

REGIONE PIEMONTE
PROVINCIA DEL VERBANO CUSIO OSSOLA
COMUNE DI VALLECANNOBINA

DERIVAZIONE D'ACQUA DAL TORRENTE FALMENTA PER LA
PRODUZIONE DI ENERGIA IDROELETTRICA

Committente:

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

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

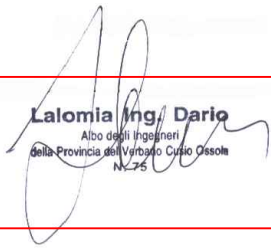
RELAZIONE IDROLOGICA E VERIFICHE IDRAULICHE

16 MARZO 2015

Aggiorn.

GENNAIO 2025

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


Lalomia Ing. Dario
Albo degli Ingegneri
della Provincia del Verbano Cusio Ossola
N. 75

INDICE

INDICE	1
INTRODUZIONE	2
BACINO IMBRIFERO	2
DATI PLUVIOMETRICI	4
PORTATE NATURALI DEL CORSO D'ACQUA	9
VALORI CARATTERISTICI DELLA CURVA DI DURATA DELLE PORTATE	10
DETERMINAZIONE DEL DE	14
CALCOLO DEL DEFLUSSO ECOLOGICO DE	15
COERENZA DEL PRELIEVO CON LA DIRETTIVA DERIVAZIONI	17
DIMENSIONAMENTO DELLE PORTATE DERIVATE E DEI RILASCI	21
CALCOLO DELLE CARATTERISTICHE DELL'IMPIANTO	28
DATI GENERALI RIASSUNTIVI DELL'IMPIANTO	29
VERIFICHE IDRAULICHE	30
CALCOLO DEI TEMPI DI CORRIVAZIONE	30
CALCOLO DELLE PORTATE DI MASSIMA PIENA	30
DATI PLUVIOMETRICI	31
CURVA DI PROBABILITÀ PLUVIOMETRICA	32
CALCOLO DELLA PORTATA	32
FORMULA DI GIANDOTTI – VISENTINI	32
SINTESI DEI RISULTATI	33
TRASPORTO SOLIDO	34
CONDIZIONI DI MOVIMENTO	34
PORTATA SOLIDA	35
SINTESI DEI RISULTATI	36
VERIFICA DELLA SEZIONE DI DEFLUSSO ALLA PRESA ED ALLA RESTITUZIONE	37
ATTRAVERSAMENTO AEREO TORRENTE FALMENTA	39
ATTRAVERSAMENTO AEREO RIO SENZA NOME DENOMINATO 4 E DEL RIO GUIA	40
VERIFICA DI STABILITÀ DELL'OPERA DI PRESA	47
VERIFICA A TAGLIO SUGLI ANCORAGGI IN ROCCIA DELL'OPERA DI PRESA	50
PROFILI DI RIGURGITO ALL'OPERA DI PRESA	52

INTRODUZIONE

La presente relazione è stata redatta al fine di definire le principali caratteristiche idrologiche del bacino imbrifero del Torrente Falmenta, affluente destro del Torrente Cannobino, in Comune di Falmenta 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 DPGR del 25/06/07 n°7/R, dal DPGR 17/07/07 n°8/R e dal DPGR del 27/01/2021 n° 14/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 e dal confronto con un bacino dell'area di cui si conoscono i dati di portata (Torrente Cannobino).

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 Falmenta.

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 Lunecco, Cursolo Orasso e Cannobio.

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 Torrente Falmenta ha origine da diversi piccoli corsi d'acqua che nascono, tra le quote 1800 e 2150 metri, al piede dei consistenti depositi detritici dei rilievi circostanti aventi quote massime dello stesso ordine di grandezza. I punti principali sopra descritti formano il crinale d'alta quota che delimita il bacino imbrifero il quale, al di sopra del punto di presa della derivazione, copre una superficie massima di 8,90 kmq circa.

Il Torrente Falmenta percorre la valle fino a confluire nel Torrente Cannobino 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 non molto accentuate.

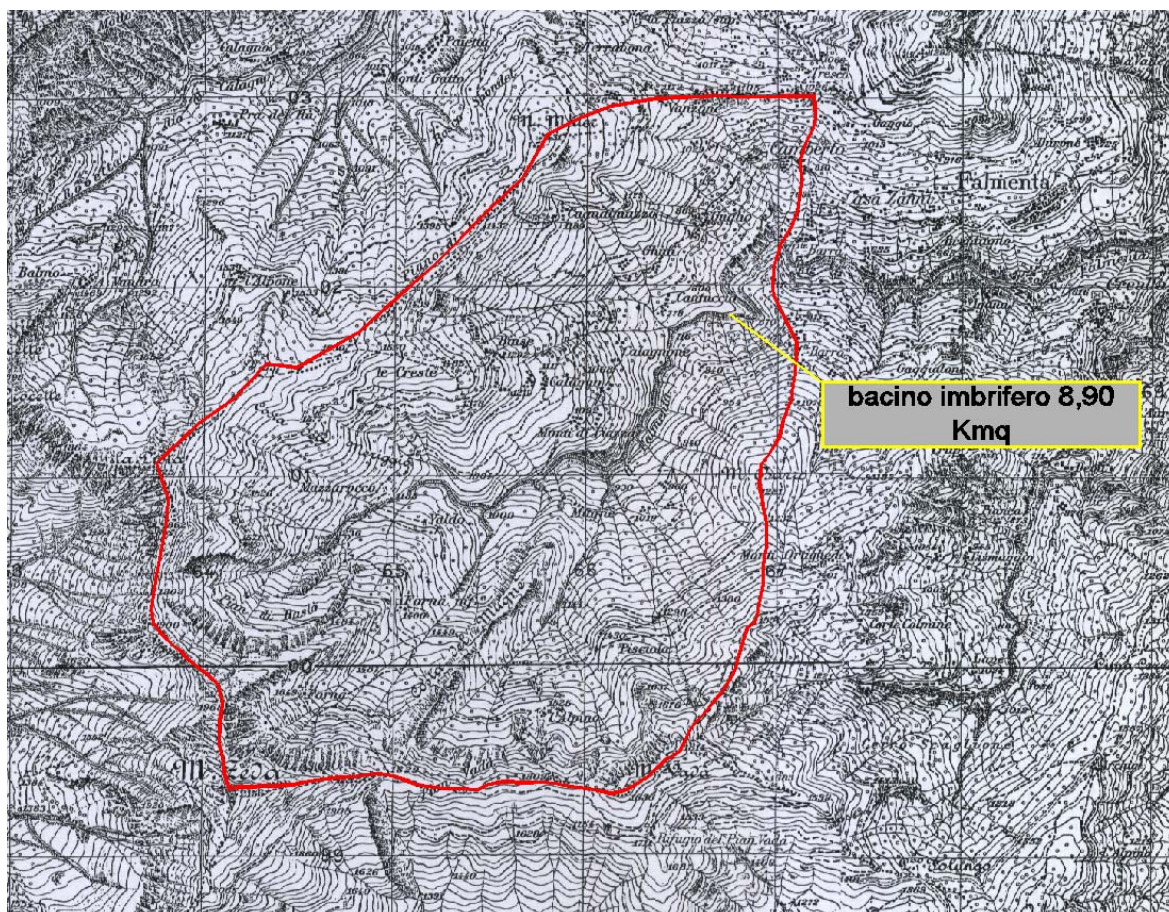
Dall'analisi dei dati relativi alle stazioni pluviometriche sopra citate si desume che l'area di studio fa parte di una zona climatica del Piemonte caratterizzata da valori assai elevati sia delle precipitazioni normali, che delle precipitazioni massime di breve durata.

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.

Consultando la pubblicazione del CNR di Pallanza *“Indagini idrogeologiche e chimiche dei principali tributari piemontesi del Lago Maggiore in relazione alle sue modifiche trofiche”* di Barbanti, Calderoni e Carollo 1974, vengono riportati i coefficienti di deflusso medi mensili validi per il territorio in esame dai quali si ricava un coefficiente medio annuale di 0,74; mentre considerando i dati ottenuti dalle carte pluviometriche del CNR e del PTA si ottiene un coefficiente di deflusso rispettivamente pari a 0,82 e 0,78.

Nel nostro caso il deflusso medio è stato stimato pari a 0,72

Il bacino imbrifero sotteso dall'opera di presa posta a quota 622,00 m.s.l.m. ha una superficie di kmq 8,90 kmq circa e la delimitazione è riprodotta sulla carta IGM scala 1:25.000 allegata di seguito.



Una prima analisi qualitativa del bacino imbrifero indica le seguenti caratteristiche

Area del bacino (kmq)	Quota massima (m.s.l.m.)	Quota di chiusura (m.s.l.m.)
8,90	2156,00 (monte Zeda)	622,00

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.

Le serie disponibili riguardano un primo lungo periodo 1921-1977 e un secondo periodo dal 1978 ad oggi. Sul sito ARPA Piemonte sono consultabili inoltre le serie più recenti e i dati in tempo reale; la serie più interessante, anche se più breve, riguarda il periodo 1999-2023 in quanto comprende alcuni anni con forti variabilità ed eventi massimi e minimi particolarmente importanti per lo studio delle potenzialità pluviometriche.

Per l'analisi del bacino in esame sono state utilizzate le seguenti stazioni:

Cursolo Orasso: 940 m s.l.m. serie di precipitazioni disponibili dal 1999 al 2023

Cannobio: 220 m s.l.m. serie di precipitazioni disponibili dal 1921 al 2023

Lunecco: 415 m s.l.m. serie di precipitazioni disponibili dal 1999 al 2012 (non essendo disponibili , sul sito di ARPA Piemonte, dati più aggiornati)

CURSOLO													
Precipitazioni medie mensili (mm)													
MESE	ANNI												
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
GENNAIO	145	0	113	18	35	17	1	60	72	158	28	50	43
FEBBRAIO	3	2	106	172	7	112	5	112	16	26	185	83	45
MARZO	187	114	238	53	0	52	73	45	88	62	188	233	128
APRILE	244	521	76	57	89	243	219	114	26	317	435	121	19
MAGGIO	255	156	167	767	50	273	134	125	315	304	88	434	104
GIUGNO	222	188	236	302	41	49	218	37	333	131	324	277	268
LUGLIO	100	234	187	240	114	277	62	98	62	202	276	115	440
AGOSTO	202	139	168	223	128	313*	219	520	262	95	117	226	97
SETTEMBRE	618	407	106	148	4	111	136	308	179	498	184	118	85
OTTOBRE	233	678	301	137	118	452	93	210	15	272	115	356	88

LUNECCO														
Precipitazioni medie mensili (mm)														
MESE	ANNI													
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012
GENNAIO	113	0	132*	21	38	19	1	56	75	173	57	43	47	37
FEBBRAIO	2	6	121*	154	8	94	8	119	36	32	183	89	54	21
MARZO	248	122	240*	57	0	65	82	50	79	74	205	218	131	14
APRILE	293	476	93*	54	86	297	221	106	29	304	388	117	22	35
MAGGIO	235	197	166*	807	51	236	142	114	251	300	94	439	90	25
GIUGNO	196	218	305*	262	23	30	218	24	305	126	316	240	258	14
LUGLIO	111	262	171	275	129	7	70	146	71	292	371	74	400*	17
AGOSTO	227	117	158	248	170	307	189	429	273	82	95	219	100*	16
SETTEMBRE	713	276	114	162	88	117	133	279	147	354	194	70	80*	36
OTTOBRE	276	627	306	112	162	444	77	234	13	283	95	327	72	25

