

PROGETTO DEFINITIVO - ESECUTIVO
PER LA MESSA IN SICUREZZA DELL'AREA A MONTE
DELL'ABITATO DI FARRA D'ALPAGO IN VIA XVII APRILE
CUP: F61B21006410003

**COMMITTENTE****PROVINCIA DI BELLUNO**

Via Sant'Andrea, n. 5 – 32100 Belluno

RESPONSABILE UNICO DEL PROCEDIMENTO

dott.ssa Stefania Bassani

**PROGETTAZIONE GENERALE
E DIREZIONE LAVORI:**studio di ingegneria
Mazzoran Tiloca De Lottopiazza dei Martiri, 29
32100 - Belluno
tel. 0437.659236via Roma, 59
32043 - Cortina d'Ampezzo (BL)
tel. 0436.2764 - fax 0436.870416
studiomtd.it - info@studiomtd.it

ing. Ludovico De Lotto

RELAZIONE GEOLOGICA**Sede operativa di Alpago**Viale al lago, 10 - località
Farra - 32016 Alpago (BL)mobile +39 340 9824957
e-mail: studio@geopadovan.it

dott. geol. Tiziano Padovan

RELAZIONE IDRAULICA**DATA**

31/08/2022

AGGIORNAMENTI**ALLEGATO****R3**

INDICE

1.	PREMESSA.....	1
2.	RIFERIMENTI GEOGRAFICI	2
3.	ANALISI IDROLOGICA E CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA	3
3.1.	Cenni idrologici e calcolo delle portate.....	3
3.2.	Verifica del canale di progetto e del bacino di laminazione	8

1. PREMESSA

La presente relazione valuta gli aspetti idraulici riguardanti il progetto per i **“lavori di messa in sicurezza del versante a monte di Via XXVII Aprile in località Farra in Comune di Alpago (BL)”**.

Nell’area oggetto di questi lavori e nelle zone circostanti sono stati condotti svariati sopralluoghi. In occasione delle stesse visite sono state valutate le condizioni idrauliche del pendio oggetto degli interventi.

In particolare la rete di drenaggio risulta del tutto assente ed anche le opere di regimazione delle acque meteoriche della rete comunale non sono sufficienti a recepire le portate di progetto.

A tale riguardo è stata valutata la realizzazione di una briglia selettiva a monte collegata attraverso un canale trapezoidale, ad un bacino di laminazione.

Di seguito, dopo gli aspetti idrologici del bacino scolante di riferimento, sono riportate le verifiche idrauliche delle opere in progetto.

2. RIFERIMENTI GEOGRAFICI

L' area di intervento è ubicata nella porzione settentrionale del centro abitato di Farra d'Alpago, lungo un parallela secondaria di via XXVII Aprile, ai piedi della dorsale occidentale del Col Piai (cfr. Inquadramento topografico - All. n° 1).

La stessa zona, in corrispondenza degli interventi in progetto, ha i seguenti riferimenti geografici (da CTR Sezione 064050):

Quota	Coordinate	Latitudine	Longitudine
428 - 394 ms.l.m.	Nazionali Gauss-Boaga, fuso Ovest	N 5113348	E 1759338
	Geografiche piane (ED50)	46.125077°	12.357395°
	Geografiche (WGS 84)	46° 07' 27,10"	12° 21' 23,10"

3. ANALISI IDROLOGICA E CARATTERIZZAZIONE IDRAULICA

3.1. Cenni idrologici e calcolo delle portate

La stazione pluviometrica utilizzata per l'indagine idrologica più vicina alla zona di studio è situata in località Torch in Comune di Alpago ad una quota di 593 m s.l.m.. Il pluviometro di Torch è gestito dal Centro Meteorologico di Teolo (ARPAV) dal 1986.

