

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



CUP J94J17000040001

U.O. COORDINAMENTO TERRITORIALE NORD

PROGETTO DEFINITIVO

LINEA BOLZANO - MERANO

REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI -
SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE

IDRAULICA

RELAZIONE IDROLOGICA

SCALA:

-

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

N B 1 D 0 1 D 2 6 R I I D 0 0 0 1 0 0 1 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE ESECUTIVA	Technital	mag-21	S. Santopietro <i>S. Santopietro</i>	mag-21	G. Mazzocchi <i>G. Mazzocchi</i>	mag-21	A. Perego mag-21



File: NB1D01D26RIID0001001A.DWG

Indice

1	PREMESSA.....	1
2	SCOPO DEL DOCUMENTO	3
3	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	3
3.1	Documenti di riferimento.....	3
3.2	Documenti di input.....	3
4	INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO.....	4
4.1	Idrografia dell'area.....	5
5	APPROCCIO PROGETTUALE.....	7
5.1	Analisi delle precipitazioni.....	7
5.2	Modello probabilistico di Gumbel per l'analisi statistica delle piogge	8
6	APPLICAZIONI NUMERICHE	9
6.1	Elaborazione statistica dei dati di pioggia per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore.....	9
6.2	Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche per durate inferiori all'ora.....	10
6.3	Via Pie' di Virgolo – acque di versante provenienti da monte.....	12
6.4	Fosso di guardia	15
7	CONSIDERAZIONI SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI.....	17
7.1	Previsioni della variazione di precipitazione nell'area di intervento.....	19
8	CONCLUSIONI	20

Il Progetto del nuovo Tunnel del Virgolo a tre binari e lo spostamento del Bivio della linea Meranese, fa parte degli interventi individuati nell'Accordo Quadro sottoscritto da RFI e Provincia Autonoma di Bolzano – Alto Adige per l'implementazione della capacità dell'infrastruttura ferroviaria.

La realizzazione del tunnel del Virgolo a tre binari e prevede la realizzazione del tratto di variante a tre binari per una lunghezza complessiva di circa 1,1 chilometri. La tratta ha origine al Km 148+529.86 della linea Verona-Brennero, poco prima del sottovia ferroviario di via Roma, e termina al Km 149+790.04, in corrispondenza del Ponte sul fiume Isarco.

La nuova sede ferroviaria a tre binari si sviluppa in parte in variante, con una galleria di lunghezza complessiva di poco superiore a 500 metri e in parte allo scoperto, dove, per la maggior parte dello sviluppo, risulta in affiancamento alla sede esistente. lo spostamento Bivio Meranese consiste nella demolizione delle comunicazioni esistenti per consentire l'accesso al nuovo deposito SAD dal binario della Meranese e la realizzazione di una nuova connessione con la linea per Merano al Km 147+400 LS.

La seguente figura mostra la localizzazione dell'intervento.



Figura 1 – Collocazione intervento

	PROGETTO DEFINITIVO					
	LINEA BOLZANO - MERANO: ADEGUAMENTO/INTEGRAZIONE PP 2013 REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI - SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE					
IDRAULICA - Relazione idrologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1D	01	D26	RIID0001001	A	3 di 20

2 SCOPO DEL DOCUMENTO

La presente relazione idrologica illustra le metodologie adottate per il calcolo delle portate transitanti all'interno dei manufatti idraulici previsti lungo il tratto in esame.

Lo studio si compone di una prima parte di Inquadramento territoriale delle aree interessate dagli interventi di progetto (Capitolo 4) seguita dall'analisi idrologica (Capitoli 5 e 6) condotta mediante l'analisi e l'elaborazione dei dati pluviometrici forniti dall'ufficio idrologico della Provincia Autonoma di Bolzano, per concludere poi con alcune considerazioni sui cambiamenti climatici (Capitolo 7).

La scelta dei tempi di ritorno è stata effettuata in conformità a quanto previsto dalle indicazioni riportate nell'ultimo aggiornamento del Manuale di Progettazione Ferroviaria.

3 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

3.1 Documenti di riferimento

- Direttiva Quadro Acque 2000/60/CE
- Direttiva Alluvioni 2007/60/CE
- R.D. 25/07/1904, N. 523 "Testo unico delle disposizioni di legge intorno alle opere idrauliche delle diverse categorie".
- D.Lgs. 3 aprile 2006, n. 152 e ss.mm.ii. Norme in materia ambientale.
- Dlgs 16 marzo 2009, n. 30. Protezione delle acque sotterranee dall'inquinamento.
- Dm Ambiente 16 giugno 2008, n. 131. Criteri tecnici per la caratterizzazione dei corpi idrici.
- Dlgs 27 gennaio 1992, n. 132. Protezione delle acque sotterranee.
- "Manuale di Progettazione delle Opere Civili" della Rete Ferroviaria Italiana (RFI) aggiornato.
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (2016)
- L.P. 13/1997
- DPP N. 42 del 05.08.2008 e successive modifiche
- DGP N. 989 del 13.09.2016.
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 – Norme Tecniche per le Costruzioni 2018;
- Circolare n.7 del 21/01/2019 - Istruzioni per l'applicazione dell' "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni" di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018
- RFI DTC SI MA IFS 001 D Manuale di progettazione delle opere civili.

3.2 Documenti di input

- Corografia dei bacini (codifica: NB1D01D26C5ID0000001A)

	PROGETTO DEFINITIVO					
	LINEA BOLZANO - MERANO: ADEGUAMENTO/INTEGRAZIONE PP 2013 REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI - SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE					
IDRAULICA - Relazione idrologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1D	01	D26	RIID0001001	A	4 di 20

4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE E DESCRIZIONE DELL'INTERVENTO

L'area in cui si intende realizzare la variante ferroviaria di progetto è situata nella parte centro orientale dell'area urbana di Bolzano in sinistra idrografica del Fiume Isarco e costeggia la linea ferroviaria esistente (Figura 2), si tratta di un contesto urbano densamente insediato e particolarmente caratterizzato dal punto di vista morfologico.

