

DOMANDA DI AUTORIZZAZIONE UNICA E VALUTAZIONE IMPATTO AMBIENTALE PER
LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI IMPIANTO PER LA PRODUZIONE DI ENERGIA
ELETTRICA DA FONTI RINNOVABILI

**IMPIANTO IDROELETTRICO DI RONDANERA IN COMUNE DI TRAVO E
COLI (PC) SUL FIUME TREBBIA**

Elaborato:

E.02 – Relazione idrologica

Committente

Idroelettrica Valle dei Mulini srl

Tecnico incaricato



Data: 04 dicembre 2020

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	UBICAZIONE E GENERALITÀ DELL'OPERA	4
3.	QUADRO CONOSCITIVO - RIFERIMENTI	8
4.	CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE BACINO	9
5.	STIMA DELLE RISORSE IDRICHE DISPONIBILI ALLA DERIVAZIONE	11
6.	CALCOLO DEL DMV	16
7.	PORTATA DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO	19
8.	DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PIENA	21

1. PREMESSA

La presente relazione idrologica è da intendersi a corredo dell'istanza per il rilascio di Autorizzazione Unica ex art. 12 D.Lgs 387/2003 relativa alla realizzazione ed esercizio di nuovo impianto idroelettrico ubicato in comune di Travo (PC) come meglio evidenziato nell'ortofoto seguente.



Figura 1 – Localizzazione dell'opera su ortofoto in Google Earth (cerchio rosso).

2. UBICAZIONE E GENERALITÀ DELL'OPERA

In questa porzione di territorio il corso d'acqua (F. Trebbia) è contraddistinto dalla presenza un salto realizzato tramite una briglia in ca trasversale al corso del fiume. Essa funge da elemento riduttore della pendenza dell'alveo e conseguente riduzione della capacità erosiva della corrente, soprattutto in sinistra idrografica, qualche decina di metri a ovest della struttura, dove si distingue una zona storicamente soggetta a smottamenti.

Per un maggiore dettaglio si rimanda alle tavole di progetto e alla planimetria catastale riportata in figura seguente.

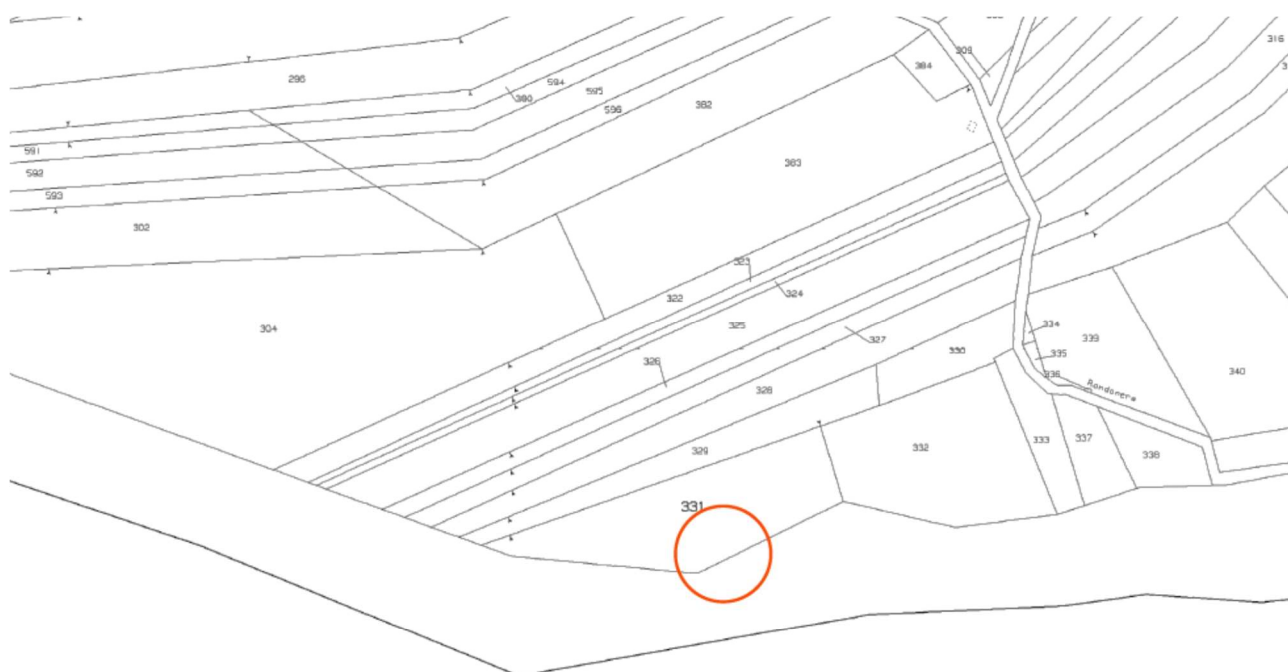


Figura 2 – Planimetria catastale dell'opera in esame (foglio 58 Travo).



Figura 3 – Estratto CTR 1:10000 (sezione 179142).

Per la valutazione del dislivello complessivo disponibile ai fini della derivazione a scopo idroelettrico si è proceduto ad un rilievo topografico di dettaglio del tratto fluviale compreso fra la zona a valle del salto esistente e la zona a monte (vedasi planimetria di rilievo) per un'estensione di circa 590 m, delineando l'assetto plano-altimetrico del fiume, delle sponde, degli argini e dei terreni immediatamente circostanti. Tale rilievo è stato ulteriormente integrato da nuove misure topografiche per la sola porzione prossima alla briglia e per un tratto di ca. 100 m a valle di essa: considerato il valore esiguo del salto geodetico, si è voluto andare a dettagliare puntualmente i dislivelli utili per la produzione idroelettrica, anche al fine di scegliere le tecnologie maggiormente idonee allo sfruttamento della risorsa.

2.1 GENERALITÀ

L'area oggetto dello studio è localizzata nel comune di Travo, provincia di Piacenza, in corrispondenza di una traversa esistente sul Fiume Trebbia (località Perino – Rondanera).

La traversa in ca. ha funzioni di protezione idraulica e di riduzione della pendenza dell'alveo con conseguente riduzione della capacità erosiva della corrente.

Per la valutazione del dislivello complessivo disponibile occorre far riferimento al rilievo topografico sopra richiamato e ad un modello idraulico appositamente implementato. L'esito di tali calcoli portano alla definizione del salto idraulico associato alle condizioni idrauliche dell'anno idrologico medio (per approfondimenti vedasi quanto riportato nei capitoli successivi).

L'alveo fluviale risulta in questo tratto ribassato rispetto alle adiacenti aree golenali di circa 5.00 – 7.00 m; tali aree sono presenti qualche decina di metri a valle della traversa in esame e non direttamente utilizzabili per la realizzazione dell'impianto. In destra, invece, è individuabile l'infrastruttura viaria della SS45 (tratto sopraelevato con fondazioni in ca e scogliera di protezione dei piloni). In sinistra, il versante è mediamente inclinato, e, a qualche decina di metri a monte della briglia in esame, soggetto a movimenti di versanti, così come riportato nella Relazione geologica allegata al presente progetto.

La briglia, di forma convessa in pianta, è caratterizzata da una larghezza complessiva di circa 80 m, di cui solo 17 m circa rappresentati da una gaveta ribassata di ca. 50 cm dal resto del corpo traversa. La sponda sinistra è protetta tramite un pennello in pietrame intasato in cls posizionato ca. una decina di metri a monte e da un'ala, lunga ca. 13 m, rialzata di circa 70 cm rispetto il resto del corpo traversa. A destra la briglia termina direttamente nella scogliera a protezione dell'infrastruttura stradale. Anche in sinistra il versante è protetto tramite scogliera in massi ciclopici. A ovest del pennello non vi sono più strutture di protezione e, anzi, il versante deve ritenersi instabile. A valle della briglia è stata realizzata una platea antierosiva costituita da massi ciclopici; infine tutta la struttura è stata rinforzata tramite la realizzazione di pali di grande diametro.

Sia a monte che a valle della struttura l'alveo si presenta largo e ghiaioso; generalmente attraversabile in condizioni di magra, a testimonianza di tiranti idrici modesti. A monte si ritrova la presenza di numerosi massi lapidei crollati dal soprastante versante in sx; a valle, invece, sono maggiormente presenti le ghiaie fluviali. A monte della struttura in esame è presente un'altra briglia/soglia in massi ciclopici; anch'essa con funzione di regolarizzare e limitare l'erosione fluviale.

Considerata la conformazione d'alveo appena descritta, nella definizione del layout d'impianto si è cercato di rispondere ai seguenti criteri:

- sfruttamento del massimo salto possibile;
- minimizzazione dei volumi di sbancamento in area spondale;

- ottimizzazione della funzionalità idraulica;
- minimizzazione delle aree occupate dall'impianto.

La soluzione adottata prevede l'integrazione della centrale idroelettrica con la briglia esistente sfruttando lo spazio e la quota dell'ala in sinistra; si prevede inoltre l'implementazione dello sfioro attuale tramite l'installazione di un sistema idropneumatico di regolazione dei livelli di monte (gommone di regolazione). Il funzionamento di tale sistema prevede l'innalzamento dei tiranti idrici in condizioni idrauliche di magra e di media; in occasione delle piene il sistema viene automaticamente abbattuto, ripristinando la sezione idraulica attuale.