Considerando le modeste dimensioni dei bacini in esame, si è proceduto alla determinazione dell'equazione di possibilità pluviometrica relativa ai soli scrosci, applicando il metodo di Gumbel. Esso assegna all'evento caratterizzato dal tempo di ritorno T_r la seguente espressione:

$$x = -\frac{1}{\alpha} \ln \left(\ln \left(\frac{T_r}{T_r - 1} \right) \right) + u$$

dove

$$\alpha = \frac{\pi}{\sqrt{6\sigma_x^2}} \quad \text{e} \quad u = \mu_x - 0.5772 \frac{\sqrt{6\sigma_x^2}}{\pi}$$

Il significato dei simboli è il seguente:

x	Evento che viene mediamente eguagliato o superato ogni T_r anni
μ_x	Media degli eventi considerati nella serie storica
T_r	Tempo di ritorno
σ_x^2	Varianza degli eventi della serie storica.

Si riportano in colonna le serie dei massimi annuali delle precipitazioni di durata 5, 10, 15, 30, 45 minuti (Tabella 2 a pagina seguente): di ciascuna serie vengono calcolati, in fondo alla colonna, la media e lo scarto quadratico medio. Questi parametri permettono di calcolare i valori di α e u per ogni serie, e quindi dell'evento con un certo tempo di ritorno; per ciascuna durata di pioggia, da 5 minuti a 45 minuti, si calcolano le altezze di pioggia aventi tempo di ritorno 100 anni.

Note la media e lo scarto quadratico medio di ciascuna serie di dati e α e u si sono calcolate le precipitazioni, per tutte le durate esaminate, aventi un tempo di ritorno pari a 100 anni.

Tali dati sono stati graficati ed approssimati con una equazione che rappresenta l'equazione di possibilità pluviometrica per il citato tempo di ritorno di 100 anni (Figura n° 3).

