

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA
COMUNE DI PIEVE VERGONTE

UTILIZZAZIONE A SCOPO IDROELETTRICO DEGLI SCARICHI DEGLI
IMPIANTI IDROELETTRICI ESISTENTI ENEL E SERVIZI ECOLOGICI
DELL'OSSOLA , DALL'IMPIANTO SOLVALORE 3 IN ISTRUTTORIA E
DAL BACINO RESIDUO DEL TORRENTE ARSA

Committente:

Officine Lorenzina S.r.l.
via della Stazione 18 , MASERA (VB)

PROCEDIMENTO UNICO
AI SENSI DELL'ART. 12 D.LGS 387/2003

RELAZIONE IDROLOGICA E VERIFICHE IDRAULICHE

Codice di rintracciabilit  connessione : 113183210

Maggio 2016

Aggiorn.

GENNAIO 2023

Ing. LALOMIA DARIO
P.zza Mercato,32
28845 Domodossola

Lalomia Ing. Dario
Albo degli Ingegneri
della Provincia del Verbano Cusio Ossola
N. 25

INDICE

INDICE	1
INTRODUZIONE	2
BACINO IMBRIFERO	2
DATI PLUVIOMETRICI.....	6
PORTATE TEORICHE NATURALI DEL CORSO D'ACQUA E PORTATE DERIVATE	8
DETERMINAZIONE DEL DE	12
CALCOLO DEL DEFLUSSO ECOLOGICO DE	12
DIMENSIONAMENTO DELLE PORTATE DERIVATE E DEI RILASCI	15
CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO	18
DATI GENERALI RIASSUNTIVI DELL'IMPIANTO	19
VERIFICHE IDRAULICHE	20
CALCOLO DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE	20
CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA	21
DATI PLUVIOMETRICI	21
CURVA DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA.....	23
CALCOLO DELLA PORTATA	23
FORMULA DI GIANDOTTI – VISENTINI	23
SINTESI DEI RISULTATI.....	24
TRASPORTO SOLIDO	25
CONDIZIONI DI MOVIMENTO	25
PORTATA SOLIDA.....	26
SINTESI DEI RISULTATI.....	27
VERIFICA DELLA SEZIONE DI DEFLUSSO ALLA PRESA ED ALLA RESTITUZIONE ..	28
VERIFICA DI STABILITÀ DELL'OPERA DI PRESA.....	30

INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta al fine di definire le principali caratteristiche idrologiche del bacino imbrifero del Torrente Arsa, affluente destro del Fiume Toce, in Comune di Pieve Vergonte ed in particolare le portate medie e massime derivabili dopo aver garantito il deflusso minimo vitale in corrispondenza dell'opera di presa secondo quanto previsto da DPGR del 29/07/2003 n°10/R, dal DPGR25/06/07 n°7/R, dal DPGR 17/07/07 n°8/R.

La valutazione idrologica, in assenza di stazioni idrometrografiche, è stata eseguita secondo le metodologie proposte dal Piano di Tutela delle Acque, a partire dalle precipitazioni medie annue e mensili.

Sono stati quindi analizzati i dati pluviometrici e di portata disponibili su tale bacino di riferimento, con particolare riguardo a quelli consultabili nei Rapporti Annuali dell'Istituto Italiano di Idrobiologia (CNR-ISE) di Verbania Pallanza, e dal sito ARPA Piemonte; da questi sono state ricavate le portate medie annue e mensili e le curve di durata delle portate del Torrente Arsa.

Mediante le metodologie indicate nel PTA, sono state successivamente stimate le portate medie annue, mensili e le curve di durata delle portate del bacino montano in esame.

Il calcolo degli afflussi meteorici del bacino interessato dall'impianto in progetto e l'analisi idrologica avverranno sulla base dei dati di piovosità delle stazioni pluviometriche presenti in prossimità della zona; nel caso specifico si farà riferimento ai dati forniti dalle stazioni di Fomarco, Candoglia, Alpe Mottac

Nei paragrafi che seguono verranno descritte le caratteristiche idrologiche del corso d'acqua interessato ed eseguiti i necessari calcoli idraulici ai fini della determinazione delle portate derivabili, di quelle derivate e dei rilasci.

BACINO IMBRIFERO

Il bacino imbrifero del Torrente Arsa, sotteso all'opera di presa posta a quota 256,23 m.s.l.m, ha un'estensione pari a 17,92 kmq.

All'interno di questo bacino vi sono due concessioni di derivazione d'acqua a scopo idroelettrico esistenti con le seguenti caratteristiche:

- impianto di proprietà dei Servizi ecologici dell'Ossola

bacino imbrifero sotteso pari a 10,01 kmq

opera di presa sui rii della Porta e Vallaro a quota 999,00 m.s.l.m

opera di presa sul rio Arsa a quota 670,60 m.s.l.m

restituzione a quota 253,00 m.s.l.m

portata massima derivabile sui rii della Porta e Vallaro pari a 280,00 l/sec

portata media derivabile sui rii della Porta e Vallaro pari a 96,00 l/sec

portata massima derivabile sul torrente Arsa pari a 90,00 l/sec

portata media derivabile sul torrente Arsa pari a 46,00 l/sec

inoltre dallo scarico dell'edificio centrale, esclusivamente per le acque provenienti dal Torrente Arsa, una portata massima di prelievo di 90,00l/sec ed una portata media di prelievo di 20,00 l/sec per uso potabile

– impianto di proprietà Enel

bacino imbrifero sotteso pari a 4,20 kmq

opera di presa sul rio Arsa a quota 969,70 m.s.l.m

restituzione a quota 247,20 m.s.l.m

portata media pari a 151 l/sec

ed una concessione ad uso idroelettrico in istruttoria con le seguenti caratteristiche

– impianto di proprietà Solvalore

bacino imbrifero sotteso pari a 2,44 kmq

opera di presa sul rio Arsa a quota 485,90 m.s.l.m

restituzione a quota 244,50 m.s.l.m

portata massima derivabile sul torrente Arsa pari a 700,00 l/sec

portata media derivabile sul torrente Arsa pari a 201,80 l/sec

in considerazione degli impianti esistenti e degli impianti in istruttoria il bacino imbrifero residuo disponibile all'opera di presa dell'impianto in progetto posta a quota 256,23 m.s.l.m ha un'estensione di 1,27 kmq

Il Torrente Arsa ha origine da diversi piccoli corsi d'acqua che nascono, tra le quote 1800 e 2000 metri, al piede dei consistenti depositi detritici dei rilievi circostanti aventi quote massime dello stesso ordine di grandezza.

Il Torrente Arsa percorre la valle omonima fino a confluire nel fiume Toce di cui è tributario destro. La conformazione morfologica del bacino imbrifero evidenzia una zona montuosa di media altezza avente caratteri idrografici che si identificano con un reticolo relativamente fitto, con un assetto caratterizzato da solchi vallivi e fianchi montuosi con acclività alquanto accentuate. Dall'analisi dei dati relativi alle stazioni pluviometriche sopra citate si desume che l'area di studio fa parte di una zona climatica del Piemonte caratterizzata da valori assai elevati sia delle precipitazioni normali, che delle precipitazioni massime di breve durata. La regimazione degli afflussi meteorici ha una

doppia oscillazione, tipica della zona montana interessata, con massimi collocati nella stagione primaverile ed autunnale, e minimi in inverno ed in estate; il minimo assoluto è in inverno poiché una cospicua aliquota di precipitazione è trattenuta al suolo sotto forma di neve.

Il bacino imbrifero complessivo e le delimitazioni dei vari sottobacini di interesse degli impianti idroelettrici sopra descritti è riprodotta sulla carta IGM scala 1:25.000 allegata di seguito.

DATI PLUVIOMETRICI

Al fine di definire il regime pluviometrico medio della area oggetto di studio, necessario per la stima delle portate medie annue e mensili, si descrivono nel presente paragrafo le procedure utilizzate ed i risultati delle elaborazioni idrologiche effettuate.

I dati di seguito riportati sono stati prelevati dal sito ARPA Piemonte; tali dati sono consultabili e contengono le serie più recenti ed i dati in tempo reale.

In particolare sono stati utilizzati i dati provenienti dalle seguenti stazioni:

Fomarco: coordinate UTM 443240 5094961 serie di precipitazioni dal 2002 al 2021;

Candoglia: coordinate UTM 455291 5091605 serie di precipitazioni dal 2002 al 2021;

Mottac: coordinate UTM 454003 5101241 serie di precipitazioni dal 1998 al 2021;

