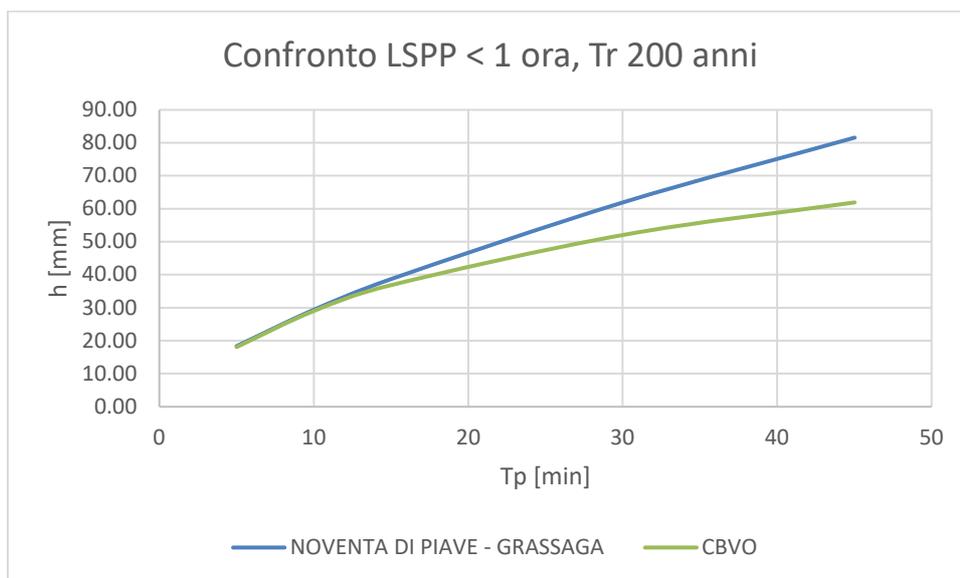


Figura 5-8 Confronto LSPP < 1 ora, Tr 200 anni

Come si vede 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 ARPAV risulta superiore a quella che si ottiene con la formula trinomia derivante dall'analisi regionalizzata.

Di conseguenza, per le durate di pioggia inferiori all'ora, si impiegherà, per il dimensionamento delle opere in progetto, la formula bi-parametrica con i valori dei parametri a, n derivanti dai massimi valori di precipitazione forniti da ARPAV.

LSPP > 1 ORA

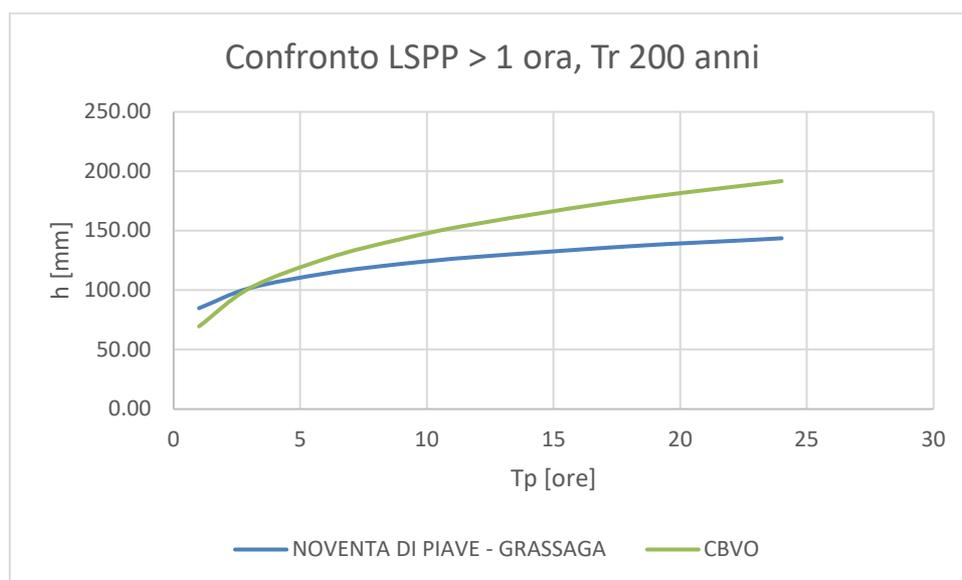


Figura 5-9 Confronto LSPP > 1 ora, Tr 200 anni

Come si vede dall'immagine precedente, nel caso di durate di precipitazione superiori all'ora, la situazione è più incerta: per durate maggiori di 3 ore, la curva dell'analisi regionalizzata è sempre più alta di quella ottenuta elaborando i dati forniti da ARPAV, mentre finché la durata di pioggia è inferiore a 3 ore, è la curva di ARPAV ad essere predominante.