Tabella n°2

Anno	Pioggia in mm									
	5 minuti		10 minuti		15 minuti		30 minuti		45 minuti	
	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora	mm	data ora
1987	9	26/07/1987 06:05	15.2	25/08/1987 00:45	20.6	25/08/1987 00:45	34.2	25/08/1987 00:50	40.6	25/08/1987 01:00
1988	15.4	20/08/1988 18:40	26	20/08/1988 18:45	31.2	20/08/1988 18:45	49	20/08/1988 18:45	53.8	20/08/1988 18:55
1989	11.2	27/04/1989 18:20	11.4	27/04/1989 18:25	11.8	27/04/1989 18:30	14.4	27/08/1989 00:20	17.8	27/08/1989 00:40
1990	6.6	01/09/1990 00:40	11	17/07/1990 19:00	15	17/07/1990 19:05	23.8	17/07/1990 19:10	27.8	15/08/1990 15:10
1991	9.6	25/07/1991 16:05	14.8	25/07/1991 16:10	19.2	25/07/1991 16:10	28.6	25/07/1991 16:25	30.2	25/07/1991 16:30
1992	5.4	10/06/1992 13:15	8.2	10/06/1992 13:20	10.4	10/06/1992 13:25	16.4	10/06/1992 13:30	19.6	10/06/1992 13:40
1993	5.8	14/09/1993 06:15	8.4	11/07/1993 11:30	10.2	11/07/1993 11:35	15.4	02/10/1993 18:05	22.8	02/10/1993 18:15
1994	12.8	14/09/1994 14:20	19.6	14/09/1994 14:20	26.4	14/09/1994 14:20	35.8	14/09/1994 14:25	37.2	14/09/1994 14:40
1995	9.4	03/07/1995 18:45	13	03/07/1995 18:50	18	22/06/1995 17:50	27.4	22/06/1995 17:55	30.6	22/06/1995 18:00
1996	9.8	19/06/1996 20:30	13.4	03/08/1996 04:05	15.4	14/11/1996 15:55	21.8	14/11/1996 16:05	28.2	14/11/1996 15:55
1997	14.8	11/07/1997 14:50	23.8	11/07/1997 14:50	28.4	11/07/1997 14:55	39.6	24/07/1997 16:35	48.4	24/07/1997 16:50
1998	13	07/07/1998 14:30	15.2	07/07/1998 14:35	18.2	28/06/1998 20:05	23	28/06/1998 20:10	33.4	28/06/1998 20:30
1999	15.2	03/06/1999 03:25	20.8	06/07/1999 18:20	26.2	06/07/1999 18:25	30.2	06/07/1999 18:30	30.6	20/09/1999 21:00
2000	7.6	02/08/2000 20:50	11.4	20/09/2000 23:50	16.2	20/09/2000 23:50	26.4	21/09/2000 00:05	33	21/09/2000 00:15
2001	10.4	20/07/2001 02:15	16.2	20/07/2001 02:20	19.2	07/10/2001 21:45	27.4	17/07/2001 12:00	35	07/10/2001 22:15
2002	9.4	06/06/2002 19:25	15.8	06/06/2002 19:30	23.4	06/06/2002 19:25	36.2	06/06/2002 19:40	46.4	06/06/2002 19:35
2003	7	09/07/2003 18:35	10.6	09/07/2003 18:40	13.8	09/07/2003 18:40	19	17/07/2003 19:30	25.6	17/07/2003 19:45
2004	8.2	05/07/2004 18:15	12.2	05/07/2004 18:20	12.8	26/08/2004 05:30	18	26/08/2004 05:40	24.4	31/10/2004 10:30
2005	9.8	01/07/2005 01:25	15.6	01/07/2005 01:30	19.4	01/07/2005 01:30	35.2	01/07/2005 01:30	40.4	01/07/2005 01:40
2006	10.8	12/07/2006 13:40	16	14/07/2006 20:05	17.6	14/07/2006 20:10	20	12/07/2006 14:00	20	12/07/2006 14:00
2007	7.6	24/07/2007 15:50	10	02/07/2007 16:55	13.6	02/07/2007 17:00	17.6	02/07/2007 17:10	21.2	02/07/2007 17:25
2008	10.2	07/07/2008 18:00	15	03/09/2008 22:15	19.8	03/09/2008 22:15	30.8	03/09/2008 22:25	36.4	03/09/2008 22:35
2009	10.6	29/06/2009 14:20	15.6	29/06/2009 14:20	18.8	29/06/2009 14:25	21	29/06/2009 14:30	23.8	29/06/2009 14:30
2010	7.4	02/07/2010 16:10	12.8	02/07/2010 16:10	16.8	02/07/2010 16:10	26.2	02/07/2010 16:15	28.6	02/07/2010 16:30
2011	6.6	17/07/2011 21:00	12.8	17/07/2011 21:05	18.4	17/07/2011 21:10	25.8	17/07/2011 21:25	34	17/07/2011 21:30
2012	7.6	11/07/2012 00:10	14.6	12/05/2012 21:10	21.2	12/05/2012 21:10	30.8	12/05/2012 21:15	44.2	12/05/2012 21:15
2013	12.2	30/10/2013 11:35	17.8	30/10/2013 11:35	19	30/10/2013 11:40	19.6	30/10/2013 11:50	19.6	30/10/2013 11:50
2014	8.8	13/10/2014 13:40	12.6	24/06/2014 20:25	17.4	24/06/2014 21:00	20.2	24/06/2014 21:10	30.8	24/06/2014 21:00
2015	5.8	14/09/2015 05:15	11.4	14/09/2015 05:20	15.2	14/09/2015 05:25	23.8	14/09/2015 05:35	32.2	14/09/2015 05:50
2016	8	15/09/2016 00:15	13.4	15/09/2016 00:20	17.4	15/09/2016 00:20	31.4	15/09/2016 00:35	33.4	13/07/2016 11:55
2017	14.2	25/06/2017 07:50	20.8	25/06/2017 07:55	26.6	25/06/2017 07:55	39.8	25/06/2017 08:00	47.4	25/06/2017 08:00
2018	9.2	03/07/2018 18:45	15	03/07/2018 18:50	19.2	01/08/2018 20:30	26.2	01/08/2018 20:40	28.2	01/08/2018 20:55
2019	15.8	06/08/2019 20:25	28.4	06/08/2019 20:30	33.4	06/08/2019 20:35	44.4	06/08/2019 20:45	54.8	06/08/2019 20:40
2020	8.2	11/08/2020 18:30	16	11/08/2020 18:35	23.2	06/12/2020 03:10	42	06/12/2020 03:20	56.4	06/12/2020 03:20
2021	8.6	16/08/2021 20:40	17.2	16/08/2021 20:45	21	16/08/2021 20:50	29.2	16/08/2021 21:05	36.6	16/08/2021 21:15