CANNOBIO													
Precipitazioni medie mensili (mm)													
MESE	ANNI												
	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011
GENNAIO		0	130	19	38	13	0**	49**	64**	151**	38	45	41
FEBBRAIO		6	116	120	7	93	6**	101**	40**	37**	162	79	50
MARZO		89	203	53	0	49	78**	48**	62**	89**	190	168	116
APRILE		374	96	50	62	237	226**	113**	10**	294**	316	101	21
MAGGIO		167	137	706	66	224	129**	103**	197**	272**	54	399	105
GIUGNO		239	327	129	32	26	164**	33**	315**	117**	270	208	238
LUGLIO		298	190	200	145	176	102**	153**	107**	302**	240	42	334
AGOSTO		103	240	229	67	318	158**	319**	246**	77**	161	222	169
SETTEMBRE		209	111	151	67	138	106	233**	186**	350**	162	126	78
OTTOBRE		506	233	85	155	385	74	187**	10**	236**	88	143	78

cursolo	2013		2014		2015		2016		2017		2018		2019		2020		2021		2022		2023	
gennaio	0	gennaio	212,8	gennaio	163	gennaio	21,6	gennaio	21,6	gennaio	174,8	gennaio	4,2	gennaio	1,2	gennaio	150	gennaio	3,2	gennaio	21	
febbraio	27,6	febbraio	265,8	febbraio	160,8	febbraio	162,6	febbraio	162,6	febbraio	13,2	febbraio	41,8	febbraio	2,2	febbraio	60,2	febbraio	8,8	febbraio	1,4	
marzo	89	marzo	163,6	marzo	62,8	marzo	145,6	marzo	145,6	marzo	178,8	marzo	65,6	marzo	87	marzo	4,8	marzo	10	marzo	44,6	
aprile	486,4	aprile	162,4	aprile	104	aprile	339,6	aprile	339,6	aprile	176,6	aprile	170,8	aprile	88,6	aprile	91,6	aprile	154,8	aprile	150	
maggio	470,2	maggio	152,6	maggio	219,8	maggio	265,6	maggio	265,6	maggio	221	maggio	99,2	maggio	216,2	maggio	285,8	maggio	80,2	maggio	296,4	
giugno	72,2	giugno	128	giugno	141,2	giugno	278,2	giugno	278,2	giugno	32	giugno	195,6	giugno	294	giugno	109,2	giugno	191,8	giugno	106	
luglio	117,2	luglio	260,8	luglio	20	luglio	110,4	luglio	110,4	luglio	105,4	luglio	107,4	luglio	106,2	luglio	322	luglio	141,6	luglio	54,8	
agosto	115,4	agosto	188,8	agosto	223,4	agosto	131,8	agosto	131,8	agosto	200,4	agosto	218,4	agosto	290,8	agosto	133,4	agosto	180,8	agosto	337,4	
settembre	236	settembre	64	settembre	420,8	settembre	78,6	settembre	78,6	settembre	113,8	settembre	139,4	settembre	97,2	settembre	113,6	settembre	120,2	settembre	405,8	
ottobre	237,6	ottobre	582,8	ottobre	211,2	ottobre	160,8	ottobre	160,8	ottobre	628,2	ottobre	540,6	ottobre	511	ottobre	253,2	ottobre	184,4	ottobre	456,8	
novembre	149,2	novembre	1035,6	novembre	1,2	novembre	417,8	novembre	417,8	novembre	401	novembre	551,4	novembre	1,8	novembre	188,3	novembre	70,4	novembre	75,6	
dicembre	309,4	dicembre	63,6	dicembre	0	dicembre	10,4	dicembre	10,4	dicembre	13,2	dicembre	284,6	dicembre	170,8	dicembre	15	dicembre	96,2	dicembre	68,8	
totali anno	2310,2		3280,8		1728,2		2123		2123		2258,4		2679		1867		1727,1		1242,4		2018,6	

cannobio	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
gennaio	0	gennaio	202	gennaio	20,2	gennaio	109,4	5	1,4	127	5
febbraio	23,8	febbraio	253,8	febbraio	158,6	febbraio	18,6	37,2	0	68,6	11,2
marzo	100,6	marzo	158,4	marzo	122	marzo	148,8	68	69	5,6	6,6
aprile	377,4	aprile	169,2	aprile	173,6	aprile	171,2	246,6	96	104	101
maggio	319,8	maggio	116,2	maggio	244,4	maggio	175,4	99,6	211,2	246,6	94
giugno	62	giugno	142	giugno	136,8	giugno	46,6	85,4	362,2	51,6	188,4
luglio	74	luglio	279,8	luglio	60,8	luglio	64,8	66,2	42,8	366,8	149,2
agosto	116,4	agosto	333,6	agosto	147,2	agosto	161,4	268,6	323	124	65,4
settembre	301,4	settembre	61,2	settembre	103,2	settembre	22,4	87,2	100,8	180,2	256,4
ottobre	321	ottobre	350,8	ottobre	154	ottobre	371,2	342,6	337,2	205,6	300,2
novembre	131,4	novembre	785,2	novembre	266,2	novembre	264,4	454,8	0,8	157,4	290,8
dicembre	282,6	dicembre	65	dicembre	2,8	dicembre	9	259,4	181,8	11,8	97,4
totali anno	2110,4		2917,2		1663,6		1525,6	2020,6	1726,2	1197,2	65,6
											1642,6

CANNOBIO serie dati 1999-2023												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
VALORI MEDI	60,81	67,94	98,55	164,48	145,64	170,28	129,57	181,68	142,24	176,88	148,19	130,11
LUNECCO serie dati 1999-2012												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
VALORI MEDI	58,6	67,2	123,5	203,8	241,8	190,7	178,8	199,8	217,6	232,6	288,7	98,7
CURSOLO serie dati 1999-2023												
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
VALORI MEDI	66,32	68,25	108,29	207,07	173,29	206,57	140,79	209,07	169,79	224,07	196,79	154,57
	gen	feb	mar	apr	mag	giu	lug	ago	set	ott	nov	dic
VALORI MEDI DELLE 3 STAZIONI	61,91	67,79	110,11	191,78	186,91	189,18	149,72	196,85	176,54	211,18	211,23	127,79

Portate naturali del corso d'acqua

Come già accennato in premessa, si fa presente che i valori delle portate naturali del Torrente Falmenta sono stati calcolati elaborando i dati rilevati dalle sopradescritte stazioni pluviometriche situate nell'ambito geografico in cui scorre il corso d'acqua interessato all'intervento.

Dall'elaborazione dei dati contenuti nelle tabelle pluviometriche delle stazioni suddette sono stati calcolati i valori medi degli afflussi corrispondenti alle precipitazioni meteoriche.

 mese	Precipitazioni medie <i>mm</i>
gennaio	61,91
febbraio	67,79
marzo	110,11
aprile	191,78
maggio	186,91
giugno	189,18
luglio	149,72
agosto	196,85
settembre	176,54
ottobre	211,18
novembre	211,23
dicembre	127,79
totale medio mensile	156,75
totale medio annuale	1881,02

Ed applicando la trasformazione afflussi deflussi con gli opportuni coefficienti di deflusso Si è ottenuta la seguente tabella riassuntiva delle portate disponibili in alveo nei vari mesi dell'anno:

VALORI CARATTERISTICI DELLA CURVA DI DURATA DELLE PORTATE

Di seguito vengono calcolati i principali valori che serviranno per la definizione della curva di durata delle portate:

quota massima bacino	2156 m.s.l.m.
quota sezione di prelievo	622 m.s.l.m.
afflusso meteorico annuo	1881,02 mm

La quota media del bacino calcolata tramite la formula semplificata

$$H = 0.5 * (0.9 * H_{\max} + H_{\min}) = 1281,20 \text{ m}$$

La portata specifica media annua

$$q_{\text{MEDA}} = 0,0086 * H + 0,03416 * A - 24,5694 = 50,70 \text{ l/s kmq}$$

mediante la portata specifica media annua si possono calcolare i valori caratteristici della curva di durata delle portate mediante le seguenti formule:

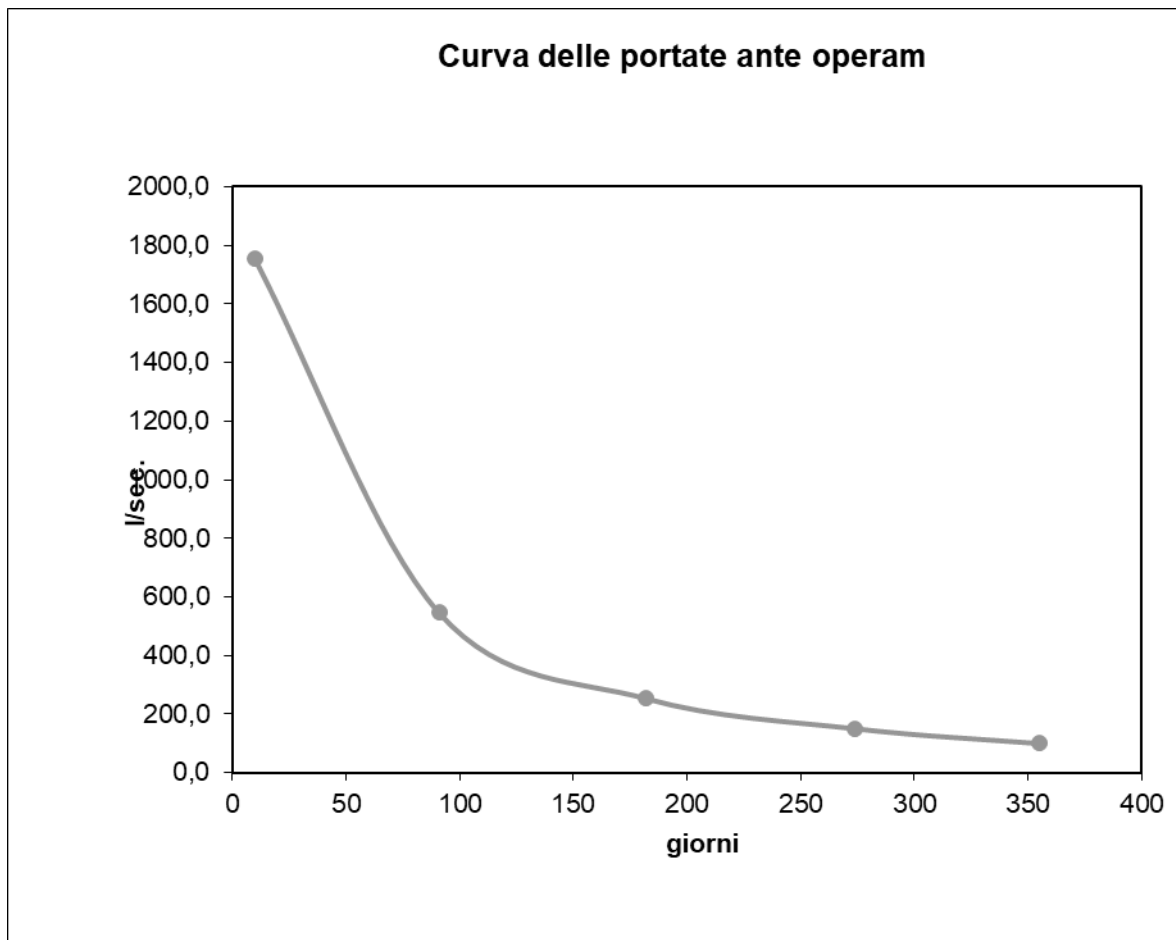
$$\begin{aligned} \diamond q_{10} &= 5.06749 * S^{-0.057871} * q_{\text{MEDA}}^{0.965037} = 197 \text{ l/sec * kmq} \\ \diamond q_{91} &= 1.29772 * S^{0.009539} * q_{\text{MEDA}}^{0.976926} = 161 \text{ l/sec * kmq} \\ \diamond q_{182} &= 0.54425 * S^{0.049132} * q_{\text{MEDA}}^{0.980135} = 28 \text{ l/sec * kmq} \\ \diamond q_{274} &= 0.18670 * S^{0.069105} * q_{\text{MEDA}}^{1.108675} = 17 \text{ l/sec * kmq} \\ \diamond q_{355} &= 0.07560 * S^{0.068232} * q_{\text{MEDA}}^{1.234733} = 11 \text{ l/sec * kmq} \end{aligned}$$

con q_{meda} , calcolata in precedenza e con S superficie del bacino sotteso pari a 8,90 kmq si ottengono i seguenti risultati

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

$$\begin{aligned} \diamond Q_{0-10} &= q_{10} * S = 1757 \text{ l/sec} \\ \diamond Q_{11-91} &= q_{91} * S = 546 \text{ l/sec} \\ \diamond Q_{92-181} &= q_{182} * S = 253 \text{ l/sec} \\ \diamond Q_{182-274} &= q_{274} * S = 150 \text{ l/sec} \\ \diamond Q_{275-355} &= q_{355} * S = 100 \text{ l/sec} \end{aligned}$$

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.