L'intervento sulla traversa prevede inoltre la realizzazione di un canale di sghiaio (sempre in sx) e di una scala di risalita per i pesci. Quest'ultima struttura si rivela fondamentale per il ripristino della continuità fluviale in un tratto attualmente compromesso, in quanto la struttura, prevista con il sistema dei "bacini successivi" (passaggio di tipo tecnico), permette alla fauna ittica presente di oltrepassare la traversa e di risalire il fiume nei periodi di riproduzione.

A monte della traversa si svilupperà l'opera di presa ed il canale di derivazione mentre il corpo produzione della centrale sarà contenuto nella briglia e a valle della stessa. Il canale di restituzione è previsto immediatamente a valle della stessa, senza sottensione di alveo naturale, in accordo con quanto richiesto dalla normativa specifica (in tal senso vedasi quanto riportato nella Relazione Urbanistica). In considerazione del salto e della portata si è deciso di installare due coclee idrauliche. La portata massima prevista è di 18 mc/s.

La soluzione progettuale è dunque perfettamente inseribile nel contesto ambientale e del paesaggio, in quanto l'impianto risulta integrato alla struttura esistente, limitando, in questo modo, il consumo di suolo.

3. QUADRO CONOSCITIVO - RIFERIMENTI

- [1] ARPAE (2008) – Annali idrologici 2018, parte seconda
- [2] PTUA
- [3] Arpa Emilia Romagna (AA. VV; Febbraio 2008) - Studio del bacino idrografico del Fiume Trebbia per la gestione sostenibile delle risorse idriche – Sintesi estesa delle parti I, II e III
- [4] Regione Emilia Romagna, ARPA - Individuazione del Deflusso Minimo Vitale di Riferimento, Allegato D
- [5] Autorità di Bacino del Fiume Po, Parma - Linee generali di assetto idrogeologico e quadro degli interventi - Bacino del Trebbia.
- [6] Autorità di Bacino del Fiume Po (marzo 2016) - Piano per la valutazione e la gestione del rischio alluvioni - Art. 7 della Direttiva 2007/60/CE e del D.lgs. n. 49 del 23.02.2010 - Profili di piena dei corsi d'acqua del reticolo principale

4. CARATTERISTICHE FISIOGRAFICHE BACINO

Si riportano qui di seguito le principali informazioni desunte dai documenti disponibili presso l'Autorità di bacino ([5]). Il bacino del Trebbia ha una superficie complessiva di circa 1 070 kmq, di cui gran parte in ambito collinare-montano (86%). È situato in destra Po, tra i bacini del Tidone e dello Staffora a est, del Nure a ovest, dello Scrivia a sud-est, del Taro a sud-ovest e dello Sturla a sud.

Esso nasce dal monte S. Lazzaro nell'Appennino Ligure e confluisce nel Po, poco a ovest di Piacenza, dopo un percorso di circa 116 km. Le massime altitudini sono raggiunte lungo lo spartiacque a sud sui monti Penna (1.735 m s.l.m.) e Maggiorasca (1 799 m s.l.m.), a est il monte Cavalmurone (1 670 m s.m.) e a ovest il monte Crociglia (1 578 m s.l.m.).

Il maggiore affluente è il torrente Aveto, lungo circa 30 km, caratterizzato da un elevato contributo idrico dovuto all'alta piovosità (bacino caratterizzato da superficie circa pari a 257 kmq). Altri affluenti di una certa importanza sono i torrenti Bobbio, Perino e Dorba.

L'asta principale del Trebbia è suddivisibile in due tratti distinti per caratteristiche morfologiche, morfometriche e per comportamento idraulico: il tratto montano che si sviluppa dalla sorgente fino a Rivergaro, per una lunghezza di circa 95 km, e il tratto di pianura, con alveotipo tipicamente pluricursale, fino alla confluenza in Po.

Il primo tratto si presenta costantemente incassato, profondamente inciso nel substrato roccioso, con morfologia caratterizzata da meandri in roccia molto irregolari, con curvatura generalmente elevata, in lenta evoluzione. Nel tratto terminale appenninico l'alveo tende a rettificarsi e assume tipologia ramificata. Il tratto di pianura mantiene il carattere ramificato, con ampie aree golenali e notevoli depositi alluvionali.

Il Trebbia è caratterizzato da una notevole capacità di trasporto solido, negli ultimi anni ridotta per effetto della sistemazione degli affluenti. Il corso d'acqua nella parte alta ha un alveo incassato, con sponde rocciose ed elevata pendenza. Nel tratto intermedio l'alveo è costituito da materiali di scarsa consistenza e in quello finale scorre in un'ampia conoide che si estende fino allo sbocco nel Po.

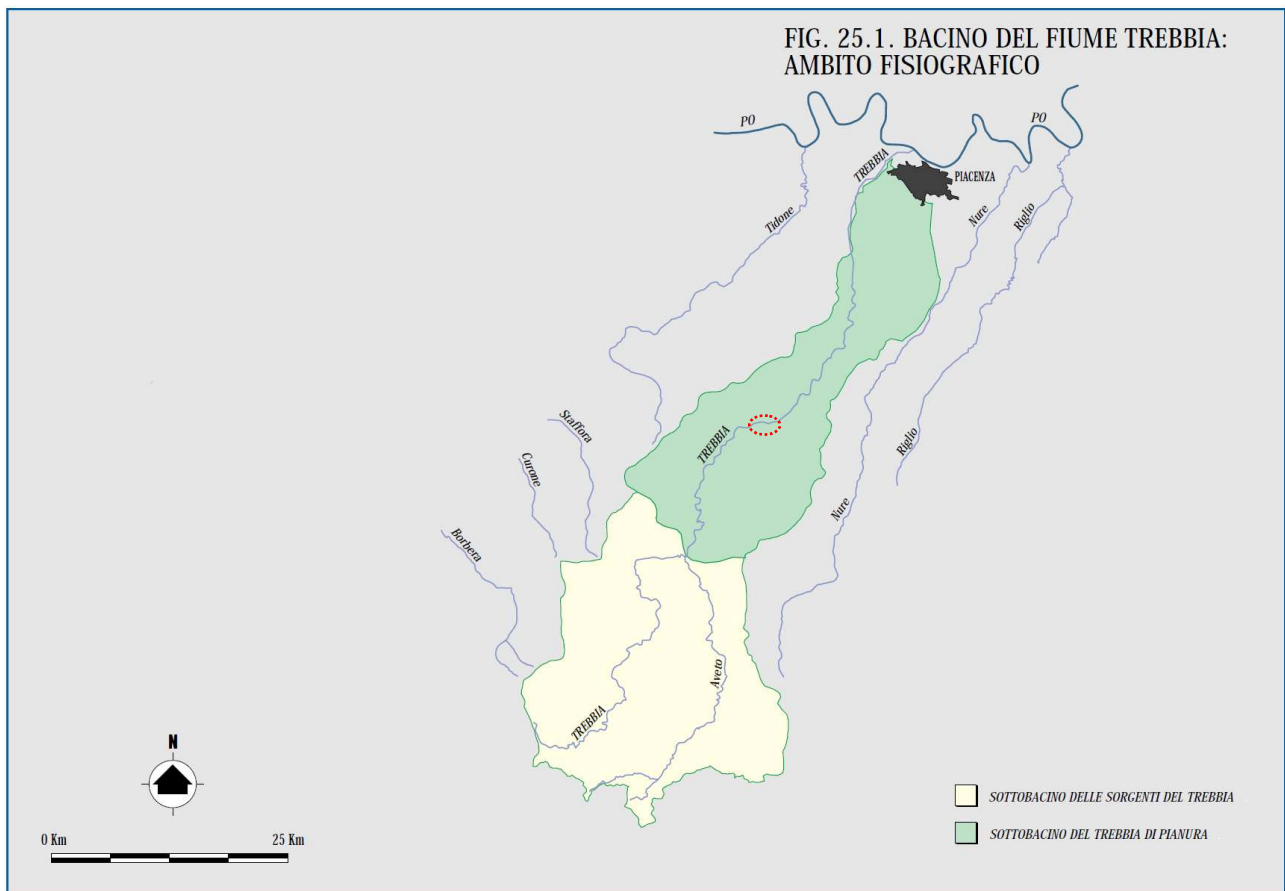


Figura 4 – Fisiografia schematica del Fiume Trebbia con indicato, cerchio rosso, il sito in esame (figura estratta da [5]).

5. STIMA DELLE RISORSE IDRICHE DISPONIBILI ALLA DERIVAZIONE

I dati idrometrici di riferimento per il presente studio sono quelli riportati nell'Annale Idrologico del 2018 redatto da ARPAE [1] riferiti al periodo 2005 – 2017.

La stazione di riferimento è quella del Trebbia a Bobbio, caratterizzata dalle seguenti caratteristiche:

- altitudine: 256 m. s.l.m.;
- superficie del bacino: 655 kmq;
- altitudine media: 938 m. s.l.m..

Di seguito si riportano, in sintesi, i dati di riferimento.