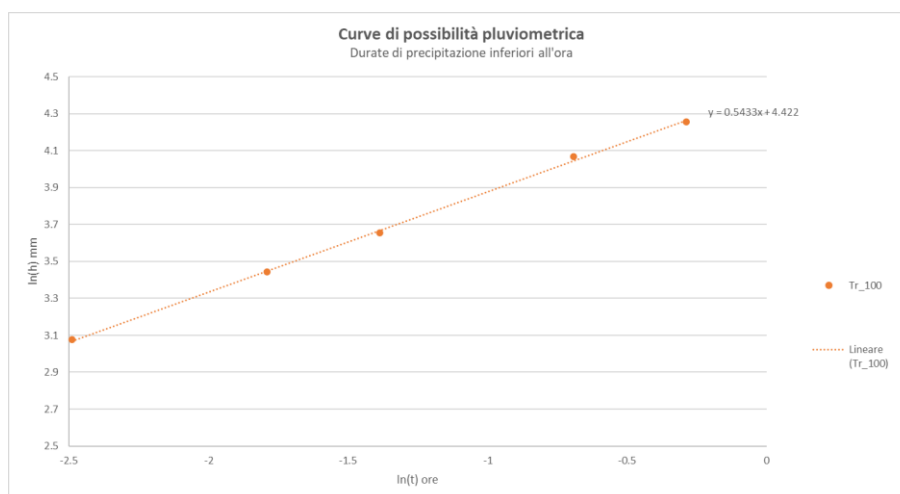
Parametro	5 minuti	10 minuti	15 minuti	30 minuti	45 minuti
Numerosità (anni)	35	35	35	35	35
Media (mm)	9.77	15.2	19.26	27.73	33.53
Deviazione standard (mm)	2.88	4.551	5.481	8.668	10.416
Alfa	2.516	3.975	4.787	7.57	9.099
Mu	8.412	13.052	16.676	23.641	28.61

Massimi annuali delle precipitazioni di durata 5, 10, 15, 30 e 45 minuti registrati alla stazione di Torch.

Dal grafico di Figura n° 3 si ricava quindi l'equazione della curva di possibilità pluviometrica per il tempo di ritorno di 100 anni, che nel caso in questione risulta:

$$h = 83,27 * t^{0,543}$$

Figura n° 3 - Equazioni di possibilità pluviometrica degli scrosci per Tr100



Il bacino idrologico considerato è mostrato in figura n° 4, contornato in blu; le opere verificate in seguito sono tutte ubicate in prossimità del punto di chiusura.

Figura n° 4 – Bacino idrografico di riferimento



Per il calcolo delle portate di piena, a partire dalle precipitazioni efficaci, si utilizza il metodo cinematico o razionale, secondo il quale il contributo specifico di piena, o coefficiente udometrico ($u = Q/S$, con Q = portata defluente e S = superficie del bacino scolante), è dato dalla relazione:

$$u = 278 \times \phi \times \frac{h}{\tau_c} \text{ (m}^3\text{/s, km}^2\text{)}$$

dove:

- ϕ rappresenta il coefficiente di deflusso;
- h altezza di pioggia critica corrispondente ad una precipitazione con tempo di ritorno pari a 100 anni;
- τ_c il tempo di corrivazione.