Nello specifico la prima parte (da 1 a 182 gg) della curva è stata interpolata mediante la seguente funzione logaritmica $y = -498,96 \ln(x) + 2885,90$

mentre la seconda parte (da 183 a 355) della curva è stata interpolata mediante la seguente funzione esponenziale $y = 548,55e^{-0.0352x}$

Combinando quindi le due funzioni è stato possibile ottenere l'interpolazione complessiva della curva di durata delle portate su base giornaliera ottenendo la serie di dati di seguito riportata.

gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate
1		2885,90	46		975,56	91	546,000	635,16
2		2540,05	47		964,83	92		629,70
3		2337,74	48		954,32	93		624,31
4		2194,19	49		944,03	94		618,97
5		2082,85	50		933,95	95		613,69
6		1991,88	51		924,07	96		608,47
7		1914,97	52		914,38	97		603,30
8		1848,34	53		904,88	98		598,18
9		1789,57	54		895,55	99		593,11
10	1757,000	1737,00	55		886,40	100		588,10
11		1689,44	56		877,40	101		583,13
12		1646,03	57		868,57	102		578,22
13		1606,09	58		859,90	103		573,35
14		1569,11	59		851,37	104		568,53
15		1534,69	60		842,98	105		563,75
16		1502,49	61		834,73	106		559,02
17		1472,24	62		826,62	107		554,34
18		1443,72	63		818,64	108		549,70
19		1416,74	64		810,78	109		545,10
20		1391,15	65		803,04	110		540,54
21		1366,80	66		795,42	111		536,03
22		1343,59	67		787,92	112		531,55
23		1321,41	68		780,53	113		527,12
24		1300,17	69		773,24	114		522,72
25		1279,81	70		766,06	115		518,36
26		1260,24	71		758,99	116		514,04
27		1241,41	72		752,01	117		509,76
28		1223,26	73		745,13	118		505,51
29		1205,75	74		738,34	119		501,30
30		1188,83	75		731,64	120		497,13
31		1172,47	76		725,03	121		492,99
32		1156,63	77		718,51	122		488,88
33		1141,28	78		712,07	123		484,81
34		1126,38	79		705,71	124		480,77
35		1111,92	80		699,44	125		476,76
36		1097,86	81		693,24	126		472,78
37		1084,19	82		687,12	127		468,84
38		1070,89	83		681,07	128		464,92
39		1057,92	84		675,09	129		461,04
40		1045,29	85		669,19	130		457,19
41		1032,97	86		663,35	131		453,36
42		1020,95	87		657,58	132		449,57
43		1009,21	88		651,88	133		445,80
44		997,74	89		646,24	134		442,07
45		986,52	90		640,67	135		438,36

gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate
136		434,67	181		292,05	226		247,52
137		431,02	182	253,000	289,30	227		246,65
138		427,39	183		287,98	228		245,78
139		423,79	184		286,97	229		244,92
140		420,21	185		285,96	230		244,06
141		416,66	186		284,96	231		243,20
142		413,13	187		283,96	232		242,35
143		409,63	188		282,96	233		241,49
144		406,15	189		281,96	234		240,65
145		402,70	190		280,97	235		239,80
146		399,27	191		279,98	236		238,96
147		395,87	192		279,00	237		238,12
148		392,48	193		278,02	238		237,28
149		389,12	194		277,04	239		236,45
150		385,79	195		276,07	240		235,61
151		382,47	196		275,10	241		234,79
152		379,18	197		274,13	242		233,96
153		375,91	198		273,17	243		233,14
154		372,65	199		272,21	244		232,32
155		369,43	200		271,25	245		231,50
156		366,22	201		270,30	246		230,69
157		363,03	202		269,35	247		229,88
158		359,86	203		268,40	248		229,07
159		356,71	204		267,46	249		228,26
160		353,58	205		266,52	250		227,46
161		350,47	206		265,58	251		226,66
162		347,39	207		264,65	252		225,87
163		344,31	208		263,72	253		225,07
164		341,26	209		262,79	254		224,28
165		338,23	210		261,87	255		223,49
166		335,21	211		260,95	256		222,71
167		332,22	212		260,03	257		221,92
168		329,24	213		259,11	258		221,14
169		326,28	214		258,20	259		220,37
170		323,33	215		257,30	260		219,59
171		320,41	216		256,39	261		218,82
172		317,50	217		255,49	262		218,05
173		314,61	218		254,59	263		217,28
174		311,73	219		253,70	264		216,52
175		308,87	220		252,81	265		215,76
176		306,03	221		251,92	266		215,00
177		303,20	222		251,03	267		214,25
178		300,39	223		250,15	268		213,49
179		297,59	224		249,27	269		212,74
180		294,81	225		248,39	270		211,99

gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate	gg	portate	portate interpolate
271		211,25	316		180,29	361		153,87
272		210,51	317		179,66	362		153,33
273		209,77	318		179,03	363		152,79
274	150,000	209,03	319		178,40	364		152,26
275		208,29	320		177,77	365		151,72
276		207,56	321		177,15			
277		206,83	322		176,52			
278		206,11	323		175,90			
279		205,38	324		175,29			
280		204,66	325		174,67			
281		203,94	326		174,05			
282		203,22	327		173,44			
283		202,51	328		172,83			
284		201,80	329		172,23			
285		201,09	330		171,62			
286		200,38	331		171,02			
287		199,68	332		170,42			
288		198,97	333		169,82			
289		198,28	334		169,22			
290		197,58	335		168,63			
291		196,88	336		168,03			
292		196,19	337		167,44			
293		195,50	338		166,85			
294		194,81	339		166,27			
295		194,13	340		165,68			
296		193,45	341		165,10			
297		192,77	342		164,52			
298		192,09	343		163,94			
299		191,42	344		163,37			
300		190,74	345		162,79			
301		190,07	346		162,22			
302		189,40	347		161,65			
303		188,74	348		161,08			
304		188,07	349		160,51			
305		187,41	350		159,95			
306		186,75	351		159,39			
307		186,10	352		158,83			
308		185,44	353		158,27			
309		184,79	354		157,71			
310		184,14	355	100,000	157,16			
311		183,50	356		156,61			
312		182,85	357		156,06			
313		182,21	358		155,51			
314		181,57	359		154,96			
315		180,93	360		154,42			

Dalla serie di questi dati è stato possibile ricavare la portata media naturale (Qn) presente in alveo in condizioni ante operam che risulta pari a 490,70 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 :

$$q_{MEDA} = 0,0086 * H + 0,03416 * A - 24,5694 = 50,70 \text{ l/s kmq}$$

dove:

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

$$H = 0.5 * (0.9 * (H_{max} + H_{min})) = 1281,20 \text{ m}$$

- ✓ A = afflusso meteorico medio annuo, ragguagliato al bacino idrografico = 1881,02 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 = 8,90 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)
01SS1N588PI	RIO FALMENTA_1- Scorrimento superficiale-Molto piccolo	Gruppo D	1	1	1,3	1,3

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

**Tabella – Fattore T di modulazione mensile per ogni r
idrografica omogenea**

	A- COLLINA H (esclusa asta Tanaro)	B- APPENNINO	C- ALPI MERIDIONALI	D- ALPI C.S.	E- ALPI OCCIDENTALI	F- PI B (es
GEN	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	
FEB	1,0	1,0	1,0	0,7	0,7	
MAR	2,0	2,0	1,0	1,0	0,9	
APR	2,0	2,0	2,0	1,0	0,9	
MAG	2,0	1,0	2,0	1,8	2,0	
GIU	0,7	1,0	2,0	1,8	2,0	
LUG	0,7	0,7	0,7	1,0	0,9	
AGO	0,7	0,7	0,7	1,0	0,9	
SET	0,7	0,7	0,7	1,0	0,9	
OTT	0,7	0,7	0,7	1,0	0,9	

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 8,90 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 $DE = 68,63$ l/sec costante durante tutto l'anno.

Visto quanto emerso in sede di nona conferenza dei servizi del 25/09/2024 e successiva comunicazione del VS settore prot n. 20588 del 23/10/2024 si è optato per la soluzione da voi indicata di elevare il Deflusso ecologico alla soglia di 139 l/sec e di non procedere agli ulteriori approfondimenti richiesti con la nota di Arpa prot n. 20367 del 21/10/2024

COERENZA DEL PRELIEVO CON LA DIRETTIVA DERIVAZIONI

Lo scopo di questo paragrafo è quello di dimostrare la coerenza della richiesta di prelievo idrico dal Torrente Falmenta con la "Direttiva per la valutazione del rischio connesso alle derivazioni idriche in relazione agli obiettivi di qualità ambientale definiti dal Piano di gestione del Distretto idrografico Padano" (Direttiva Derivazioni) adottato con Deliberazione n.8/2015 dell'Autorità di bacino del fiume Po modificato il 07/12/2017.

L'allegato 1 alla Direttiva "Applicazione della metodologia ERA alla valutazione delle derivazioni idriche da acque superficiali" prevede l'utilizzo di una matrice ERA (Esclusione

Repulsione Attrazione) come strumento operativo per la valutazione della compatibilità della derivazione da sorgente.

L'attribuzione della derivazione ad una delle tre sezioni comporta quanto segue:

Se l'intervento ricade in Area	Effetti
Attrazione ("A")	non presenta rischi particolari per la qualità ambientale del corpo idrico. L'impatto delle componenti chimica, fisica e biologica è presumibilmente trascurabile e di norma si rendono perciò necessarie solo le valutazioni specifiche legate alla tipologia d'impatto.. La derivazione può essere considerata compatibile nel rispetto di specifiche prescrizioni, ove necessarie
Repulsione ("R")	esistono fondati rischi di una sua interferenza con la qualità ambientale del corpo idrico. Va pertanto effettuata una valutazione più approfondita, che indaghi in dettaglio ulteriori fattori ambientali. La derivazione può essere considerata compatibile con l'applicazione di particolari misure volte alla mitigazione degli impatti e nel rispetto di specifiche prescrizioni, tese a garantire il non deterioramento della classe di ognuno degli elementi di qualità ambientale per il raggiungimento degli obiettivi ambientali definiti per il corpo idrico/i corpi idrici interessati
Esclusione ("E")	è ragionevolmente certo il suo effetto negativo sulla qualità ambientale del corpo idrico. La derivazione non può esser considerata compatibile in via ordinaria. L'intervento è realizzabile solo nel caso in cui nel Piano di gestione sia stato riconosciuto al corpo idrico interessato il possesso dei requisiti per l'applicazione delle deroghe previste ai commi 5 e 7 dell'art. 4 della DQA come recepiti dall'art. 77 del D. Lgs. 152/2006.

La direttiva inoltre prevede che la valutazione venga eseguita considerando il cumulo di derivazioni esistenti sul corpo idrico.

Sul corpo idrico in esame non esistono altre derivazioni pertanto verranno utilizzati solo i parametri indicati nel presente progetto.

