

IMPIANTO MOROBIA

RINNOVO DELLA CONCESSIONE E POTENZIAMENTO DELL'IMPIANTO



Completamento della documentazione tecnica per il rinnovo della concessione

Relazione tecnica

B	15.10.2020	MaE	MaE
A	26.06.2020	MaE	Ri
-	15.05.2020	MaE	Ri
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via del Tiglio 2, C.P. 934, CH-6512 Bellinzona-Giubiasco
Telefono +41(0)91 735 31 00
www.lombardi.group, info@lombardi.group

INDICE

1.	INTRODUZIONE	1
2.	AGGIORNAMENTO DELL'IDROLOGIA DI PROGETTO	3
2.1	Premessa	3
2.2	Bacino imbrifero captato e residuo	3
2.3	Curve di durata	4
2.4	Q ₃₄₇ e deflusso residuale minimo	6
2.5	Volume utilizzabile	8
2.6	Portate medie mensili	10
2.7	Scenari addizionali	12
2.7.1	Premessa	12
2.7.2	Scenario 1: Deflusso minimo stagionale modulato a piede diga	12
2.7.3	Scenario 2: Deflusso minimo incrementato (costante) a piede diga	13
2.7.4	Scenario 3: Dotazione parziale presso la centrale di Morobbia	13
3.	TRASPORTO SOLIDO	14
4.	CONDOTTA DI RESTITUZIONE	17
4.1	Premessa	17
4.2	Descrizione del tracciato preliminare	17
5.	STIMA DEI COSTI	20
5.1	Premessa	20
5.2	Variante di progetto	20
5.3	Scenari addizionali	21
5.3.1	Scenario 1: Deflusso minimo stagionale modulato a piede diga	21
5.3.2	Scenario 2: Deflusso minimo incrementato (costante) a piede diga	21
5.3.3	Scenario 3: Dotazione parziale presso la centrale Morobbia	22
5.4	Conclusioni	22
6.	PRODUZIONE	24
6.1	Premessa	24
6.2	Variante di progetto	24

Completamento della documentazione tecnica per il rinnovo della concessione		II
6.3	Scenari addizionali	24
6.3.1	Scenario 1: Deflusso minimo stagionale modulato a piede diga	24
6.3.2	Scenario 2: Deflusso minimo incrementato (costante) a piede diga	25
6.3.3	Scenario 3: Dotazione parziale presso la centrale Morobbia	25
6.4	Conclusioni	25
7.	CONCLUSIONI	26
8.	BIBLIOGRAFIA	27

ALLEGATI

- C 480.1-R-165 – Impianto Morobbia – Bacino di compenso Carmena. Stima degli apporti di materiale solido di fondo. Relazione Tecnica. Aprile 2016.
- D Volume d’invaso (480.1-R-188, ottobre 2019)

1. INTRODUZIONE

Il 14 dicembre 2017 il Municipio di Bellinzona ha inoltrato al Dipartimento del territorio la variante di Piano Regolatore (PR) del Comune di Bellinzona, richiesta per il progetto di adeguamento dell'impianto idroelettrico della Morobbia sviluppato nell'ambito della procedura per il rinnovo della concessione.

L'incarto trasmesso agli Uffici cantonali include i seguenti documenti:

- Piano regolatore – Quartieri Giubiasco – Camorino – Sant'Antonino. Variante – Impianto idroelettrico AMB Morobbia. Rapporto di Pianificazione. Urbass fgm. Novembre 2017.
- Impianto Morobbia – Rinnovo della concessione e potenziamento dell'impianto. Relazione Tecnica 6543.0-R-17A. Lombardi SA. Novembre 2017.
- Impianto Morobbia – Rinnovo della concessione e potenziamento dell'impianto. Piani di progetto. Lombardi SA. Novembre 2017.
- Rinnovo della concessione – Impianto idroelettrico Morobbia. Rapporto d'Impatto Ambientale (RIA fase 1). Relazione Tecnica. EcoControl SA. Novembre 2017.
- Rinnovo della concessione – Impianto idroelettrico Morobbia. Rapporto d'Impatto Ambientale (RIA fase 1). Allegato 2 – Capitolo 5.6 del RIA – Acque superficiali ed ecosistemi acquatici. EcoControl SA. Aprile 2016.
- Rinnovo della concessione – Impianto idroelettrico Morobbia. Rapporto d'Impatto Ambientale (RIA fase 1). Piani. EcoControl SA. Novembre 2017.
- Rinnovo della concessione – Impianto idroelettrico Morobbia. Piani di protezione e utilizzazione delle acque (PPUA) – (LPac, art. 32 lett. c). EcoControl SA. Novembre 2017.
- Rinnovo di concessione – Impianto idroelettrico AMB Morobbia. Domanda di dissodamento. Incarto con Relazione Tecnica e Piani allegati. EcoControl SA. Novembre 2017.

L'Esame Preliminare (EP) del Dipartimento del territorio è presentato nel rapporto datato 7 novembre 2018 [13] che raccoglie e coordina le osservazioni formulate da tutti i Servizi cantonali competenti.

L'EP include, in particolare, la presa di posizione della Sezione della Protezione dell'Aria, dell'Acqua e del Suolo (SPAAS) [14] in merito alla valutazione ambientale della variante proposta e all'affinamento degli atti in vista della formale richiesta di concessione e variante di PR da sopporre all'approvazione del Gran Consiglio.

Sulla base di tale presa di posizione, le attività di completamento dell'incarto per il rinnovo della concessione sono state definite in occasione della riunione di coordinamento con gli Uffici cantonali del 2 maggio 2019. Il presente rapporto tratta le richieste di completamento della Relazione Tecnica 6543.0-R-17A.

In particolare, la richiesta SPAAS **n.3** è trattata nel **capitolo 2**, in cui si riportano le basi idrologiche aggiornate con gli ultimi anni di misura, integrate con gli aspetti richiesti secondo la LUA e la LPAC.

Il **capitolo 3** tratta il regime del trasporto solido nel torrente Morobbia (richiesta SPAAS **n.18**), secondo le conclusioni dello studio allestito dalla scrivente nel 2016 (**Allegato C**).

Il tracciato della condotta è descritto nel **capitolo 4** (richiesta SPAAS **n.13**). Come concordato in sede di riunione di coordinamento, le scelte di dettaglio del tracciato saranno comunque giustificate nella prossima fase di progetto.

Nel **capitolo 5** si fornisce invece una stima dei costi aggiornata delle varianti di risanamento analizzate, al fine di valutarne la proporzionalità secondo la richiesta SPAAS **n.11** (RIA).

Il **capitolo 6** tratta la richiesta SPAAS **n.4**, fornendo una valutazione dell'impatto sulla produzione energetica dell'impianto delle diverse varianti di rilascio del deflusso di dotazione analizzate nel RIA (richieste SPAAS n.6, 7 e 9).

La sintesi delle conclusioni è presentata nel **capitolo 7**, mentre i documenti di riferimento sono elencati nel **capitolo 8**.

Come concordato in sede di riunione di coordinamento, le richieste SPAAS n.2, n.14, e n.20 saranno trattate in fase di progetto definitivo. Le altre richieste (n.1, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 12, 15, 16, 17 e 19) sono invece trattate nella documentazione di completamento del RIA e del PPUA elaborata da EcoControl SA.

2. AGGIORNAMENTO DELL'IDROLOGIA DI PROGETTO

2.1 Premessa

Il presente capitolo costituisce un aggiornamento e completamento della sezione 4.3 della Relazione Tecnica 6543.1-R-17A (07.11.2017), che sostituisce integralmente. Le basi idrologiche presentate nella Relazione Tecnica, si basano sulle misure registrate da AMB fino al 2012. La portata del torrente Morobbia è calcolata in base alle quote d'invaso e alla produzione, noto il deflusso derivato alla presa Valmaggina e misurato all'uscita del dissabbiatore.