Nel caso in esame il tempo di corrivazione, cioè l'intervallo di tempo necessario affinché la generica goccia caduta nel punto idraulicamente più lontano raggiunga la sezione di chiusura del bacino, è stato calcolato con la formula proposta dal Civil Engineering Department dell'Università del Maryland, 1971 (consigliata per superfici scolanti modeste):

$$\tau_c = 26.3 \frac{(L/K_s)^{0.6}}{j^{0.4} \cdot i^{0.3}} \quad (\text{secondi})$$

nella quale:

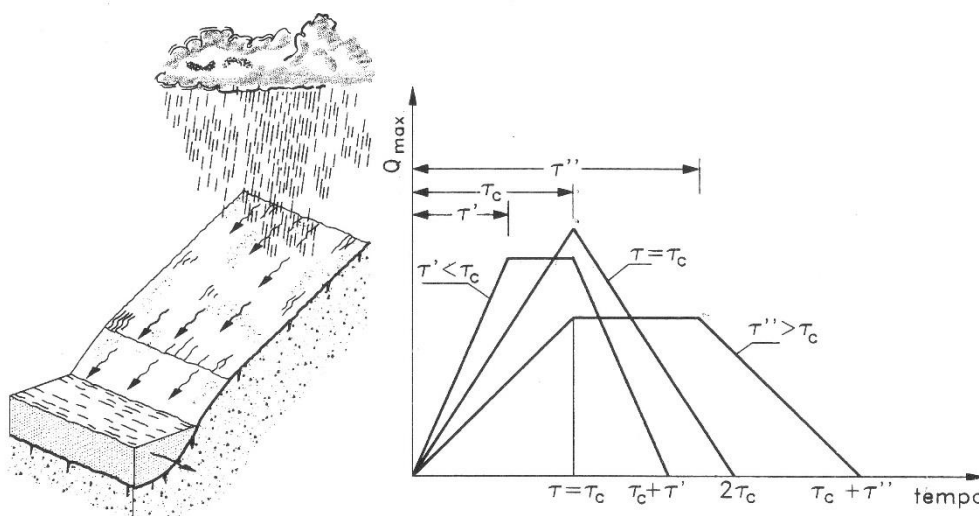
- L lunghezza della superficie scolante (m);
- K_s coeff. di Gauckler - Strickler ($\text{m}^{1/3}/\text{s}^{-1}$);
- j intensità di precipitazione (m/ora);
- i pendenza media della superficie scolante (m/m).

Data l'espressione $h = a \cdot t^n$, l'intensità di precipitazione media è $j = h/\tau = a\tau^{(n-1)}$, che sostituita nella formula precedente fornisce:

$$\tau_c = \left[26.3 \frac{(L/K_s)^{0.6}}{3600^{(1-n)0.4} a^{0.4} \cdot i^{0.3}} \right]^{1/(0.6+0.4n)} \quad (\text{secondi})$$

Nella figura seguente è riportata la schematizzazione del bacino e gli idrogrammi di piena che si hanno per differenti durate delle precipitazioni; si può osservare che la portata massima si ha per un tempo di pioggia coincidente con τ_c , poiché per periodi di pioggia maggiori la portata decresce in maniera proporzionale al rapporto h/t .

Figura n° 5



(da "Sistemazione dei corsi d'acqua", L. Da Deppo, C. Datei e P. Salandin, ediz. Progetto Padova 2014).

Di seguito vengono riportate le tabelle con i parametri utilizzati per ricavare la portata per la pioggia di progetto.

S (km²)	L (m)	Ks (m^{1/3} s⁻¹)	i (m/m)	n	a	τ_c (ore)
0,00437	100	30	0,69	0,543	83,27	0,045

h_c (mm)	φ	u	Q (m³/sec)
15,40	0,50	47,83	0,209

Considerando quindi lo schema riportato in figura n° 5 si può stimare il volume di deflusso complessivo secondo la seguente formula:

$$V = 3.600 \tau_c Q$$

Da cui si ricava un volume pari a 33,7 m³.

