

**COMUNE DI BOGNANCO**

UTILIZZAZIONE A FINI ENERGETICI DEL RIO ACQUAMORTA PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI CENTRALE IDROELETTRICA

**D.LGS.VO 387/2003 E VALUTAZIONE DI IMPATTO AMBIENTALE AI SENSI
DELL'ART. 12 DELLA L.R. 40/1998 E S.M.I.**

CALCOLI DI VERIFICA IDRAULICA

PROPONENTE

EDIFICA s.r.l.
Via Marconi N°14
28845 DOMODOSSOLA (VB)
p.iva n° 02301240038

Data 12.11.2018

I progettisti

CALCOLI DI VERIFICA IDRAULICA

I presenti calcoli di verifica idraulica sono riferiti al rio Acquamorta in corrispondenza dell'opera di presa, e del fabbricato di produzione.

La portata di massima piena è calcolata con un tempo di ritorno di 200 anni.

BACINI IMBRIFERI

I bacini imbriferi relativi ai punti di verifica hanno le seguenti caratteristiche:

BACINO RIFERITO ALL'OPERA DI PRESA Sez. 1	
Superficie bacino imbrifero	3,89 kmq
Lunghezza asta principale	3720 ml
Quota massima del bacino	2279 mslm
Quota media del bacino	1375 mslm
Quota della sezione di verifica	698 mslm

BACINO RIFERITO ALLA CENTRALE Sez. 10	
Superficie bacino imbrifero	4,25 kmq
Lunghezza asta principale	3910 ml
Quota massima del bacino	2279 mslm
Quota media del bacino	1358 mslm
Quota della sezione di verifica	665 mslm

LINEE SEGNALETRICI DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA

I calcoli della massima portata di piena, si riferiscono a quanto riportato nel “Piano Stralcio per l’Assetto Idrologico (PAI) – Interventi sulla rete idrografica e sui versanti. “Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica”.

La previsione quantitativa delle piogge intense, in un determinato punto, è effettuata, attraverso la determinazione della curva di probabilità pluviometrica, cioè dalla relazione che lega l'altezza di precipitazione alla sua durata, per un assegnato tempo di ritorno.

Si ricorda, che con il termine altezza di precipitazione in un punto, comunemente misurata in mm., si intende l'altezza d'acqua che si formerebbe al suolo, su una superficie orizzontale e impermeabile, in un certo intervallo di tempo (durata della precipitazione) e in assenza di perdite.