Nel preavviso del 06.09.2018 [14], la SPAAS ha richiesto l'aggiornamento dei dati idrologici tenendo conto delle più recenti misurazioni disponibili. Si richiedeva inoltre di includere tutti gli aspetti idrologici necessari alle valutazioni di rilascio della concessione (aspetti LUA) e di valutazione ambientale (RIA, PPUA in base alla LPAC).

Come concordato in occasione della riunione di coordinamento del 02.05.2019 (richiesta n.3), il presente aggiornamento adotta una metodologia analoga a quella dello studio precedente, basata sulle misure registrate da AMB, ritenute affidabili e validate dai competenti Uffici cantonali nella presa di posizione del dicembre 2015 [16]. Il periodo di misurazione è stato quindi esteso fino al 2019 incluso.

2.2 Bacino imbrifero captato e residuo

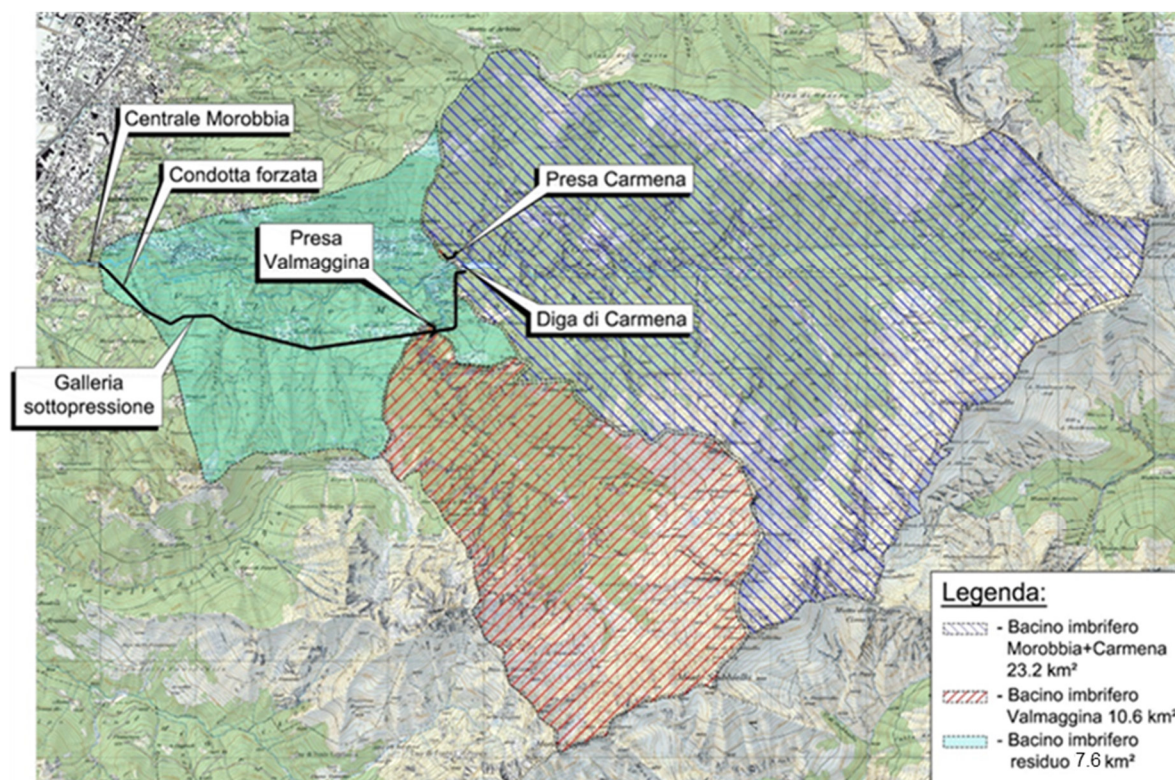


Figura 1: Bacino imbrifero captato dall'impianto idroelettrico Morobbia e bacino imbrifero residuo.