Le soglie alle quali fare riferimento sono quelle contenute nella tabella.2 di seguito riportata:

Tab 4.2 –Soglie per la valutazione dell'impatto della singola derivazione

Pressioni potenzialmente significative e indicatore	Soglia limite per Impatto Rilevante	Soglia limite per impatto Lieve	Nota
ALTERAZIONI IDROLOGICHE (PRELIEVI)			
Prelievo/diversione di portata – Agricoltura (uso irriguo) (*) Rapporto tra portata massima derivabile "D" e la portata media naturalizzata del corpo idrico "Qn"	D/Qn > 33% nei bacini alpini D/Qn > 25% nei bacini appenninici	D/Qn > 17,5% nei bacini alpini D/Qn > 12,5% nei bacini appenninici	Riferito alla sola stagione irrigua
Prelievo/diversione di portata – altri usi (*) Rapporto tra portata massima derivabile "D" e la portata media naturalizzata del corpo idrico "Qn"	D/Qn > 33% nei bacini alpini D/Qn > 25% nei bacini appenninici	D/Qn > 17,5% nei bacini alpini D/Qn > 12,5% nei bacini appenninici	Riferibile all'anno solare e/o ad un periodo significativo
Prelievo/diversione di portata – uso idroelettrico contemporanea presenza delle due seguenti condizioni: Rapporto tra la portata massima derivabile "D" e la portata media naturalizzata del corpo idrico "Qn" (**) Rapporto tra lunghezza del tratto sotteso "S" e lunghezza del corpo idrico "L"	D/Qn > 100 % S/L > 15%	D/Qn ≤ 50% S/L ≤ 7,5% e S ≤ 1000 m	Riferibile all'anno solare e/o ad un periodo significativo
ALTERAZIONI IDROMORFOLOGICHE			
Opere trasversali Rapporto tra numero briglie "Nb" e lunghezza corpo idrico "L" in m (**)	(montagna) Nb / L > 1,5/200 (pianura) Nb / L > 0,5/200	(montagna) Nb / L ≤ 0,75/200 (pianura) Nb / L ≤ 0,25/200	
Alterazioni morfologiche – Dighe, barriere e chiuse) Rapporto tra numero opere "Nd" e lunghezza corpo idrico "L" in km	Nd / L > 0,25	Nd / L ≤ 0,125	

(*) Per i bacini inferiori ai 10 Km² le soglie sono raddoppiate.

(**) In questo caso non si assumono valori soglia pari al 50% di quelli utilizzati per il cumulo di derivazioni.

(** *) Esempio: su un corpo idrico di lunghezza pari a 8600 m, l'impatto della derivazione da valutare sarà "rilevante" in presenza di un numero di opere esistenti pari o superiore a $1,5 \cdot (8600/200) = 65$ se localizzato in montagna o pari o superiore a $0,5 \cdot (8600/200) = 22$ se localizzato in pianura)

Il torrente Falmenta risulterà essere individuato come il "Corpo Idrico" su cui fare le valutazioni di compatibilità della Direttiva Derivazioni.

Di seguito sono stati calcolati i parametri utili all'analisi:

bacino imbrifero: 8,90 kmq

lunghezza complessiva dell'asta L (misurata tramite Cad sulla CTR) : 6780 m

lunghezza complessiva sottesa S (misurata tramite Cad sulla CTR) : 1680 m

rapporto S/L = $1680/6780 = 0,2477 = 24,77\%$

Portata naturale del corpo idrico Qn= 490,70 l/sec

Portata massima derivata D = 475 l/sec

Rapporto D/Qn = $475/490,70 = 0,9680 = 96,80\%$

Analizzando le tabella 4.2 dell'Allegato 1 alla Direttiva Derivazioni sotto riportata si possono fare le seguenti considerazioni iniziali:

b) nuovo impianto collocato su un corpo idrico non ancora impattato da altre centrali idroelettriche

Rapporto tra lunghezza del tratto sotteso "S" e lunghezza del corpo idrico "L"	Rapporto tra la portata massima derivabile "D" e la portata media naturalizzata "Qn" del corpo idrico		
	D/Qn > 1	0,5 < D/Qn < 1	D/Qn < 0,5
S/L > 0,15	Rilevante	Moderato	Lieve
0,075 < S/L < 0,15	Moderato	Moderato	Lieve
S/L < 0,075 e S ≤ 1000 m	Lieve	Lieve	Lieve

siamo all'interno delle soglie per impatto MODERATO

Come riportato nel verbale della ottava conferenza dei servizi del 07/11/2023 nel contributo tecnico scientifico di Arpa Piemonte si cita testualmente : "L'applicazione della Direttiva Derivazioni (Del. 3/2017 applicabile in base all'Art. 3 a titolo di linea guida per i progetti presentati prima del 12/01/2016) svolta nelle precedenti fasi di questa procedura, portava alla definizione di un impatto moderato su un CI in stato Buono. Tuttavia, è stato recentemente approvato il piano di gestione PdGPO 2021, con DPCM del 7/6/2023, con carattere immediatamente vincolante ai sensi dell'Art. 65 c. 4 del D.Lgs 152/06. Nel nuovo piano di gestione, nel caso del CI IT0101SS1N588PI in parola, grazie alla definizione della qualità morfologica (IQM) in stato elevato, il CI ha raggiunto uno stato di qualità complessivo Elevato...."

Ma analizzando L'ARTICOLO 7 (Disciplina 'Transitoria e disposizioni particolari) della Direttiva Derivazioni al comma 1 prevede quanto segue:

1. Per le istanze in corso di istruttoria alla data di entrata in vigore della Direttiva, presentate successivamente alla data del 12 gennaio 2016, si applica la Direttiva approvata con delibera di Comitato Istituzionale n. 8/2015. Per le istanze in corso di istruttoria presentate fino alla data del 12 gennaio 2016, la Direttiva assume il valore di linea guida a supporto della valutazione di compatibilità di una derivazione rispetto agli obiettivi del piano di gestione vigente.

Poiché l'istanza in valutazione è stata presentata nel 2015 (avvio del procedimento avvenuto con PEC dell'11/06/2015) quindi prima dell'approvazione della D.D., ai fini della citata "valutazione di compatibilità di una derivazione rispetto agli obiettivi del piano di gestione vigente" è necessaria l'applicazione delle "Linee guida per la valutazione e il monitoraggio della compatibilità ambientale degli impianti idroelettrici con l'ecosistema fluviale" approvate dalla D.G.R. 28-1194 del 16/3/2015 della Regione Piemonte, ciò perché "l'approccio alla valutazione ed alla previsione degli impatti su cui si fondano le Linee Guida è direttamente ispirato dai principi di valutazione e tutela integrata a scala di ecosistema fluviale dettati dalle politiche europee di tutela delle acque che, oltre alla Direttiva 2000/60/CE (WFD)."

Le indagini previste in tale approccio conoscitivo si riferiscono a cinque comparti diversi:

1. IDROLOGIA

2. IDRAULICA DELLA CORRENTE E DURATE DI ALLUVIONAMENTO DELL'ALVEO
3. MORFOLOGIA
4. QUALITÀ FISICO-CHIMICA DELLE ACQUE
5. LE COMPONENTI BIOTICHE

Per ognuno di questi comparti è prevista la valutazione di più indicatori per i quali sono previste delle soglie di allerta e delle soglie di allarme; il superamento delle prime comporta misure mitigative, il superamento delle seconde comporta la non procedibilità dell'intervento.

Un aspetto di principio importante da tenere in considerazione è che le valutazioni sono quasi tutte di tipo comparativo, cioè sono poste a confronto fra loro:

- le condizioni attuali (*ante operam*);
- le condizioni future dopo la realizzazione dell'intervento (*post operam*).

Come giustamente osservato da ARPA pare opportuno un aggiornamento/approfondimento del quadro conoscitivo per l'applicazione delle citate LLGG che preveda anche:

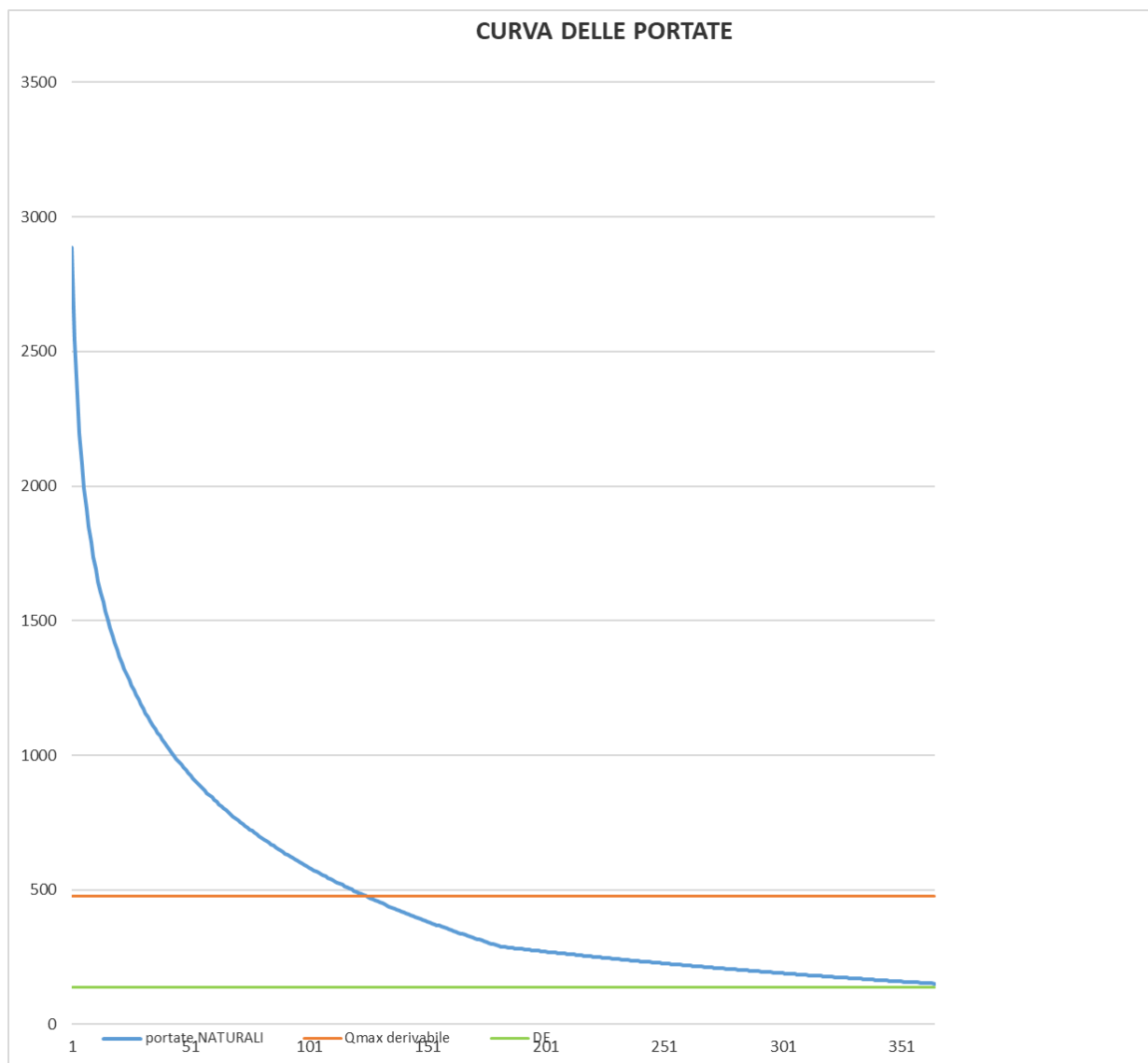
“approfondimenti in termini di variazione dell'idoneità ecologica a livello di mesohabitat. Una risposta esauriente dovrebbe prevedere l'individuazione nelle aree omogenee del Rio (già individuate per l'IFF o in altre maggiormente idonee allo scopo) sulle quali svolgere le valutazioni in merito agli effetti dei nuovi regimi di portata su mesohabitat;”

Tali approfondimenti sono stati eseguiti ed i risultati sono illustrati nella relazione di approfondimento a firma di Graia SRL intitolata *“Applicazione delle Linee guida per la valutazione e il monitoraggio della compatibilità ambientale degli impianti idroelettrici con l'ecosistema fluviale”*

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 $Q_{max} = 475$ l/sec
- deflusso ecologico $DE = 139$ l/sec.