	ANNO	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre
ELEMENTI CARATTERISTICI PER IL PERIODO 2005 - 2017													
Q max (m³/s)	582.00	574.00	256.00	232.00	118.00	73.90	129.00	17.60	81.20	582.00	321.00	485.00	564.00
Q media (m³/s)	17.30	22.70	24.90	22.60	21.50	13.40	9.13	5.45	4.19	6.79	15.10	32.90	30.20
Q minima (m³/s)	0.36	3.75	3.04	4.19	2.82	1.34	2.74	1.13	0.51	0.36	0.40	0.55	1.67
Q media (l/s Km²)	26.5	34.7	38.0	34.5	32.8	20.5	13.9	8.3	6.4	10.4	23.0	50.2	46.1
Deflusso (mm)	835	93	92	92	85	55	36	22	17	27	62	130	123
Afflusso meteorico (mm)	1847	159	181	142	140	117	90	59	91	150	198	300	219
Coefficiente di deflusso	0.45	0.58	0.51	0.65	0.61	0.47	0.40	0.37	0.19	0.18	0.31	0.43	0.56

Figura 5 – Elementi caratteristici per la sezione di chiusura del T. Trebbia alla stazione di Bobbio (fonte ARPA [1])

DURATA DELLE PORTATE		
Giorni	2018	2005-2017
	m³/s	m³/s
10	77.90	74.80
30	40.00	40.10
60	23.80	25.40
91	18.30	18.80
135	14.40	13.50
182	10.80	9.31
274	4.02	4.81
355	1.65	1.27

Figura 6 – Durata delle portate (fonte ARPA [1])

Dalle tabelle si evince che la portata media rilevata nel periodo 2005-2017 è pari a 17.30 mc/s, con punta massima di 582 mc/s e minima di 0.36 mc/s.

In termini generali, i dati sopra riportati denotano una significativa sottostima, seppur cautelativa, della risorsa idrica, rispetto quanto evidenziato in altri studi, questi ultimi basati sulla serie di più lungo periodo (rifer. [3] e [4], vedasi tabelle seguenti).

Tab. 4.1 Principali caratteristiche dei bacini e sottobacini modellati

Codice sezione	Corso d'acqua	Toponimo chiusura	Area drenata (km ²)		Note
			Parziale	Totale	
BR01	T. Brugneto	Invaso	26.8	26.8	Invaso AMGA/Genova Acque
TR01	F. Trebbia	Due Ponti	49.7	76.5	Stazione storica misura portate SI (Due Ponti - 77km ²)
TR02	F. Trebbia	Gorreto	89.7	166.2	Confine regionale
TR03	F. Trebbia	Monte confluenza Boreca	57.5	223.7	Stazione storica misura portate SI (Valsigara - 226 km ²) - Stazione qualità 01090100 - Misura Livelli SIM (Valsigara)
BO01	T. Boreca	Immissione in Trebbia	51.1	51.1	Centrale ENEL
TR04	F. Trebbia	Monte confluenza Aveto	63.1	337.9	
AV01	T. Aveto	Cabanne	42.8	42.8	Stazione storica misura portate SI (Cabanne 44 km ²) - Misura livelli SIM (Cabanne)
AV02	T. Aveto	Monte confluenza Gramizza	46.5	89.3	
GR01	T. Gramizza	Immissione in Aveto	37.3	37.3	
AV03	T. Aveto	Boschi	45.7	172.3	Confine regionale - Stazione storica misura portate SI (Boschi - 180 km ²) - Presa ENEL
AV04	T. Aveto	Salsominore	28.6	200.9	Stazione qualità 01090300 - Centrale ENEL - Misura livelli SIM (Salsominore)
AV05	T. Aveto	Immissione in Trebbia	47.7	248.6	
TR05	F. Trebbia	San Salvatore	31.3	617.8	Stazione storica misura portate SI (San Salvatore - 631 km ²)
TR06	F. Trebbia	Piancasale	96.7	714.6	Stazione qualità 01090400 - Misura livelli SIM (Bobbio - ~685 km ²)
TR07	F. Trebbia	Monte confluenza Perino	69.3	783.9	
PE01	T. Perino	Immissione in Trebbia	60.0	60.0	
TR08	F. Trebbia	Rivergaro	73.7	917.6	Prese irrigue a valle - Stazione qualità 01090600 (a valle) - Misura livelli SIM (Rivergaro)
TR09	F. Trebbia	Canneto	33.2	950.8	Prese irrigue a monte
DI01	Diversivo Ovest	Immissione in Trebbia	107.0	107.0	
TR10	F. Trebbia	Immissione in Po	25.3	1083.0	Stazione qualità 01090700

Figura 7 – Estratto tab. 4.1 da studio Arpa 2008 [3].

Secondo quanto riportato nello studio Arpa 2008 [3], il sito in esame può essere considerato prossimo alla sezione TR07 (monte confluenza Perino). Come si può notare dalle schema topologico seguente, il sito in esame risulta praticamente non soggetto a dispersioni in subalveo (freccie verdi a sx) né a derivazioni irrigue significative (freccie rosse a dx a valle del T. Perino); mentre invece risulta affetto dagli effetti della derivazione presso la Diga del Brugneto, i cui valori risultano in già “considerati” nella stima delle letture di portata registrate alla stazione di misura di Bobbio.

Fig. 4.1 Schema topologico delle connessioni fra i diversi sottobacini individuati per il bacino del Trebbia

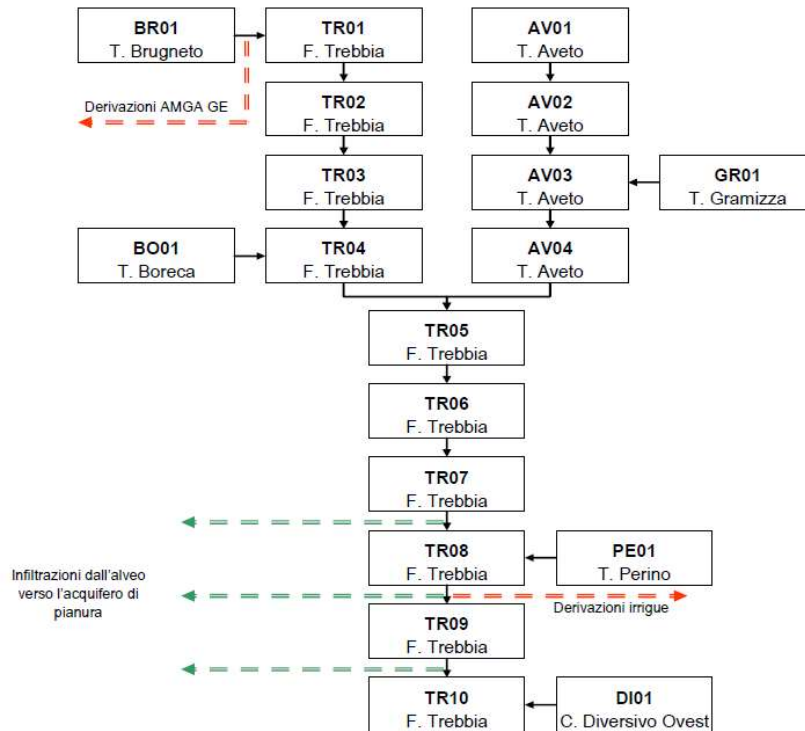


Figura 8 – Estratto fig. 4.1 da studio Arpa 2008 [3]

Per la sezione TR07 viene indicata una piovosità media pari a 1530 mm/anno sul periodo di riferimento (1946-2001). Risulta senz'altro indicativo correlare la piovosità media così calcolata riferita alle sezioni a monte (TR06=1591 mm/anno e TR05=1684 mm/anno) con quella definita nell'annale ARPAE 2018 per la stazione di Bobbio (1847 mm/anno, periodo 2005-2017), in quanto confrontabili (la stazione di misura di Bobbio risulta certamente compresa nel tratto TR05 – TR06).

Tab. 4.2 Principali elementi morfologici, climatici e idrologici caratterizzanti i bacini e sottobacini modellati (valori parziali relativi ai singoli sottobacini, totali relativi all'intero areale imbrifero a monte)

Codice sezione	Sezione di chiusura		Quota (m slm)					Piovosità 1946-2001 (mm/anno) (*)	
	Quota (m slm)	Dist. Imm. Po (km)	Media		Massima		Minima	Media	
			Parziale	Totale	Parziale	Totale		Parziale	Totale
BR01	700	111	1097	1097	1590	1590	720	1913	1913
TR01	615	103	888	961	1275	1590	640	2020	1982
TR02	525	93	964	963	1520	1590	530	1793	1880
TR03	425	80	879	941	1575	1692	440	1576	1802
BO01	425	80	1055	1055	1692	1692	430	1372	1372
TR04	325	68	798	932	1600	1725	330	1241	1632
AV01	810	102	992	992	1250	1250	815	2383	2383
AV02	660	93	1037	1016	1650	1680	665	2148	2261
GR01	660	93	1131	1131	1680	1680	680	1912	1912
AV03	585	85	1089	1060	1725	1725	625	1722	2042
AV04	395	77	992	1051	1570	1725	400	1558	1973
AV05	325	68	835	1009	1540	1725	340	1219	1829
TR05	285	59	695	951	1330	1725	290	1092	1684
TR06	235	49	737	922	1442	1725	238	1001	1591
TR07	185	39	549	889	1158	1725	191	898	1530
PE01	185	39	757	757	1295	1295	193	998	998
TR08	135	26	379	839	781	1725	136	867	1442
TR09	90	14	181	816	490	1725	97	869	1422
DI01	45	3	116	116	415	415	55	883	883
TR10	40	0	71	730	102	1725	44	827	1355

(*) I valori di piovosità derivano dalla sovrapposizione digitale fra la bacinizzazione e i valori di piovosità 1946-2001 ricostruiti in corrispondenza dei nodi di una griglia a maglia chilometrica.

Figura 9 - Estratto tab. 4.2 da studio Arpa 2008 [3]

Infine, con riferimento alla tabella sotto, è possibile confrontare il dato di portata media desunto per ogni sezione con quello definito nell'annale ARPAE 2018. Come si può notare, il valore di portata definito per la stazione di Bobbio da [1], risulta inferiore rispetto quanto indicato nello studio di regionalizzazione [3] a fronte di una precipitazione media annua superiore (come descritto in precedenza).