Il bacino imbrifero sfruttato dall'impianto Morobbia si compone dei bacini dei torrenti Morobbia (23.0 km²), Carmena (0.21 km²) e Valmaggina (10.6 km²), riportati schematicamente in **Figura 1**. Il bacino imbrifero residuo, compreso tra la diga di Carmena e la centrale Morobbia a Giubiasco, ha una superficie di 7.60 km².

2.3 Curve di durata

Le portate dei torrenti Morobbia, Carmena e Valmaggina, sono calcolate sulla base dei dati registrati da AMB nel periodo 1998 – 2019 (22 anni), a intervalli regolari di 15 minuti o 1 ora. La portata affluente totale per ogni intervallo di misura è data dalla somma del volume accumulato nell'invaso, degli eventuali sfiori e della portata misurata alla condotta forzata. Per il torrente Valmaggina, si dispone inoltre di una misura diretta della portata captata all'uscita del dissabbiatore. Le portate dei torrenti Morobbia e Carmena, captati presso la diga, si ottengono quindi per differenza. La curva di durata aggiornata è riportata in **Figura 2**. A titolo di confronto, si riportano anche la curva precedente (dati fino al 2012), quella registrata appena a monte dell'invaso nel periodo 1965-1975 (idrometro di Vellano) e quella stimata nello studio di base [1] sulla base di misure nei bacini limitrofi.