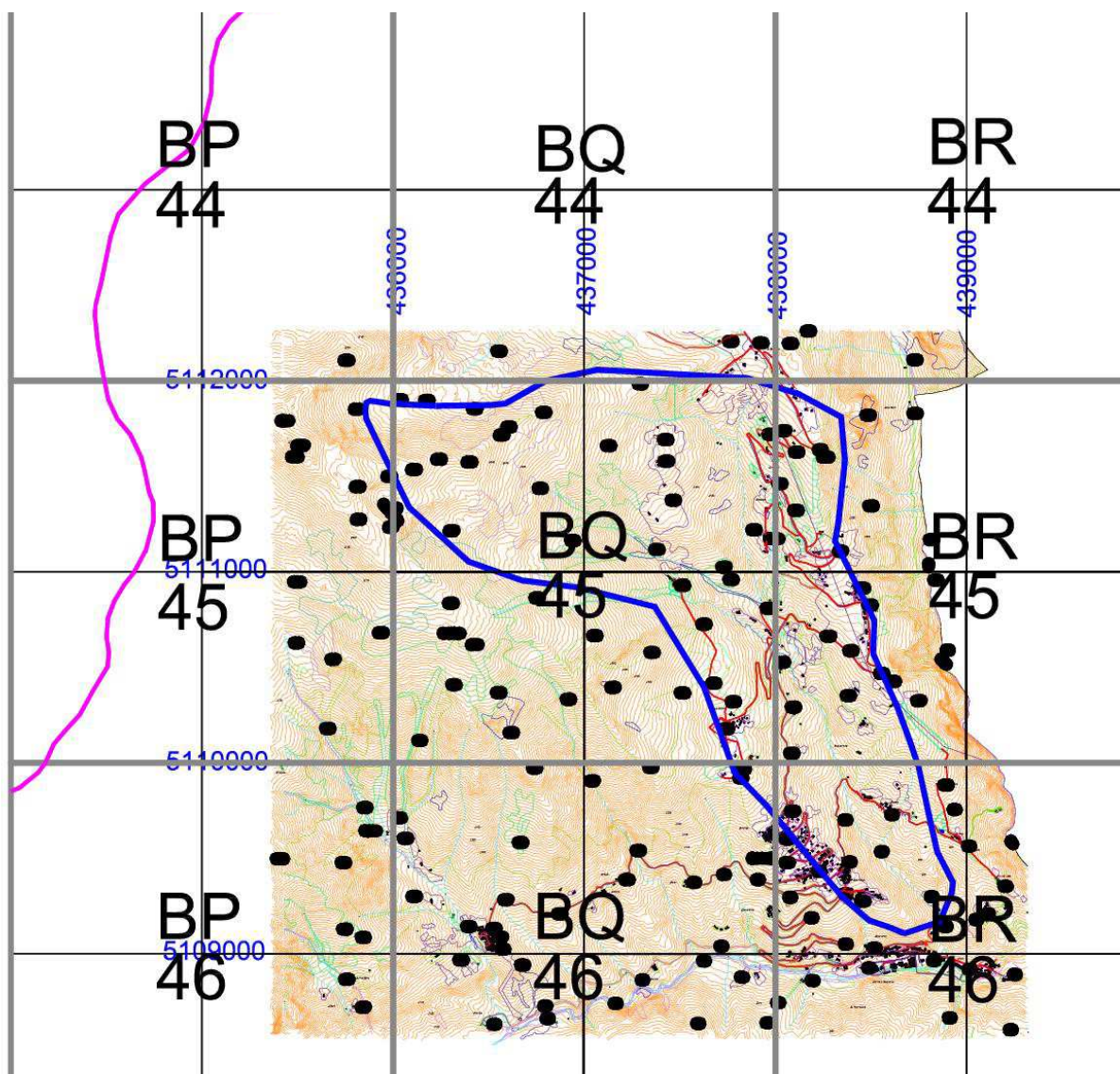
La curva di probabilità pluviometrica è comunemente espressa da una legge di potenza del tipo: $h(t) = a t^n$ in cui i parametri “a” ed “n” dipendono dallo specifico tempo di ritorno considerato.

Al fine di fornire uno strumento per l'analisi di frequenza delle piogge intense nei punti privi di misure dirette la “Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica” ha condotto un'interpolazione spaziale con il metodo di KRIGING dei parametri a ed n delle linee segnalatrici, discretizzate in base a un reticolo di 2 km di lato.

I risultati sono rappresentati nel suo Allegato 3 “Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense”. Gli elaborati consentono il calcolo delle linee segnalatrici in ciascun punto del bacino, a meno dell'approssimazione derivante dalla risoluzione spaziale della griglia di discretizzazione, per tempi di ritorno di 20, 100, 200 e 500 anni, identificando la localizzazione sulla corografia e, in dettaglio, sulla cartografia in scala 1:250000.

CALCOLO DEI COEFFICIENTI "A" ED "N"

Nella seguente tabella si riportano i valori dei coefficienti "a" ed "n" per ogni cella individuata



precedentemente, per un tempo di ritorno pari a 200 anni, con la relativa media, tratti dall'Allegato 3 "Distribuzione spaziale delle precipitazioni intense" della "Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica":

Dati di piovosità del bacino idrografico riferito all'opera di presa – calcoli per $Q = 200$ anni

FABBRICATO DI PRODUZIONE

CELLA	a	n
BP45	42.89	0.562
BQ45	44.54	0.551
BQ46	46.17	0.544
BR45	46.33	0.538
BR46	48.05	0.530

OPERA DI PRESA

CELLA	a	n
BP45	42.89	0.562
BQ45	44.54	0.551
BQ46	46.17	0.544
BR45	46.33	0.538
BR46	48.05	0.530

CALCOLO INTERPOLAZIONE DATI PLUVIOMETRICI

Sez.1

	Tr 20		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
BP45	31,35	0,565	39,44	0,563	42,89	0,562	47,46	0,561
BQ45	32,43	0,556	40,92	0,553	44,54	0,551	49,34	0,550
BQ46	33,51	0,549	42,40	0,546	46,17	0,544	51,20	0,543
BR45	33,58	0,544	42,53	0,540	46,33	0,538	51,39	0,536
BR46	34,72	0,537	44,08	0,533	48,05	0,530	53,36	0,528
medie	33,12	0,550	41,87	0,547	45,60	0,545	50,55	0,544