Tab. 4.6 Portate medie modellate per il periodo 1930 - 2004

Bacino	Toponimo chiusura	Superficie drenata (km ²)	Quota media (m slm)	Piovosità media 1946-2001 (mm/anno)	Q _{media} (*) regionalizzata 1946-2001 (m ³ /s)	Piovosità media 1930-2004 (mm/anno)	Q _{media} modellata 1930-2004 (m ³ /s)	Piovosità misure storiche (diversi periodi) (mm/anno)	Misure storiche	
									Q _{media} (m ³ /s)	Anni
BR01	Invaso	26.8	1097	1913	1.2	1935	0.69	-	-	-
TR01	Due Ponti	76.5	961	1982	3.6	2019	3.16	2162	4.08 (**)	1934-60
TR02	Gorreto	166.2	963	1880	7.4	1897	6.82	-	-	-
TR03	Monte confl. Boreca	223.7	941	1802	9.4	1794	8.55	1813	9.70 (**)	1931-60
BO01	Immissione in Trebbia	51.1	1055	1372	1.4	1371	1.43	-	-	-
TR04	Monte confl. Aveto	337.9	932	1632	12.5	1634	11.46	-	-	-
AV01	Cabanne	42.8	992	2383	2.6	2412	2.48	2289	2.51	1943-68
AV02	Monte confl. Gramizza	89.3	1016	2261	5.2	2275	4.81	-	-	-
GR01	Immissione in Aveto	37.3	1131	1912	1.7	1995	1.72	-	-	-
AV03	Boschi	172.3	1060	2042	9.2	2077	8.29	1935	7.95	1937-43
AV04	Salsominore	200.9	1051	1973	10.2	2008	9.25	-	-	-
AV05	Immissione in Trebbia	248.6	1009	1829	11.1	1854	10.30	-	-	-
TR05	San Salvatore	617.8	951	1684	24.8	1695	22.30	1721	24.27 (**)	1930-43
TR06	Piancasale	714.6	922	1591	26.2	1602	23.59	-	-	-
TR07	Monte confl. Perino	783.9	889	1530	26.7	1544	24.34	-	-	-
PE01	Immissione in Trebbia	60	757	998	0.9	1014	0.81	-	-	-
TR08	Rivergaro	917.6	839	1442	28.1	1456	25.22	-	-	-
TR09	Canneto	950.8	816	1422	28.1	1435	23.88	-	-	-
DI01	Immissione in Trebbia	107	116	883	0.6	858	0.56	-	-	-
TR10	Immissione in Po	1083	730	1355	28.5	1364	23.79	-	-	-

(*) Dato ricostruito in base a metodologie semplificate di regionalizzazione.
 (**) Le misure del Servizio Idrografico sul Fiume Trebbia non risentono della derivazione connessa all'invaso del T. Brugnato - mediamente 1 m³/s dal 1962.

Figura 10 - Estratto tab. 4.6 da studio Arpa 2008 [3]

Sebbene sia evidente la discrepanza tra i dati storici e quelli registrati nell'annale idrologico 2018 [1], si ritiene che questi ultimi siano sufficienti per definire le portate disponibili per l'uso idroelettrico in quanto:

- risultano certamente cautelativi nell'esprimere la risorsa idrica disponibile alla derivazione;
- forniscono un set di dati sostanzialmente completo per la ricostruzione idrologica (curva di durata delle portate).

6. CALCOLO DEL DMV

Per Deflusso Minimo Vitale (di seguito DMV) si intende la portata istantanea che in ogni tratto omogeneo del corso d'acqua garantisce la salvaguardia delle caratteristiche fisiche del corpo idrico, delle caratteristiche chimico-fisiche delle acque nonché il mantenimento delle biocenosi tipiche delle condizioni naturali locali.

Il DMV, secondo quanto indicato dall'Autorità di Bacino Po nella delibera 7/2004 e come definito nelle Norme del PTUA per bacini oltre 50 km², è costituito da una componente idrologica e da una frazione moltiplicativa morfologico-ambientale.

Per bacini idrografici aventi superficie maggiore di 50 Km² la componente idrologica del DMV è definita in base alla seguente formulazione:

$$DMV_{ci} = k * Q_m$$

dove :

- DMV_{ci} = componente idrologica del deflusso minimo vitale espressa in m³/s;
- Q_m = portata media annua naturale nella sezione considerata, espressa in m³/s;
- k = parametro sperimentale definito per singole aree idrologiche-idrografiche che esprime la percentuale della portata media annua naturale utilizzata per il calcolo del DMV.

A sua volta il parametro k è definito dalla seguente relazione:

$$k = -2,24 \cdot 10^{-5} S + k_0$$

dove:

- S = superficie imbriferà, espressa in Km², del bacino idrografico sotteso alla sezione del corpo idrico nel quale si calcola il DMV
- k_0 = pari a 0,086 per i corsi d'acqua emiliani affluenti del Po (come nel caso in esame).

La componente morfologico-ambientale viene definita dai seguenti parametri:

- M = parametro morfologico;
- N = parametro naturalistico;
- F = parametro di fruizione;
- Q = parametro di qualità delle acque fluviali;
- A = parametro dell'interazione fra le acque superficiali e le acque sotterranee;

- T = parametro relativo alla modulazione nel tempo del DMV

I suddetti parametri vengono inseriti nel calcolo del DMV come fattori correttivi secondo la seguente formula:

$$DMV = DMV_{ci} \cdot M \cdot Z \cdot A \cdot T$$

dove Z corrisponde al massimo dei valori dei tre parametri N, F, Q calcolati distintamente.

La Regione ha definito per alcuni corso d'acqua un valore di DMV "sperimentale" a cui è possibile attenersi, tramite un apposito studio basato su metodi sperimentali [4].

Di seguito si riportano i siti studiati per la definizione del DMV sperimentale.

Tabella 2 Siti studiati per il DMV sperimentale

COD	Sito	Base dati	Sup(km ²)	H (m slm)	Codice CI	Note	Sign. risorsa
TIDO1	Tidone a Pianello	ARPA 09	224.3	145	010500000000 5 ER	Temporaneo / Rischio	Rilevante
TREB1	Trebbia a Ottone	ARPA06	206.0	475	010900000000 2 ER		Rilevante
BORE1	Boreca a Pte Boreca	ARPA 09	49.1	446	010901000000 1 ER		Rilevante
AVET1	Aveto a Salsominore	ARPA06	214.0	390	010902000000 4 ER		Rilevante
TREB2	Trebbia a Bobbio	ARPA06	688.0	250	010900000000 5 ER		Rilevante
PERI1	Perino a Perino	ARPA 09	51.7	255	010907000000 2 ER		Medio
TREB3	Trebbia a Rivergaro	ARPA06	922.0	132	010900000000 9 ER		Rilevante

Nello studio si perviene quindi alla definizione del valore di DMV di riferimento per ogni CI (Corpo Idrico) considerato. Nel caso specifico, occorre riferirsi alla sezione di chiusura di Perino, posizionata poco a valle del sito di progetto. La metodologia qui proposta, cautelativa, considera di prendere a riferimento i valori di K desunti nello studio (dove con K si indica l'insieme dei parametri naturalistici ambientali da applicare all DMV idrologico), la portata media presa a riferimento dallo studio (Qm '91-'11, valore superiore rispetto quello calcolato nell'analisi idrologica qui proposta); il bacino chiuso alla sezione di progetto.

Tabella 7 Valori di riferimento del DMV per i corpi idrici regionali

Corpo idrico		Sezione di chiusura			DMV di riferimento (m³/s)					
Codice	Nome	Toponimo	Sup (km²)	Qm '91-'11 (m³/s)	K morf.-amb.		DMV alla chiusura:		DMV medio sul CI	
					Mag-Set	Ott-Apr	Mag-Set	Ott-Apr	Mag-Set	Ott-Apr
010100000000 1 IR	R. Bardonezza	Fornello	23.3	0.16	1.56	2.59	0.05	0.05	0.05	0.05
010100000000 2 IR	R. Bardonezza	Bardoneggia	39.2	0.26	1.56	2.70	0.05	0.06	0.05	0.05
010100000000 3 IR	R. Bardonezza	Imm. Po	43.6	0.30	1.50	2.52	0.05	0.06	0.05	0.06
010200000000 1 ER	R. Lora - Carogna	Ziano	6.8	0.05	1.63	2.85	0.05	0.05	0.05	0.05
010200000000 2 ER	R. Lora - Carogna	Castel S. Giovanni	24.9	0.17	1.56	2.97	0.05	0.05	0.05	0.05
010200000000 3 ER	R. Lora - Carogna	Imm. Po	32.7	0.21	1.69	3.06	0.05	0.05	0.05	0.05
010300000000 1 ER	R. Carona - Boriacco	Imm. Po	34.1	0.24	1.69	3.06	0.05	0.06	0.05	0.05
010400000000 1 ER	R. Cornaiola	FS BO-MI	10.8	0.08	1.69	3.06	0.05	0.05	0.05	0.05
010400000000 2 ER	R. Cornaiola	Imm. Po	52.5	0.34	1.69	2.55	0.05	0.07	0.05	0.06
010403000000 1 ER	R. Bugaglio	Imm. Cornaiola	15.8	0.11	1.69	3.06	0.05	0.05	0.05	0.05
010500000000 3 ER	T. Tidone	Nibbiano	102	1.23	1.30	1.61	0.13	0.17	0.13	0.16
010500000000 4 ER	T. Tidone	Pianello	185	2.04	1.22	1.67	0.20	0.28	0.17	0.22
010500000000 5 ER	T. Tidone	Imm. Po	350	2.21	1.26	1.85	0.22	0.32	0.21	0.30
010505000000 1 ER	R. Luretta	S. Gabriele	19.7	0.17	1.32	2.20	0.05	0.05	0.05	0.05
010505000000 2 ER	R. Luretta	Agazzano	44.2	0.35	1.37	2.31	0.05	0.07	0.05	0.06
010505000000 3 ER	R. Luretta	Capremoldo di Sopra	56.2	0.44	1.47	2.44	0.06	0.09	0.05	0.08
010505000000 4 ER	R. Luretta	Imm. Tidone	90.2	0.64	1.41	2.27	0.08	0.12	0.07	0.11
010600000000 1 ER	T. Loggia	Imm. Po	39.5	0.25	1.69	3.06	0.05	0.06	0.05	0.05
010900000000 2 ER	F. Trebbia	Confiente	338	11.3	1.54	2.16	1.36	1.91	1.11	1.61
010900000000 3 ER	F. Trebbia	Brugnello	608	20.0	1.47	1.98	2.12	2.86	1.74	2.39
010900000000 4 ER	F. Trebbia	Pte S. Martino	642	20.4	1.47	1.98	2.15	2.90	2.14	2.88
010900000000 5 ER	F. Trebbia	Bobbio	688	21.0	1.47	1.98	2.18	2.94	2.17	2.92
010900000000 6 ER	F. Trebbia	Perino	783	21.7	1.40	1.80	2.08	2.68	2.13	2.81
010900000000 7 ER	F. Trebbia	Travo	888	22.3	1.40	1.80	2.06	2.65	2.07	2.67