Nella pratica progettuale il dimensionamento delle vasche di laminazione/dispersione e dei bacini si riferisce in genere a durate di precipitazione di molto superiori all'ora; di conseguenza, per tali durate di pioggia superiori, si impiegheranno le curve valide per il Consorzio di Bonifica Veneto Orientale (CBVO) essendo queste più gravose.

5.1.4 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).

Tabella 5-4 Parametri idrologici per PM San Donà di Piave

Durata di pioggia < 1 ora		
TR [anni]	a [mm/h]	n [-]
25	74.31	0.649
50	82.62	0.660
100	90.88	0.670
200	99.11	0.678

Durata di pioggia > 1 ora			
TR [anni]	a [mm · min ⁻¹]	b [min]	c [-]
50	25.4	10.4	0.754
100	24.5	9.6	0.732
200	23.2	8.7	0.709

$$h_{TOT} [mm] = a \cdot t^n$$

$$h_{TOT} [mm] = \frac{a}{(t + b)^c} t$$

La durata di pioggia va inserita in ore.

La durata di pioggia va inserita in minuti.

6 EFFETTI DEI CAMBIAMENTI CLIMATICI SULLE PRECIPITAZIONI

6.1 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.

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 27 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	--------------------

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.

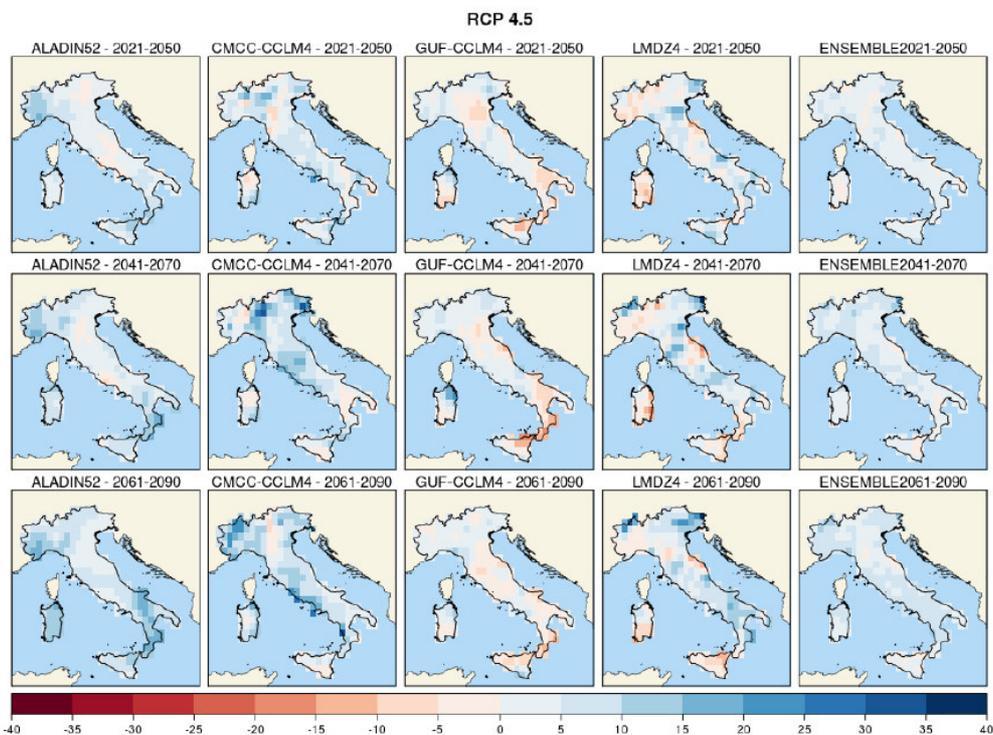


Figura 6-1 Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga)