Fomarco													
anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	SOMMA ANNUA
2002	12,6	177,4	42,2	54,6	636	298	115	236	69,8	70,2	874,6	49,8	2636,20
2003	27	8,6	0,6	55,4	68,6	68,8	55,6	79,6	86	72	295,2	219,6	1037,00
2004	36,2	107,2	43,4	246,8	176,4	20,2	77,6	188,6	34,2	278,6	290,6	81,6	1581,40
2005	1,2	1	38,4	212	123,6	165	69,8	252	160	79,2	7,8	35	1145,00
2006	53	91,4	26	87,4	99	47,6	57	186,6	306	97,4	39,8	177,6	1268,80
2007	58	9	59,2	50,4	311	237,8	55,8	186,6	90,2	14,8	105,2	14	1192,00
2008	139,4	24,6	42,6	161,2	283	80	147,4	103,6	239,2	173	338,2	308,8	2041,00
2009	41,2	165,6	167,8	444	75,2	207	168,6	65,2	188,6	64,8	125,6	162,8	1876,40
2010	42,8	86,2	151,2	48,2	296,2	198,2	42,4	189,6	145	211,6	296,4	135,2	1843,00
2011	30,4	40,8	135,8	34,2	23,6	207	283,2	32,6		58,4	324,8	12	1182,80
2012		21,4	95,4	220,4	233	119,6		122,8	203,2	79	315	22,2	1432,00
2013	14,4	44,2	69,4	442,4	419	88,6	171	116	133,2	141,4	180	255,2	2074,80
2014	157	232	175,4	130,2	120,4	77,4	245,2	142,4	29,8	128,2	707,8	54,6	2200,40
2015	118,2	166,4	113,4	50,6	143,6	131,8	123,6	189	162	138,4	3,4	0	1340,40
2016	30,8	169,4	89,8	164,8	224,2	219,8	127,6	66,2	120,2	119,8	330,6	45,4	1708,60
2017	7,8	59	242,2	107,8	126,6	144,8	63,8	108,8	93,4	0,4	79,8	91,8	1126,20
2018	300,8	17,8	199	217,4	234	78,6	39,2	53,6	38,2	442,4	369,2	7,4	1997,60
2019		27,2	53,6	427,8	80,2	136,2	101,8	135	72	483,2	522	167,8	2206,80
2020	3,8	7	68	78,6	143,6	153,6	72,8	152,2	30,2	548	0,6		1258,40
2021			7	46,4	252,6	124	221,8	79	71,6	188,4	146,2		1137,00
MEDIE	53,73	72,81	91,02	164,03	203,49	140,20	111,96	134,27	113,64	169,46	267,64	92,04	1614,29
Candoglia													
anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	SOMMA ANNUA
2002	15,8	153,6	39,4	64,6	656,8		140,2	290,8	159,6	95,8	973,4	48,6	2638,60
2003		7,8	1,4	64,2	57,6	24,6		83,8	68,4	76,4	304,8		689,00
2004	17,2		68,4	251,4	191,8	16,8	258	274,6	126,4	419,2	239,2	86	1949,00
2005	0	2,2	64,6	191,6	137	162,2	60,2	197,4	269,6	72,4		51,8	1209,00
2006	67,2	102,2	48,4	74,8	94,8	44,8	136,8	354	296,8	173,2	37,2	161,6	1591,80
2007	48	12,6	56,6	33	294,6	340,6	52,8	268	99	16,8	97,8	10,4	1330,20
2008	141,8	35,8	52	220,2	289,6	103,6	165,2	97,4	293,6	143,6	366,4	219,8	2129,00
2009	38,6	145	172	249,2	53	212	183	109,2	191,4	56,8	114,8	150,2	1675,20
2010	42,6	84	194,8	86,6	323,8	172,6	69,8	171,6	99	253,8	282,6	103	1884,20
2011	41,3	28,9	109	41	78,8	222	255	97,4	103	73,7	240	41,3	1331,40
2012	46	6,4	70,2	237	164	145	142	133	153	101	219	35,6	1452,20
2013	15,6	34,3	62,1	306	417	94,4	162	140	124	138	137	124	1754,40
2014	107	172	121	102	130	116	213	124	46,6	133	583	49,3	1896,90
2015		177,6	60,2	97,2	157	126,8	50,4	139,8	242,4		0,4		1051,80
2016	20,4	90,8		169,6	232,4	200	95	61,2	64		259,4	17,8	1210,60
2017	8,6	50	283	97	125	268	43,6	199,4	229,2		82,8	85	1471,60
2018	160	23,6	175,8	138,2	208,8	109,6	69,8	123,2	58,2	427,4	495	6,2	1995,80
2019		28	48,2	324,6	94,4	115,6	62,4	201,2	71,2	544	447,8		1937,40
2020		1,2	89,6	82,8	237,4	276	77,4	196,4	47,4	723	1,6		1732,80
2021			14,8	54,6	257,6	47,4	249,2	117,2	74	275,4	161		1251,20
MEDIE	38,51	57,80	86,58	144,28	210,07	139,90	124,29	168,98	140,84	186,18	252,16	59,53	1609,11
Alpe Mottac													
anno	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	SOMMA ANNUA
1998	70	17	8	650	379	142	85	205	450	292	9	6	2313,00
1999	46	3	81	63	682	218	123	201	520	273	120	16	2346,00
2000	8	3	37	370	166	129	180	103	561	725	128	53	2463,00
2001	78	5	153	111	229	225	186	130	98	182	22	5	1424,00
2002	13	58	46	77	752	337	193	287	139	124	864	45	2935,00
2003	19	9	1	90	49	32	112	136	74	62	261	62	907,00
2004	50	27	37	229	217	27	168	319	63	462	192	68	1859,00
2005	1	7	70	147	138	234	97	216	229	84	14	36	1273,00
2006	33	43	54	79	141	33	92	368	338	141	66	110	1498,00
2007	23	13	64	35	370	307	64	284	94	26	63	9	1352,00
2008	63	21	19	205	327	142	155	135	350	208	486	59	2170,00
2009				452,2	86,6	362,6	283	121,8	274,6	73,8			1654,60
2010									132,6	191	391,4		715,00
2011				33,8	64,6	294,2	303	79,6	124,2	984	377,8		2261,20
2012	6,4	20,8	91,6	235	290,8	107	102,4	145	306,6	141,2	214	58,8	1719,60
2013	22	27,4	86,8	465,2	485,4	104,6	130,6	61,2	297	150	113,2	22	1965,40
2014	112,8	104,4	105,6	102,2	135,2	114,8	297,2	169		339	968,2	72	2520,40
2015			76,6	87,2	235,2	193,2	29,2	212,8	307,8	205,8	4	0,4	1352,20
2016				284,8	301,8	289,2	85,8	64,6	75	162	467,4	29,4	1760,00
2017				145,4	144	246,2	42,8	172,6	195,6	3,2	104,6		1054,40
2018				222,4	268	87,2	42,2	121,4	88,8	466			1296,00
2019						180,2	103,2	193	134	578,2			1188,60
2020					223	258,2	100,8	317	46,8	517,2			1463,00
2021					287,2	107,2	274,8	110,2	80,4	268,4			1128,20
MEDIE	22,72	14,94	38,78	170,18	248,83	173,78	135,42	173,01	207,48	277,45	202,73	27,15	1692,44
VALORI MEDI DELLE 3 STAZIONI													
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic	TOTALE
	38,32	48,52	72,12	159,50	220,80	151,29	123,89	158,75	153,99	211,03	240,84	59,57	1.638,61

Portate teoriche naturali del corso d'acqua e portate derivate

Ai fini dell'analisi idrologica e di producibilità dell'impianto in progetto è utile ricavare la curva delle portate di durata specifica, ossia un grafico che evidenzia il numero di giorni in cui la portata alla sezione di derivazione è superiore ad un certo valore.

Si adottano le relazioni sotto riportate:

$$\begin{aligned} - q_{10} &= 5.06749 * S^{-0.057871} * q_{MEDA}^{0.965037} = \text{l/sec} * \text{kmq} \\ - q_{91} &= 1.29772 * S^{0.009539} * q_{MEDA}^{0.976926} = \text{l/sec} * \text{kmq} \\ - q_{182} &= 0.54425 * S^{0.049132} * q_{MEDA}^{0.980135} = \text{l/sec} * \text{kmq} \\ - q_{274} &= 0.18670 * S^{0.069105} * q_{MEDA}^{1.108675} = \text{l/sec} * \text{kmq} \\ - q_{355} &= 0.07560 * S^{0.068232} * q_{MEDA}^{1.234733} = \text{l/sec} * \text{kmq} \end{aligned}$$

dove la portata specifica media annua q_{MEDA} (valore medio espresso in l/s kmq), mediante la seguente formula :

$$q_{MEDA} = 0,0086 * H + 0,03416 * A - 24,5694$$

dove:

- H = altitudine media del bacino idrografico calcolata o attraverso lo studio ipsografico del bacino o mediante la seguente relazione semplificata
 $H = 0.5 * (0.9 * (H_{max} + H_{min})) = 0.5 * (0.9 * (2144 + 256.23)) = 1080,10 \text{ m}$
Con H max pari a 2144 m (Pizzo Camino)
e H min pari a 256,23 m (quota di sfioro della traversa)
- A = afflusso meteorico medio annuo, ragguagliato al bacino idrografico = 1638,61 mm

da cui si ricava

$$q_{MEDA} = 0,0086 * 1080,10 + 0,03416 * 1638.61 - 24,5694 = \mathbf{40,69 \text{ l/s kmq}}$$

dai dati e dall'applicazione delle formula sotto riportate si ricavano le seguenti portate:

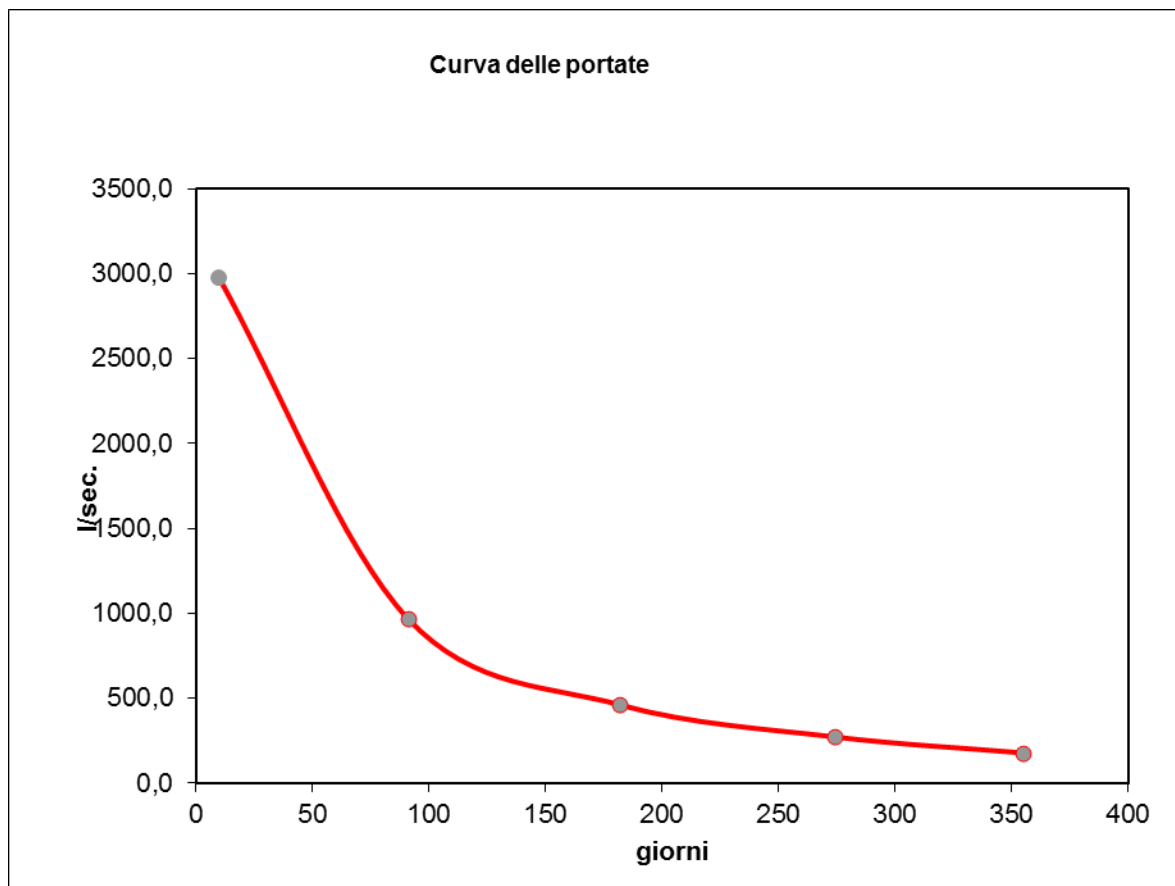
$$\begin{aligned} - q_{10} &= 5.06749 * S^{-0.057871} * q_{MEDA}^{0.965037} = 153.29 \text{ l/sec} * \text{kmq} \\ - q_{91} &= 1.29772 * S^{0.009539} * q_{MEDA}^{0.976926} = 49.83 \text{ l/sec} * \text{kmq} \\ - q_{182} &= 0.54425 * S^{0.049132} * q_{MEDA}^{0.980135} = 23.71 \text{ l/sec} * \text{kmq} \\ - q_{274} &= 0.18670 * S^{0.069105} * q_{MEDA}^{1.108675} = 13.87 \text{ l/sec} * \text{kmq} \\ - q_{355} &= 0.07560 * S^{0.068232} * q_{MEDA}^{1.234733} = 8.94 \text{ l/sec} * \text{kmq} \end{aligned}$$

$Q = q \text{ unitaria} * \text{Superficie bacino idrografico}$

Dove $S = 17,92 \text{ kmq}$ (intero bacino idrografico)

- $Q_{0-10} = q_{10} * S = 2747,01 \text{ l/sec}$
- $Q_{11-91} = q_{91} * S = 893,04 \text{ l/sec}$
- $Q_{92-181} = q_{182} * S = 424,89 \text{ l/sec}$
- $Q_{182-274} = q_{274} * S = 248,63 \text{ l/sec}$
- $Q_{275-355} = q_{355} * S = 160,22 \text{ l/sec}$

Tali portate serviranno per la costruzione della curva delle portate detta anche FDC (dall'inglese Flow Duration Curve). Tale curva riproduce per un particolare punto di un corso d'acqua il periodo di tempo durante il quale la portata in quel punto è uguale o superiore ad un certo valore. La curva può essere ottenuta ordinando i valori medi di portata in senso decrescente anziché cronologico oppure diagrammando direttamente le portate caratteristiche calcolate con le formule statistiche del punto precedente.