Figura 11 – Estratto tabella 7 da [4].

Tali valori risultano senz'altro elevati in quanto si riferiscono alla portata media del periodo '91-'11 (21.7 mc/s) mentre la nostra ricostruzione idrologica di basa sui valori desunti dall'Annale idrografico ARPAE del 2008 (per tale periodo si evidenzia una portata elaborata per la stazione di Bobbio inferiore (ca. 17.3 mc/s).

Sulla base di queste indicazioni si perviene alla stima dei seguenti valori di DMV:

- DMV estate (mag-set) = 2.1 mc/s
- DMV inverno (ott-apr) = 2.7 mc/s

7. PORTATA DI DIMENSIONAMENTO DELL'IMPIANTO

La Curva di durata delle Portate (CdP) desunta per il sito di progetto deriva dalle analisi descritte in precedenza rapportando le portate definite per la stazione di Bobbio al bacino idrografico di progetto e considerando una diminuzione di contributo unitario (Cu) del 5%¹. Da questa deve poi essere tolto il contributo da rilasciare per DMV che, come abbiamo appena visto, varia da un valore di 2.1 mc/s per i mesi estivi a 2.7 mc/s per quelli invernali. Il valore medio annuale del DMV è quindi pari a 2.45 mc/s².

Infine, l'elaborazione dei dati disponibili ha permesso di ottenere la portata di dimensionamento dell'impianto.

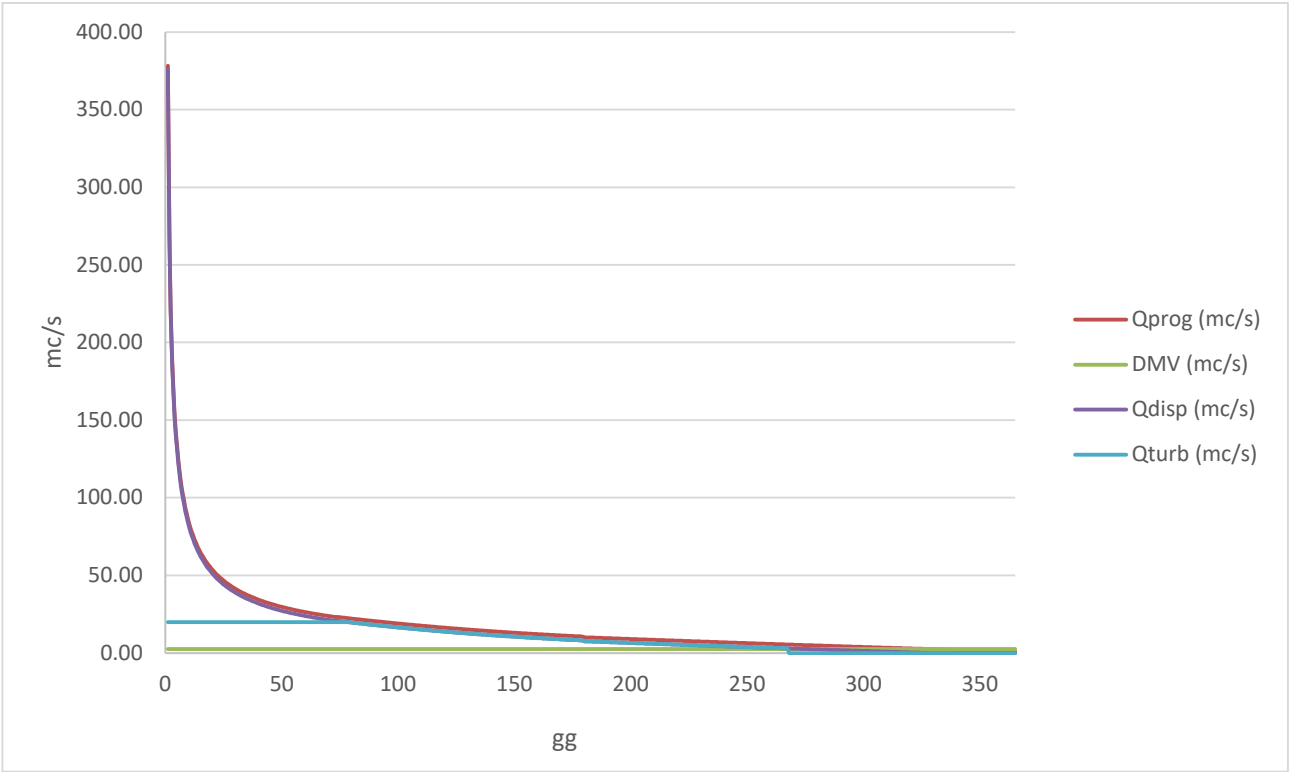
In considerazione della portata media annua, della portata massima scelta e del salto geometrico alla traversa, si sono dimensionate le opere elettromeccaniche per i gruppi generatori: si è pertanto deciso di prevedere n°2 coclee idrauliche, caratterizzate dalle seguenti caratteristiche:

- portata turbinabile massima singola coclea = 9 mc/s;
- portata turbinabile totale impianto = $Q_{max} = 18$ mc/s.

Di seguito si riporta il grafico riproducente l'andamento della curva di durata della portata giornaliera per la derivazione, calcolata con la procedura di cui sopra; allegato in fondo al testo, invece, si riportano i relativi valori tabellari.

¹ Tale valore è stato definito confrontando i valori di Cu relativa alle stazioni di Bobbio e di Rivergaro in rapporto alle superfici dei relativi bacini idrografici in quanto a Rivergaro si osserva un Cu pari a 23.1 l/s kmq per una superficie stimata di 917 kmq mentre a Bobbio un Cu pari a 26.5 l/s kmq per una superficie stimata di 655 kmq (fonte [1] – periodo 2005-2017).

² Secondo questa metodologia non appare possibile applicare i due valori di DMV definiti per i singoli periodi dell'anno, in quanto i dati presenti nella CdP sono il risultato sintetico e statistico della serie di dati per il periodo considerato (in pratica, i singoli valori di portata non corrispondono più ad un dato giorno/periodo dell'anno bensì hanno un mero significato statistico, in quanto rappresentano la relazione tra i valori osservati delle portate medie giornaliere ed il numero di giorni in cui tali valori sono superati o eguagliati nell'arco del generico anno). Per questa ragione, per la stima della produzione, si considererà un valore di DMV medio annuo, in quanto ciò non determina, comunque, uno scostamento significativo dal valore reale di produzione; fermo restando che, in termini pratici, il reale DMV applicato istantaneamente al funzionamento dell'impianto prevederà comunque l'applicazione dei due scalini di portata definiti. A titolo di esempio si è provato a calcolare la portata disponibile alla derivazione di un anno idrologico qualsiasi (nel ns. caso il 2018 – ultima serie di misure disponibile negli annali di ARPAE) secondo due metodologie: la prima applicando giorno per giorno il reale step di portata del DMV (2.1 mc/s o 2.7 mc/s a secondo del mese considerato), la seconda utilizzando il valore di DMV medio (2.45 mc/s). La differenza di portata disponibile alla derivazione nei due casi risulta di soli 5 l/s annui, per altro a sfavore del metodo analitico.



8. DEFINIZIONE DELLE PORTATE DI PIENA

Per il calcolo delle portate di massima piena lungo il corso d'acqua in esame sono state consultate le tabelle contenute nel PGRA [6].

Tab. 4.28: portate di piena per il fiume Trebbia

Bacino	Corso d'acqua	Sezione			Superficie	Q20	Q200	Q500	Idrometro
		Progr. (km)	Cod.	Denomin.	km ²	m ³ /s	m ³ /s	m ³ /s	Denominazione
Trebbia	Trebbia	66.856	73	Bobbio	683	1600	2570	2960	Trebbia a Bobbio
Trebbia	Trebbia	82.612	43	Perino (valle confl. Perino)	840	1670	2700	3120	
Trebbia	Trebbia	93.902	31	Rivergaro (Ponte di Statto)	912	1670	2700	3120	Trebbia a Rivergaro
Trebbia	Trebbia	115.631	5	Piacenza (Ponte SS9)	964	1670	2690	3110	

Figura 12 – Tabella 4.28 contenuta nel PGRA [6].