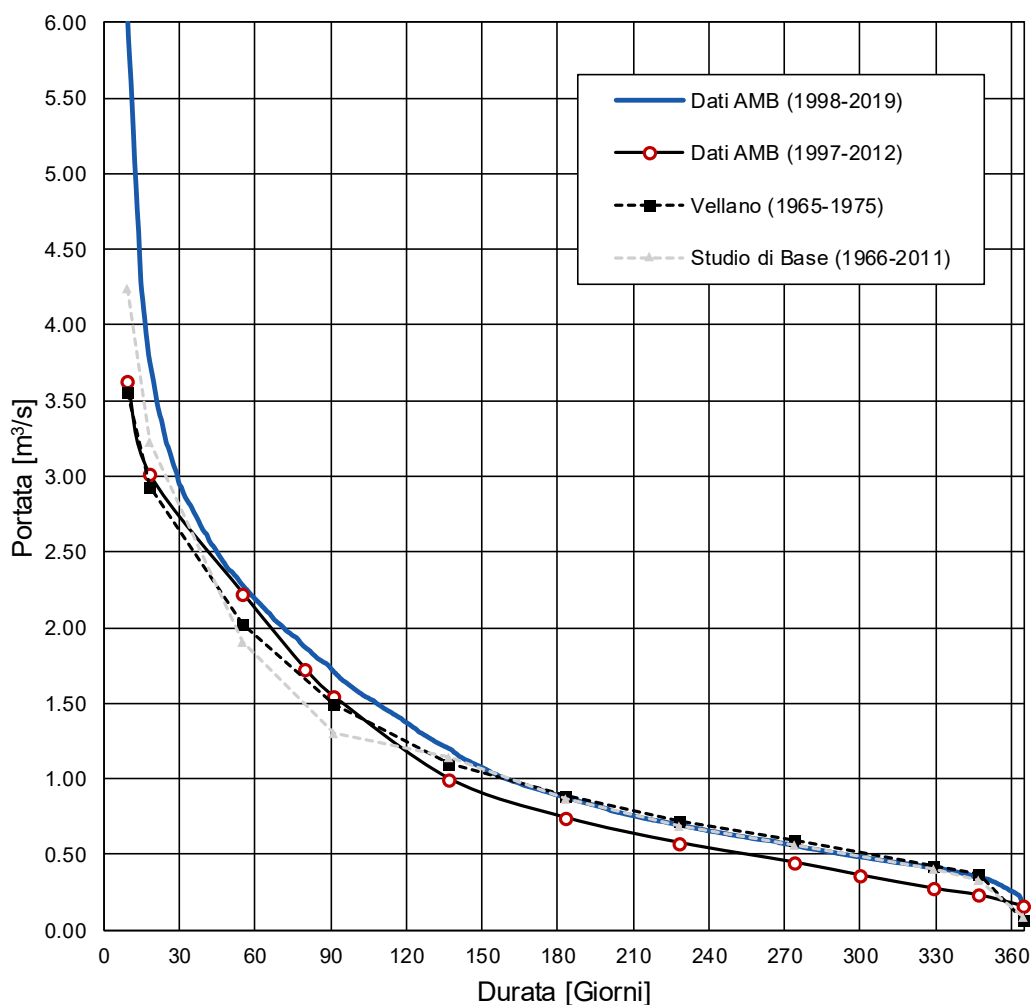


Figura 2: Curva di durata per il bacino imbrifero del torrente Morobbia + Carmena (23.2 km²).

Il volume invasato e gli sfiori sono calcolati sulla base delle misure del livello d'invaso. Si osserva che le variazioni di volume sono state calcolate considerando sia la capacità iniziale dell'invaso (volume di progetto), sia l'attuale volume leggermente ridotto per via della sedimentazione, misurato tramite rilievo fotogrammetrico con drone eseguito in occasione delle ultime operazioni di spurgo dell'ottobre 2019 (**Allegato D**). I risultati ottenuti sono praticamente identici, con variazioni di norma inferiori al 5%. Poiché si considerano solo le variazioni di volume ad ogni intervallo di misura, il calcolo non è sensibile alla riduzione del volume utile causata dall'accumulo di sedimenti sul fondo.

La curva di durata aggiornata del torrente Valmaggina è riportata in **Figura 3**. A titolo di confronto, si riportano anche la curva precedente (dati fino al 2012) e quella stimata nello studio di base [1] sulla base di misure nei bacini limitrofi. Va notato che la misura registrata da AMB corrisponde alla portata captata dalla presa Valmaggina, la cui capacità massima è limitata a 2.00 m³/s. Le portate massime risultano quindi sottostimate, poiché le acque in eccesso non sono captate. Si tratta comunque di pochi giorni all'anno, mentre le portate più basse, determinanti ai fini della definizione del deflusso minimo (Q₃₄₇), sono registrate correttamente.