Interpolando la curva di durata delle portate è stato possibile calcolare il valore di portata media mensile partendo da una serie di dati su base giornaliera.

gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate
1		4638,79	46		1538,58	91	893,04	986,16
2		4077,52	47		1521,17	92		977,31
3		3749,20	48		1504,12	93		968,56
4		3516,25	49		1487,42	94		959,90
5		3335,56	50		1471,06	95		951,33
6		3187,93	51		1455,03	96		942,85
7		3063,10	52		1439,30	97		934,46
8		2954,98	53		1423,88	98		926,15
9		2859,60	54		1408,74	99		917,93
10	2747,011	2774,29	55		1393,89	100		909,79
11		2697,11	56		1379,30	101		901,74
12		2626,66	57		1364,96	102		893,76
13		2561,84	58		1350,88	103		885,86
14		2501,83	59		1337,04	104		878,03
15		2445,97	60		1323,43	105		870,29
16		2393,71	61		1310,05	106		862,61
17		2344,62	62		1296,88	107		855,01
18		2298,34	63		1283,92	108		847,47
19		2254,55	64		1271,17	109		840,01
20		2213,02	65		1258,62	110		832,62
21		2173,51	66		1246,25	111		825,29
22		2135,84	67		1234,08	112		818,03
23		2099,85	68		1222,08	113		810,83
24		2065,39	69		1210,26	114		803,69
25		2032,33	70		1198,61	115		796,62
26		2000,57	71		1187,12	116		789,61
27		1970,01	72		1175,80	117		782,66
28		1940,57	73		1164,63	118		775,77
29		1912,15	74		1153,61	119		768,94
30		1884,70	75		1142,74	120		762,16
31		1858,15	76		1132,02	121		755,44
32		1832,44	77		1121,43	122		748,78
33		1807,52	78		1110,98	123		742,17
34		1783,35	79		1100,67	124		735,61
35		1759,88	80		1090,48	125		729,10
36		1737,07	81		1080,42	126		722,65
37		1714,88	82		1070,49	127		716,25
38		1693,29	83		1060,67	128		709,90
39		1672,25	84		1050,97	129		703,60
40		1651,75	85		1041,39	130		697,35
41		1631,76	86		1031,92	131		691,14
42		1612,24	87		1022,56	132		684,98
43		1593,19	88		1013,31	133		678,87
44		1574,57	89		1004,16	134		672,81
45		1556,38	90		995,11	135		666,79

gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate
136		660,81	181		429,35	226		329,54
137		654,88	182	424,89	424,891	227		327,65
138		648,99	183		422,444	228		325,76
139		643,14	184		420,011	229		323,88
140		637,34	185		417,592	230		322,02
141		631,57	186		415,188	231		320,16
142		625,85	187		412,797	232		318,32
143		620,17	188		410,419	233		316,49
144		614,53	189		408,056	234		314,66
145		608,92	190		405,706	235		312,85
146		603,36	191		403,369	236		311,05
147		597,83	192		401,046	237		309,26
148		592,34	193		398,737	238		307,48
149		586,89	194		396,440	239		305,71
150		581,47	195		394,157	240		303,95
151		576,09	196		391,887	241		302,20
152		570,75	197		389,631	242		300,45
153		565,44	198		387,387	243		298,72
154		560,16	199		385,156	244		297,00
155		554,92	200		382,938	245		295,29
156		549,71	201		380,732	246		293,59
157		544,54	202		378,540	247		291,90
158		539,40	203		376,360	248		290,22
159		534,29	204		374,192	249		288,55
160		529,21	205		372,037	250		286,89
161		524,17	206		369,895	251		285,24
162		519,15	207		367,765	252		283,59
163		514,17	208		365,647	253		281,96
164		509,22	209		363,541	254		280,34
165		504,30	210		361,447	255		278,72
166		499,40	211		359,366	256		277,12
167		494,54	212		357,296	257		275,52
168		489,70	213		355,239	258		273,93
169		484,90	214		353,193	259		272,36
170		480,12	215		351,159	260		270,79
171		475,37	216		349,137	261		269,23
172		470,65	217		347,126	262		267,68
173		465,96	218		345,127	263		266,14
174		461,29	219		343,139	264		264,60
175		456,65	220		341,163	265		263,08
176		452,04	221		339,198	266		261,57
177		447,45	222		337,245	267		260,06
178		442,89	223		335,303	268		258,56
179		438,35	224		333,372	269		257,07
180		433,84	225		331,452	270		255,59

gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate	gg	portate	ate interpolate
271		254,12	316		195,96	361		151,11
272		252,66	317		194,83	362		150,24
273		251,20	318		193,71	363		149,37
274	248,63	249,75	319		192,59	364		148,51
275		248,32	320		191,48	365		147,66
276		246,89	321		190,38			
277		245,46	322		189,28			
278		244,05	323		188,19			
279		242,65	324		187,11			
280		241,25	325		186,03			
281		239,86	326		184,96			
282		238,48	327		183,90			
283		237,10	328		182,84			
284		235,74	329		181,78			
285		234,38	330		180,74			
286		233,03	331		179,70			
287		231,69	332		178,66			
288		230,35	333		177,63			
289		229,03	334		176,61			
290		227,71	335		175,59			
291		226,40	336		174,58			
292		225,09	337		173,58			
293		223,80	338		172,58			
294		222,51	339		171,58			
295		221,23	340		170,59			
296		219,95	341		169,61			
297		218,69	342		168,64			
298		217,43	343		167,66			
299		216,18	344		166,70			
300		214,93	345		165,74			
301		213,69	346		164,78			
302		212,46	347		163,84			
303		211,24	348		162,89			
304		210,02	349		161,95			
305		208,81	350		161,02			
306		207,61	351		160,09			
307		206,41	352		159,17			
308		205,23	353		158,26			
309		204,04	354		157,34			
310		202,87	355	160,22	156,44			
311		201,70	356		155,54			
312		200,54	357		154,64			
313		199,38	358		153,75			
314		198,24	359		152,87			
315		197,09	360		151,98			

Dalla serie di questi dati è stato possibile ricavare la portata media mensile presente in alveo in condizioni ante operam che risulta pari a 732,39 l/sec.

DETERMINAZIONE DEL DE

(secondo il Decreto del Presidente della Giunta Regionale 27 dicembre 2021 n° 14/R)

Il presente calcolo dei deflussi minimi da rilasciare a valle delle opere di presa dell'impianto in progetto viene eseguito sulla base dei contenuti degli Allegati A, B e c del D.P.G.R. 14/R; tali indicazioni hanno per scopo quello di garantire i deflussi minimi negli alvei naturali di corsi d'acqua in presenza di utilizzazioni, in modo da mantenere vitali le condizioni istantanee di funzionalità e di qualità dell'ecosistema fluviale in senso globale. Tali istruzioni indicano una procedura da seguire basata su formule, tabelle ed elaborati grafici che consentono il calcolo dei deflussi minimi per ogni caso specifico.

Calcolo del deflusso ecologico DE

Il deflusso ecologico (DE): il regime idrologico che, in un tratto idraulicamente omogeneo di un corso d'acqua, appartenente ad un corpo idrico così come definito nel Piano di Gestione del distretto idrografico vigente, è conforme col raggiungimento degli obiettivi ambientali definiti ai sensi dell'articolo 4 della DQA; il DE si compone di una componente idrologica, stimata in base a peculiarità del regime idrologico di un tratto idraulicamente omogeneo di un corso d'acqua, appartenente ad un corpo idrico; una componente ambientale stimata attraverso i fattori correttivi che tengono conto delle caratteristiche morfologiche dell'alveo (M), dei fenomeni di scambio idrico con la falda (A), dei fattori ambientali (Z) riguardanti la naturalità (N), la qualità dell'acqua (Q) e la fruizione (F) e le esigenze di modulazione della portata a valle dei prelievi (T) per tenere conto del regime naturale del corpo idrico e degli obiettivi ambientali definiti ai sensi degli articoli 4 e 13 della DQA, nel rispetto di quanto disciplinato dal d.lgs. 152/06;

$$DE = k * q_{MEDA} * S * M * A * Z * T$$

ove

K = frazione della portata media annua (è un parametro sperimentale determinato per singole aree omogenee);

q_{MEDA} = portata specifica media annua naturale per unità di superficie del bacino sotteso (l/s kmq)

S = superficie del bacino sottesa dalla sezione del corpo idrico (kmq)

M = parametro morfologico

A = parametro che tiene conto dell'interscambio tra le acque superficiali e quelle sotterranee.