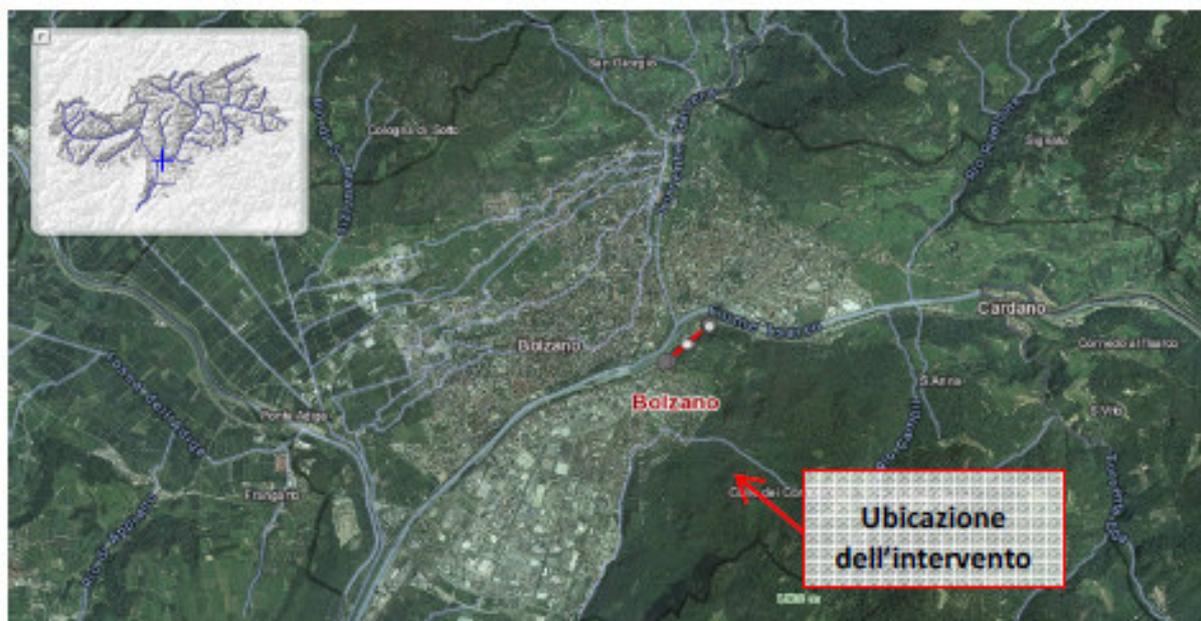


Figura 2 Inquadramento territoriale delle aree di progetto a scala comunale

In particolare, l'intervento in progetto prevede la realizzazione di un tratto di nuova linea a tre binari per una lunghezza complessiva di circa 1,2 chilometri. La tratta ha origine al Km 148+529.86 della linea Verona-Brennero, poco prima del sottovia ferroviario di via Roma, e termina in corrispondenza del Ponte sul fiume Isarco (Figura 3).

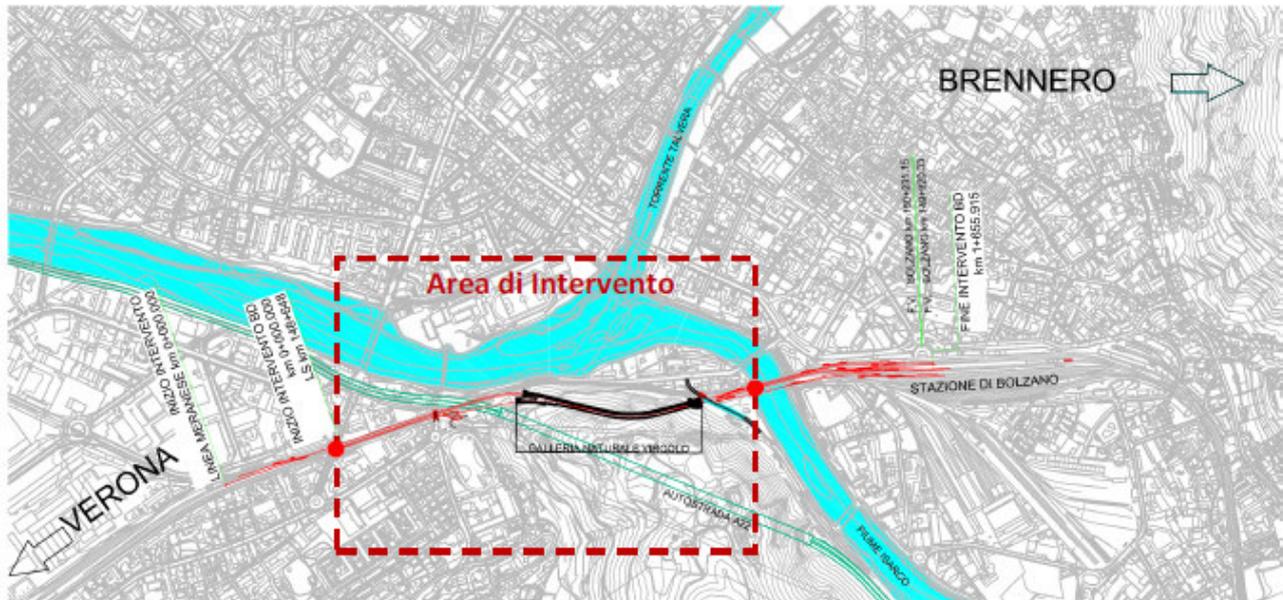


Figura 3 Inquadramento territoriale delle aree di progetto

Nella zona sud dell'intervento (lato Verona), per permettere il sottopassaggio del viadotto dell'autostrada A22 nel rispetto delle distanze regolamentari prescritte dalla normativa, il tracciato ferroviario di progetto prevede la separazione della sede a tre binari con la realizzazione di un tratto di sede a doppio binario e singolo binario. Tale separazione interessa sia un tratto di sede allo scoperto, sia la porzione sud della galleria, che nella parte terminale, è costituita da due canne separate.

Nell'area allo scoperto, sia lato imbocco nord, sia lato imbocco sud, la nuova sede ferroviaria interferisce inoltre con le viabilità presenti. In particolare, in prossimità dell'imbocco nord, per allocare la nuova sede ferroviaria deve essere realizzato l'adeguamento di via Piè di Virgolo e dell'innesto su questa di via del Calvario.

In prossimità dell'imbocco sud e fino alla fine dell'intervento, la nuova sede ferroviaria interferisce con alcune viabilità che devono essere adeguate, soprattutto per la necessità di realizzare delle nuove opere ferroviarie per consentire l'inserimento dei nuovi tre binari (via Roma, via di S. Gertrude, viabilità privata di accesso al piazzale ANAS e alla sottostante SS12).

4.1 Idrografia dell'area

Dal punto di vista idrografico il territorio comunale di Bolzano coincide con la conca costituita dall'allargamento della vallata alla confluenza dei fiumi Adige, Isarco e Talvera, comprendendone la vasta pianura alluvionale e una parte dei pendii circostanti, sui quali si intrecciano i confini con i comuni limitrofi. L'area di intervento ricade all'interno del bacino idrografico del Fiume Adige e in particolare del sottobacino del Fiume Isarco che nasce da Passo Sella sopra il Passo del Brennero a quota circa 2 024 m s.l.m. ed attraversa tutto il territorio dell'Alto Adige con andamento generale Nord Sud.