Che ha prodotto la seguente tabella di dati su base giornaliera:

gg	PORTATE	PORTATE naturali	PORTATE-DE	PORTATE derivate	Qmax	DE	min tra curva e retta1	area post-operam	Volumi gior derivato m3
1		2885,90	2746,90	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
2		2540,05	2401,05	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
3		2337,74	2198,74	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
4		2194,19	2055,19	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
5		2082,85	1943,85	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
6		1991,88	1852,88	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
7		1914,97	1775,97	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
8		1848,34	1709,34	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
9		1789,57	1650,57	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
10	1757,000	1737,00	1598,00	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
11		1689,44	1550,44	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
12		1646,03	1507,03	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
13		1606,09	1467,09	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
14		1569,11	1430,11	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
15		1534,69	1395,69	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
16		1502,49	1363,49	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
17		1472,24	1333,24	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
18		1443,72	1304,72	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
19		1416,74	1277,74	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
20		1391,15	1252,15	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
21		1366,80	1227,80	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
22		1343,59	1204,59	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
23		1321,41	1182,41	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
24		1300,17	1161,17	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
25		1279,81	1140,81	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
26		1260,24	1121,24	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
27		1241,41	1102,41	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
28		1223,26	1084,26	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
29		1205,75	1066,75	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
30		1188,83	1049,83	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
31		1172,47	1033,47	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
32		1156,63	1017,63	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
33		1141,28	1002,28	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
34		1126,38	987,38	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
35		1111,92	972,92	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
36		1097,86	958,86	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
37		1084,19	945,19	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
38		1070,89	931,89	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
39		1057,92	918,92	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
40		1045,29	906,29	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
41		1032,97	893,97	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
42		1020,95	881,95	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
43		1009,21	870,21	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
44		997,74	858,74	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
45		986,52	847,52	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
46		975,56	836,56	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
47		964,83	825,83	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
48		954,32	815,32	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
49		944,03	805,03	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
50		933,95	794,95	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
51		924,07	785,07	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
52		914,38	775,38	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
53		904,88	765,88	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
54		895,55	756,55	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
55		886,40	747,40	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
56		877,40	738,40	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
57		868,57	729,57	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
58		859,90	720,90	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
59		851,37	712,37	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
60		842,98	703,98	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
61		834,73	695,73	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
62		826,62	687,62	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
63		818,64	679,64	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
64		810,78	671,78	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
65		803,04	664,04	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
66		795,42	656,42	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
67		787,92	648,92	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
68		780,53	641,53	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
69		773,24	634,24	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
70		766,06	627,06	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
71		758,99	619,99	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
72		752,01	613,01	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
73		745,13	606,13	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
74		738,34	599,34	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
75		731,64	592,64	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
76		725,03	586,03	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
77		718,51	579,51	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
78		712,07	573,07	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
79		705,71	566,71	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
80		699,44	560,44	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
81		693,24	554,24	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
82		687,12	548,12	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
83		681,07	542,07	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
84		675,09	536,09	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
85		669,19	530,19	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
86		663,35	524,35	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
87		657,58	518,58	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
88		651,88	512,88	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
89		646,24	507,24	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
90		640,67	501,67	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040

91	546,000	635,16	496,16	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
92		629,70	490,70	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
93		624,31	485,31	475,00	475	139	475,00	475,00	41.040
94		618,97	479,97	475,00	475	139	475,00	474,85	41.040
95		613,69	474,69	474,69	475	139	474,69	472,08	41.013
96		608,47	469,47	469,47	475	139	469,47	466,88	40.562
97		603,30	464,30	464,30	475	139	464,30	461,74	40.115
98		598,18	459,18	459,18	475	139	459,18	456,65	39.673
99		593,11	454,11	454,11	475	139	454,11	451,60	39.235
100		588,10	449,10	449,10	475	139	449,10	446,62	38.802
101		583,13	444,13	444,13	475	139	444,13	441,67	38.373
102		578,22	439,22	439,22	475	139	439,22	436,78	37.948
103		573,35	434,35	434,35	475	139	434,35	431,94	37.528
104		568,53	429,53	429,53	475	139	429,53	427,14	37.111
105		563,75	424,75	424,75	475	139	424,75	422,39	36.699
106		559,02	420,02	420,02	475	139	420,02	417,68	36.290
107		554,34	415,34	415,34	475	139	415,34	413,02	35.885
108		549,70	410,70	410,70	475	139	410,70	408,40	35.484
109		545,10	406,10	406,10	475	139	406,10	403,82	35.087
110		540,54	401,54	401,54	475	139	401,54	399,28	34.693
111		536,03	397,03	397,03	475	139	397,03	394,79	34.303
112		531,55	392,55	392,55	475	139	392,55	390,33	33.916
113		527,12	388,12	388,12	475	139	388,12	385,92	33.533
114		522,72	383,72	383,72	475	139	383,72	381,54	33.153
115		518,36	379,36	379,36	475	139	379,36	377,20	32.777
116		514,04	375,04	375,04	475	139	375,04	372,90	32.404
117		509,76	370,76	370,76	475	139	370,76	368,64	32.034
118		505,51	366,51	366,51	475	139	366,51	364,41	31.667
119		501,30	362,30	362,30	475	139	362,30	360,21	31.303
120		497,13	358,13	358,13	475	139	358,13	356,06	30.942
121		492,99	353,99	353,99	475	139	353,99	351,93	30.584
122		488,88	349,88	349,88	475	139	349,88	347,84	30.230
123		484,81	345,81	345,81	475	139	345,81	343,79	29.878
124		480,77	341,77	341,77	475	139	341,77	339,76	29.529
125		476,76	337,76	337,76	475	139	337,76	335,77	29.182
126		472,78	333,78	333,78	475	139	333,78	331,81	28.839
127		468,84	329,84	329,84	475	139	329,84	327,88	28.498
128		464,92	325,92	325,92	475	139	325,92	323,98	28.160
129		461,04	322,04	322,04	475	139	322,04	320,11	27.824
130		457,19	318,19	318,19	475	139	318,19	316,28	27.491
131		453,36	314,36	314,36	475	139	314,36	312,47	27.161
132		449,57	310,57	310,57	475	139	310,57	308,69	26.833
133		445,80	306,80	306,80	475	139	306,80	304,94	26.508
134		442,07	303,07	303,07	475	139	303,07	301,21	26.185
135		438,36	299,36	299,36	475	139	299,36	297,52	25.864
136		434,67	295,67	295,67	475	139	295,67	293,85	25.546
137		431,02	292,02	292,02	475	139	292,02	290,20	25.230
138		427,39	288,39	288,39	475	139	288,39	286,59	24.917
139		423,79	284,79	284,79	475	139	284,79	283,00	24.606
140		420,21	281,21	281,21	475	139	281,21	279,44	24.297
141		416,66	277,66	277,66	475	139	277,66	275,90	23.990
142		413,13	274,13	274,13	475	139	274,13	272,38	23.685
143		409,63	270,63	270,63	475	139	270,63	268,89	23.383
144		406,15	267,15	267,15	475	139	267,15	265,43	23.082
145		402,70	263,70	263,70	475	139	263,70	261,99	22.784
146		399,27	260,27	260,27	475	139	260,27	258,57	22.488
147		395,87	256,87	256,87	475	139	256,87	255,17	22.193
148		392,48	253,48	253,48	475	139	253,48	251,80	21.901
149		389,12	250,12	250,12	475	139	250,12	248,45	21.611
150		385,79	246,79	246,79	475	139	246,79	245,13	21.322
151		382,47	243,47	243,47	475	139	243,47	241,82	21.036
152		379,18	240,18	240,18	475	139	240,18	238,54	20.751
153		375,91	236,91	236,91	475	139	236,91	235,28	20.469
154		372,65	233,65	233,65	475	139	233,65	232,04	20.188
155		369,43	230,43	230,43	475	139	230,43	228,82	19.909
156		366,22	227,22	227,22	475	139	227,22	225,62	19.631
157		363,03	224,03	224,03	475	139	224,03	222,44	19.356
158		359,86	220,86	220,86	475	139	220,86	219,29	19.082
159		356,71	217,71	217,71	475	139	217,71	216,15	18.810
160		353,58	214,58	214,58	475	139	214,58	213,03	18.540
161		350,47	211,47	211,47	475	139	211,47	209,93	18.271
162		347,39	208,39	208,39	475	139	208,39	206,85	18.004
163		344,31	205,31	205,31	475	139	205,31	203,79	17.739
164		341,26	202,26	202,26	475	139	202,26	200,75	17.476
165		338,23	199,23	199,23	475	139	199,23	197,72	17.213
166		335,21	196,21	196,21	475	139	196,21	194,72	16.953
167		332,22	193,22	193,22	475	139	193,22	191,73	16.694
168		329,24	190,24	190,24	475	139	190,24	188,76	16.437
169		326,28	187,28	187,28	475	139	187,28	185,81	16.181
170		323,33	184,33	184,33	475	139	184,33	182,87	15.926
171		320,41	181,41	181,41	475	139	181,41	179,95	15.674
172		317,50	178,50	178,50	475	139	178,50	177,05	15.422
173		314,61	175,61	175,61	475	139	175,61	174,17	15.172
174		311,73	172,73	172,73	475	139	172,73	171,30	14.924
175		308,87	169,87	169,87	475	139	169,87	168,45	14.677
176		306,03	167,03	167,03	475	139	167,03	165,61	14.431
177		303,20	164,20	164,20	475	139	164,20	162,79	14.187
178		300,39	161,39	161,39	475	139	161,39	159,99	13.944
179		297,59	158,59	158,59	475	139	158,59	157,20	13.703
180		294,81	155,81	155,81	475	139	155,81	154,43	13.462