Z = max (Q,N,F) per i fattori correttivi riguardanti la naturalità (N), la qualità dell'acqua (Q) e la fruizione (F), si deve fare riferimento alla tabella della "sintesi parametri Q, N, F, funzione Z e regione idrografica di appartenenza per applicazione fattore T"

T= modulazione delle portate in riferimento alla zona idrografica omogenea di riferimento

Secondo tale procedura di calcolo il primo parametro da determinare è la portata specifica media annua q_{MEDA} (valore medio espresso in l/s kmq), mediante la seguente formula :

$$q_{MEDA} = 0,0086 * H + 0,03416 * A - 24,5694 = 40,69 \text{ l/s kmq}$$

dove:

- H = altitudine media del bacino idrografico calcolata o attraverso lo studio ipsografico del bacino o mediante la seguente relazione semplificata

$$H = 0.5 * (0.9 * (H_{max} + H_{min})) = 1080,10 \text{ m}$$

- A = afflusso meteorico medio annuo, ragguagliato al bacino idrografico = 1638,61 mm

I parametri utilizzati per il calcolo del DMV di base per l'intero bacino imbrifero sono i seguenti:

k = 0.13 per l'area idrografica del bacino del Toce

S = 17,92 kmq

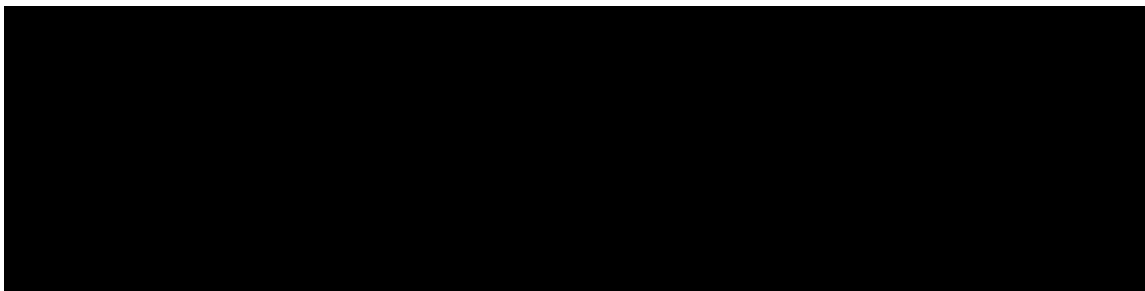
M = 0.90 in quanto, analizzando la tavola A.2.12 della Cartografia di Piano di Tutela delle Acque, le opere di presa in oggetto ricadono nella classe morfologica 1

A = 1 in quanto non facenti parte dei tratti elencati nella tabella contenuta al paragrafo *"fattore di interscambio idrico con la falda"*

Ai fini della componente ambientale del Deflusso Ecologico, per i fattori correttivi riguardanti la naturalità (N), la qualità dell'acqua (Q) e la fruizione (F), si deve fare riferimento alla tabella della "sintesi parametri Q, N, F, funzione Z e regione idrografica di appartenenza per applicazione fattore T"

CI	Denominazione	Regione Idrografica Omogenea - Fattore T	Valore Q	Valore N	Valore F	Valore Z max (Q,N,F)
01SS1N025PI	ARSA_1-Scorrimento superficiale-Molto piccolo	Gruppo D	1	1	1	1

Per definire il fattore T di modulazione delle portate da rilasciare si deve fare riferimento alla seguente tabella.



Ai sensi del comma 3. art. 3. (Ambito d'applicazione) del regolamento 14/R "Disposizioni per l'implementazione del deflusso ecologico": *"Sono soggetti alla modulazione della portata (T) i prelievi che ricadono nell'asta principale di corpi idrici il cui bacino idrografico ha un'area superiore a 100 kmq, valutata alla sezione di prelievo"*. Poiché, nel nostro caso, l'area risulta pari a 17,92 kmq non viene applicata la modulazione di portata T.

I quali portano ad un valore di DE da rilasciare all'opera di presa pari a **DE = 85,32 l/sec arrotondato al valore di 86 l/sec. costante durante tutto l'anno.**

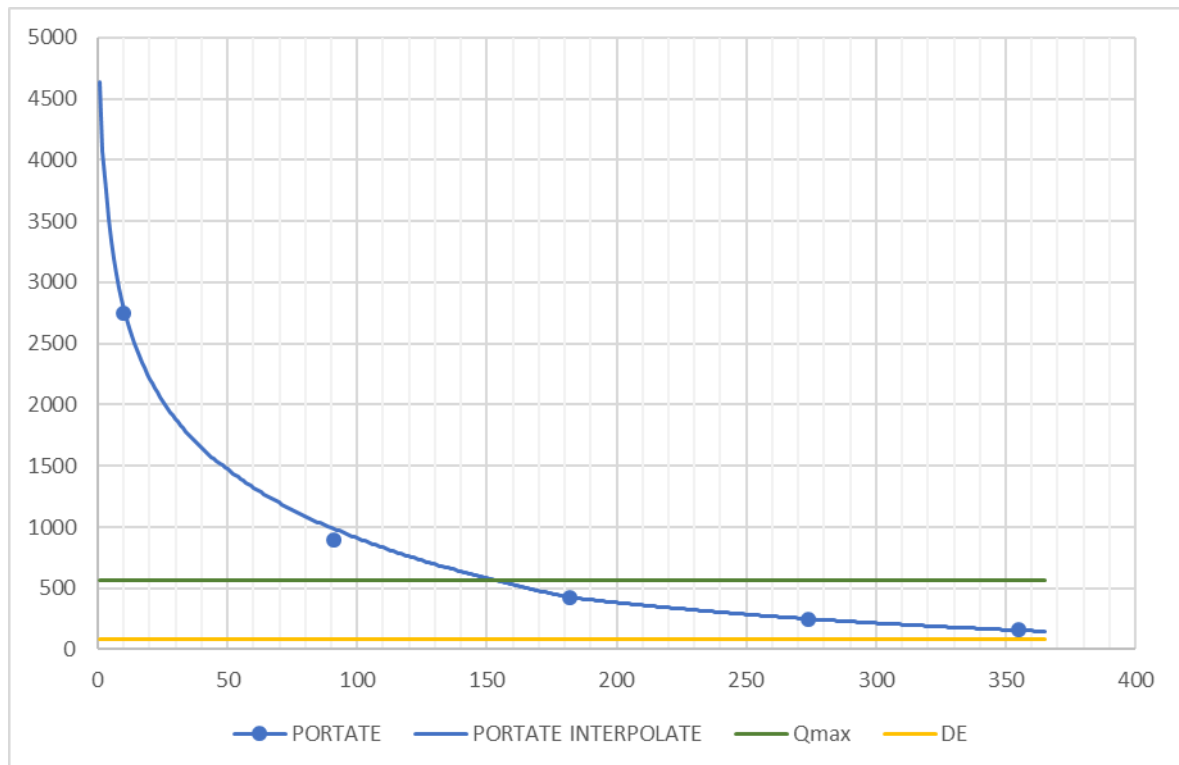
DIMENSIONAMENTO DELLE PORTATE DERIVATE E DEI RILASCI

In base a quanto esplicitato nei paragrafi precedenti è stato possibile ricavare il valore della portata media derivata su base giornaliera di concessione partendo dalla curva dell'impianto post operam con i seguenti parametri:

curva delle portate in alveo ante operam

portata massima derivabile $Q_{max} = 567 \text{ l/sec}$

deflusso ecologico $DE = 86 \text{ l/sec}$.



Che ha prodotto la seguente tabella di dati:

gg	PORTATE	PORTATE INTERPOLATE	Qmax	DE	area sottesa	gg	PORTATE	PORTATE INTERPOLATE	Qmax	DE	area sottesa
1		4638,79	567,00	86,00	4358,15	45		1556,38	567,00	86,00	1547,48
2		4077,52	567,00	86,00	3913,36	46		1538,58	567,00	86,00	1529,87
3		3749,20	567,00	86,00	3632,72	47		1521,17	567,00	86,00	1512,64
4		3516,25	567,00	86,00	3425,90	48		1504,12	567,00	86,00	1495,77
5		3335,56	567,00	86,00	3261,74	49		1487,42	567,00	86,00	1479,24
6		3187,93	567,00	86,00	3125,52	50		1471,06	567,00	86,00	1463,05
7		3063,10	567,00	86,00	3009,04	51		1455,03	567,00	86,00	1447,17
8		2954,98	567,00	86,00	2907,29	52		1439,30	567,00	86,00	1431,59
9		2859,60	567,00	86,00	2816,95	53		1423,88	567,00	86,00	1416,31
10	2747,011	2774,29	567,00	86,00	2735,70	54		1408,74	567,00	86,00	1401,32
11		2697,11	567,00	86,00	2661,89	55		1393,89	567,00	86,00	1386,59
12		2626,66	567,00	86,00	2594,25	56		1379,30	567,00	86,00	1372,13
13		2561,84	567,00	86,00	2531,84	57		1364,96	567,00	86,00	1357,92
14		2501,83	567,00	86,00	2473,90	58		1350,88	567,00	86,00	1343,96
15		2445,97	567,00	86,00	2419,84	59		1337,04	567,00	86,00	1330,23
16		2393,71	567,00	86,00	2369,16	60		1323,43	567,00	86,00	1316,74
17		2344,62	567,00	86,00	2321,48	61		1310,05	567,00	86,00	1303,46
18		2298,34	567,00	86,00	2276,45	62		1296,88	567,00	86,00	1290,40
19		2254,55	567,00	86,00	2233,79	63		1283,92	567,00	86,00	1277,55
20		2213,02	567,00	86,00	2193,27	64		1271,17	567,00	86,00	1264,89
21		2173,51	567,00	86,00	2154,68	65		1258,62	567,00	86,00	1252,43
22		2135,84	567,00	86,00	2117,85	66		1246,25	567,00	86,00	1240,16
23		2099,85	567,00	86,00	2082,62	67		1234,08	567,00	86,00	1228,08
24		2065,39	567,00	86,00	2048,86	68		1222,08	567,00	86,00	1216,17
25		2032,33	567,00	86,00	2016,45	69		1210,26	567,00	86,00	1204,43
26		2000,57	567,00	86,00	1985,29	70		1198,61	567,00	86,00	1192,86
27		1970,01	567,00	86,00	1955,29	71		1187,12	567,00	86,00	1181,46
28		1940,57	567,00	86,00	1926,36	72		1175,80	567,00	86,00	1170,21
29		1912,15	567,00	86,00	1898,42	73		1164,63	567,00	86,00	1159,12
30		1884,70	567,00	86,00	1871,42	74		1153,61	567,00	86,00	1148,18
31		1858,15	567,00	86,00	1845,29	75		1142,74	567,00	86,00	1137,38
32		1832,44	567,00	86,00	1819,98	76		1132,02	567,00	86,00	1126,72
33		1807,52	567,00	86,00	1795,44	77		1121,43	567,00	86,00	1116,21
34		1783,35	567,00	86,00	1771,61	78		1110,98	567,00	86,00	1105,82
35		1759,88	567,00	86,00	1748,47	79		1100,67	567,00	86,00	1095,57
36		1737,07	567,00	86,00	1725,97	80		1090,48	567,00	86,00	1085,45
37		1714,88	567,00	86,00	1704,08	81		1080,42	567,00	86,00	1075,45
38		1693,29	567,00	86,00	1682,77	82		1070,49	567,00	86,00	1065,58
39		1672,25	567,00	86,00	1662,00	83		1060,67	567,00	86,00	1055,82
40		1651,75	567,00	86,00	1641,75	84		1050,97	567,00	86,00	1046,18
41		1631,76	567,00	86,00	1622,00	85		1041,39	567,00	86,00	1036,66
42		1612,24	567,00	86,00	1602,72	86		1031,92	567,00	86,00	1027,24
43		1593,19	567,00	86,00	1583,88	87		1022,56	567,00	86,00	1017,93
44		1574,57	567,00	86,00	1565,48	88		1013,31	567,00	86,00	1008,73