La forma della valle è allungata e stretta ed ha un'estensione di circa 2100 km², il Fiume Isarco percorre una lunghezza di circa 90 km con dislivello di circa 1 789 m e pendenza media del 2%, escludendo il primo tratto dalle sorgenti al passo del Brennero avente pendenza pari al 24% il rimanente tratto scende a Bolzano con una pendenza media di circa 1.2%.

L'intervento in Progetto è ubicato alla chiusura del Bacino del Fiume Isarco in corrispondenza della confluenza con il Fiume Talvera (Figura 4).

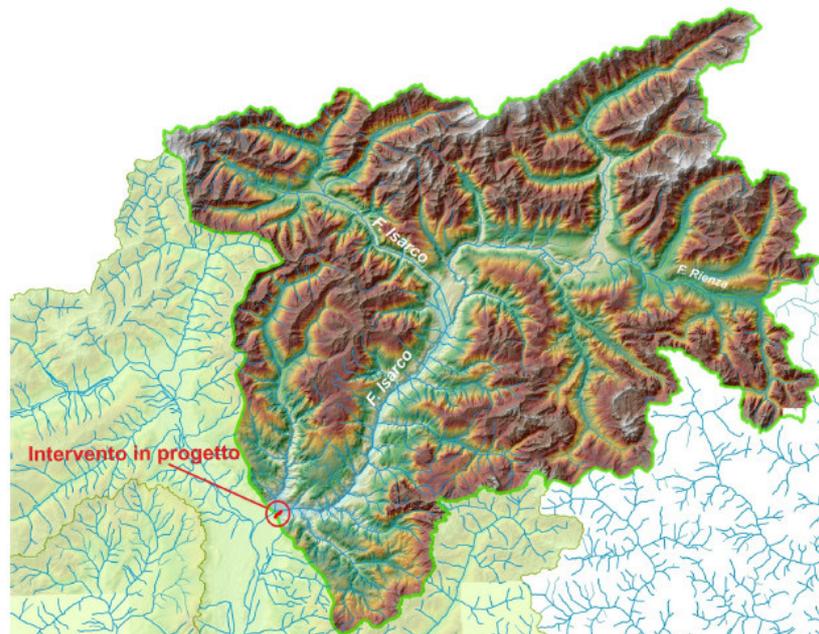


Figura 4 Inquadramento idrografico delle aree di progetto

5 APPROCCIO PROGETTUALE

5.1 Analisi delle precipitazioni

Al fine di determinare le caratteristiche pluviometriche dell'area oggetto di studio si sono utilizzati i dati forniti dall'Unità Idrografica delle Provincia Autonoma di Bolzano per "Stazione meteorologica di Bolzano" avente codice 83200MS.

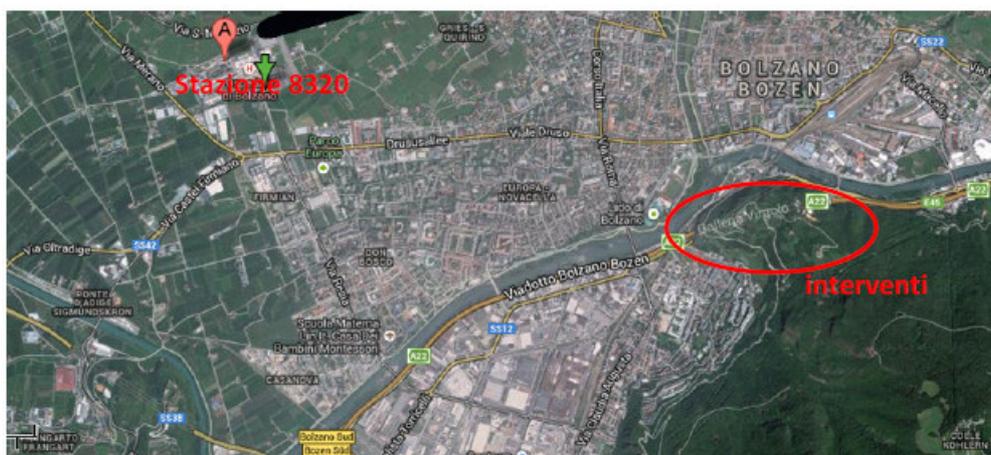


Figura 5 Ubicazione della stazione meteorologica di Bolzano (n. 8320)

La determinazione delle dimensioni delle opere di drenaggio richiede la conoscenza delle portate che affluiscono alla rete dalle superfici scolanti.

Le portate al colmo di progetto dipendono da:

- caratteristiche dell'evento meteorico che interessa il bacino tributario sotteso;
- caratteristiche del bacino sotteso stesso (superficie, lunghezza, pendenza, copertura del suolo...).

È stato svolto quindi un accurato approfondimento relativo alle registrazioni pluviometriche disponibili, relative all'area di studio analizzando sia le registrazioni di massima intensità per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore, sia le precipitazioni di notevole intensità e breve durata (inferiore all'ora).

Il regime delle precipitazioni nel territorio di interesse è stato sintetizzato nelle cosiddette Linee Segnalatrici di Possibilità Pluviometrica (LSPP) che legano l'altezza h , la durata d della pioggia e il tempo di ritorno T tramite l'espressione:

$$h(t) = a t^n$$

Si è proceduto con l'applicazione del metodo di Gumbel, il quale prevede l'applicazione della distribuzione doppio-esponenziale al campione di dati di precipitazione intesi come variabili indipendenti.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	LINEA BOLZANO - MERANO: ADEGUAMENTO/INTEGRAZIONE PP 2013 REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI - SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE					
IDRAULICA - Relazione idrologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1D	01	D26	RIID0001001	A	8 di 20

5.2 Modello probabilistico di Gumbel per l'analisi statistica delle piogge

In questo paragrafo vengono esposti i richiami fondamentali teorici relativamente all'analisi probabilistica degli estremi idrologici.

La funzione della probabilità cumulata della legge di Gumbel è:

$$F(h) = \exp(-\exp(-\alpha(h - \varepsilon)))$$

con α e ε parametri della distribuzione, che vengono, di norma stimati attraverso il metodo dei momenti:

$$\alpha = \frac{\pi}{\sigma\sqrt{6}} = \frac{1,283}{\sigma}$$

$$\varepsilon = \mu - 0,45\sigma$$

dove μ e σ sono rispettivamente la media e lo scarto quadratico medio della serie storica. Per riportare opportunamente i valori di h corrispondenti ad una fissata probabilità F (o periodo di ritorno T) si può invertire la legge $F(h)$ ottenendo:

$$h_T = \varepsilon \left\{ 1 - (\alpha\varepsilon)^{-1} \ln \left[\ln \frac{T}{T-1} \right] \right\}$$

In quanto vale $T=1/(1-F)$. h_T è il valore h della variabile aleatoria H corrispondente al tempo di ritorno T .