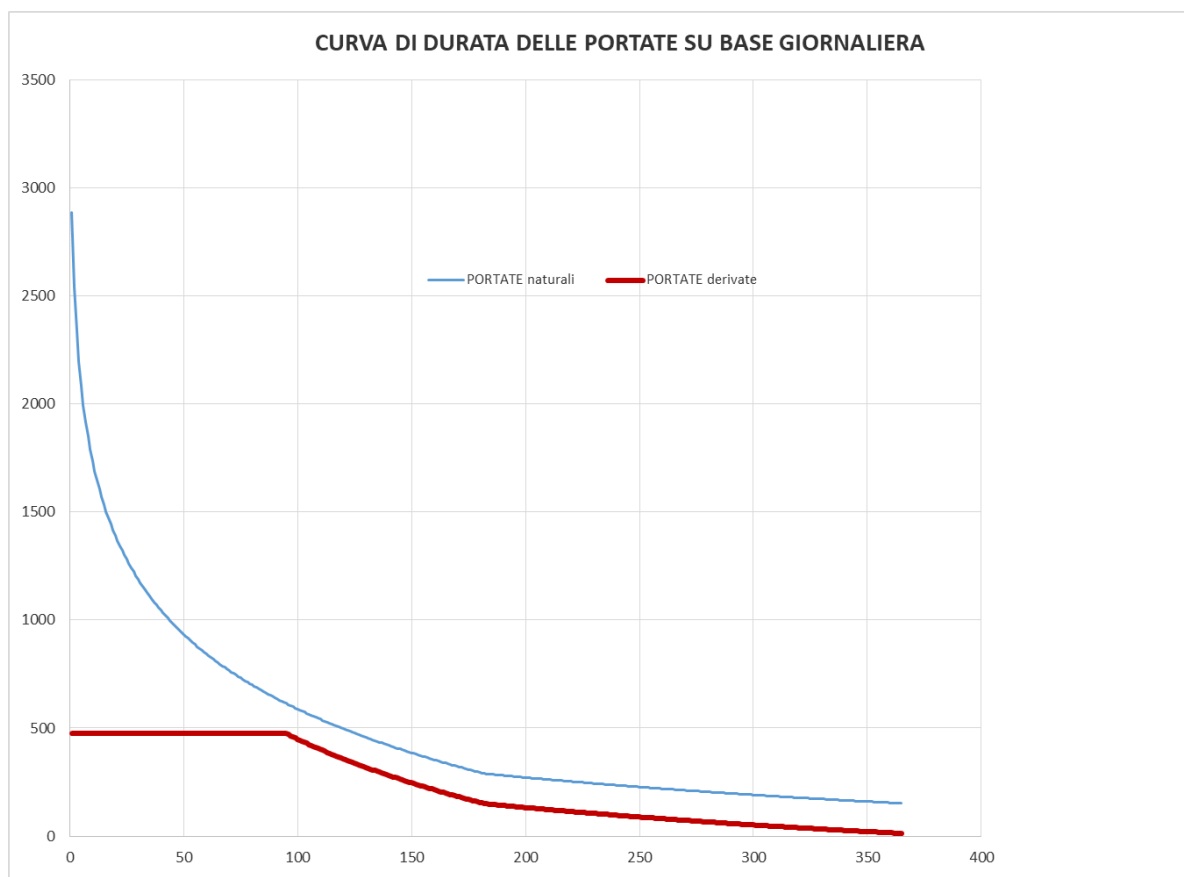
181		292,05	153,05	153,05	475	139	153,05	151,68	13.224
182	253,000	289,30	150,30	150,30	475	139	150,30	149,64	12.986
183		287,98	148,98	148,98	475	139	148,98	148,48	12.872
184		286,97	147,97	147,97	475	139	147,97	147,47	12.785
185		285,96	146,96	146,96	475	139	146,96	146,46	12.698
186		284,96	145,96	145,96	475	139	145,96	145,46	12.611
187		283,96	144,96	144,96	475	139	144,96	144,46	12.524
188		282,96	143,96	143,96	475	139	143,96	143,46	12.438
189		281,96	142,96	142,96	475	139	142,96	142,47	12.352
190		280,97	141,97	141,97	475	139	141,97	141,48	12.266
191		279,98	140,98	140,98	475	139	140,98	140,49	12.181
192		279,00	140,00	140,00	475	139	140,00	139,51	12.096
193		278,02	139,02	139,02	475	139	139,02	138,53	12.011
194		277,04	138,04	138,04	475	139	138,04	137,56	11.927
195		276,07	137,07	137,07	475	139	137,07	136,58	11.843
196		275,10	136,10	136,10	475	139	136,10	135,62	11.759
197		274,13	135,13	135,13	475	139	135,13	134,65	11.675
198		273,17	134,17	134,17	475	139	134,17	133,69	11.592
199		272,21	133,21	133,21	475	139	133,21	132,73	11.509
200		271,25	132,25	132,25	475	139	132,25	131,77	11.426
201		270,30	131,30	131,30	475	139	131,30	130,82	11.344
202		269,35	130,35	130,35	475	139	130,35	129,87	11.262
203		268,40	129,40	129,40	475	139	129,40	128,93	11.180
204		267,46	128,46	128,46	475	139	128,46	127,99	11.099
205		266,52	127,52	127,52	475	139	127,52	127,05	11.017
206		265,58	126,58	126,58	475	139	126,58	126,11	10.937
207		264,65	125,65	125,65	475	139	125,65	125,18	10.856
208		263,72	124,72	124,72	475	139	124,72	124,25	10.776
209		262,79	123,79	123,79	475	139	123,79	123,33	10.695
210		261,87	122,87	122,87	475	139	122,87	122,41	10.616
211		260,95	121,95	121,95	475	139	121,95	121,49	10.536
212		260,03	121,03	121,03	475	139	121,03	120,57	10.457
213		259,11	120,11	120,11	475	139	120,11	119,66	10.378
214		258,20	119,20	119,20	475	139	119,20	118,75	10.299
215		257,30	118,30	118,30	475	139	118,30	117,84	10.221
216		256,39	117,39	117,39	475	139	117,39	116,94	10.143
217		255,49	116,49	116,49	475	139	116,49	116,04	10.065
218		254,59	115,59	115,59	475	139	115,59	115,14	9.987
219		253,70	114,70	114,70	475	139	114,70	114,25	9.910
220		252,81	113,81	113,81	475	139	113,81	113,36	9.833
221		251,92	112,92	112,92	475	139	112,92	112,47	9.756
222		251,03	112,03	112,03	475	139	112,03	111,59	9.680
223		250,15	111,15	111,15	475	139	111,15	110,71	9.603
224		249,27	110,27	110,27	475	139	110,27	109,83	9.527
225		248,39	109,39	109,39	475	139	109,39	108,96	9.452
226		247,52	108,52	108,52	475	139	108,52	108,09	9.376
227		246,65	107,65	107,65	475	139	107,65	107,22	9.301
228		245,78	106,78	106,78	475	139	106,78	106,35	9.226
229		244,92	105,92	105,92	475	139	105,92	105,49	9.151
230		244,06	105,06	105,06	475	139	105,06	104,63	9.077
231		243,20	104,20	104,20	475	139	104,20	103,77	9.003
232		242,35	103,35	103,35	475	139	103,35	102,92	8.929
233		241,49	102,49	102,49	475	139	102,49	102,07	8.855
234		240,65	101,65	101,65	475	139	101,65	101,22	8.782
235		239,80	100,80	100,80	475	139	100,80	100,38	8.709
236		238,96	99,96	99,96	475	139	99,96	99,54	8.636
237		238,12	99,12	99,12	475	139	99,12	98,70	8.564
238		237,28	98,28	98,28	475	139	98,28	97,86	8.491
239		236,45	97,45	97,45	475	139	97,45	97,03	8.419
240		235,61	96,61	96,61	475	139	96,61	96,20	8.347
241		234,79	95,79	95,79	475	139	95,79	95,37	8.276
242		233,96	94,96	94,96	475	139	94,96	94,55	8.205
243		233,14	94,14	94,14	475	139	94,14	93,73	8.134
244		232,32	93,32	93,32	475	139	93,32	92,91	8.063
245		231,50	92,50	92,50	475	139	92,50	92,10	7.992
246		230,69	91,69	91,69	475	139	91,69	91,28	7.922
247		229,88	90,88	90,88	475	139	90,88	90,47	7.852
248		229,07	90,07	90,07	475	139	90,07	89,67	7.782
249		228,26	89,26	89,26	475	139	89,26	88,86	7.712
250		227,46	88,46	88,46	475	139	88,46	88,06	7.643
251		226,66	87,66	87,66	475	139	87,66	87,26	7.574
252		225,87	86,87	86,87	475	139	86,87	86,47	7.505
253		225,07	86,07	86,07	475	139	86,07	85,68	7.437
254		224,28	85,28	85,28	475	139	85,28	84,89	7.368
255		223,49	84,49	84,49	475	139	84,49	84,10	7.300
256		222,71	83,71	83,71	475	139	83,71	83,32	7.232
257		221,92	82,92	82,92	475	139	82,92	82,53	7.165
258		221,14	82,14	82,14	475	139	82,14	81,76	7.097
259		220,37	81,37	81,37	475	139	81,37	80,98	7.030
260		219,59	80,59	80,59	475	139	80,59	80,21	6.963
261		218,82	79,82	79,82	475	139	79,82	79,44	6.896
262		218,05	79,05	79,05	475	139	79,05	78,67	6.830
263		217,28	78,28	78,28	475	139	78,28	77,90	6.764
264		216,52	77,52	77,52	475	139	77,52	77,14	6.698
265		215,76	76,76	76,76	475	139	76,76	76,38	6.632
266		215,00	76,00	76,00	475	139	76,00	75,62	6.567
267		214,25	75,25	75,25	475	139	75,25	74,87	6.501
268		213,49	74,49	74,49	475	139	74,49	74,12	6.436
269		212,74	73,74	73,74	475	139	73,74	73,37	6.371
270		211,99	72,99	72,99	475	139	72,99	72,62	6.307