gg	PORTATE	PORTATE INTERPOLATE	Qmax	DE	area sottesa	gg	PORTATE	PORTATE INTERPOLATE	Qmax	DE	area sottesa
89		1004,16	567,00	86,00	999,63	133		678,87	567,00	86,00	675,84
90		995,11	567,00	86,00	990,63	134		672,81	567,00	86,00	669,80
91	893,042	986,16	567,00	86,00	981,74	135		666,79	567,00	86,00	663,80
92		977,31	567,00	86,00	972,93	136		660,81	567,00	86,00	657,84
93		968,56	567,00	86,00	964,23	137		654,88	567,00	86,00	651,93
94		959,90	567,00	86,00	955,61	138		648,99	567,00	86,00	646,07
95		951,33	567,00	86,00	947,09	139		643,14	567,00	86,00	640,24
96		942,85	567,00	86,00	938,65	140		637,34	567,00	86,00	634,46
97		934,46	567,00	86,00	930,30	141		631,57	567,00	86,00	628,71
98		926,15	567,00	86,00	922,04	142		625,85	567,00	86,00	623,01
99		917,93	567,00	86,00	913,86	143		620,17	567,00	86,00	617,35
100		909,79	567,00	86,00	905,76	144		614,53	567,00	86,00	611,73
101		901,74	567,00	86,00	897,75	145		608,92	567,00	86,00	606,14
102		893,76	567,00	86,00	889,81	146		603,36	567,00	86,00	600,59
103		885,86	567,00	86,00	881,95	147		597,83	567,00	86,00	595,09
104		878,03	567,00	86,00	874,16	148		592,34	567,00	86,00	589,61
105		870,29	567,00	86,00	866,45	149		586,89	567,00	86,00	584,18
106		862,61	567,00	86,00	858,81	150		581,47	567,00	86,00	578,78
107		855,01	567,00	86,00	851,24	151		576,09	567,00	86,00	573,42
108		847,47	567,00	86,00	843,74	152		570,75	567,00	86,00	568,09
109		840,01	567,00	86,00	836,31	153		565,44	567,00	86,00	562,80
110		832,62	567,00	86,00	828,95	154		560,16	567,00	86,00	557,54
111		825,29	567,00	86,00	821,66	155		554,92	567,00	86,00	552,32
112		818,03	567,00	86,00	814,43	156		549,71	567,00	86,00	547,13
113		810,83	567,00	86,00	807,26	157		544,54	567,00	86,00	541,97
114		803,69	567,00	86,00	800,16	158		539,40	567,00	86,00	536,84
115		796,62	567,00	86,00	793,12	159		534,29	567,00	86,00	531,75
116		789,61	567,00	86,00	786,14	160		529,21	567,00	86,00	526,69
117		782,66	567,00	86,00	779,22	161		524,17	567,00	86,00	521,66
118		775,77	567,00	86,00	772,35	162		519,15	567,00	86,00	516,66
119		768,94	567,00	86,00	765,55	163		514,17	567,00	86,00	511,69
120		762,16	567,00	86,00	758,80	164		509,22	567,00	86,00	506,76
121		755,44	567,00	86,00	752,11	165		504,30	567,00	86,00	501,85
122		748,78	567,00	86,00	745,47	166		499,40	567,00	86,00	496,97
123		742,17	567,00	86,00	738,89	167		494,54	567,00	86,00	492,12
124		735,61	567,00	86,00	732,36	168		489,70	567,00	86,00	487,30
125		729,10	567,00	86,00	725,88	169		484,90	567,00	86,00	482,51
126		722,65	567,00	86,00	719,45	170		480,12	567,00	86,00	477,75
127		716,25	567,00	86,00	713,08	171		475,37	567,00	86,00	473,01
128		709,90	567,00	86,00	706,75	172		470,65	567,00	86,00	468,30
129		703,60	567,00	86,00	700,47	173		465,96	567,00	86,00	463,62
130		697,35	567,00	86,00	694,24	174		461,29	567,00	86,00	458,97
131		691,14	567,00	86,00	688,06	175		456,65	567,00	86,00	454,34
132		684,98	567,00	86,00	681,93	176		452,04	567,00	86,00	449,74

gg	PORTATE	PORTATE INTERPOLATE	Qmax	DE	area sottesa	gg	PORTATE	TE INTERP	Qmax	DE	area sottesa
177		447,45	567,00	86,00	445,17	221		339,20	567,00	86,00	338,22
178		442,89	567,00	86,00	440,62	222		337,24	567,00	86,00	336,27
179		438,35	567,00	86,00	436,09	223		335,30	567,00	86,00	334,34
180		433,84	567,00	86,00	431,60	224		333,37	567,00	86,00	332,41
181		429,35	567,00	86,00	427,12	225		331,45	567,00	86,00	330,50
182	424,891	424,89	567,00	86,00	423,67	226		329,54	567,00	86,00	328,59
183		422,44	567,00	86,00	421,23	227		327,65	567,00	86,00	326,70
184		420,01	567,00	86,00	418,80	228		325,76	567,00	86,00	324,82
185		417,59	567,00	86,00	416,39	229		323,88	567,00	86,00	322,95
186		415,19	567,00	86,00	413,99	230		322,02	567,00	86,00	321,09
187		412,80	567,00	86,00	411,61	231		320,16	567,00	86,00	319,24
188		410,42	567,00	86,00	409,24	232		318,32	567,00	86,00	317,40
189		408,06	567,00	86,00	406,88	233		316,49	567,00	86,00	315,57
190		405,71	567,00	86,00	404,54	234		314,66	567,00	86,00	313,76
191		403,37	567,00	86,00	402,21	235		312,85	567,00	86,00	311,95
192		401,05	567,00	86,00	399,89	236		311,05	567,00	86,00	310,15
193		398,74	567,00	86,00	397,59	237		309,26	567,00	86,00	308,37
194		396,44	567,00	86,00	395,30	238		307,48	567,00	86,00	306,59
195		394,16	567,00	86,00	393,02	239		305,71	567,00	86,00	304,83
196		391,89	567,00	86,00	390,76	240		303,95	567,00	86,00	303,07
197		389,63	567,00	86,00	388,51	241		302,20	567,00	86,00	301,33
198		387,39	567,00	86,00	386,27	242		300,45	567,00	86,00	299,59
199		385,16	567,00	86,00	384,05	243		298,72	567,00	86,00	297,86
200		382,94	567,00	86,00	381,84	244		297,00	567,00	86,00	296,15
201		380,73	567,00	86,00	379,64	245		295,29	567,00	86,00	294,44
202		378,54	567,00	86,00	377,45	246		293,59	567,00	86,00	292,75
203		376,36	567,00	86,00	375,28	247		291,90	567,00	86,00	291,06
204		374,19	567,00	86,00	373,11	248		290,22	567,00	86,00	289,39
205		372,04	567,00	86,00	370,97	249		288,55	567,00	86,00	287,72
206		369,89	567,00	86,00	368,83	250		286,89	567,00	86,00	286,06
207		367,76	567,00	86,00	366,71	251		285,24	567,00	86,00	284,41
208		365,65	567,00	86,00	364,59	252		283,59	567,00	86,00	282,78
209		363,54	567,00	86,00	362,49	253		281,96	567,00	86,00	281,15
210		361,45	567,00	86,00	360,41	254		280,34	567,00	86,00	279,53
211		359,37	567,00	86,00	358,33	255		278,72	567,00	86,00	277,92
212		357,30	567,00	86,00	356,27	256		277,12	567,00	86,00	276,32
213		355,24	567,00	86,00	354,22	257		275,52	567,00	86,00	274,73
214		353,19	567,00	86,00	352,18	258		273,93	567,00	86,00	273,15
215		351,16	567,00	86,00	350,15	259		272,36	567,00	86,00	271,57
216		349,14	567,00	86,00	348,13	260		270,79	567,00	86,00	270,01
217		347,13	567,00	86,00	346,13	261		269,23	567,00	86,00	268,45
218		345,13	567,00	86,00	344,13	262		267,68	567,00	86,00	266,91
219		343,14	567,00	86,00	342,15	263		266,14	567,00	86,00	265,37
220		341,16	567,00	86,00	340,18	264		264,60	567,00	86,00	263,84

gg	PORTATE	TE INTERP	Qmax	DE	area sottesa	gg	PORTATE	TE INTERP	Qmax	DE	area sottesa
265		263,08	567,00	86,00	262,32	309		204,04	567,00	86,00	203,46
266		261,57	567,00	86,00	260,81	310		202,87	567,00	86,00	202,28
267		260,06	567,00	86,00	259,31	311		201,70	567,00	86,00	201,12
268		258,56	567,00	86,00	257,82	312		200,54	567,00	86,00	199,96
269		257,07	567,00	86,00	256,33	313		199,38	567,00	86,00	198,81
270		255,59	567,00	86,00	254,86	314		198,24	567,00	86,00	197,66
271		254,12	567,00	86,00	253,39	315		197,09	567,00	86,00	196,53
272		252,66	567,00	86,00	251,93	316		195,96	567,00	86,00	195,39
273		251,20	567,00	86,00	250,48	317		194,83	567,00	86,00	194,27
274	248,626	249,75	567,00	86,00	249,04	318		193,71	567,00	86,00	193,15
275		248,32	567,00	86,00	247,60	319		192,59	567,00	86,00	192,04
276		246,89	567,00	86,00	246,18	320		191,48	567,00	86,00	190,93
277		245,46	567,00	86,00	244,76	321		190,38	567,00	86,00	189,83
278		244,05	567,00	86,00	243,35	322		189,28	567,00	86,00	188,74
279		242,65	567,00	86,00	241,95	323		188,19	567,00	86,00	187,65
280		241,25	567,00	86,00	240,55	324		187,11	567,00	86,00	186,57
281		239,86	567,00	86,00	239,17	325		186,03	567,00	86,00	185,50
282		238,48	567,00	86,00	237,79	326		184,96	567,00	86,00	184,43
283		237,10	567,00	86,00	236,42	327		183,90	567,00	86,00	183,37
284		235,74	567,00	86,00	235,06	328		182,84	567,00	86,00	182,31
285		234,38	567,00	86,00	233,71	329		181,78	567,00	86,00	181,26
286		233,03	567,00	86,00	232,36	330		180,74	567,00	86,00	180,22
287		231,69	567,00	86,00	231,02	331		179,70	567,00	86,00	179,18
288		230,35	567,00	86,00	229,69	332		178,66	567,00	86,00	178,15
289		229,03	567,00	86,00	228,37	333		177,63	567,00	86,00	177,12
290		227,71	567,00	86,00	227,05	334		176,61	567,00	86,00	176,10
291		226,40	567,00	86,00	225,75	335		175,59	567,00	86,00	175,09
292		225,09	567,00	86,00	224,45	336		174,58	567,00	86,00	174,08
293		223,80	567,00	86,00	223,15	337		173,58	567,00	86,00	173,08
294		222,51	567,00	86,00	221,87	338		172,58	567,00	86,00	172,08
295		221,23	567,00	86,00	220,59	339		171,58	567,00	86,00	171,09
296		219,95	567,00	86,00	219,32	340		170,59	567,00	86,00	170,10
297		218,69	567,00	86,00	218,06	341		169,61	567,00	86,00	169,12
298		217,43	567,00	86,00	216,80	342		168,64	567,00	86,00	168,15
299		216,18	567,00	86,00	215,55	343		167,66	567,00	86,00	167,18
300		214,93	567,00	86,00	214,31	344		166,70	567,00	86,00	166,22
301		213,69	567,00	86,00	213,08	345		165,74	567,00	86,00	165,26
302		212,46	567,00	86,00	211,85	346		164,78	567,00	86,00	164,31
303		211,24	567,00	86,00	210,63	347		163,84	567,00	86,00	163,36
304		210,02	567,00	86,00	209,42	348		162,89	567,00	86,00	162,42
305		208,81	567,00	86,00	208,21	349		161,95	567,00	86,00	161,49
306		207,61	567,00	86,00	207,01	350		161,02	567,00	86,00	160,56
307		206,41	567,00	86,00	205,82	351		160,09	567,00	86,00	159,63
308		205,23	567,00	86,00	204,63	352		159,17	567,00	86,00	158,71