Partendo dai dati misurati dal pluviometro ed interpolando i punti ottenuti per diverse durate con una curva di tipo esponenziale è possibile esprimere l'altezza di pioggia direttamente attraverso l'espressione:

$$h(t) = a t^n$$

in cui per i coefficienti a ed n vengono stimati relativamente al tempo di ritorno T .

6 APPLICAZIONI NUMERICHE

Di seguito i risultati delle elaborazioni e dei calcoli sviluppati.

Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore	Anno	t = 1 ora	t = 3 ore	t = 6 ore	t = 12 ore	t = 24 ore
	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)		h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1928	32,00	36,60	38,40	38,60	58,00	1983	15,00	23,80	33,40	40,00	61,80
1936	15,40	25,00	25,00	28,80	33,00	1984	17,40	22,60	28,40	35,80	48,20
1937	30,20	32,00	33,80	37,80	51,60	1985	24,00	43,60	59,80	63,60	75,80
1939	21,00	28,40	33,40	37,00	49,60	1986	25,20	29,00	48,40	86,80	113,40
1940	9,80	14,00	17,20	22,80	27,00	1987	21,80	29,20	38,40	40,80	56,80
1941	16,00	26,00	38,20	40,20	40,20	1988	19,60	33,60	36,80	39,40	56,40
1942	20,20	20,20	24,00	35,00	61,40	1989	16,60	19,40	25,00	32,20	38,60
1950	28,30	28,30	29,00	34,80	35,00	1990	13,20	23,20	27,00	39,60	53,60
1951	23,40	38,40	39,00	40,20	53,40	1991	16,20	17,40	23,40	29,40	34,60
1952	20,00	31,00	36,60	52,00	68,80	1992	24,20	29,20	34,40	35,80	46,00
1953	26,80	27,20	27,20	36,80	55,40	1993	16,00	25,00	40,60	65,60	91,80
1954	13,60	22,00	24,60	27,40	40,00	1994	16,20	24,80	29,00	38,20	41,80
1955	30,40	30,80	31,40	31,60	60,00	1995	29,60	38,20	38,40	38,40	41,20
1956	20,60	23,20	40,00	63,00	66,00	1996	25,80	27,80	38,80	54,80	63,60
1957	34,20	54,20	63,40	64,00	64,00	1997	14,80	21,80	38,00	52,80	83,20
1958	28,00	31,80	33,20	33,60	43,60	1998	28,00	31,40	34,60	45,80	65,40
1959	14,20	23,60	36,40	48,60	87,40	1999	15,60	27,60	41,20	66,80	70,80
1960	17,00	34,40	43,80	53,40	62,00	2000	16,40	29,80	36,60	43,20	53,20
1961	12,80	15,80	25,00	39,80	49,20	2001	34,20	52,80	52,80	52,80	52,80
1962	31,00	33,00	34,80	35,60	53,40	2002	20,00	33,00	38,80	40,00	57,00
1963	28,40	30,00	30,60	45,60	45,60	2003	13,20	18,60	21,20	32,20	42,40
1964	15,40	26,20	31,00	39,00	53,80	2004	18,00	34,00	35,60	37,20	53,40
1965	23,00	23,60	23,60	24,40	41,20	2005	24,80	25,60	25,60	25,60	29,00
1966	25,20	25,20	29,40	58,20	98,60	2006	41,80	45,40	51,40	51,40	51,40
1967	16,00	23,80	25,60	30,00	49,00	2007	16,80	17,70	33,00	35,60	47,90
1968	12,20	16,80	23,00	26,60	33,80	2008	24,90	28,20	28,50	37,50	47,00
1969	9,80	17,20	19,20	29,40	33,00	2009	18,50	19,30	23,10	29,70	45,20
1970	18,00	25,00	32,00	33,00	37,40	2010	12,90	19,00	24,00	30,00	40,50
1972	23,00	24,20	24,20	24,20	34,40	2011	15,40	30,60	39,50	57,50	90,90
1973	25,00	34,20	38,20	38,20	64,60	2012	28,40	46,20	59,90	69,30	79,60
1974	11,40	13,00	16,00	20,60	32,60	2013	16,70	28,60	38,30	65,80	68,10
1975	14,40	33,40	41,60	41,60	45,80	2014	22,10	22,50	29,60	44,30	83,40
1976	12,20	19,00	30,20	36,80	58,70	2015	20,30	24,30	31,20	31,20	31,20
1977	11,40	31,60	35,60	35,80	40,00	2016	25,60	26,40	36,90	48,90	51,40
1978	7,40	17,20	26,60	43,20	57,80	2017	41,40	51,00	66,00	74,90	75,00
1979	14,60	23,60	29,60	44,00	84,40	2018	25,10	31,30	33,90	60,30	93,10
1980	14,20	16,20	26,00	40,60	55,80	2019	26,90	27,50	36,90	48,40	53,70
1981	22,20	31,40	43,20	63,20	108,80	2020	28,00	33,50	45,70	47,00	78,20
1982	18,20	24,60	27,80	30,60	33,80						

Tabella 1 Valori delle precipitazioni di massima intensità registrate alla stazione meteorologica di Bolzano no. 8320

6.1 Elaborazione statistica dei dati di pioggia per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore.

Sono stati esaminati i valori delle precipitazioni di massima intensità (altezze di pioggia in mm) registrate al pluviografo di Bolzano, per durate di 1, 3, 6, 12, 24 ore nel periodo 1928-2020.

Elaborando statisticamente tali dati mediante il metodo di Gumbel, si ottengono i seguenti valori a e n delle LSPP, per durate superiori all'ora.

Tr (anni)	a	n
10	28,667	0,307
25	33,486	0,307
50	37,06	0,306
100	40,608	0,306
200	44,141	0,306

Tabella 2 Valori dei coefficienti a ed n delle equazioni di possibilità pluviometrica della stazione meteorologica di Bolzano per durate superiori all'ora

$$y = 28,667x^{0,3077}$$

Tr 10;

$$y = 33,486x^{0,3068}$$

Tr 25;

$$y = 37,06x^{0,3063}$$

Tr 50;