271		211,25	72,25	72,25	475	139	72,25	71,88	6.242
272		210,51	71,51	71,51	475	139	71,51	71,14	6.178
273		209,77	70,77	70,77	475	139	70,77	70,40	6.114
274	150,000	209,03	70,03	70,03	475	139	70,03	69,66	6.051
275		208,29	69,29	69,29	475	139	69,29	68,93	5.987
276		207,56	68,56	68,56	475	139	68,56	68,20	5.924
277		206,83	67,83	67,83	475	139	67,83	67,47	5.861
278		206,11	67,11	67,11	475	139	67,11	66,74	5.798
279		205,38	66,38	66,38	475	139	66,38	66,02	5.735
280		204,66	65,66	65,66	475	139	65,66	65,30	5.673
281		203,94	64,94	64,94	475	139	64,94	64,58	5.611
282		203,22	64,22	64,22	475	139	64,22	63,87	5.549
283		202,51	63,51	63,51	475	139	63,51	63,15	5.487
284		201,80	62,80	62,80	475	139	62,80	62,44	5.426
285		201,09	62,09	62,09	475	139	62,09	61,73	5.364
286		200,38	61,38	61,38	475	139	61,38	61,03	5.303
287		199,68	60,68	60,68	475	139	60,68	60,33	5.242
288		198,97	59,97	59,97	475	139	59,97	59,62	5.182
289		198,28	59,28	59,28	475	139	59,28	58,93	5.121
290		197,58	58,58	58,58	475	139	58,58	58,23	5.061
291		196,88	57,88	57,88	475	139	57,88	57,54	5.001
292		196,19	57,19	57,19	475	139	57,19	56,85	4.941
293		195,50	56,50	56,50	475	139	56,50	56,16	4.882
294		194,81	55,81	55,81	475	139	55,81	55,47	4.822
295		194,13	55,13	55,13	475	139	55,13	54,79	4.763
296		193,45	54,45	54,45	475	139	54,45	54,11	4.704
297		192,77	53,77	53,77	475	139	53,77	53,43	4.646
298		192,09	53,09	53,09	475	139	53,09	52,75	4.587
299		191,42	52,42	52,42	475	139	52,42	52,08	4.529
300		190,74	51,74	51,74	475	139	51,74	51,41	4.471
301		190,07	51,07	51,07	475	139	51,07	50,74	4.413
302		189,40	50,40	50,40	475	139	50,40	50,07	4.355
303		188,74	49,74	49,74	475	139	49,74	49,41	4.297
304		188,07	49,07	49,07	475	139	49,07	48,74	4.240
305		187,41	48,41	48,41	475	139	48,41	48,08	4.183
306		186,75	47,75	47,75	475	139	47,75	47,43	4.126
307		186,10	47,10	47,10	475	139	47,10	46,77	4.069
308		185,44	46,44	46,44	475	139	46,44	46,12	4.013
309		184,79	45,79	45,79	475	139	45,79	45,47	3.956
310		184,14	45,14	45,14	475	139	45,14	44,82	3.900
311		183,50	44,50	44,50	475	139	44,50	44,17	3.844
312		182,85	43,85	43,85	475	139	43,85	43,53	3.789
313		182,21	43,21	43,21	475	139	43,21	42,89	3.733
314		181,57	42,57	42,57	475	139	42,57	42,25	3.678
315		180,93	41,93	41,93	475	139	41,93	41,61	3.623
316		180,29	41,29	41,29	475	139	41,29	40,98	3.568
317		179,66	40,66	40,66	475	139	40,66	40,34	3.513
318		179,03	40,03	40,03	475	139	40,03	39,71	3.458
319		178,40	39,40	39,40	475	139	39,40	39,08	3.404
320		177,77	38,77	38,77	475	139	38,77	38,46	3.350
321		177,15	38,15	38,15	475	139	38,15	37,84	3.296
322		176,52	37,52	37,52	475	139	37,52	37,21	3.242
323		175,90	36,90	36,90	475	139	36,90	36,59	3.188
324		175,29	36,29	36,29	475	139	36,29	35,98	3.135
325		174,67	35,67	35,67	475	139	35,67	35,36	3.082
326		174,05	35,05	35,05	475	139	35,05	34,75	3.029
327		173,44	34,44	34,44	475	139	34,44	34,14	2.976
328		172,83	33,83	33,83	475	139	33,83	33,53	2.923
329		172,23	33,23	33,23	475	139	33,23	32,92	2.871
330		171,62	32,62	32,62	475	139	32,62	32,32	2.818
331		171,02	32,02	32,02	475	139	32,02	31,72	2.766
332		170,42	31,42	31,42	475	139	31,42	31,12	2.714
333		169,82	30,82	30,82	475	139	30,82	30,52	2.663
334		169,22	30,22	30,22	475	139	30,22	29,92	2.611
335		168,63	29,63	29,63	475	139	29,63	29,33	2.560
336		168,03	29,03	29,03	475	139	29,03	28,74	2.508
337		167,44	28,44	28,44	475	139	28,44	28,15	2.457
338		166,85	27,85	27,85	475	139	27,85	27,56	2.407
339		166,27	27,27	27,27	475	139	27,27	26,97	2.356
340		165,68	26,68	26,68	475	139	26,68	26,39	2.305
341		165,10	26,10	26,10	475	139	26,10	25,81	2.255
342		164,52	25,52	25,52	475	139	25,52	25,23	2.205
343		163,94	24,94	24,94	475	139	24,94	24,65	2.155
344		163,37	24,37	24,37	475	139	24,37	24,08	2.105
345		162,79	23,79	23,79	475	139	23,79	23,51	2.056
346		162,22	23,22	23,22	475	139	23,22	22,93	2.006
347		161,65	22,65	22,65	475	139	22,65	22,36	1.957
348		161,08	22,08	22,08	475	139	22,08	21,80	1.908
349		160,51	21,51	21,51	475	139	21,51	21,23	1.859
350		159,95	20,95	20,95	475	139	20,95	20,67	1.810
351		159,39	20,39	20,39	475	139	20,39	20,11	1.762
352		158,83	19,83	19,83	475	139	19,83	19,55	1.713
353		158,27	19,27	19,27	475	139	19,27	18,99	1.665
354		157,71	18,71	18,71	475	139	18,71	18,44	1.617
355	100,000	157,16	18,16	18,16	475	139	18,16	17,88	1.569
356		156,61	17,61	17,61	475	139	17,61	17,33	1.521
357		156,06	17,06	17,06	475	139	17,06	16,78	1.474
358		155,51	16,51	16,51	475	139	16,51	16,23	1.426
359		154,96	15,96	15,96	475	139	15,96	15,69	1.379
360		154,42	15,42	15,42	475	139	15,42	15,14	1.332
361		153,87	14,87	14,87	475	139	14,87	14,60	1.285
362		153,33	14,33	14,33	475	139	14,33	14,06	1.238
363		152,79	13,79	13,79	475	139	13,79	13,52	1.192
364		152,26	13,26	13,26	475	139	13,26	12,99	1.145
365		151,72	12,72	12,72	475	139	12,72		1.099
									7.267.288

Quindi i dati di concessione saranno:

Quota opera di presa	m.s.l.m. 622,00
Pelo libero vasca di carico	m.s.l.m. 620,87
Asse Turbina	m.s.l.m. 487,55
Salto disponibile	H = 133,32 m
Portata media derivabile	Q = 229,78 l/s

Per completare l'analisi idrologica si è calcolato anche la Curva di durata Post operam, di seguito riportata, e si è eseguito anche un confronto tra la curva di durata ante operam e quella post operam al fine di evidenziare la modifica apportata al regime idrologico del corso d'acqua dalla presenza dell'impianto



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 = 133,32
- Q_m è la portata media effettivamente prelevata espressa in l/sec che risulta essere pari a 229,78 l/sec

Quindi si ottiene che la potenza di concessione $P_c = 300,52$ 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 = 133,32 m
- Q_{max} è la portata massima prelevata espressa in l/sec che risulta essere pari a 475 l/sec

Quindi si ottiene che la potenza massima $P_{max} = 621,24$ 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 7800 ore annue

Da cui si ottiene:

Energia producibile totale teorica = 2.116.826 kWh/annui

DATI GENERALI RIASSUNTIVI DELL'IMPIANTO

Riepilogo caratteristiche idrologiche

Bacino imbrifero	8,90 kmq
quota massima bacino	2156 m.s.l.m.
quota sezione di prelievo	622 m.s.l.m.
afflusso meteorico annuo	1881,02 mm
Portata specifica media annua (qMEDA)	50,70 l/sec/kmq
Portata media annua naturalizzata (Qn)	490,70 l/sec
Portata massima derivabile	475 l/sec
deflusso minimo vitale	139 l/sec
portata media di concessione	229,78 l/sec
Volume massimo annuo derivato	7.267.288 mc
lunghezza complessiva asta corpo idrico	6,78 km
lunghezza tratto sotteso	1,68 km
Pelo libero della vasca di carico	620.87 m.s.l.m
Asse turbina	487,55 m.s.l.m
quota fondo canale di restituzione	485,05 m.s.l.m
salto geodetico	133,32 m
potenza di concessione	300,52 kW
potenza installata massima	621,24 kW
ore di funzionamento annuo	7800 ore
Produzione media annua	2.116.826 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).

$$t_c = \frac{4 \sqrt[2]{A} + 1.5 L}{0.8 \sqrt[2]{h_{mr}}}$$

dove:

t_c = tempo di corrivazione in ore

A = superficie del bacino in Km², che è pari a 8,90 Km²

L = lunghezza asta principale del corso d'acqua in Km, che è pari a 3,47 Km

h_{mr} = dislivello tra la quota media del bacino e quella della sezione considerata
628,1 m

Dai calcoli effettuati si è giunti alla determinazione di un tempo di corrivazione pari a **0.855** 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 CE49, CE50, CF49, CF50 che possiede le seguenti coordinate UTM:

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

	a	n
Tr = 100 anni	77.1075	0.46075
Tr = 200 anni	84,1700	0.46125

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= 71,1075 mm
Tr = 200 anni	h= 78,294 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.

$$Q_{max} = \frac{0.277 * \epsilon * C * h * A}{t_c}$$

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 raggiunta 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	$Q_{\max} = 165,50 \text{ mc/sec}$
Tr = 200 anni	$Q_{\max} = 180,65 \text{ mc/sec}$

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	0.855	
Altezza raggiunta	h	mm	71.730	
Giandotti -Visentini	$Q_{\max}$	m^3/s	165.50	

Tr = 200 anni			Sezione all'opera di presa	PORTATA LIQUIDA
Tempo di corrivazione	t_c	ore	0,855	
Altezza raggiunta	h	mm	78,294	
Giandotti -Visentini	$Q_{\max}$	m^3/s	180,65	

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) :

$$V_f = K * \sqrt[2]{d} \quad [\text{m/s}]$$

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 rinvennero 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 50 cm circa. Da tali considerazioni è possibile stimare la velocità critica della corrente idrica alla quale si può verificare l'innescio 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 i seguenti risultati:

Sezione alla presa		
Parametro	Calcolo	Unità di misura
τ	243,63	kg / m ²
τ_0	49,400	kg / m ²
c	0.076	-
γ_s	2300	kg / m ³
γ	1000	kg / m ³
d	0,50	m
K	0.00042	1/(Kg m ³)
h	2,215	m
J	7	%
G	51,739	m ³ /s

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}	=	Q _{max} Totale

Giandotti -Visentini	m ³ /s	165,50		m ³ /s	51,739		217,23
----------------------	-------------------	--------	--	-------------------	--------	--	---------------

Sezione alla Presa							
<i>Tr = 200 anni</i>							
		Q _{max}	Portata liquida		Q _{max}	Portata solida	Totale
Giandotti -Visentini	m ³ /s	180,65		m ³ /s	51,739		232.38

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

	Q_{max}
Tr = 100 anni	Q _{max} = 217,23 mc/sec.
Tr = 200 anni	Q _{max} = 232,38 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* :

$$v = K_s * R^{2/3} * \left(\frac{i}{100}\right)^{1/2}$$

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 $20 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$

R = raggio idraulico = $\frac{\text{Area}}{\text{Perimetro bagnato}}$

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 tavola10)				
Tr = 200 anni				
Area sezione deflusso	Perimetro bagnato	H (dalla soglia)	Q smaltibile	Q max
34,86	33,79	2,40	236,09	232,38

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 200 anni si stabilizza ad una quota di 2,40 metri.

SEZIONE ALLA RESTITUZIONE (vedi tavola12)
--

Tr = 200 anni				
Area sezione deflusso	Perimetro bagnato	H (dal fondo alveo)	Q _{smaltibile}	Q _{max}
30,03	16,36	2,65	238.22	232,38

Analizzando i dati alla restituzione si può vedere che il livello idrico, per contenere la portata di piena più catastrofica (Q_{max}) valutata con un tempo di ritorno di 200 anni si stabilizza ad una quota di 2,65 metri dal fondo alveo

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.

VERIFICHE IDRAULICHE ATTRAVERSAMENTI AEREI (RII MINORI)

Il progetto prevede che la condotta forzata attraversi 5 rii di competenza del demanio idrico di cui tre in attraversamento aereo e due in sub alveo.

Di questi tre è stata eseguita la verifica idraulica con la relativa determinazione del livello di massima piena (vedi tavola 14)

Attraversamento aereo torrente Falmenta

La condotta forzata, in uscita dalla vasca di carico, dopo aver percorso una lunghezza di circa 40 in sponda orografica sinistra attraverserà il torrente Falmenta con un ponte canale per continuare il suo percorso verso l'edificio centrale in sponda destra.

Per ricavare il livello idrometrico corrispondente sulla sezione di attraversamento verranno utilizzati i dati già calcolati per la verifica della sezione alla presa ed in particolare:

Tr = 200 anni			<u>Sezione</u> <u>attraversamento 1</u>	PORTATA LIQUIDA
Tempo di corrivazione	t_c	ore	0,855	
Altezza ragguagliata	h	mm	78,294	
Giandotti -Visentini	Q_{max}	m ³ /s	180,65	

<u>Sezione attraversamento 1</u>							
<i>Tr = 200 anni</i>							
		Q _{max}	Portata liquida		Q _{max}	Portata solida	Totale
Giandotti -Visentini	m ³ /s	180,65		m ³ /s	51,739		232.38

Si assumerà come portata al colmo in transito per la sezione di attraversamento 1 del torrente Falmenta i seguenti valori:

	Q_{max}
Tr = 200 anni	Q _{max} = 232,38 mc/sec.