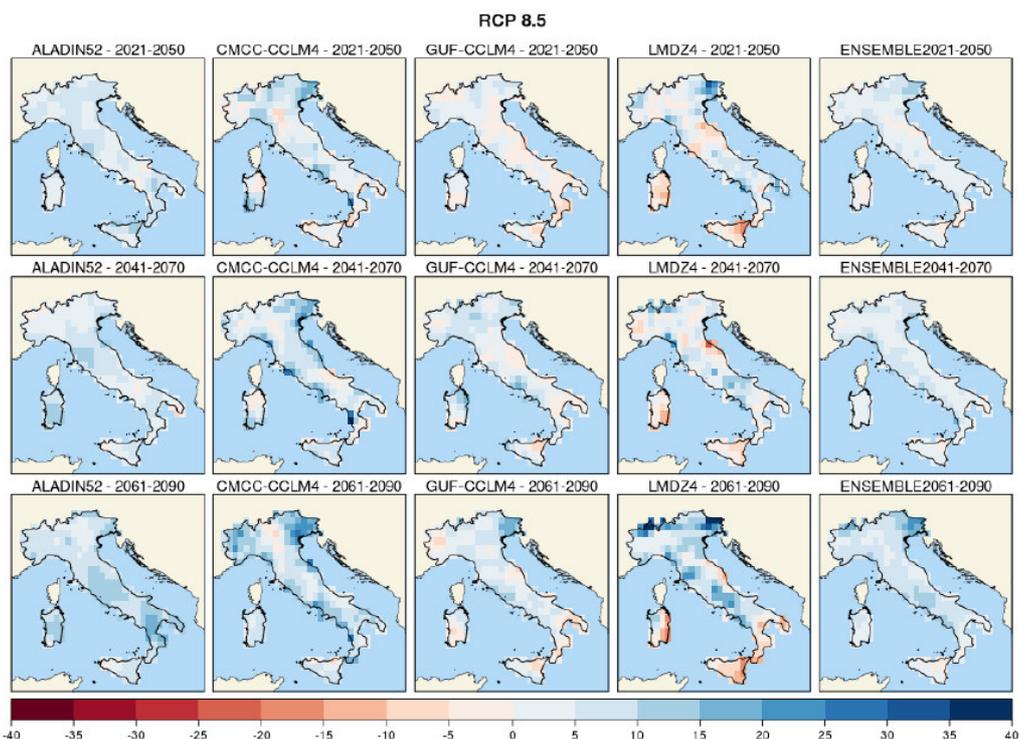


Figura 6-2 – Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5. Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga)



POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE

Posti di Movimento e Varianti di Tracciato

LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m in località San Donà di Piave

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 29 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	--------------------

In entrambi gli scenari, i 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.

6.1 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.

6.1.1 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 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.

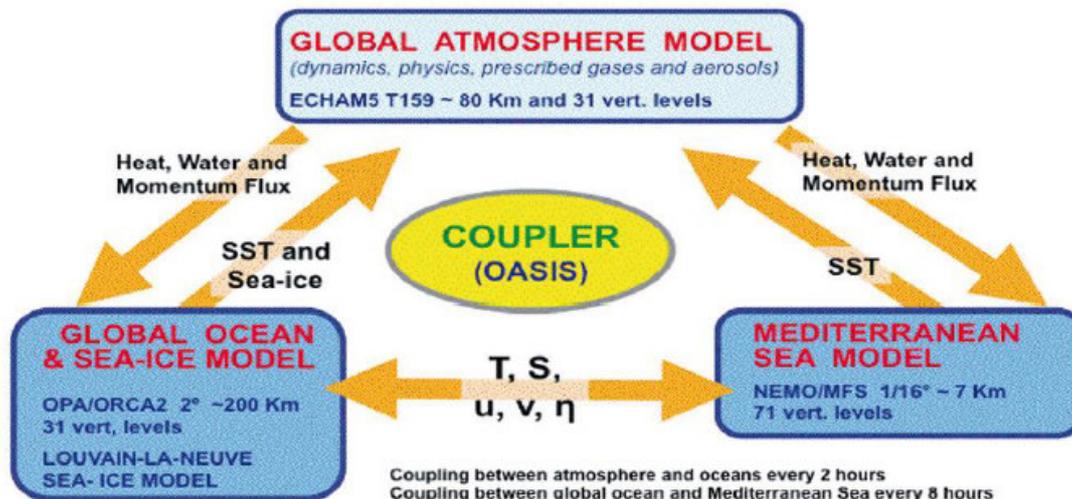


Figura 6-3 Rappresentazione del modello globale del CMCC

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*).

6.1.2 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.

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

**POTENZIAMENTO LINEA VENEZIA TRIESTE****Posti di Movimento e Varianti di Tracciato****LOTTO 1: Realizzazione del Nuovo Posto di Movimento con modulo 750 m in località San Donà di Piave**

Relazione idrologica – Sede ferroviaria	COMMESSA IZ04	LOTTO 10	CODIFICA R 26 RH	DOCUMENTO ID 00 0 1 001	REV. A	FOGLIO 32 di 32
---	------------------	-------------	---------------------	----------------------------	-----------	--------------------

Tabella 6-1 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
PM San Donà di Piave	+ 5-10	+10-15	+15-20

Gli incrementi di precipitazione di sopra riportati non sono, ad ogni modo, presi come base per la progettazione; infatti, le opere di smaltimento idraulico in progetto verranno comunque dimensionate facendo riferimento alle curve di pioggia ed alle precipitazioni "attuali", assumendo un grado di riempimento massimo. Tuttavia, verranno effettuate delle verifiche sugli interventi in progetto al fine di valutare se i valori di precipitazione incrementati del delta riportato nella tabella precedente, consentano o meno all'acqua di defluire comunque in condizioni di moto a pelo libero.