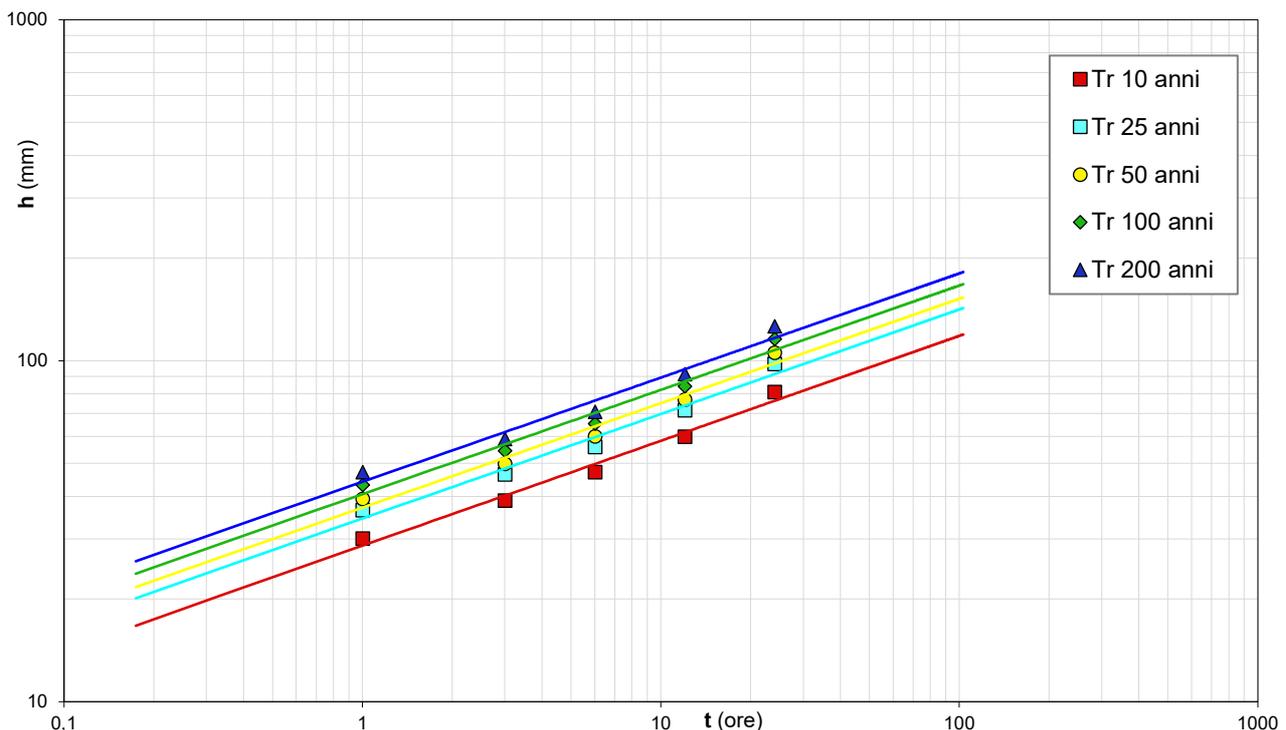
$$y = 40,608x^{0,3059}$$

Tr 100;

$$y = 44,141x^{0,3056}$$

Tr 200;

Curve di probabilità pluviometrica



6.2 Elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche per durate inferiori all'ora

Avendo a disposizione anche le registrazioni pluviometriche relative a eventi di pioggia di durata 15, 30 e 45 min nel periodo 1980-2020, questi dati sono stati elaborati statisticamente utilizzando la distribuzione di Gumbel.

Anno	t = 15 min	t = 30 min	t = 45 min
	h (mm)	h (mm)	h (mm)
1980	11	14	14,2
1981	16	21,4	22,2
1982	14,4	17,2	18
1983	8,4	12,4	13,6
1984	9	13,4	16,6
1985	21,4	23,6	24
1986	16	24,2	25,2
1987	12	16,6	18,8
1988	12	17,8	19,4
1989	11,2	15,4	15,8
1990	8,4	10,2	11,4
1991	9,8	12,2	15
1992	17	17,8	19,2
1993	12	14	14,2
1994	10,2	13	13,8
1995	14,4	18,6	25,4
1996	17,4	24,6	25,8
1997	14	14,8	14,8
1998	11,6	17,6	25,6
1999	11	13,2	14,8
2000	7,6	10,4	13,2
2001	20,4	29,4	30,4
2002	11,8	13	14,8
2003	12,2	13	13
2004	14	16,4	16,6
2005	17,6	24	24,8
2006	19,6	36,8	40,4
2007	13,8	15,7	16,3
2008	11,6	21,5	24,2
2009	10,8	15	18,2
2010	8,6	10,6	10,8
2011	9,9	12,6	14
2012	14	17,8	24,2
2013	13	14,8	16
2014	13,6	17,7	22
2015	13,3	17,3	18,8
2016	14,8	23	25,5
2017	15,9	25,5	34
2018	11,4	18,6	21,4
2019	26,6	26,9	26,9
2020	14,6	25,5	27,8

Tabella 3 Valori delle precipitazioni di massima intensità e breve durata registrate alla stazione meteorologica di Bolzano no. 8320

Le elaborazioni si sono basate su n. 41 anni di osservazione. Nella tabella seguente si riportano i valori dei parametri a e n delle LSPP per durate inferiori all'ora.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	LINEA BOLZANO - MERANO: ADEGUAMENTO/INTEGRAZIONE PP 2013 REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI - SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE					
IDRAULICA - Relazione idrologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1D	01	D26	RIID0001001	A	12 di 20

Tr (anni)	a	n
10	32,62	0,3992
25	38,295	0,4104
50	42,506	0,4169
100	46,688	0,4223
200	50,854	0,4268

Tabella 4 Valori dei parametri a e n delle LSPP per durate inferiori all'ora, per diversi tempi di ritorno, dedotti dall'elaborazione statistica delle registrazioni pluviometriche

6.3 Via Pie' di Virgolo – acque di versante provenienti da monte

In prossimità dell'imbocco nord della galleria del Virgolo, per allocare la nuova sede ferroviaria deve essere realizzato un intervento di adeguamento di via Piè di Virgolo.

Nello stato attuale la linea ferroviaria passa sopra a via Piè di Virgolo, nella configurazione di progetto è prevista la realizzazione di un nuovo sottopasso adiacente a quello esistente che sarà dismesso.

Per quanto riguarda le acque provenienti dal versante sovrastante via Pie' di Virgolo, al fine di dimensionare il relativo fosso di guardia a monte della sede stradale, è stato individuato il bacino scolante e successivamente calcolata la portata di piena.



Figura 6 Versante a monte di Via Pie di Virgolo – Vista 3D Google Earth

La trasformazione afflussi-deflussi raggruppa l'insieme di diversi processi idrologici che concorrono alla formazione del deflusso a partire dalla precipitazione meteorica, prima ancora che il deflusso si incanali all'interno della rete idrografica.

La precipitazione viene in parte intercettata dalla vegetazione, in parte si infila nel terreno, in parte si accumula in piccoli invasi naturali e/o artificiali come per esempio avvallamenti nel terreno, pozze o impluvi artificiali mentre la parte rimanente costituisce il deflusso superficiale che scorrerà verso la rete idrografica in funzione della pendenza del bacino idrografico.