<u>Sezione attraversamento 1</u> (vedi tavola14)				
<i>Tr = 200 anni</i>				
Area sezione deflusso	Perimetro bagnato	H (dal fondo alveo)	Q _{smaltibile}	Q_{max}
20.97	14.07	6.20	232.50	232,38

Attraversamento aereo Rio senza nome denominato 4 e del Rio Guia

Calcolo del tempo 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).

$$t_c = \frac{4\sqrt[2]{A} + 1.5L}{0.8\sqrt[2]{h_{mr}}}$$

dove:

t_c = tempo di corrivazione in ore

A = superficie del bacino in Km²

L = lunghezza asta principale del corso d'acqua in Km

h_{mr} = dislivello tra la quota media del bacino e quella della sezione considerata

superficie del bacino A (kmq)	
<i>Attraversamento Rio senza nome 4</i>	<i>Attraversamento Rio Guia</i>
0.0845 Km ²	0.1416 Km ²

Lunghezza dell'asta principale L (km)	
<i>Attraversamento Rio senza nome 4</i>	<i>Attraversamento Rio Guia</i>
0.439	0.862

Ne consegue che applicando la formula sopra descritta si ottengono i seguenti valori:

Tempo di corrivazione t_c (ore)	
<i>Attraversamento Rio senza nome 4</i>	<i>Attraversamento Rio Guia</i>
0.183	0.218

Calcolo della portata di massima piena

Le portate di massima piena considerate, sono quelle che rappresentano la diretta conseguenza di 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 CE49, CE50, CF49, CF50 che possiede le seguenti coordinate UTM:
I parametri della curva segnalatrice di probabilità pluviometrica, per assegnati tempi di ritorno, sono indicati nella seguente tabella:

	a	n
Tr = 100 anni	77.1075	0.46075
Tr = 200 anni	84,1700	0.46125

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:

$$h = a * t^n$$

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.

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:

altezza precipitazione h con Tr 200 (mm)	
<i>Attraversamento Rio senza nome 4</i>	<i>Attraversamento Rio Guia</i>
38,474	41,709

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.

$$Q_{max} = \frac{0.277 * \epsilon * C * h * A}{t_c}$$

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 raggiunta 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 Giandotti con T_r 200 (mc/sec)	
<i>Attraversamento Rio senza nome 4</i>	<i>Attraversamento Rio Guia</i>
3,93	6,00

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. Nei casi in esame , si può affermare che il trasporto solido non contempla significative percentuali di materiale fine, ma risulta limitato e ghiaie medio-grosse; Viste le modeste dimensioni dei rii per i quali si sta facendo le verifiche idrauliche si è ipotizzato di prendere una percentuale fissa di trasporto solido pari al 25 % della portata liquida in modo da ottenere dei valori di portata complessiva che contemplino anche la frazione solida movimentabile.

Trasporto solido (mc/sec)	
<i>Attraversamento Rio senza nome 4</i>	<i>Attraversamento Rio Guia</i>
0,98 mc/sec	1,50 mc/sec

Sintesi dei risultati

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

Portata complessiva Q Giandotti con Tr 200 (mc/sec)	
<i>Attraversamento Rio senza nome 4</i>	<i>Attraversamento Rio Guia</i>
4,92 mc/sec	7,5 mc/sec

Verifica della sezioni di deflusso alla presa

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* :

$$v = K_s * R^{2/3} * \left(\frac{i}{100}\right)^{1/2}$$

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 = $\frac{\text{Area}}{\text{Perimetro bagnato}}$

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.

I livelli idrici derivanti dal calcolo sono rappresentati nella tavola I.14 *"dettagli attraversamenti rii"*

Sezione Attraversamento Rio Guia					
Tr = 200 anni					
Area sezione deflusso	Perimetro bagnato	H (da fondo alveo)	Pendenza media	Q smaltibile	Q giandotti
3.12 mq	14,04 m	1,20 m	11 %	7,59	7,50

Verifica soddisfatta

Attraversamento Rio senza nome 4					
Tr = 200 anni					
Area sezione deflusso complessiva	Perimetro bagnato	H (da fondo alveo)	Pendenza media	Q smaltibile	Q giandotti
2,55 mq	6,18 m	0,83 m	10 %	5,17	4,92

Verifica soddisfatta

Analizzando i risultati e le tavole con indicati i corrispondenti livelli idrici, si può notare che esiste un franco di sicurezza nei confronti della condotta forzata tale da poter affermare che non esistono problemi sulle sezioni di deflusso prese in considerazione. Bisogna sempre 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 4,11 metri dato dalle seguenti differenze di quota : 617,89 m.s.l.m – 622,00 m.s.l.m. . 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:

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

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

$$\text{altezza massima di calcolo } H = 4,11 \text{ m}$$

la spinta sarà pari a :

$$P = 4,11 \times 1600 = 6.576 \text{ daN/mq}$$

$$S = 6576 \times 4,11 / 2 = 13.513,68 \text{ daN/m}$$

Il momento spingente, che risulta essere applicato ad un terzo dell'altezza H pari a 4,11 m ossia $1/3 \times 4,11 = 1,37 \text{ m}$ risulta essere pari a :

$$M_s = 13.513,68 \times 1,37 = 18.513,74 \text{ daNm}$$

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:

$$p_x = p \cdot \frac{l_y^4}{K l_x^4 + l_y^4}$$

$$p_y = p - p_x$$

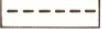
dove $K = K_x / K_y$ e assume i valori riportati nella tabella sottostante

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 $P = 6.576 \text{ daN/mq}$ ne consegue che la piastra verrà caricata con questa spinta P .

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

$$l_x = 11,20 \text{ m}$$

$$l_y = 4,11 \text{ m}$$

$$p_x = p * \frac{l_y^4}{K * l_x^4 + l_y^4} = 6.576 * \frac{4,11^4}{17 * 11,20^4 + 4,11^4} = 7,0072 \text{ daN/mq}$$

$$p_y = p - p_x = 6.576 - 7,0072 = 6.568,99 \text{ daN/mq}$$

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

$$M_x^+ = p_x * l_x^2 / 2 = 7,0072 * 11,20^2 / 2 = 439,49 \text{ daNm}$$

$$M_y^- = p_y * l_y^2 / 8 = 6.568,99 * 4,11^2 / 8 = 13.870,51 \text{ daNm}$$

$$M_y^+ = p_y * l_y^2 / 24 = 6.568,99 * 4,11^2 / 24 = 4.623,50 \text{ daNm}$$

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

$$M_y^- = 13.870,51 \text{ daNm}$$

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 240 cm – copriferro 4+4 cm e quindi $h = 232$ 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.

$$\alpha = 232 / (\text{radq}(1.387.051 / 100)) = 1.96$$

entrando nelle tabelle della semplice armatura a flessione con $\sigma_s = 2600$ 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

$$\sigma_{c \text{ amm}} = 97,50 \text{ daN/cm}^2$$

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

$$A_s = \beta * B * (\text{radq}(M_{\text{max}} / 100))$$

$$A_s = 0.00064 * 100 * (\text{radq}(1.387.051 / 100)) = 7,53 \text{ cm}^2 \text{ al metro lineare}$$

Considerando che 1 ϕ 32 possiede $A_s = 8,03$ cm² ne consegue che mettendo un'armatura pari a 1 ϕ 30 al metro lineare la piastra è 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 tagliante 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

$$T = S = 13.513,68 \text{ daN}$$

Il calcolo dello sforzo tangenziale sarà dato dalla seguente espressione:

$$\tau = T / A = \frac{T}{\pi r^2}$$

considerando che viene infissa nella roccia una barra diametro 32 ogni metro lineare il dato r da inserire nella formula (espresso in cm) sarà di 1,6 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 :

$$\tau = \frac{13.513,68}{2 * \pi 1.6^2} = 840,57 \text{ daN/cm}^2$$

e quindi

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

$$840,57 \text{ kg/cm}^2 < 2600 \text{ kg/cm}^2$$

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

PROFILI DI RIGURGITO ALL'OPERA DI PRESA

Le azioni che di norma si manifestano in corrispondenza dell'inserimento di una traversa fissa riguardano soprattutto le variazioni dei profili della corrente.

Come si può vedere dalla documentazione fotografica allegata e dal profilo longitudinale, rilevato in un intorno significativo della traversa, il Torrente è caratterizzato da una natura prevalentemente rocciosa del fondo alveo ed dal susseguirsi di unità morfologiche di tipo riffle , run e pool.

Per procedere alla determinazione del profilo di moto della corrente è innanzitutto necessario individuare l'altezza critica K della corrente mediante la relazione :

$$K = \sqrt[3]{\frac{\alpha Q^2}{g B^2}}$$

Dove :

- ✓ α = coefficiente di ragguglio che assume valori compresi tra 1.06 e 1.07 nel caso di moto turbolento e valore pari a 2 nel caso di moto laminare.
- ✓ Q = portata
- ✓ g = termine gravitativo
- ✓ B = larghezza alveo

Si procede alla suddivisione dei tratti significativi dell'alveo, dove per tratti significativi si intende i tratti nei quali vi è un cambio di pendenza apprezzabile.

Una volta determinati i tratti significativi dell'alveo si determinano le corrispondenti altezze di moto h_0' , h_0'' , h_0''' ecc. attraverso la risoluzione dell'equazione di Chezy:

$$Q = A c R^{1/6} \sqrt[2]{R i}$$

Dove:

- ✓ A = area di passaggio
- ✓ c = coefficiente di scabrezza di Glauckler – Strickler
- ✓ R = raggio idraulico

- ✓ i = pendenza alveo

A questo punto si può determinare che tipo di profilo si è instaurato nel tratto considerato, se di corrente lenta oppure veloce.

Le tipologie di corrente sono individuabili attraverso l'analisi dell'energia specifica della corrente nella sezione (carico totale) che, nel caso di portata costante, è esprimibile dalla seguente equazione:

$$E = h + \alpha \frac{v^2}{2g}$$

Dove:

- ✓ h = è la quota piezometrica della corrente rispetto al fondo dell'alveo e viene spesso indicato come *termine potenziale*
- ✓ $\alpha \frac{v^2}{2g}$ = rappresenta l'altezza cinetica e viene spesso indicato come *termine cinetico*

In maniera molto semplificata possiamo affermare che nei casi in cui energia potenziale è maggiore dell'energia cinetica e quindi l'altezza di moto è maggiore dell'altezza critica K si instaura nell'alveo un profilo di corrente lenta, mentre nei casi in cui l'energia cinetica supera l'energia potenziale e l'altezza di moto è minore dell'altezza critica K si instaura un profilo di corrente veloce.

Il passaggio di un profilo ad un altro implica obbligatoriamente il passaggio per lo stato critico che avviene con modalità diverse a seconda che il tratto veloce preceda o meno quello lento. Nel caso di successione di corrente veloce – corrente lenta, questo passaggio avviene mediante un risalto idraulico, o salto di Bidone che può localizzarsi a monte o a valle del primo cambio di pendenza a seconda che delle caratteristiche della corrente. Nel caso opposto di successione di corrente lenta - corrente veloce, il passaggio attraverso lo stato critico avviene spontaneamente, in corrispondenza del cambio di pendenza. Pertanto all'estremo di valle del tratto intermedio dell'alveo si ha un passaggio attraverso lo stato critico, la corrente che possiede un'altezza K in una determinata sezione tende a ristabilire asintoticamente verso valle il valore corrispondente all'altezza di moto h_0 . Nel caso in esame il tracciamento qualitativo dei profili nei diversi tratti è stato effettuato discretizzando l'equazione fondamentale dei profili nella forma:

$$\Delta S = \frac{\Delta E}{(i - j')}$$

Dove con j' si è indicata la media aritmetica dei valori assunti dalla cadente j (calcolato per mezzo della formula di Chezy) agli estremi dell'intervallo ΔS .

Nel nostro caso, in condizioni ante operam, si è riscontrata un'altezza critica della corrente e una lunghezza dei tratti tali da provocare l'instaurarsi di una corrente veloce che rimarrà tale per tutta la zona di alveo nelle vicinanze della presa.

L'inserimento di un'opera di sbarramento fisso in alveo, considerata di modesta entità, non comporta mutamenti sostanziali al regime della corrente che, come nel precedente caso, subisce il passaggio spontaneo da corrente veloce a corrente lenta in corrispondenza del tratto n°3 quindi prima del transito sopra l'opera di presa.