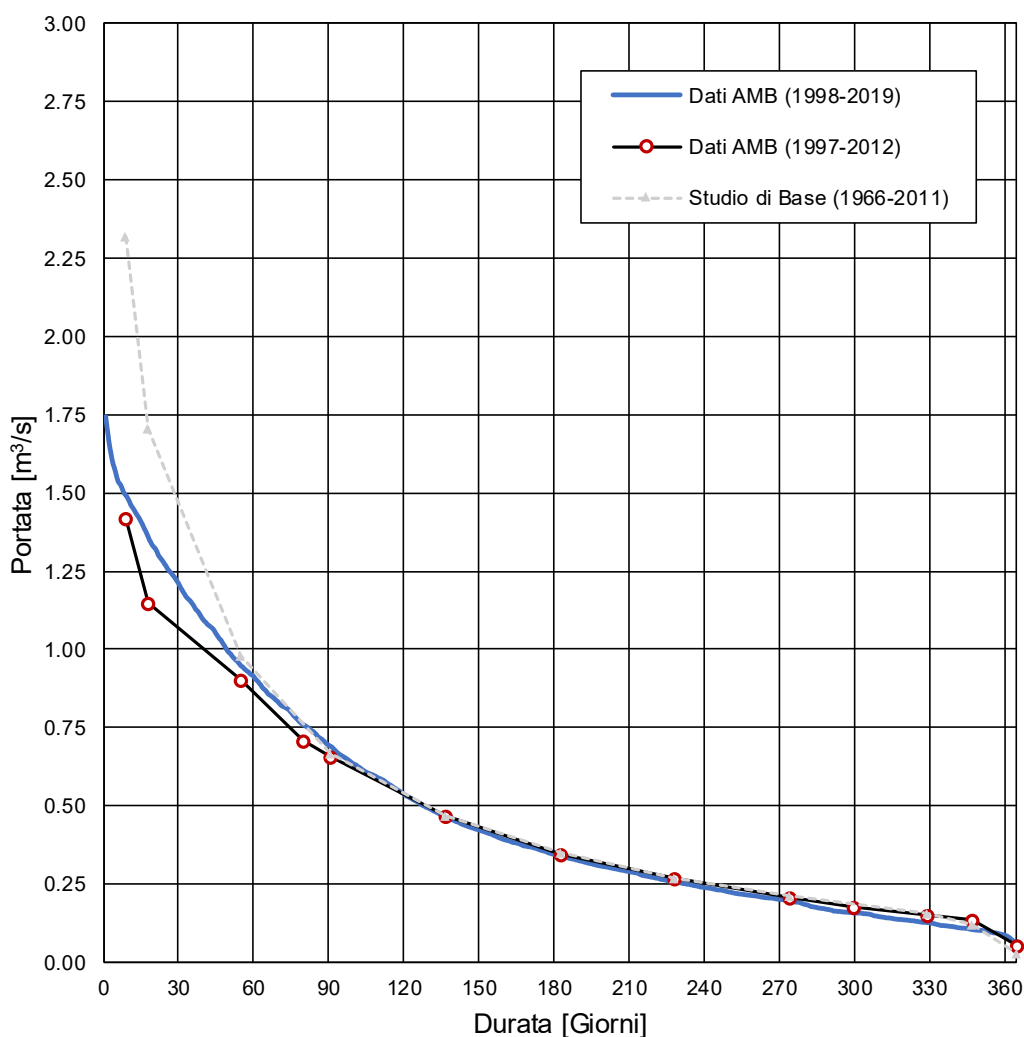


Figura 3: Curva di durata per il bacino imbrifero del torrente Valmaggina (10.6 km²).

2.4 Q_{347} e deflusso residuale minimo

La legge federale sulla protezione delle acque (LPAC) [8] fissa il valore minimo del deflusso residuale, calcolato sulla base della portata Q_{347} , ossia la portata che viene raggiunta o superata in media 347 giorni all'anno. Secondo le curve di durata aggiornate presentate nella sezione precedente, tale portata è pari a $Q_{347} = 349$ l/s per il bacino dei torrenti Morobbia e Carmena, e $Q_{347} = 102$ l/s per il bacino del torrente Valmaggina (**Figura 4**). Le portate giornaliere minime, ossia la portate raggiunte o superate in media 365 giorni all'anno, sono rispettivamente $Q_{365} = 148$ l/s e $Q_{365} = 48$ l/s.