Il sistema suolo-vegetazione, quindi, costituisce una naturale capacità di invaso che tende a decurtare parte della pioggia che arriverà nella rete idrografica.

La riduzione della pioggia è dunque dipendente dalla capacità complessiva degli invasi che risulterà variabile nel tempo in quanto funzione del progressivo riempimento degli invasi e sia in funzione dei processi di trasferimento dell'acqua che agiscono nel sistema suolo-atmosfera.

La modellazione afflussi-deflussi è dunque la componente essenziale per la ricostruzione/stima degli idrogrammi di piena a partire dalla distribuzione areale delle piogge insistenti sul bacino idrografico.

Metodo razionale:

Il metodo razionale si basa sull'ipotesi che durante un evento meteorico, che inizi istantaneamente e continui con intensità costante nel tempo e nello spazio, la portata aumenti sino ad un tempo pari al tempo di corrvazione t_c , quando l'area di tutto il bacino contribuisce al deflusso. La portata al colmo Q_c è allora proporzionale al prodotto tra intensità di pioggia e area del bacino attraverso il coefficiente di afflusso ϕ .

Nell'immagine seguente è riportato il sottobacino scolante afferenti su via Pie' di Virgolo.

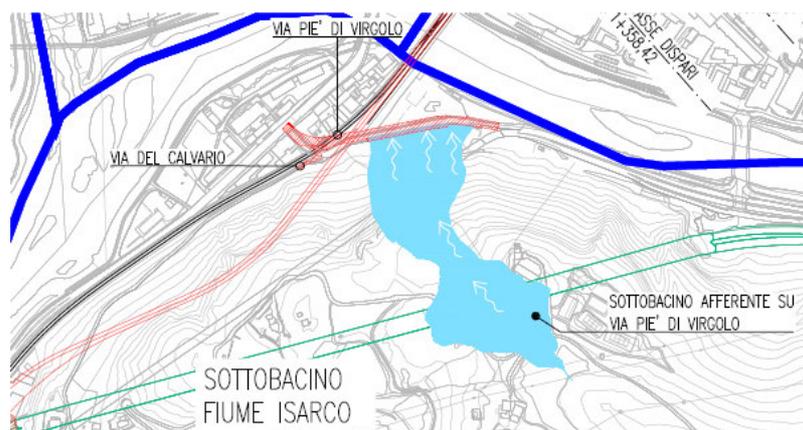


Figura 7. Area di drenaggio afferente su via Pie' di Virgolo

Il calcolo del tempo di corrvazione, definito come il tempo che impiega la particella di acqua idraulicamente più lontana ad arrivare alla sezione di chiusura, è stato eseguito per il bacino idrografico in esame utilizzando la formulazione di Kirpich/Ramser, data la loro piccola estensione ($< 1\text{km}^2$):

$$t_c = 0,0195 \times L^{0,77} \times S^{-0,385}$$

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	LINEA BOLZANO - MERANO: ADEGUAMENTO/INTEGRAZIONE PP 2013 REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI - SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE					
IDRAULICA - Relazione idrologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1D	01	D26	RIID0001001	A	14 di 20

dove:

- L = lunghezza asta principale (m)
- S = pendenza media dell'asta fluviale

Il fosso di guardia è stato dimensionato con riferimento ad un Tempo di Ritorno (T_r) pari a 100 anni.

Nella tabella seguente si riportano le grandezze caratteristiche dei bacini individuati, i valori del tempo di corrivazione dei bacini e i valori delle portate al colmo di piena Q_c :

$$Q_c = \frac{\varphi \times h \times A}{3,6 \times t_c}$$

dove:

- φ = coefficiente di afflusso
- h = altezza di pioggia ricavata dall'equazione di possibilità pluviometrica per piogge intense e di breve durata (mm).
- A = superficie del bacino (km^2)
- t_c = tempo di corrivazione

Area di drenaggio afferente su via Pie' di Virgolo		
A	km^2	0,0327
L	m	436
S		0,47
t_c	min	2,8
h	mm	12
Q_c	m^3/s	0,384

Tabella 5 Calcolo della portata al colmo di piena

Nel calcolo della portata, si è tenuto conto anche dell'area di imbocco della galleria pari a circa 1000 m^2 . Il valore di φ può variare teoricamente da 0 (quando l'acqua viene completamente trattenuta dal suolo) a 1 (quando l'acqua defluisce totalmente dalla superficie scolante). Nel caso specifico, tenendo conto della tipologia di superficie è stato assunto pari a 0,15.

Tipologia superficie	ϕ
Verde su suolo profondo, prati, orti, superfici agricole	0,10-0,15
Terreno incolto, sterrato non compattato	0,20-0,30
Superfici in ghiaia sciolta – parcheggi drenanti	0,30-0,50
Pavimentazioni in macadam	0,35-0,50
Superfici sterrate compatte	0,50-0,60
Coperture tetti	0,85-1,00
Pavimentazioni in asfalto o cls	0,85-1,00

Tabella 6 Coefficienti di deflusso delle principali tipologie di superfici

Il valore della portata complessiva dell'area di drenaggio afferente su via Pie' di Virgolo è pari a circa **384 l/s**.

6.4 Fosso di guardia

Il fosso di guardia a monte della sede stradale previsto a protezione della stessa via Pie' di Virgolo, sarà sostenuto da un muro di sostegno di 147,44 m, e si svilupperà in contropendenza per scaricare nel fiume Isarco.

La superficie scolante da considerare per il dimensionamento del fosso, in questo caso è data dai terreni limitrofi in quanto la piattaforma stradale si trova in trincea. Il fosso di guardia dovrà quindi avere una capacità tale da contenere la totalità delle acque che defluiscono dal versante.

È stato adottato un fosso a sezione trapezia, con base minore di 0.40 m, base maggiore 0.85, altezza 0.45 m, scarpa 2/1, pendenza di 0,5% e scabrezza $K_s = 80 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$.

Per la determinazione della portata massima che può defluire attraverso il fosso di guardia, si applica la nota relazione di Gauckler-Strickler:

$$Q = K_s A R_H^{\frac{2}{3}} i^{\frac{1}{2}}$$

dove:

- K_s è il coefficiente di scabrezza di Strickler dipendente dalla natura del materiale ($\text{m}^{1/3}/\text{s}$);
- A = è l'area bagnata (m^2);
- R_H = è il raggio idraulico definito come rapporto tra l'area bagnata ed il perimetro bagnato (m);
- i = pendenza del canale.