Il sito di progetto è situato tra la sezione di Bobbio e quella di Perino (superficie bacino idrografico stimata pari a 747.7 kmq). In prima approssimazione, per ogni piena di riferimento, sono stati presi valori compresi tra le due stazioni, ragguagliano la superficie a quella di progetto (tale metodologia risulta certamente cautelativa in quanto si considera lineare l'incremento dei valori di portata di piena tra le due sezioni senza considerare che, in realtà, il contributo che il T. Perino fornisce alla piena del Trebbia nella sezione 43 risulta senz'altro predominante).

In sintesi, i valori di piena considerati sono i seguenti:

Sezione	S [kmq]	Q20 [mc/s]	Q200 [mc/s]	Q500 [mc/s]
Bobbio	683	1600	2570	2960
Perino	840	1670	2700	3120
sito di progetto	747.7	1629	2624	3026

Tali valori sono stati oggetto di modellazione idraulica per la stima dei livelli idrici di piena nel tratto d'alveo nei pressi delle opere in progetto (vedasi quanto riportato nella relazione di compatibilità idraulica).

ALLEGATO 1 – Curva di durata delle portate naturali, DMV, portate turbinate e stima produzione impianto

Qmax	18 mc/s								
gg	Qprog (mc/s)	DMV medio (mc/s)	Qdisp (mc/s)	Qturb (mc/s)	Salto lordo (m)	Salto netto (m)	Rendimento tot	Pnetta (kW)	Prod (kWh)
1	378.43	2.45	375.98	18.00	2.87	2.73	0.73	351	8 435
2	241.17	2.45	238.72	18.00	2.87	2.73	0.73	351	8 435
3	185.29	2.45	182.84	18.00	2.87	2.73	0.73	351	8 435
4	153.69	2.45	151.24	18.00	2.87	2.73	0.73	351	8 435
5	132.94	2.45	130.49	18.00	2.87	2.73	0.73	351	8 435
6	118.08	2.45	115.63	18.00	2.87	2.73	0.73	351	8 435
7	106.83	2.45	104.38	18.00	2.87	2.73	0.73	351	8 435
8	97.94	2.45	95.49	18.00	2.87	2.73	0.73	351	8 435
9	90.73	2.45	88.28	18.00	2.87	2.73	0.73	351	8 435
10	84.72	2.45	82.27	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
11	79.63	2.45	77.18	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
12	75.25	2.45	72.80	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
13	71.44	2.45	68.99	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
14	68.08	2.45	65.63	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
15	65.09	2.45	62.64	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
16	62.42	2.45	59.97	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
17	60.01	2.45	57.56	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
18	57.82	2.45	55.37	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
19	55.82	2.45	53.37	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
20	53.99	2.45	51.54	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
21	52.31	2.45	49.86	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
22	50.75	2.45	48.30	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
23	49.30	2.45	46.85	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
24	47.96	2.45	45.51	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
25	46.70	2.45	44.25	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
26	45.53	2.45	43.08	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
27	44.42	2.45	41.97	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
28	43.38	2.45	40.93	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
29	42.41	2.45	39.96	18.00	3.09	2.94	0.73	378	9 082
30	41.48	2.45	39.03	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
31	40.61	2.45	38.16	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
32	39.78	2.45	37.33	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
33	38.99	2.45	36.54	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
34	38.24	2.45	35.79	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
35	37.53	2.45	35.08	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
36	36.85	2.45	34.40	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346

41	33.86	2.45	31.41	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
42	33.33	2.45	30.88	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
43	32.83	2.45	30.38	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
44	32.34	2.45	29.89	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
45	31.87	2.45	29.42	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
46	31.42	2.45	28.97	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
47	30.98	2.45	28.53	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
48	30.56	2.45	28.11	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
49	30.16	2.45	27.71	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
50	29.76	2.45	27.31	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
51	29.38	2.45	26.93	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
52	29.01	2.45	26.56	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
53	28.66	2.45	26.21	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
54	28.31	2.45	25.86	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
55	27.97	2.45	25.52	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
56	27.65	2.45	25.20	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
57	27.33	2.45	24.88	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
58	27.02	2.45	24.57	18.00	3.18	3.02	0.73	389	9 346
59	26.73	2.45	24.28	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
60	26.44	2.45	23.99	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
61	26.15	2.45	23.70	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
62	25.88	2.45	23.43	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
63	25.61	2.45	23.16	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
64	25.35	2.45	22.90	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
65	25.10	2.45	22.65	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
66	24.85	2.45	22.40	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
67	24.61	2.45	22.16	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
68	24.37	2.45	21.92	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
69	24.14	2.45	21.69	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
70	23.92	2.45	21.47	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
71	23.70	2.45	21.25	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
72	23.48	2.45	21.03	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
73	23.27	2.45	20.82	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
74	23.26	2.45	20.81	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
75	23.09	2.45	20.64	18.00	3.15	2.99	0.73	386	9 258
76	22.91	2.45	20.46	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
77	22.74	2.45	20.29	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
78	22.56	2.45	20.11	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
79	22.39	2.45	19.94	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
80	22.22	2.45	19.77	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
81	22.05	2.45	19.60	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
82	21.88	2.45	19.43	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
83	21.71	2.45	19.26	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
84	21.55	2.45	19.10	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
85	21.38	2.45	18.93	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405

86	21.22	2.45	18.77	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
87	21.06	2.45	18.61	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
88	20.90	2.45	18.45	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
89	20.74	2.45	18.29	18.00	3.20	3.04	0.73	392	9 405
90	20.58	2.45	18.13	18.00	3.24	3.08	0.73	397	9 522
91	20.42	2.45	17.97	17.97	3.24	3.08	0.73	396	9 507
92	20.26	2.45	17.81	17.81	3.24	3.08	0.73	393	9 424
93	20.11	2.45	17.66	17.66	3.24	3.08	0.73	389	9 343
94	19.96	2.45	17.51	17.51	3.24	3.08	0.73	386	9 261
95	19.80	2.45	17.35	17.35	3.24	3.08	0.73	383	9 181
96	19.65	2.45	17.20	17.20	3.24	3.08	0.73	379	9 101
97	19.50	2.45	17.05	17.05	3.24	3.08	0.73	376	9 021
98	19.35	2.45	16.90	16.90	3.24	3.08	0.73	373	8 943
99	19.21	2.45	16.76	16.76	3.24	3.08	0.73	369	8 865
100	19.06	2.45	16.61	16.61	3.24	3.08	0.73	366	8 787
101	18.92	2.45	16.47	16.47	3.24	3.08	0.73	363	8 710
102	18.77	2.45	16.32	16.32	3.24	3.08	0.73	360	8 634
103	18.63	2.45	16.18	16.18	3.24	3.08	0.72	352	8 441
104	18.49	2.45	16.04	16.04	3.24	3.08	0.72	349	8 367
105	18.35	2.45	15.90	15.90	3.24	3.08	0.72	346	8 294
106	18.21	2.45	15.76	15.76	3.24	3.08	0.72	343	8 221
107	18.07	2.45	15.62	15.62	3.24	3.08	0.72	340	8 149
108	17.93	2.45	15.48	15.48	3.24	3.08	0.72	337	8 077
109	17.79	2.45	15.34	15.34	3.24	3.08	0.72	334	8 006
110	17.66	2.45	15.21	15.21	3.24	3.08	0.72	331	7 936
111	17.53	2.45	15.08	15.08	3.24	3.08	0.72	328	7 866
112	17.39	2.45	14.94	14.94	3.24	3.08	0.72	325	7 797
113	17.26	2.45	14.81	14.81	3.24	3.08	0.72	322	7 728
114	17.13	2.45	14.68	14.68	3.24	3.08	0.72	319	7 660
115	17.00	2.45	14.55	14.55	3.24	3.08	0.72	316	7 592
116	16.87	2.45	14.42	14.42	3.24	3.08	0.72	314	7 525
117	16.75	2.45	14.30	14.30	3.24	3.08	0.71	306	7 355
118	16.62	2.45	14.17	14.17	3.24	3.08	0.71	304	7 290
119	16.49	2.45	14.04	14.04	3.24	3.08	0.71	301	7 226
120	16.37	2.45	13.92	13.92	3.24	3.08	0.71	298	7 162
121	16.25	2.45	13.80	13.80	3.24	3.08	0.71	296	7 099
122	16.12	2.45	13.67	13.67	3.24	3.08	0.71	293	7 036
123	16.00	2.45	13.55	13.55	3.24	3.08	0.71	291	6 974
124	15.88	2.45	13.43	13.43	3.24	3.08	0.71	288	6 912
125	15.76	2.45	13.31	13.31	3.24	3.08	0.71	285	6 851
126	15.65	2.45	13.20	13.20	3.24	3.08	0.71	283	6 790
127	15.53	2.45	13.08	13.08	3.24	3.08	0.71	280	6 730
128	15.41	2.45	12.96	12.96	3.24	3.08	0.71	278	6 670
129	15.30	2.45	12.85	12.85	3.24	3.08	0.71	275	6 611
130	15.18	2.45	12.73	12.73	3.24	3.08	0.71	273	6 552