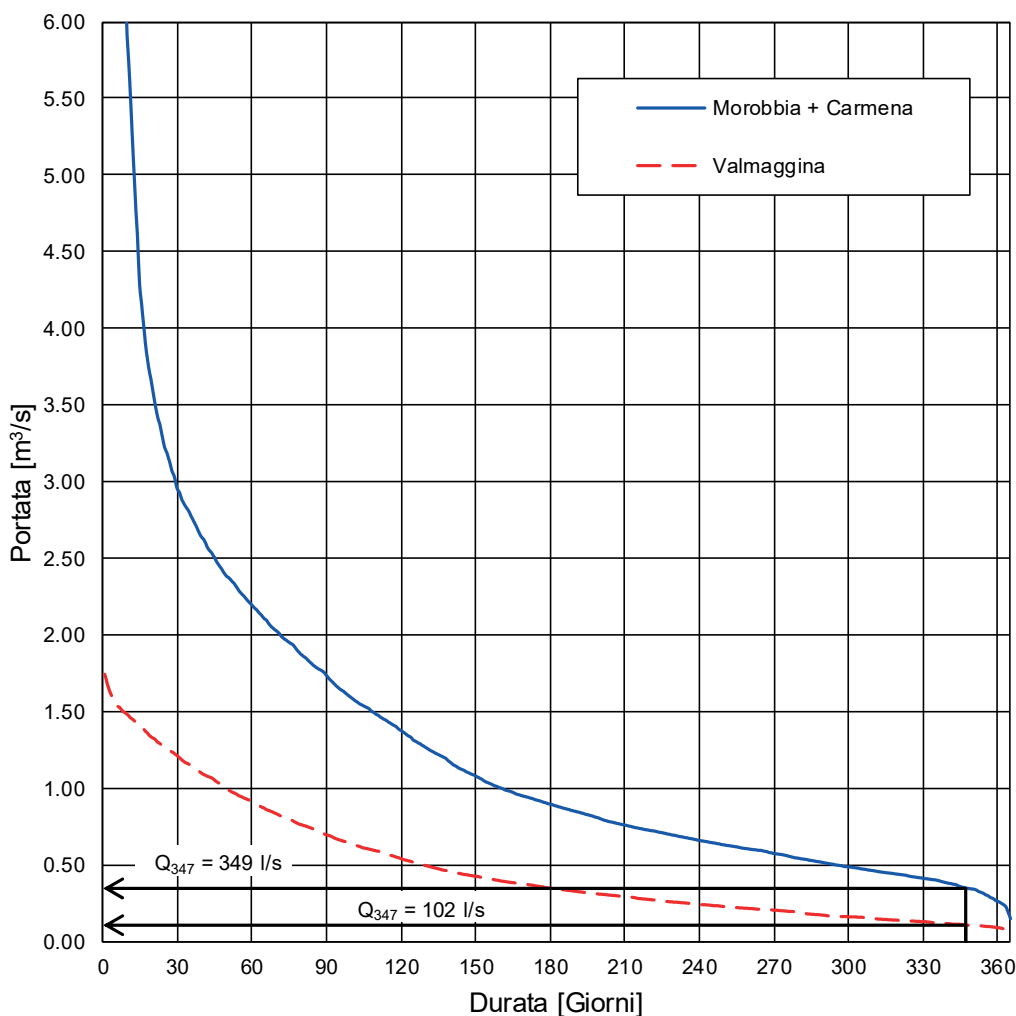


Figura 4: Curve di durata dei torrenti Morobbia + Carmena (23.2 km²) e Valmaggina (10.6 km²).

Secondo l'Art. 31 della LPAC [8], il deflusso residuale minimo è definito come:

$$- Q_{347} < 160 \text{ l/s:} \quad Q_{DMV} [\text{l/s}] = 50 + \left(\frac{Q_{347} - 60}{10} \right) \cdot 8$$

$$- Q_{347} < 500 \text{ l/s:} \quad Q_{DMV} [\text{l/s}] = 130 + \left(\frac{Q_{347} - 60}{10} \right) \cdot 4.4$$

Il deflusso residuale minimo complessivo per l'impianto risulta quindi pari a 296 l/s, di cui 213 l/s per i torrenti Morobbia e Carmena, e 83 l/s per il torrente Valmaggina.

Le varianti analizzate e la soluzione proposta per il rilascio del deflusso residuale sono presentate in dettaglio nel RIA/PPUA. In sintesi, si prevede di privilegiare il torrente Morobbia, spostando la totalità della dotazione calcolata ai sensi della LPAc al piede della diga (300 l/s), rilasciando una portata residua aggiuntiva alla presa Valmaggina (30 l/s). Questa soluzione comporta una deroga alla LPAc, poiché la dotazione alla presa Valmaggina è inferiore al valore minimo di 83 l/s. Il rilascio complessivo (330 l/s), tuttavia, è aumentato del 11% ca. rispetto al minimo legislativo.

I dati idrologici principali rilevanti ai fini della definizione del deflusso residuale sono riportati in **Tabella 1**.

Portata	Morobbia + Carmena [l/s]	Valmaggina [l/s]
Q ₃₄₇ (dati AMB 1998 - 2019)	349	102
Q ₃₆₅ (dati AMB 1998 - 2019)	148	48
DMV secondo LPAc	213	83
DMV tot. secondo LPAc	296	
DMV proposto	300	30
DMV tot. proposto	330 (+11%)	

Tabella 1: Portate Q₃₆₅, Q₃₄₇, DMV secondo LPAc e proposti per i torrenti Morobbia+Carmena e Valmaggina.