Assumendo un'altezza di riempimento pari a $h=0,35$ m corrispondente a un franco di circa il 25% dell'altezza totale, si perviene ad una portata pari a:

$$Q' = 0,35 \text{ m}^3/\text{s}.$$

Quindi, essendo la portata che può defluire attraverso il fosso di guardia, maggiore della massima portata prevedibile (calcolata nel paragrafo 6.3):

$$Q' > Q = 0,3 \text{ m}^3/\text{s}$$

la verifica idraulica in esame risulta soddisfatta.

Si è inoltre verificato che le velocità siano comprese tra valori di 0,5 e 2 m/s in modo tale da evitare problemi di depositi in caso di velocità troppo basse o di erosione del fondo e delle pareti nel caso di velocità troppo elevate. Si riporta di seguito la tabella con i risultati della verifica idraulica del fosso di guardia.

H defl (cm)	Contorno bagnato	Area deflusso (mq)	Raggio idraulico (m)	Portata (mc/s)	Velocità (m/s)
2,25	45,03	0,009	0,021	0,003927	0,42438
4,5	50,06	0,019	0,038	0,012152	0,63914
6,75	55,10	0,029	0,053	0,023412	0,7996
9	60,13	0,040	0,067	0,037231	0,92957
11,25	65,16	0,051	0,079	0,053363	1,03956
13,5	70,19	0,063	0,090	0,071665	1,13542
15,75	75,22	0,075	0,100	0,092058	1,22076
18	80,25	0,088	0,110	0,114496	1,298
20,25	85,29	0,102	0,119	0,138955	1,36882
22,5	90,32	0,115	0,128	0,16543	1,43444
24,75	95,35	0,130	0,136	0,193923	1,49579
27	100,38	0,144	0,144	0,224445	1,55356
29,25	105,41	0,160	0,152	0,257013	1,60831
31,5	110,44	0,176	0,159	0,291647	1,66047
33,75	115,48	0,192	0,166	0,328371	1,71039
36	120,51	0,209	0,173	0,36721	1,75835

Tabella 7 Verifica idraulica fosso di guardia

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO					
	LINEA BOLZANO - MERANO: ADEGUAMENTO/INTEGRAZIONE PP 2013 REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI - SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE					
IDRAULICA - Relazione idrologica	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	NB1D	01	D26	RIID0001001	A	17 di 20

7 CONSIDERAZIONI SUI CAMBIAMENTI CLIMATICI

La conoscenza delle variazioni climatiche sul territorio italiano, in corso e previste, è il presupposto fondamentale per la valutazione degli impatti e della strategia di adattamento ai cambiamenti climatici.

Mentre la conoscenza del clima presente e passato e delle variazioni in corso si fonda sulla 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.

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 - RCP 4.5 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).

Recentemente l'ISPRA (rif. "*Il clima futuro in Italia: analisi delle proiezioni dei modelli regionali*", 2015) ha condotto l'analisi e il confronto tra le proiezioni climatiche in Italia più aggiornate prodotte da diversi modelli. 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) con riferimento ai tre orizzonti temporali considerati: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, per i due scenari RCP4.5 e RCP8.5.

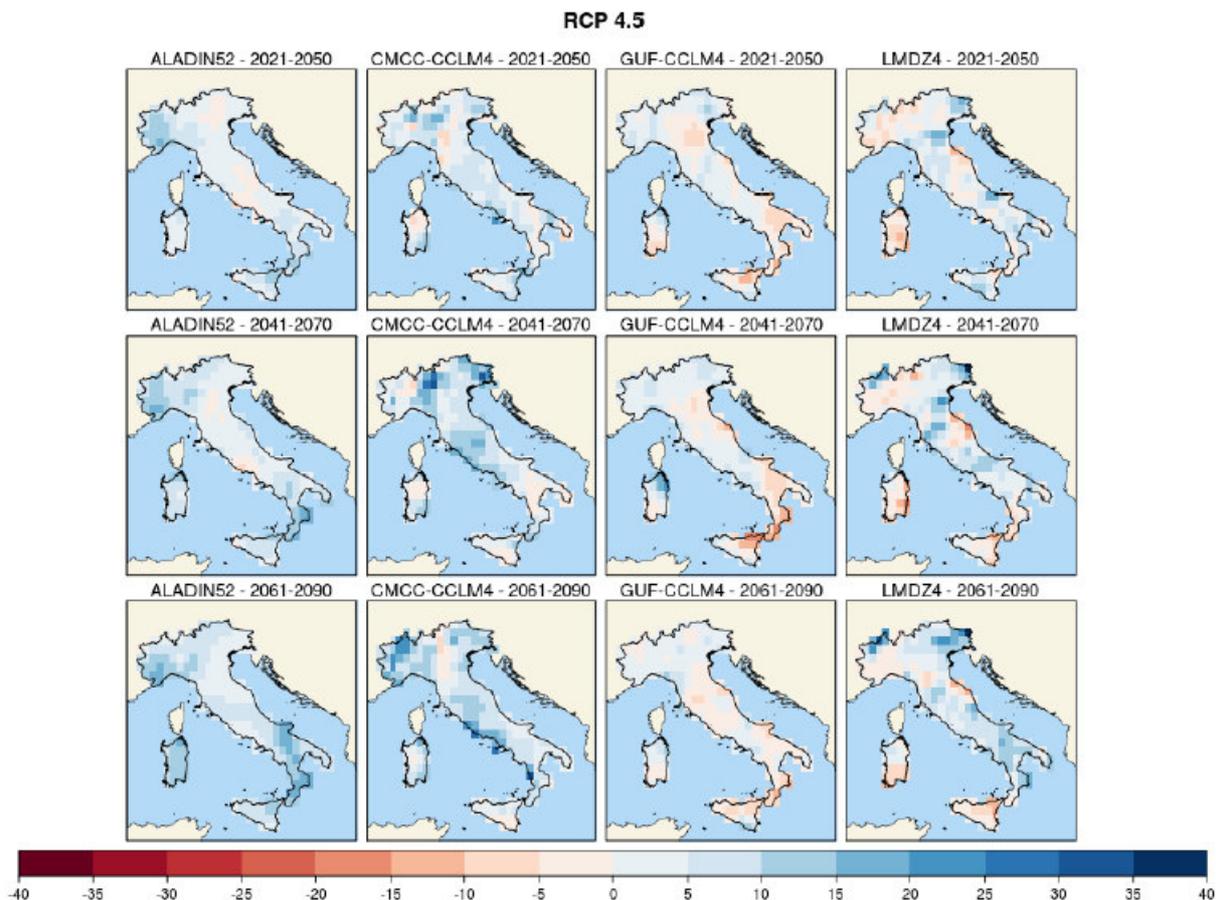


Figura 8 Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP4.5

Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).

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) e punte superiori a 20 mm in alcune zone.