gg	PORTATE	TE INTERP	Qmax	DE	area sottesa
353		158,26	567,00	86,00	157,80
354		157,34	567,00	86,00	156,89
355	160,223	156,44	567,00	86,00	155,99
356		155,54	567,00	86,00	155,09
357		154,64	567,00	86,00	154,20
358		153,75	567,00	86,00	153,31
359		152,87	567,00	86,00	152,42
360		151,98	567,00	86,00	151,55
361		151,11	567,00	86,00	150,67
362		150,24	567,00	86,00	149,81
363		149,37	567,00	86,00	148,94
364		148,51	567,00	86,00	148,09
365		147,66	567,00	86,00	

Dalla quale è stato possibile ricavare il dato di portata media derivata calcolata su base giornaliera pari a 406,81 l/sec.

Quindi i dati di concessione saranno:

Quota opera di presa	m.s.l.m. 256,23
Pelo libero vasca di carico	m.s.l.m. 246,85
Quota restituzione	m.s.l.m. 215,58
Salto disponibile	H = 31,27 m
Portata media derivata	Q = 406,81 l/s

La modulazione del deflusso minimo vitale avverrà tramite passaggio calibrato posto sul canale derivatore che garantirà sempre un valore di portata pari a 86 l/sec. Per il calcolo di tale dispositivo ci affideremo alla teoria della foronomia classica considerando il nostro caso paragonabile a quello di una bocca ad efflusso libero (*Figura 1*)

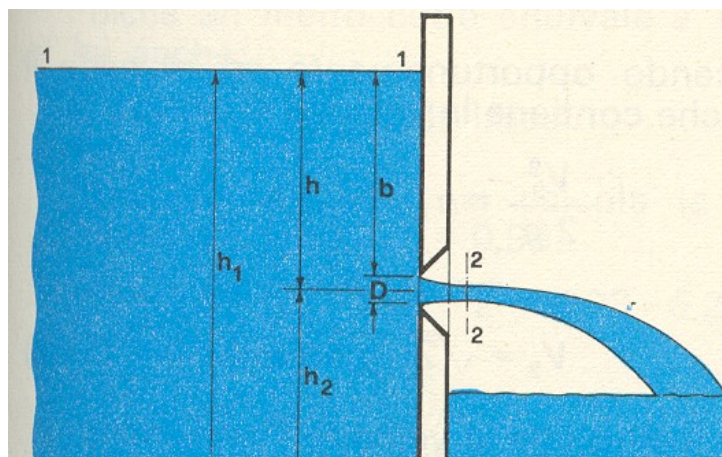


Figura 1 : Bocca a battente ad efflusso libero

La formula della portata di una corrente attraverso una bocca di sezione A deve essere necessariamente corretta assumendo la seguente forma:

$$Q = \mu * A * \sqrt{2 * g * h}$$

In questo caso si vuole ottenere un dispositivo circolare per cui l'area della bocca di passaggio sarà data dalla seguente espressione:

$$A = \frac{4 * \phi^2}{\pi}$$

esplicitando le formule appena descritte si ottiene:

$$\phi = \sqrt[2]{\frac{4 * Q}{\mu * \pi * \sqrt[2]{2 * g * h}}}$$

considerando che il battente d'acqua minimo al di sopra del tubo del DMV è stimato in circa $h = 1.63$ m ed il coefficiente di deflusso μ è pari a 0.95 si calcola che il diametro del tubo flangiato per il rilascio sarà di 175 mm (17,5 cm) .

La portata in uscita dalla tubazione del DMV pari a 17,5 cm sarà in grado di assolvere alla funzioni previste dalla recente normativa; le portate rilasciate saranno convogliate in una vaschetta dotata di stramazzo con asta graduata per misura visiva livello del DMV e di sonda ad ultrasuoni per la misurazione in continuo del DMV.

Lo stramazzo è stato calcolato con le normali formulazioni della foronomia utilizzando la tipologia di stramazzo in parete grossa;

Lo stramazzo in parete grossa che verrà realizzato al termine della vaschetta avrà le seguenti caratteristiche geometriche:

L = lunghezza dello stramazzo pari a 1,50 m

μ_o = coefficiente di efflusso pari a 0.385

Per cui applicando la formula dello stramazzo in parete grossa

$$Q = \mu_o * h * L *$$

Come portata minima in uscita dallo stramazzo del DE pari a 86 l/sec che porta ad aver un carico idraulico sullo stramazzo pari a 10,4 cm

CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO

a) **Calcolo della potenza di concessione**

La potenza di concessione (P_c) si calcola per mezzo della seguente formula:

$$P_c = \frac{H * Q_m * 9,81}{1000}$$

Dove

- H è il salto lordo disponibile espresso in m
- Qm è la portata media effettivamente prelevata espressa in l/sec che risulta essere pari a 406,81 l/sec

Quindi si ottiene che la potenza di concessione $P_c = 128,28 \text{ kW}$

b) Calcolo della potenza massima

La potenza massima ($P_{\max}$) si calcola per mezzo della seguente formula:

$$P_{\max} = \frac{H * Q_{\max} * 9,81}{1000}$$

Dove

- H è il salto lordo disponibile espresso in m
- $Q_{\max}$ è la portata massima prelevata espressa in l/sec che risulta essere pari a 567,00 l/sec

Quindi si ottiene che la potenza massima $P_{\max} = 173.93 \text{ kW}$

c) Calcolo dell'energia netta teorica annua prodotta

Il calcolo dell'energia teorica prodotta viene eseguito mediante la seguente formula:

$$E_c = n^{\circ}\text{ore} * P_c$$

Dove

$N^{\circ}\text{ore}$ sono il numero di ore che si prevede in marcia l'impianto che nel nostro caso è stimato in 8760 ore annue

Da cui si ottiene:

Energia producibile totale = 842.435 kWh/annua

DATI GENERALI RIASSUNTIVI DELL'IMPIANTO

Quota opera di presa	m.s.l.m. 256,23
Pelo libero vasca di carico	m.s.l.m. 246,85
Quota restituzione	m.s.l.m. 215,58
Salto disponibile	H = 31,27 m
Portata media derivata	Q = 406,81 l/s
Portata massima derivabile	Q = 567,00 l/s
Potenza media di concessione	Pc = 128,28 kW
condotta forzata in acciaio	DN 900
lunghezza condotta	L = 850 m
periodo di utilizzo:	12 mesi/anno
ore di funzionamento	8760 ore/anno
destinazione energia prodotta	Rete nazionale
tempo presunto durata impianto	30 anni
tempo di esecuzione lavori	12 mesi
quantitativo medio annuo d'acqua derivato	12,83 milioni mc
energia netta producibile	842.435 kWh

VERIFICHE IDRAULICHE

Calcolo dei tempi di corrivazione

Il tempo di corrivazione, rispetto ad una determinata sezione, è il tempo necessario affinché una particella d'acqua, caduta nel punto idraulicamente più lontano dal bacino, possa far sentire il suo effetto nella sezione che si vuole verificare.

Per un bacino imbrifero come quello in esame, è stata impiegata la formula empirica di Giandotti (1934).

Nel nostro caso considereremo l'ipotesi più gravosa ossia che tutte le derivazioni presenti, sia esistenti che in istruttoria e cioè derivazione Enel, derivazione Servizi Ecologici dell'Ossola e derivazione Solvalore 3 siano temporaneamente non attive e quindi tutto il contributo dell'intero bacino imbrifero arrivi alla sezione di chiusura della nuova opera di presa in progetto posta a quota 256,23 m.s.l.m.

$$t_c =$$

dove:

t_c = tempo di corrivazione in ore

A = superficie dell'intero bacino in Km^2 , che è pari a 17,92 Km^2

L = lunghezza asta principale del corso d'acqua in Km, che è pari a 5,10 Km

h_{mr} = dislivello tra la quota media del bacino e quella della sezione considerata 743,32 m (dove la quota media del bacino è stata calcolata mediante la formula semplificata consentita nella D.G.R. n° 74 – 45166)

Dai calcoli effettuati si è giunti alla determinazione di un tempo di corrivazione pari a **1,127** ore.

Calcolo delle portate di massima piena

Le portate di massima piena considerate, sono quelle che rappresentano la diretta conseguenza delle intense precipitazioni liquide a monte della sezione esaminata.

Il calcolo può essere eseguito attraverso metodi diretti oppure attraverso metodi indiretti.

- metodi diretti: elaborando i dati di portata disponibile per il corso d'acqua;
- metodi indiretti: attraverso l'uso di opportuni modelli matematici trasformano gli afflussi in deflussi.

Nel presente studio verrà effettuata la valutazione della portata di piena mediante metodi indiretti, per mezzo dei quali, elaborando i dati di afflusso meteorico registrati nelle stazioni pluviometriche e correlandoli con le grandezze caratteristiche del bacino, si ottengono le quantità di deflusso prevedibili per il tempo di ritorno considerato.

Dati pluviometrici

L'analisi delle precipitazioni critiche è stata condotta attraverso il metodo della regionalizzazione proposta dal PAI.

La *“Direttiva sulla piena di progetto da assumere per le progettazioni e le verifiche di compatibilità idraulica”*, Allegato 1 delle Norme di attuazione del PAI Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico, riporta i valori dei parametri “a” e “n” da adottare, relativi alla stazione pluviometrica alla quale si fa riferimento, per tempi di ritorno decennali e secolari.