3.2. Verifica del canale di progetto e del bacino di laminazione

La verifica della portata che può transitare in un canale trapezoidale, è stata condotta con la nota teoria di Gauckler (1868) - Strickler (1923) nell'ipotesi di moto uniforme:

$$Q = K_s \times A \times (R_h)^{2/3} \times \sqrt{i}$$

dove:

- k_s coefficiente di resistenza di Gauckler-Strickler ($m^{1/3}/s$)
- A area della sezione del canale superficiale (m^2)
- P perimetro bagnato (m)
- R_h raggio idraulico ($R_h = A/P$)
- i pendenza del canale

I valori dei coefficienti di resistenza k_s impiegati nelle verifiche vengono riassunti nella seguente tabella:

Tipologia	k_s
Canale artificiale	60
Canale in abbandono	30

Di seguito vengono riportati i calcoli delle portate riferite al canale di progetto, confrontate successivamente con le portate massime afferenti stimate.

È stata inoltre considerata la pendenza minima lungo il tratto interessato considerando che il tirante d'acqua non superi la metà dell'altezza del canale in progetto.

La stima della portata del canale è stata svolta sia allo stato di progetto che in assenza di manutenzione.

Tabella n° 3 – Stima della portata del canale in condizioni di progetto

CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA CANALE TRAPEZIODALE (GAUCKLER-STRICKLER)				
Ks	Coefficiente di resistenza	m ^{1/3} /s		60
AB	Larghezza base minore	m		0.50
CD	Larghezza base maggiore	m		0.70
h	Altezza	m		0.60
S	Area totale canale	m ²	(AB + CD)/2*h	0.36
t	Tirante d'acqua	m		0.30
EF	Larghezza pelo libero	m	AB + (CD - AB)* t/h	0.60
A	Area della sezione del canale	m ²	(AB + EF)/2*t	0.17
P	Perimetro bagnato	m	AB + 2 [(EF - AB)/2] ² +t ²] ^{1/2}	1.11
R _h	Raggio idraulico	m	R _h = A/P	0.15
i	Pendenza del canale		(q _{max} - q _{min})/ L	0.120
Q _{canale}	Portata	m³/sec	K_s * A * (R_h)^{2/3} * (i)^{1/2}	0.963

Tabella n° 4 – Stima della portata del canale in condizioni di scarsa manutenzione

CALCOLO DELLA PORTATA MASSIMA CANALE TRAPEZIODALE (GAUCKLER-STRICKLER)				
Ks	Coefficiente di resistenza	m ^{1/3} /s		30
AB	Larghezza base minore	m		0.50
CD	Larghezza base maggiore	m		0.70
h	Altezza	m		0.60
S	Area totale canale	m ²	(AB + CD)/2*h	0.36
t	Tirante d'acqua	m		0.30
EF	Larghezza pelo libero	m	AB + (CD - AB)* t/h	0.60
A	Area della sezione del canale	m ²	(AB + EF)/2*t	0.17
P	Perimetro bagnato	m	AB + 2 [(EF - AB)/2] ² +t ²] ^{1/2}	1.11
R _h	Raggio idraulico	m	R _h = A/P	0.15
i	Pendenza del canale		(q _{max} - q _{min})/ L	0.120
Q _{canale}	Portata	m³/sec	K_s * A * (R_h)^{2/3} * (i)^{1/2}	0.482

Tabella n° 5 – Fattori di sicurezza rispetto alla portata di piena

Fattori di sicurezza			
Sezioni punti di chiusura	Portata massima prevista (m³/sec)	Portata calcolata della sezione (m³/sec)	Fattore di sicurezza Q_{calc}/Q_{max}
Canale in progetto	0.209	0.963	4.609
Canale in abbandono	0.209	0.482	2.305

Per quanto riguarda il bacino di laminazione, considerando un volume di progetto stimato pari a 33,7 m³ e un franco idraulico di 0,5 m, esso risulta verificato secondo le ipotesi progettuali (volume utile invaso = 50 m³).

Alpago, 23 agosto 2022

dott. ing. Ludovico De Lotto