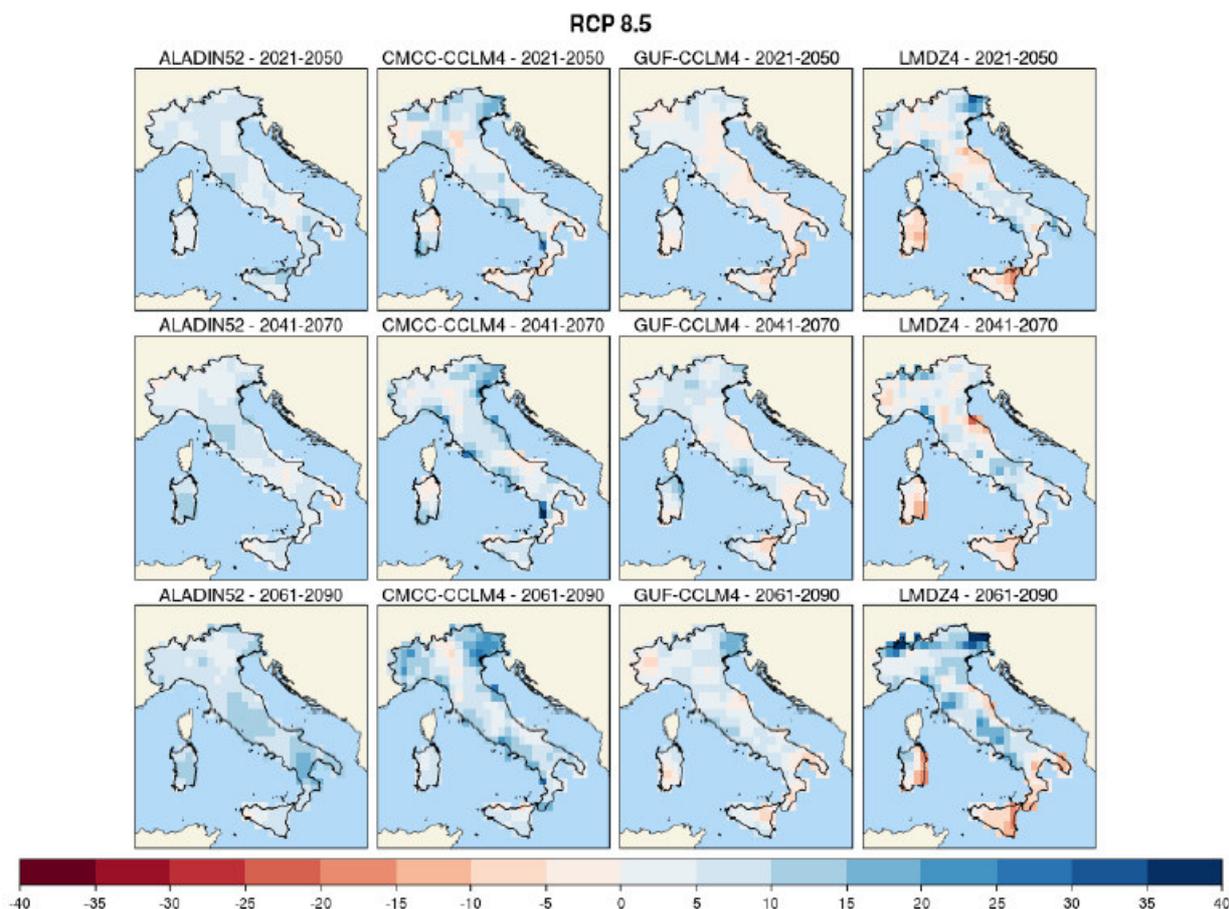


Figura 9 Precipitazione massima giornaliera (mm), scenario RCP8.5

Mappe delle variazioni previste dai modelli climatici per i tre orizzonti temporali 2021-2050 (prima riga), 2041-2070 (seconda riga), 2061-2090 (terza riga).

7.1 Previsioni della variazione di precipitazione nell'area di intervento

Nella tabella seguente si riportano le variazioni di precipitazione massima giornaliera (h_{24}) previste nell'area di intervento, per i tre orizzonti temporali: 2021-2050; 2041-2070; 2061-2090, con riferimento ai due scenari RCP4.5 e RCP8.5, dedotte dalle mappe sopra descritte.

Periodo	Variazione $maxh_{24}$ (RCP4.5)	Variazione $maxh_{24}$ (RCP8.5)
2021 - 2050	+0-5 mm (CMCC)	+5-10 mm (CMCC)
2041 - 2070	+5-10 mm (CMCC)	+5-10 mm (LMDZ4)
2061 - 2090	+10-15 mm (CMCC)	+10-15 mm (CMCC)

Con riferimento allo studio idrologico annesso, per l'area di intervento nel presente progetto, la variazione massima prevista ammonta a +10-15 mm nel trentennio 2061-2090 che corrisponderebbe ad un incremento della precipitazione massima giornaliera che non pregiudica le analisi effettuate con i modelli classici.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	PROGETTO DEFINITIVO LINEA BOLZANO - MERANO: ADEGUAMENTO/INTEGRAZIONE PP 2013 REALIZZAZIONE NUOVO TUNNEL DEL VIRGOLO A 3 BINARI - SPOSTAMENTO BIVIO LINEA MERANESE					
IDRAULICA - Relazione idrologica	COMMESSA NB1D	LOTTO 01	CODIFICA D26	DOCUMENTO RIID0001001	REV. A	FOGLIO 20 di 20

8 CONCLUSIONI

Per poter dimensionare le opere idrauliche inerenti al progetto definitivo della linea Bolzano-Merano, è stato svolto lo studio idrologico dell'area in esame per poter definire le portate che dovranno transitare su di esse.

In primo luogo, si sono individuati i bacini idrografici pertinenti alle opere idrauliche. Individuati i bacini idrografici si è provveduto al calcolo del regime pluviometrico mediante l'utilizzo dei parametri delle LSPP più gravosi in termini di intensità di pioggia.

Individuati i parametri delle LSPP si sono ricavate le curve di possibilità pluviometrica al variare del tempo di ritorno sia in condizioni di piogge con durata superiore all'ora, sia per le piogge di forte intensità e breve durata.

Il passo successivo è stato individuare il tempo di concentrazione dei bacini individuati utilizzando la formulazione presente in letteratura più pertinente ai bacini considerati in funzione della loro estensione areale.

L'ultimo step per poi ricavare la portata al colmo è stato schematizzare il terreno del bacino oggetto di studio.

Stimati tutti i parametri necessari si è determinata la portata di picco del bacino in funzione del tempo di ritorno.

Sono stati presi in considerazione anche dei modelli che analizzano lo scenario dei cambiamenti climatici nei prossimi 70 anni, i quali, per le zone in oggetto mostrano degli incrementi di precipitazioni che non pregiudicano il corretto funzionamento idraulico delle opere così come dimensionate.