131	15.07	2.45	12.62	12.62	3.24	3.08	0.71	271	6 494
132	14.96	2.45	12.51	12.51	3.24	3.08	0.69	261	6 255
133	14.85	2.45	12.40	12.40	3.34	3.17	0.69	266	6 391
134	14.74	2.45	12.29	12.29	3.34	3.17	0.69	264	6 335
135	14.63	2.45	12.18	12.18	3.34	3.17	0.69	262	6 279
136	14.52	2.45	12.07	12.07	3.34	3.17	0.69	259	6 223
137	14.42	2.45	11.97	11.97	3.34	3.17	0.69	257	6 168
138	14.31	2.45	11.86	11.86	3.34	3.17	0.69	255	6 113
139	14.20	2.45	11.75	11.75	3.34	3.17	0.69	252	6 059
140	14.10	2.45	11.65	11.65	3.34	3.17	0.69	250	6 005
141	14.00	2.45	11.55	11.55	3.34	3.17	0.69	248	5 952
142	13.89	2.45	11.44	11.44	3.34	3.17	0.69	246	5 899
143	13.79	2.45	11.34	11.34	3.34	3.17	0.69	244	5 847
144	13.69	2.45	11.24	11.24	3.34	3.17	0.69	241	5 795
145	13.59	2.45	11.14	11.14	3.34	3.17	0.69	239	5 744
146	13.49	2.45	11.04	11.04	3.34	3.17	0.69	237	5 693
147	13.40	2.45	10.95	10.95	3.34	3.17	0.69	235	5 642
148	13.30	2.45	10.85	10.85	3.34	3.17	0.69	233	5 592
149	13.20	2.45	10.75	10.75	3.34	3.17	0.68	228	5 462
150	13.11	2.45	10.66	10.66	3.34	3.17	0.68	226	5 414
151	13.01	2.45	10.56	10.56	3.34	3.17	0.68	224	5 366
152	12.92	2.45	10.47	10.47	3.34	3.17	0.68	222	5 319
153	12.83	2.45	10.38	10.38	3.34	3.17	0.68	220	5 272
154	12.74	2.45	10.29	10.29	3.34	3.17	0.68	218	5 225
155	12.65	2.45	10.20	10.20	3.34	3.17	0.68	216	5 179
156	12.56	2.45	10.11	10.11	3.34	3.17	0.68	214	5 133
157	12.47	2.45	10.02	10.02	3.34	3.17	0.68	212	5 088
158	12.38	2.45	9.93	9.93	3.34	3.17	0.68	210	5 043
159	12.29	2.45	9.84	9.84	3.34	3.17	0.68	208	4 999
160	12.20	2.45	9.75	9.75	3.34	3.17	0.68	206	4 955
161	12.12	2.45	9.67	9.67	3.34	3.17	0.68	205	4 911
162	12.03	2.45	9.58	9.58	3.34	3.17	0.68	203	4 868
163	11.95	2.45	9.50	9.50	3.34	3.17	0.68	201	4 825
164	11.87	2.45	9.42	9.42	3.34	3.17	0.68	199	4 783
165	11.78	2.45	9.33	9.33	3.34	3.17	0.68	198	4 741
166	11.70	2.45	9.25	9.25	3.34	3.17	0.68	196	4 699
167	11.62	2.45	9.17	9.17	3.34	3.17	0.68	194	4 658
168	11.54	2.45	9.09	9.09	3.34	3.17	0.68	192	4 617
169	11.46	2.45	9.01	9.01	3.34	3.17	0.68	191	4 577
170	11.38	2.45	8.93	8.93	3.34	3.17	0.66	183	4 404
171	11.30	2.45	8.85	8.85	3.34	3.17	0.66	182	4 365
172	11.23	2.45	8.78	8.78	3.34	3.17	0.66	180	4 327
173	11.15	2.45	8.70	8.70	3.34	3.17	0.66	179	4 289
174	11.07	2.45	8.62	8.62	3.34	3.17	0.66	177	4 252
175	11.00	2.45	8.55	8.55	3.34	3.17	0.66	176	4 215

176	10.92	2.45	8.47	8.47	3.34	3.17	0.66	174	4 179
177	10.85	2.45	8.40	8.40	3.34	3.17	0.66	173	4 142
178	10.78	2.45	8.33	8.33	3.34	3.17	0.66	171	4 106
179	10.71	2.45	8.26	8.26	3.34	3.17	0.66	170	4 071
180	10.18	2.45	7.73	7.73	3.43	3.26	0.66	163	3 916
181	10.13	2.45	7.68	7.68	3.43	3.26	0.66	162	3 888
182	10.07	2.45	7.62	7.62	3.43	3.26	0.66	161	3 859
183	10.02	2.45	7.57	7.57	3.43	3.26	0.66	160	3 831
184	9.96	2.45	7.51	7.51	3.43	3.26	0.66	158	3 803
185	9.90	2.45	7.45	7.45	3.43	3.26	0.66	157	3 774
186	9.85	2.45	7.40	7.40	3.43	3.26	0.66	156	3 746
187	9.79	2.45	7.34	7.34	3.43	3.26	0.66	155	3 718
188	9.74	2.45	7.29	7.29	3.43	3.26	0.66	154	3 690
189	9.68	2.45	7.23	7.23	3.43	3.26	0.66	153	3 662
190	9.63	2.45	7.18	7.18	3.43	3.26	0.64	147	3 523
191	9.57	2.45	7.12	7.12	3.43	3.26	0.64	146	3 496
192	9.52	2.45	7.07	7.07	3.43	3.26	0.64	145	3 469
193	9.46	2.45	7.01	7.01	3.43	3.26	0.64	143	3 442
194	9.40	2.45	6.95	6.95	3.43	3.26	0.64	142	3 415
195	9.35	2.45	6.90	6.90	3.43	3.26	0.64	141	3 388
196	9.29	2.45	6.84	6.84	3.43	3.26	0.64	140	3 361
197	9.24	2.45	6.79	6.79	3.43	3.26	0.64	139	3 334
198	9.18	2.45	6.73	6.73	3.43	3.26	0.64	138	3 307
199	9.13	2.45	6.68	6.68	3.43	3.26	0.64	137	3 280
200	9.07	2.45	6.62	6.62	3.43	3.26	0.64	136	3 253
201	9.02	2.45	6.57	6.57	3.43	3.26	0.64	134	3 226
202	8.97	2.45	6.52	6.52	3.43	3.26	0.64	133	3 199
203	8.91	2.45	6.46	6.46	3.43	3.26	0.64	132	3 172
204	8.86	2.45	6.41	6.41	3.43	3.26	0.64	131	3 145
205	8.80	2.45	6.35	6.35	3.43	3.26	0.64	130	3 119
206	8.75	2.45	6.30	6.30	3.43	3.26	0.64	129	3 092
207	8.69	2.45	6.24	6.24	3.43	3.26	0.64	128	3 065
208	8.64	2.45	6.19	6.19	3.43	3.26	0.64	127	3 039
209	8.58	2.45	6.13	6.13	3.43	3.26	0.64	125	3 012
210	8.53	2.45	6.08	6.08	3.43	3.26	0.64	124	2 985
211	8.48	2.45	6.03	6.03	3.43	3.26	0.64	123	2 959
212	8.42	2.45	5.97	5.97	3.43	3.26	0.64	122	2 932
213	8.37	2.45	5.92	5.92	3.43	3.26	0.64	121	2 906
214	8.31	2.45	5.86	5.86	3.43	3.26	0.64	120	2 879
215	8.26	2.45	5.81	5.81	3.43	3.26	0.64	119	2 853
216	8.21	2.45	5.76	5.76	3.43	3.26	0.64	118	2 826
217	8.15	2.45	5.70	5.70	3.43	3.26	0.64	117	2 800
218	8.10	2.45	5.65	5.65	3.43	3.26	0.64	116	2 774
219	8.05	2.45	5.60	5.60	3.43	3.26	0.64	114	2 747
220	7.99	2.45	5.54	5.54	3.43	3.26	0.64	113	2 721