Sez.10

	Tr 20		Tr 100		Tr 200		Tr 500	
	a	n	a	n	a	n	a	n
BP45	31,35	0,565	39,44	0,563	42,89	0,562	47,46	0,561
BQ45	32,43	0,556	40,92	0,553	44,54	0,551	49,34	0,550
BQ46	33,51	0,549	42,40	0,546	46,17	0,544	51,20	0,543
BR45	33,58	0,544	42,53	0,540	46,33	0,538	51,39	0,536
BR46	34,72	0,537	44,08	0,533	48,05	0,530	53,36	0,528
medie	33,12	0,550	41,87	0,547	45,60	0,545	50,55	0,544

- Opera di presa sez.1 $h_{200} = a \cdot t^{0.545} = 45.60 \cdot (0.65) = 36.06 \text{ mm}$
- Centrale sez.10 $h_{200} = a \cdot t^{0.545} = 45.60 \cdot (0.67) = 36.64 \text{ mm}$

CALCOLO DELLA PORTATA DI PIENA

Si applicano i valori dei coefficienti alla curva di probabilità pluviometrica ottenendo:
 $h = 45,60 \cdot (t)^{0.545}$

Determinazione della portata di massima piena alle sezioni dell'opera di presa

Alla sezione di presa si hanno i seguenti dati caratteristici

$H_{max} = 2279 \text{ m.s.l.m.}$

$H_{med} = 0.5(0.9 \cdot 2279 + 698) = 1374.55 \text{ m.s.l.m.}$

Hmin = 698 m.s.l.m.

S = 3.89 Km²

L = 3.72 Km

p= 15 %

Il tempo di corrivazione del bacino preso in esame si ottiene utilizzando la formula del GIANDOTTI

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{\frac{A}{0.8 \cdot \sqrt{H_{med} - H_0}}} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{1374 - 698}} = \frac{4 \cdot \sqrt{3.89 + 1.5 \cdot 3.72}}{0.8 \cdot \sqrt{1374 - 698}} = \frac{7.889 + 5.58}{0.8 \cdot 26.00} = 0.65 \text{ ore}$$
$$h = a \cdot t_c^{0.545} = 45.60 \cdot (0.65)^{0.545} = 45.60 \cdot 0.791 = 36.06 \text{ mm}$$

Ricavando il seguente dato: $t_c = 0.65$ ore

Ottenendo quindi intensità di pioggia pari a: $h = 36.06$ mm

La portata in arrivo si calcola, come suggerito dalla "Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica", applicando il Metodo Razionale:

$$Q_c = \frac{0.28 \cdot c \cdot i \cdot A}{t_c} = \frac{0.28 \cdot 0.82 \cdot 36.06 \cdot 3.89}{0.65} = \text{mc.} \mathbf{49.55}$$

dove:

Q_c = portata al colmo in m³/s

c = coefficiente di deflusso pari a 0,82

i = intensità di pioggia in mm/ora (h)

A = superficie del bacino in km²

t_c = tempo di corrivazione 0.65

La portata massima così ottenuta sul punto di verifica in corrispondenza dell'opera di presa dell'impianto è dunque la seguente:

$Q_l = 49.55$ m³/s

Bacino riferito all'opera in progetto

A questi dati di portata liquida occorre aggiungere l'apporto solido; le portate massime di calcolo sono pertanto le seguenti:

$Q_s = (C_p \cdot Q_l) / (1 - C_v)$ dove :

Q_s = portata solida

Q_l = portata liquida

C_p = concentrazione in pesa (0.6)

C_v = concentrazione in volume (da 0.36-0.55)

Bacino riferito all'opera di presa

$Q_s = (0.6 \cdot 49.55) / (1 - 0.44) = 53.09$ m³/s

Portate complessive massime (liquida + solida) = $Q_l + Q_s = 49.55 + 15\% \text{ di } 53.09 = 57.51$ m³/s

Determinazione della portata di massima piena alle sezioni della zona centrale

Alla sezione di presa si hanno i seguenti dati caratteristici

Hmax = 2279 m.s.l.m.

Hmed = $0.5(0.9 \cdot 2279 + 665) = 1358.05$ m.s.l.m.