Nel caso particolare il bacino in esame ricade all'interno delle celle BS54, BS55, BS56, BT54, BT55, BT56, BU54, BU55, BU56

I parametri della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica, per assegnati tempi di ritorno, sono indicati nella seguente tabella

:

	Tr 100		Tr 200		Tr 500	
	a	n	a	n	a	n
BS54	64,34	0,54	70,24	0,54	78,04	0,54
BS55	66,36	0,54	72,45	0,54	80,48	0,54
BS56	68,02	0,54	74,26	0,54	82,50	0,54
BT54	67,23	0,53	73,41	0,53	81,58	0,53
BT55	69,40	0,54	75,79	0,54	84,22	0,54
BT56	71,00	0,54	77,52	0,54	86,14	0,54
BU54	70,39	0,53	76,88	0,53	85,46	0,53
BU55	72,24	0,53	78,90	0,53	87,69	0,53
BU56	73,71	0,53	80,49	0,53	89,45	0,53
medie	69,188	0,536	75,549	0,536	83,951	0,536

Numerose indagini hanno dimostrato che le precipitazioni massime registrate da un pluviografo possono essere rappresentate dalla funzione di una parabola avente equazione:

$$h = a * t^n$$

Tale funzione prende il nome di “*curva segnalatrice di possibilità pluviometrica*” in cui:

h = altezza di precipitazione in mm

t = durata della precipitazione

a = coefficiente che dipende dalle caratteristiche pluviometriche della zona in cui si trova la stazione.

Curva di probabilità pluviometrica

Si tratta di una retta interpolante, di tipo logaritmico, per mezzo della quale è possibile definire l'altezza della pioggia per una precipitazione di qualsiasi intensità. Tale funzione è stata ottenuta inserendo i dati che rappresentano l'altezza massima di precipitazione (con tempo di ritorno di 200 anni) che si può verificare in 1 ora, 3 ore, 6 ore, 12 ore e 24 ore.

La curva di possibilità pluviometrica ragguagliata all'area corrispondente ad un tempo di ritorno di 200 anni ha la seguente equazione:

$$h = a * t^n$$

In particolare tale curva deve essere valutata la condizione critica, che è rappresentata dalla precipitazione di durata uguale al tempo di corrivazione, poiché è la condizione in cui tutto il bacino contribuisce al deflusso.

Dalle formulazioni espresse sopra si ricava un'altezza delle precipitazioni pari a :

Tr = 100 anni	h= 73,766 mm
Tr = 200 anni	h= 80,550 mm
Tr = 500 anni	h= 89,515 mm

Calcolo della Portata

Si è ritenuto opportuno eseguire i calcoli relativi alla portata per mezzo di differenti metodi empirici così da poter confrontare i risultati ottenuti ed utilizzare quello maggiormente cautelativo.

Formula di Giandotti – Visentini

Per il calcolo della portata di massima piena è stata utilizzata la formula di *Giandotti- Visentini* che fornisce la portata al colmo della piena in funzione del volume d'acqua precipitata durante l'evento meteorico sul bacino.

$$Q_{max} =$$

dove:

ε = coefficiente di laminazione in funzione della superficie del bacino

C = coefficiente di deflusso espresso dal rapporto tra l'altezza di pioggia netta e l'altezza totale di pioggia.

h = altezza ragguagliata al tempo di corrivazione

t_c = tempo di corrivazione

con i dati ricavati in precedenza ed assumendo in maniera cautelativa un coefficiente di laminazione pari all'unità ed un coefficiente di deflusso pari a 0,8, si è giunti alla determinazione di una portata massima pari a :

	Q_{max}
Tr = 100 anni	Q _{max} = 276,15 mc/sec
Tr = 200 anni	Q _{max} = 301,54 mc/sec
Tr = 500 anni	Q _{max} = 335,10 mc/sec

Sintesi dei risultati

Di seguito vengono elencati i risultati di verifica ottenuti attraverso le procedure descritte dettagliatamente in precedenza:

Tr = 100 anni			Sezione all'opera di presa	PORTATA LIQUIDA
Tempo di corrivazione	t_c	ore	1,127	
Altezza ragguagliata	h	mm	73,766	
Giandotti -Visentini	Q_{max}	m ³ /s	276,15	

Tr = 200 anni			Sezione all'opera di presa	PORTATA LIQUIDA
Tempo di corrivazione	t_c	ore	1,127	
Altezza ragguagliata	h	mm	80,550	
Giandotti -Visentini	Q_{max}	m ³ /s	301,54	

Tr = 500 anni			Sezione all'opera di presa	PORTATA LIQUIDA
Tempo di corrivazione	t_c	ore	1,127	
Altezza ragguagliata	h	mm	89,515	
Giandotti -Visentini	Q_{max}	m ³ /s	335,10	

Trasporto solido

Le correnti idriche hanno la capacità, in certe condizioni di trasportare elementi solidi come limo , sabbia e massi; Questo fenomeno viene denominato trasporto solido.

Il volume di materiale solido trasportato da un corso d'acqua, nell'unità di tempo, prende il nome di portata solida.

La valutazione del volume complessivo di sedimenti che può essere mobilitato in un torrente montano, in occasione di un evento estremo, gioca un ruolo fondamentale nella progettazione degli interventi.

E' di importanza fondamentale sottolineare che, nei torrenti montani il trasporto solido è un fenomeno estremamente irregolare che solo con approssimazioni grossolane può essere valutato numericamente.

Nel caso in esame , si può affermare che il trasporto solido non contempla significative percentuali di materiale fine, ma risulta limitato e ghiaie medio-grosse, clasti di dimensioni molto grandi.

Condizioni di movimento

La velocità al fondo per cui un materiale di dimensioni d , privo di coesione, inizia a muoversi (velocità limite) è proporzionale alla radice stessa di d secondo la relazione di Sternberg (1875) :

$$V_f = K * \sqrt{d} \quad [\text{m/s}]$$

Con $K = 4$, 6 o 8 a seconda degli studi sperimentali effettuati dai diversi Autori. Al di sotto di tale velocità critica diminuisce la capacità di trasporto solido della corrente e pertanto diminuisce l'erosione sia sul fondo che lateralmente. Nel tratto in esame del Torrente Socraggio, si rinvencono in alveo materiali con grandi dimensioni ma soprattutto grossi trovanti. Gli elementi lapidei rinvenuti in alveo, nella zona della presa, presentano dimensioni medie dell'ordine di 40 cm circa. Da tali considerazioni è possibile stimare la velocità critica della corrente idrica alla quale si può verificare l'insacco del trasporto solido in alveo. Per il calcolo della velocità critica il fattore K è stato scelto pari a 6 , ottenendo i seguenti risultati:

Classe Glanulometrica (cm)	Velocità critica (Formula di Sternberg) (m/s)
0.2 ÷ 5	0.27 ÷ 1.34
5 ÷ 20	1.34 ÷ 2.68
20 ÷ 50	2.68 ÷ 4.20
50 ÷ 100	4.20 ÷ 6.00
100 ÷ 150	6.00 ÷ 7.34
150 ÷ 200	7.34 ÷ 8.48
200 ÷ 250	8.48 ÷ 9.48

Portata solida

Nell'ambito della presente analisi, il calcolo della portata solida è stato condotto con la formula di Du Boys (1879).

Secondo Du Boys, la portata solida di fondo che attraversa la sezione per unità di tempo e di larghezza della medesima è :

$$G = K\tau (\tau - \tau_0) \quad [\text{Kg} / (\text{s} * \text{m})]$$

Dove :

- τ (kg / m²) = forza orizzontale di trascinamento della corrente = $\gamma h J$;
- τ_0 (kg / m²) = tensione critica di trascinamento = $c (\gamma_s - \gamma) d$;
- **c** = parametro variabile da 0.045 a 0.076 ;
- γ_s (kg / m³) = peso specifico del materiale presente sul fondo dell'alveo;
- γ (kg / m³) = peso specifico dell'acqua;
- **d** (m) = dimensioni medie del materiale presente sul fondo dell'alveo;
- **K** [1/(Kg m³)] = parametro dipendente dalle caratteristiche fisiche del materiale presente sul fondo dell'alveo = $0.54 [1/(\gamma_s - \gamma)]$;
- **h** (m) = valore della profondità del corso d'acqua che può essere approssimativamente riconducibile al raggio idraulico;
- **J** = pendenza media dell'alveo ;

Applicando la formula appena descritta si ottengono una portata solida pari a :

	Q_{solida}
Tr = 100 anni	Q _{max} = 25,10 mc/sec
Tr = 200 anni	Q _{max} = 27,41 mc/sec
Tr = 500 anni	Q _{max} = 30,46 mc/sec

Bisogna sottolineare nuovamente che tale stima presenta ampi margini di incertezza, data l'estrema difficoltà di quantificare oggettivamente la portata solida dei corsi d'acqua.

Sintesi dei risultati

Alla luce dei risultati ottenuti nel calcolo della portata liquida e solida si può riassumere il tutto nella seguente tabella:

Sezione alla Presa							
<i>Tr = 100 anni</i>							
		Q _{max}	Portata liquida		Q _{max}	Portata solida	Totale
Giandotti -Visentini	m ³ /s	276,15		m ³ /s	25,10		301.25

Sezione alla Presa							
<i>Tr = 200 anni</i>							
		Q _{max}	Portata liquida		Q _{max}	Portata solida	Totale
Giandotti -Visentini	m ³ /s	301,54		m ³ /s	27,41		328.95

Sezione alla Presa							
<i>Tr = 500 anni</i>							
		Q _{max}	Portata liquida		Q _{max}	Portata solida	Totale
Giandotti -Visentini	m ³ /s	335,10		m ³ /s	30,46		365.56

Si assumeranno come portata al colmo in transito per la sezione della presa i seguenti valori:

	Q _{max}
Tr = 100 anni	Q _{max} = 301.25 mc/sec.
Tr = 200 anni	Q _{max} = 328.95 mc/sec.
Tr = 500 anni	Q _{max} = 365.56 mc/sec.

Verifica della sezione di deflusso alla presa ed alla restituzione

A questo punto occorre verificare che questa portata possa defluire attraverso una determinata sezione dell'alveo.

In condizioni di moto permanente la portata che fluisce per una determinata sezione d'alveo è fornita dalla seguente relazione:

$$Q = A * v$$

dove:

Q = portata [m³/s]

A = area della sezione trasversale [m²]

v = velocità media della corrente [m/s]

Assumendo il criterio di moto uniforme, cioè immaginando che la linea piezometrica abbia la stessa inclinazione dell'alveo nella direzione della corrente può essere espressa dalla relazione di *Glauckler-Strickler* :

$$v = K_s * R^{2/3} * (i)^{1/2}$$

dove:

K_s = coefficiente di resistenza di Strickler che, in base al Piano Stralcio delle Fasce Fluviali, per i territori montani con fondo d'alveo costituito da ciottoli e massi molto grossi è pari a 20 m^{1/3}/s

R = raggio idraulico =

i = pendenza dell'alveo nel tratto considerato

Valutata la velocità di deflusso, noto il valore della sezione del corso d'acqua, si può calcolare la portata smaltibile che sarà poi confrontata con la portata di piena di riferimento calcolata in precedenza.

Le verifiche sono state condotte in sezioni significative del corso d'acqua in questione ed in particolare sono state verificate la sezione alla presa e la sezione alla restituzione ed i livelli idrici derivanti dal calcolo sono rappresentati nei grafici allegati alla presente relazione.