221	7.94	2.45	5.49	5.49	3.43	3.26	0.64	112	2 695
222	7.88	2.45	5.43	5.43	3.43	3.26	0.64	111	2 669
223	7.83	2.45	5.38	5.38	3.43	3.26	0.62	107	2 560
224	7.78	2.45	5.33	5.33	3.43	3.26	0.62	106	2 534
225	7.73	2.45	5.28	5.28	3.43	3.26	0.62	105	2 509
226	7.67	2.45	5.22	5.22	3.43	3.26	0.62	103	2 484
227	7.62	2.45	5.17	5.17	3.43	3.26	0.62	102	2 459
228	7.57	2.45	5.12	5.12	3.43	3.26	0.62	101	2 433
229	7.51	2.45	5.06	5.06	3.43	3.26	0.62	100	2 408
230	7.46	2.45	5.01	5.01	3.43	3.26	0.62	99	2 383
231	7.41	2.45	4.96	4.96	3.43	3.26	0.62	98	2 358
232	7.35	2.45	4.90	4.90	3.43	3.26	0.62	97	2 333
233	7.30	2.45	4.85	4.85	3.43	3.26	0.62	96	2 308
234	7.25	2.45	4.80	4.80	3.43	3.26	0.62	95	2 283
235	7.20	2.45	4.75	4.75	3.43	3.26	0.62	94	2 258
236	7.14	2.45	4.69	4.69	3.43	3.26	0.62	93	2 233
237	7.09	2.45	4.64	4.64	3.43	3.26	0.62	92	2 208
238	7.04	2.45	4.59	4.59	3.43	3.26	0.62	91	2 183
239	6.99	2.45	4.54	4.54	3.43	3.26	0.62	90	2 158
240	6.93	2.45	4.48	4.48	3.43	3.26	0.62	89	2 133
241	6.88	2.45	4.43	4.43	3.43	3.26	0.62	88	2 108
242	6.83	2.45	4.38	4.38	3.43	3.26	0.62	87	2 084
243	6.78	2.45	4.33	4.33	3.43	3.26	0.62	86	2 059
244	6.73	2.45	4.28	4.28	3.43	3.26	0.62	85	2 034
245	6.67	2.45	4.22	4.22	3.43	3.26	0.62	84	2 009
246	6.62	2.45	4.17	4.17	3.43	3.26	0.62	83	1 985
247	6.57	2.45	4.12	4.12	3.43	3.26	0.62	82	1 960
248	6.52	2.45	4.07	4.07	3.43	3.26	0.62	81	1 936
249	6.47	2.45	4.02	4.02	3.43	3.26	0.62	80	1 911
250	6.42	2.45	3.97	3.97	3.43	3.26	0.62	79	1 886
251	6.36	2.45	3.91	3.91	3.43	3.26	0.62	78	1 862
252	6.31	2.45	3.86	3.86	3.43	3.26	0.62	77	1 837
253	6.26	2.45	3.81	3.81	3.43	3.26	0.62	76	1 813
254	6.21	2.45	3.76	3.76	3.43	3.26	0.62	75	1 789
255	6.16	2.45	3.71	3.71	3.43	3.26	0.62	74	1 764
256	6.11	2.45	3.66	3.66	3.43	3.26	0.62	72	1 740
257	6.06	2.45	3.61	3.61	3.43	3.26	0.62	71	1 716
258	6.01	2.45	3.56	3.56	3.43	3.26	0.48	55	1 309
259	5.95	2.45	3.50	3.50	3.43	3.26	0.48	54	1 291
260	5.90	2.45	3.45	3.45	3.43	3.26	0.48	53	1 272
261	5.85	2.45	3.40	3.40	3.43	3.26	0.48	52	1 253
262	5.80	2.45	3.35	3.35	3.43	3.26	0.48	51	1 234
263	5.75	2.45	3.30	3.30	3.43	3.26	0.48	51	1 216
264	5.70	2.45	3.25	3.25	3.43	3.26	0.48	50	1 197
265	5.65	2.45	3.20	3.20	3.43	3.26	0.48	49	1 178

266	5.60	2.45	3.15	3.15	3.43	3.26	0.48	48	1 160
267	5.55	2.45	3.10	3.10	3.43	3.26	0.48	48	1 141
268	5.50	2.45	3.05	3.05	3.43	3.26	0.48	47	1 123
269	5.45	2.45	3.00	3.00	3.43	3.26	0.48	46	1 104
270	5.40	2.45	2.95	2.95	3.43	3.26	0.48	45	1 086
271	5.35	2.45	2.90	2.90	3.43	3.26	0.48	44	1 067
272	5.30	2.45	2.85	2.85	3.43	3.26	0.48	44	1 049
273	5.25	2.45	2.80	2.80	3.56	3.38	0.48	45	1 069
274	5.20	2.45	2.75	2.75	3.56	3.38	0.48	44	1 050
275	5.15	2.45	2.70	2.70	3.56	3.38	0.48	43	1 031
276	5.10	2.45	2.65	2.65	3.56	3.38	0.48	42	1 012
277	5.05	2.45	2.60	2.60	3.56	3.38	0.48	41	993
278	5.00	2.45	2.55	2.55	3.56	3.38	0.48	41	974
279	4.95	2.45	2.50	2.50	3.56	3.38	0.48	40	955
280	4.90	2.45	2.45	2.45	3.56	3.38	0.48	39	936
281	4.85	2.45	2.40	2.40	3.56	3.38	0.48	38	917
282	4.80	2.45	2.35	2.35	3.56	3.38	0.48	37	898
283	4.75	2.45	2.30	2.30	3.56	3.38	0.48	37	879
284	4.70	2.45	2.25	2.25	3.56	3.38	0.48	36	860
285	4.65	2.45	2.20	2.20	3.56	3.38	0.48	35	841
286	4.60	2.45	2.15	2.15	3.56	3.38	0.48	34	823
287	4.55	2.45	2.10	2.10	3.56	3.38	0.48	33	804
288	4.50	2.45	2.05	2.05	3.56	3.38	0.48	33	785
289	4.45	2.45	2.00	2.00	3.56	3.38	0.48	32	766
290	4.41	2.45	1.96	1.96	3.56	3.38	0.48	31	747
291	4.36	2.45	1.91	1.91	3.56	3.38	0.48	30	729
292	4.31	2.45	1.86	1.86	3.56	3.38	0.48	30	710
293	4.26	2.45	1.81	1.81	3.56	3.38	0.48	29	691
294	4.21	2.45	1.76	1.76	3.56	3.38	0.15	9	210
295	4.16	2.45	1.71	1.71	3.56	3.38	0.15	9	204
296	4.11	2.45	1.66	1.66	3.56	3.38	0.15	8	199
297	4.06	2.45	1.61	1.61	3.56	3.38	0.15	8	193
298	4.02	2.45	1.57	1.57	3.56	3.38	0.15	8	187
299	3.97	2.45	1.52	1.52	3.56	3.38	0.15	8	181
300	3.92	2.45	1.47	1.47	3.56	3.38	0.15	7	176
301	3.87	2.45	1.42	1.42	3.56	3.38	0.15	7	170
302	3.82	2.45	1.37	1.37	3.56	3.38	0.15	7	164
303	3.77	2.45	1.32	1.32	3.56	3.38	0.15	7	158
304	3.73	2.45	1.28	1.28	3.56	3.38	0.15	6	152
305	3.68	2.45	1.23	1.23	3.56	3.38	0.15	6	147
306	3.63	2.45	1.18	1.18	3.56	3.38	0.15	6	141
307	3.58	2.45	1.13	1.13	3.56	3.38	0.15	6	135
308	3.53	2.45	1.08	1.08	3.56	3.38	0.15	5	130
309	3.49	2.45	1.04	1.04	3.56	3.38	0.15	5	124
310	3.44	2.45	0.99	0.99	3.56	3.38	0.15	5	118

311	3.39	2.45	0.94	0.94	3.56	3.38	0.15	5	113
312	3.34	2.45	0.89	0.89	3.56	3.38	0.15	4	107
313	3.30	2.45	0.85	0.85	3.56	3.38	0.15	4	101
314	3.25	2.45	0.80	0.80	3.56	3.38	0.15	4	95
315	3.20	2.45	0.75	0.75	3.56	3.38	0.15	4	90
316	3.15	2.45	0.70	0.70	3.56	3.38	0.15	4	84
317	3.11	2.45	0.66	0.66	3.56	3.38	0.15	3	79
318	3.06	2.45	0.61	0.61	3.56	3.38	0.15	3	73
319	3.01	2.45	0.56	0.56	3.56	3.38	0.15	3	67
320	2.97	2.45	0.52	0.52	3.56	3.38	0.15	3	62
321	2.92	2.45	0.47	0.47	3.56	3.38	0.15	2	56
322	2.87	2.45	0.42	0.42	3.56	3.38	0.15	2	50
323	2.83	2.45	0.38	0.38	3.56	3.38	0.15	2	45
324	2.78	2.45	0.33	0.33	3.56	3.38	0.15	2	39
325	2.73	2.45	0.28	0.28	3.56	3.38	0.15	1	34
326	2.69	2.45	0.24	0.24	3.56	3.38	0.15	1	28
327	2.64	2.45	0.19	0.19	3.56	3.38	0.15	1	23
328	2.59	2.45	0.14	0.14	3.56	3.38	0.15	1	17
329	2.55	2.45	0.10	0.10	3.56	3.38	0.15	0	11
330	2.50	2.45	0.05	0.05	3.56	3.38	0.15	0	6
331	2.45	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
332	2.41	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
333	2.36	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
334	2.31	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
335	2.27	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
336	2.22	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
337	2.18	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
338	2.13	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
339	2.08	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
340	2.04	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
341	1.99	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
342	1.95	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
343	1.90	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
344	1.86	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
345	1.81	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
346	1.77	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
347	1.72	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
348	1.68	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
349	1.63	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
350	1.59	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
351	1.54	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
352	1.50	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
353	1.45	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
354	1.41	2.45	0.00	0.00	3.56	3.38	0.15	0	0
355	1.36	2.45	0.00	0.00	3.67	3.49	0.15	0	0

356	1.32	2.45	0.00	0.00	3.67	3.49	0.15	0	0
357	1.27	2.45	0.00	0.00	3.67	3.49	0.15	0	0
358	1.23	2.45	0.00	0.00	3.67	3.49	0.15	0	0
359	1.18	2.45	0.00	0.00	3.67	3.49	0.15	0	0
360	1.14	2.45	0.00	0.00	3.68	3.50	0.15	0	0
361	1.09	2.45	0.00	0.00	3.68	3.50	0.15	0	0
362	1.05	2.45	0.00	0.00	3.68	3.50	0.15	0	0
363	1.00	2.45	0.00	0.00	3.68	3.50	0.15	0	0
364	0.96	2.45	0.00	0.00	3.68	3.50	0.15	0	0
365	0.92	2.45	0.00	0.00	3.68	3.50	0.15	0	0
media	18.34	2.45	15.96	9.05				189	
tot									1 655 619