Hmin = 665 m.s.l.m.

$$S = 4.25 \text{ Km}^2$$

$$L = 3.91 \text{ Km}$$

$$p = 15 \%$$

Il tempo di corrivazione del bacino preso in esame si ottiene utilizzando la formula del GIANDOTTI

$$t_c = \frac{4 \cdot \sqrt{\frac{A}{n}} + 1.5 \cdot L}{0.8 \cdot \sqrt{H_{med} - H_0}} = \frac{4 \cdot \sqrt{\frac{4.25}{0.545}} + 1.5 \cdot 3.91}{0.8 \cdot \sqrt{1358 - 665}} = \frac{8.24 + 5.86}{0.8 \cdot 26.32} = 0.67 \text{ ore}$$

$$h = a \cdot t_c = 45.60 \cdot (0.67) = 45.60 \cdot 0.804 = 36.64 \text{ mm}$$

Ricavando il seguente dato: $t_c = 0.67 \text{ ore}$

Ottenendo quindi intensità di pioggia pari a: $h = 36.64 \text{ mm}$

La portata in arrivo si calcola, come suggerito dalla "Direttiva sulla Piena di Progetto da assumere per le Progettazioni e le Verifiche di Compatibilità Idraulica", applicando il Metodo Razionale:

$$Q_c = \frac{0.28 \cdot c \cdot i \cdot A}{t_c} = \frac{0.28 \cdot 0.82 \cdot 36.64 \cdot 3.91}{0.67} = \text{mc. } 49.09$$

dove:

Q_c = portata al colmo in m^3/s

c = coefficiente di deflusso pari a 0,82

i = intensità di pioggia in mm/ora (h)

A = superficie del bacino in km^2

t_c = tempo di corrivazione 0.67

La portata massima così ottenuta sul punto di verifica in corrispondenza dell'opera della centrale dell'impianto è dunque la seguente:

$$Q_l = 49.09 \text{ m}^3/\text{s}$$

Bacino riferito all'opera in progetto

A questi dati di portata liquida occorre aggiungere l'apporto solido; le portate massime di calcolo sono pertanto le seguenti:

$$Q_s = (C_p \cdot Q_l) / (1 - C_v) \text{ dove :}$$

Q_s = portata solida

Q_l = portata liquida

C_p = concentrazione in pesa (0.6)

C_v = concentrazione in volume (da 0.36-0.55)

Bacino riferito all'opera di presa

$$Q_s = (0.6 \cdot 49.09) / (1 - 0.44) = 52.60 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$\text{Portate complessive massime (liquida + solida) } = Q_l + Q_s = 49.09 + 15\% \text{ di } 52.60 = 56.98 \text{ m}^3/\text{s}$$

VERIFICA DELLE SEZIONI

Le verifiche idrauliche vengono condotte utilizzando l'equazione del moto uniforme di MANNING/STRICKLER: $Q = K_s * A * R^{2/3} * J^{1/2}$ ove K_s è il coefficiente di scabrezza della sezione, A l'area della stessa, R il suo raggio idraulico e J la pendenza media.

I coefficienti di scabrezza adottati sono i seguenti: - per alveo fortemente irregolare con massi 15 (corrispondente al valore 0,0666 della scala di Manning); - per alveo regolare con pochi massi 20 (0,05); - per scogliere con massi d'alveo e sponde in roccia 30 (0,0333); - per opere di calcestruzzo o con massi semi squadri di cava 50 (0,02).

I calcoli hanno prodotto i risultati sotto riportati. I livelli di massima piena sono stati tracciati graficamente sulle sezioni corrispondenti riportate negli elaborati di progetto.

$$V(m/s) = K_s * R^{2/3} * J^{1/2}$$

Dove : K_s = coefficiente di resistenza di Strickler

$R(m)$ = raggio idraulico (area/perimetro bagnato)

J (%) = pendenza dell'alveo nel tratto considerato

$$V = 30 * 0.975^{2/3} * 20^{1/2} = 13.30 \text{ m/s (sez.1)}$$

$$V1 = 30 * 0.862^{2/3} * 13^{1/2} = 9.80 \text{ m/s (sez.10)}$$

Verifica sezione n.1 in corrispondenza dell'opera di presa

- Portata in arrivo 57,51 mc./sec.
- Pendenza minima dell'alveo 12%
- Velocità massima della corrente 13.30 m/sec.
- Area della sezione di deflusso 5,80 mq.
- perimetro bagnato 6.80 ml.
- Raggio idraulico 0.85 mt.
- Altezza del livello di max piena mt. 1.26

Verifica sezione n. 10 in corrispondenza della centrale

- Portata in arrivo 56,98 mc./sec.
- Pendenza minima dell'alveo 12%
- Velocità massima della corrente 9,80 m/sec.
- Area della sezione di deflusso 5,79 mq.
- Perimetro bagnato 9,31 ml.
- Raggio idraulico 0,622 mt.
- Altezza del livello di max piena mt. 1,11