SEZIONE ALLA PRESA (vedi tavola allegata)				
Tr = 100 anni				
Area sezione deflusso	Perimetro bagnato	H (dalla soglia)	Q _{smaltibile}	Q _{max}
34,71	22,99	1,94	312,50	301,25

SEZIONE ALLA PRESA (vedi tavola allegata)				
Tr = 200 anni				
Area sezione deflusso	Perimetro bagnato	H (dalla soglia)	Q _{smaltibile}	Q _{max}
41,29	31,53	2,19	338,10	328,95

SEZIONE ALLA PRESA (vedi tavola allegata)				
Tr = 500 anni				
Area sezione deflusso	Perimetro bagnato	H (dalla soglia)	Q _{smaltibile}	Q _{max}
44,22	31,78	2,29	377,04	365,56

Analizzando i dati alla presa si può vedere che il livello idrico, per contenere la portata di piena più catastrofica (Q_{max}) valutata con un tempo di ritorno di 500 anni si stabilizza ad una quota di 2,29 metri.

A questo proposito bisogna però ricordare che esiste un certo margine di incertezza sulla determinazione delle portate di piena in quanto le formule provengono da valutazioni di tipo sperimentale.

Verifica di stabilità dell'opera di presa

La verifica di stabilità verrà condotta considerando l'opera di presa vincolata al fondo roccioso ed alle spalle rocciose per mezzo di spezzoni di acciaio ad aderenza migliorata di opportuno diametro e ad interasse tale da risultare compatibile con la verifica di seguito condotta;

La schematizzazione di tale vincoli è riconducibile a degli incastri e siccome ci troviamo di fronte ad un manufatto completamente vincolato su tre lati utilizzeremo lo schema tipico a piastra caricata uniformemente dalla pressione idrostatica agente dietro alla piastra stessa.

L'altezza dell'acqua dietro l'opera di presa, che rappresenta il contributo più significativo per il ribaltamento è pari a 2,50 metri dato dalle seguenti differenze di quota : 253,23 m.s.l.m (pelo libero) – 251,73m.s.l.m. (alveo) .

Il calcolo della spinta idrostatica dietro il manufatto verrà eseguita in condizioni non drenate ossia con il materiale completamente saturo.

I dati utilizzati per il calcolo della spinta sono i seguenti:

$$\gamma_{\text{acqua}} = 1000 \text{ kg/m}^3$$

$$\gamma_{\text{ghiaie sature}} = 1600 \text{ kg/m}^3$$

$$\text{altezza massima di calcolo } H = 2,50 \text{ m}$$

la spinta sarà pari a :

$$P = 2,50 \times 1600 = 4.000 \text{ daN/mq}$$

$$S = 4.000 \times 2,50 / 2 = 5.000 \text{ daN/m}$$

Il momento spingente, che risulta essere applicato ad un terzo dell'altezza H pari a 2,50 m ossia $1/3 \times 2,50 = 0,8334 \text{ m}$ risulta essere pari a :

$$M_s = 5.000 \times 0,8334 = 4.166,66 \text{ daNm}$$

Nel caso più comune di comportamento a piastra i carichi uniformemente distribuiti saranno $p = p_x + p_y$

Dove p_x e p_y sono i carichi da affidare alla serie di travi parallele ad l_x e l_y rispettivamente.

L'ipotesi semplificativa di Grashov, formulata per la risoluzione del problema, è quella di ammettere l'uguaglianza delle frecce nella mezzeria delle strisce centrali delle due serie di travi :

$$K_x p_x l_x = K_y p_y l_y$$

Dove K_y e K_x dipendono esclusivamente dalle condizioni di vincolo.

Risolvendo il sistema di equazioni si otterrà:

$$p_x = p^*$$

$$p_y = p - p_x$$

dove $K = K_x / K_y$ e assume i valori riportati nella tabella sottostante

TABELLA 5.14 - COEFFICIENTI K PER PIASTRE COMUNQUE VINCOLATE (GRASHOV)

Le sollecitazioni flettenti e taglianti si calcolano nei due sensi l_x ed l_y secondo lo schema statico dipendente dai vincoli di estremità, con il carico di competenza:

$$p_x = p_{tot} \cdot \frac{l_y^4}{K l_x^4 + l_y^4} \quad p_y = p_{tot} - p_x$$

$K_{\frac{1}{1}} = 1$	$K_{\frac{1.5}{1}} = 1.5$	$K_{\frac{2}{1}} = 2$	$K_{\frac{1.7}{1}} = 1.7$	$K_{\frac{1.5}{1.7}} = 0.088$	$K_{\frac{1.5}{2}} = 0.75$	$K_{\frac{1.5}{1.5}} = 1$
$K_{\frac{2}{1.7}} = 0.118$	$K_{\frac{2}{2}} = 1$	$K_{\frac{1.7}{1.7}} = 1$	$K_{\frac{3.5}{1}} = 3.5$	$K_{\frac{3}{1}} = 3$	$K_{\frac{5}{1}} = 5$	$K_{\frac{3}{1.7}} = 0.177$
$K_{\frac{3}{2}} = 1.5$	$K_{\frac{3}{1.5}} = 2$	$K_{\frac{5}{1.7}} = 0.294$	$K_{\frac{5}{2}} = 2.5$	$K_{\frac{5}{1.5}} = 3.333$	$K_{\frac{3.5}{1.7}} = 0.206$	$K_{\frac{3.5}{2}} = 1.75$
$K_{\frac{3.5}{1.5}} = 2.333$	$K_{\frac{3}{3}} = 1$	$K_{\frac{3}{3.5}} = 0.857$	$K_{\frac{3.5}{3.5}} = 1$	$K_{\frac{5}{3}} = 1.667$	$K_{\frac{5}{3.5}} = 1.429$	$K_{\frac{5}{5}} = 1$


INCASTRO
APPOGGIO
SEMINCASTRO

Nel nostro caso assumeremo una piastra vincolata su tre lati con vincolo di incastro per cui dalla tabella si ottiene un valore $K = 17$

Andiamo quindi a calcolare il valore dei carichi con cui caricare la piastra

La spinta massima sul fondo (andamento triangolare) abbiamo calcolato esser pari a $P = 4.000 \text{ daN/mq}$ ne consegue che la piastra verrà caricata con questa spinta P .

Assumiamo una schematizzazione della piastra-opera di presa delle seguenti dimensioni:

$$l_x = 25,80 \text{ m}$$

$$l_y = 2,50 \text{ m}$$

$$p_x = p \cdot \frac{1}{20} = 4.000 \cdot \frac{1}{20} = 0,200 \text{ daN/mq}$$

$$p_y = p - p_x = 4.000 - 0,200 = 3.999,80 \text{ daN/mq}$$

andiamo quindi a calcolare i momenti nelle due direzioni che tendono a che sollecitare la piastra:

$$M_x^+ = p_x \cdot l_x^2 / 2 = 0,200 \cdot 25,80^2 / 2 = 6,6564 \text{ daNm}$$

$$M_y^- = p_y \cdot l_y^2 / 8 = 3.999,80 \cdot 2,50^2 / 8 = 3.124,97 \text{ daNm}$$

$$M_y^+ = p_y \cdot l_y^2 / 24 = 3.999,80 \cdot 2,50^2 / 24 = 1.041,65 \text{ daNm}$$

Mettendoci nelle condizioni più sfavorevoli calcoleremo l'armatura della piastra utilizzando il momento massimo che in questo caso è rappresentato da

$$M_y^- = 3.124,97 \text{ daNm}$$

Il calcolo dell'armatura verrà eseguito con le classiche formule della flessione ossia

$$\alpha = h / (\text{radq}(M_{\max} / B))$$

dove h è l'altezza della sezione della trave ed in questo caso H = spessore base muro 80 cm – copriferro 4+4 cm e quindi $h = 72$ cm

B = base della trave che nel nostro caso è pari a 100 cm ossia si stanno considerando delle strisce di larghezza pari a 1 metro.

$$\alpha = 72 / (\text{radq}(312.497 / 100)) = 1,28$$

entrando nelle tabelle della semplice armatura a flessione con $\sigma_s = 2400$ daN/cm² ossia utilizzando barre d'acciaio FeB 44 K

si ottengono i seguenti valori:

- $\sigma_c = 30$ daN/cm² e considerando che si lavorerà con calcestruzzo Rbk 300
 $\sigma_{c \text{ amm}} = 97,50$ daN/cm²

per cui $\sigma_c \ll \sigma_{c \text{ amm}}$ dimostra che il calcestruzzo sarà poco sollecitato.

- $\beta = 0.00064$
quindi l'armatura necessaria sarà calcolata mediante la seguente espressione
 $A_s = \beta * B * (\text{radq}(M_{\text{max}} / 100))$
 $A_s = 0.00064 * 100 * (\text{radq}(312.497 / 100)) = 3,57$ cm² al metro lineare

Considerando che 1 ϕ 30 possiede $A_s = 5,514$ cm² ne consegue che mettendo un'armatura pari a 1 ϕ 30 al metro lineare la piastra è ampiamente verificata.

Verifica a taglio sugli ancoraggi in roccia dell'opera di presa

Verrà condotta una verifica a taglio calcolando la tensione tangenziale che agisce sulla sezione che sta alla base dell'opera di presa, a diretto contatto con il substrato roccioso.

Le forze tangenziali che entrano in gioco saranno: la spinta idrostatica e la forza di attrito che si verifica per effetto del peso proprio del manufatto; per sicurezza il contributo del peso proprio del manufatto non verrà considerato nel calcolo della tensione tangenziale.

La verifica sarà soddisfatta se

$$\tau < \tau_{amm}$$

dove $\tau_{amm} = 2600 \text{ daN/cm}^2$

in quanto verranno utilizzate delle barre d'acciaio ad aderenza migliorata FeB 44 K come sforzo tagliente prenderemo quello massimo che agisce alla base dell'opera di presa nelle condizioni più sfavorevoli di materiale non drenato e quindi si prenderà il valore massimo nel diagramma delle pressioni ossia

$$T = S = 5.000 \text{ daN}$$

Il calcolo dello sforzo tangenziale sarà dato dalla seguente espressione:

$$\tau = T / A =$$

considerando che viene infissa nella roccia una barra diametro 30 ogni metro lineare il dato r da inserire nella formula (espresso in cm) sarà di 1,5 cm e le barre presenti in un metro lineare che vanno a collaborare saranno n° 2

Inserendo questi dati nella formula sopra descritta si otterrà una tensione tangenziale sulla barre di ancoraggio pari a :

$$\tau = 707,71 \text{ daN/cm}^2$$

e quindi

$$\tau < \tau_{\text{amm}}$$

$$707,71 \text{ kg/cm}^2 < 2600 \text{ kg/cm}^2$$

Questo ci dimostra che la sollecitazione indotta nelle barre è minore di quella ammissibile e quindi la verifica può ritenersi soddisfatta.