La deroga alla LPAc coincide in principio con quanto già presentato ai Servizi cantonali competenti, i quali condividono la soluzione proposta, come precisato nel preavviso [14] del 06.09.2018. Si osserva comunque che rispetto alla stima precedente (6543.0-R-17A), il deflusso residuale minimo complessivo ai sensi della LPAc è aumentato del 10% ca., da 269 l/s agli attuali 296 l/s. La dotazione prevista al piede diga è quindi stata adeguata di conseguenza, da 270 l/s agli attuali 300 l/s. Il deflusso minimo di 30 l/s proposto per la presa Valmaggina resta invece inalterato. Sulla base delle curve di durata aggiornate, il deflusso residuale complessivo proposto per l'impianto Morobbia è stato quindi incrementato di 30 l/s (330 l/s, anziché 300 l/s).

Infine, come mostrato in **Figura 1**, la superficie complessiva del bacino imbrifero captato (Morobbia+Carmena e Valmaggina) è di 33.8 km². Le portate specifiche risultano quindi pari a $Q_{347} = 451 \text{ l/s} / 33.8 \text{ km}^2 = 13.34 \text{ l/(s km}^2)$ e $Q_{365} = 196 \text{ l/s} / 33.8 \text{ km}^2 = 5.80 \text{ l/(s km}^2)$. Il bacino imbrifero residuo tra la diga e la centrale di Giubiasco ha una superficie di circa 7.6 km². Assumendo che il comportamento idrologico sia paragonabile a quello dei bacini sottesi alla diga, le portate corrispondenti possono essere calcolate come $Q_{347, \text{residuo}} = 13.34 \text{ l/(s km}^2) \cdot 7.6 \text{ km}^2 = 101.4 \text{ l/s}$ e $Q_{365, \text{residuo}} = 5.80 \text{ l/(s km}^2) \cdot 7.6 \text{ km}^2 = 44.1 \text{ l/s}$. I risultati della stima sono riportati in **Tabella 2**.

Portata [m ³ /s]	Presa Valmaggina (10.60 km ²)	Diga di Carmena (23.21 km ²)	Contributo bacino residuo (7.60 km ²)	Centrale Morobbia (41.41 km ²)
Q ₃₆₅	0.048	0.148	0.044	0.240
Q ₃₄₇	0.102	0.349	0.101	0.552
DMV LPAc	0.083	0.213		
DMV Proposto	0.030	0.300		

Tabella 2: Portate Q₃₆₅, Q₃₄₇, DMV secondo LPAc per i bacini imbriferi interessati dall'impianto Morobbia.

2.5 Volume utilizzabile

Conformemente all'art. 51 della legge federale sull'utilizzazione delle forze idriche (LUF) [9], il calcolo dei canoni d'acqua si basa sulla forza dinamica lorda dell'acqua, calcolata considerando il salto e i deflussi utilizzabili. Come precisato nella relativa ordinanza federale sul calcolo del canone per i diritti d'acqua (ODA) [10], il volume annuo utilizzabile corrisponde all'acqua che può essere teoricamente sfruttata, escludendo i deflussi di dotazione e le portate eccedenti la capacità dell'impianto. A livello cantonale, tale principio è ripreso dalla legge sull'utilizzazione delle acque (LUA) [11] e dal relativo regolamento (RLUA) [12]. Come precisato all'art.22 dell'ODA, il canone massimo per impianti con accumulazione idraulica è determinato come se detti impianti fossero esercitati a pelo d'acqua.

Nel suo stato attuale, l'impianto Morobbia sfrutta un salto lordo massimo di 377.5 m, compreso tra il livello di massimo invaso (636.50 m slm) e la restituzione della centrale di Giubiasco (259.00 m slm).

In assenza di una portata di dotazione, il volume utilizzabile è calcolato considerando tutte le portate della curva di durata delle portate totali (Morobbia, Carmena e Valmaggina) che non superino la portata nominale dell'impianto (4.70 m³/s), come presentato in **Figura 5**.

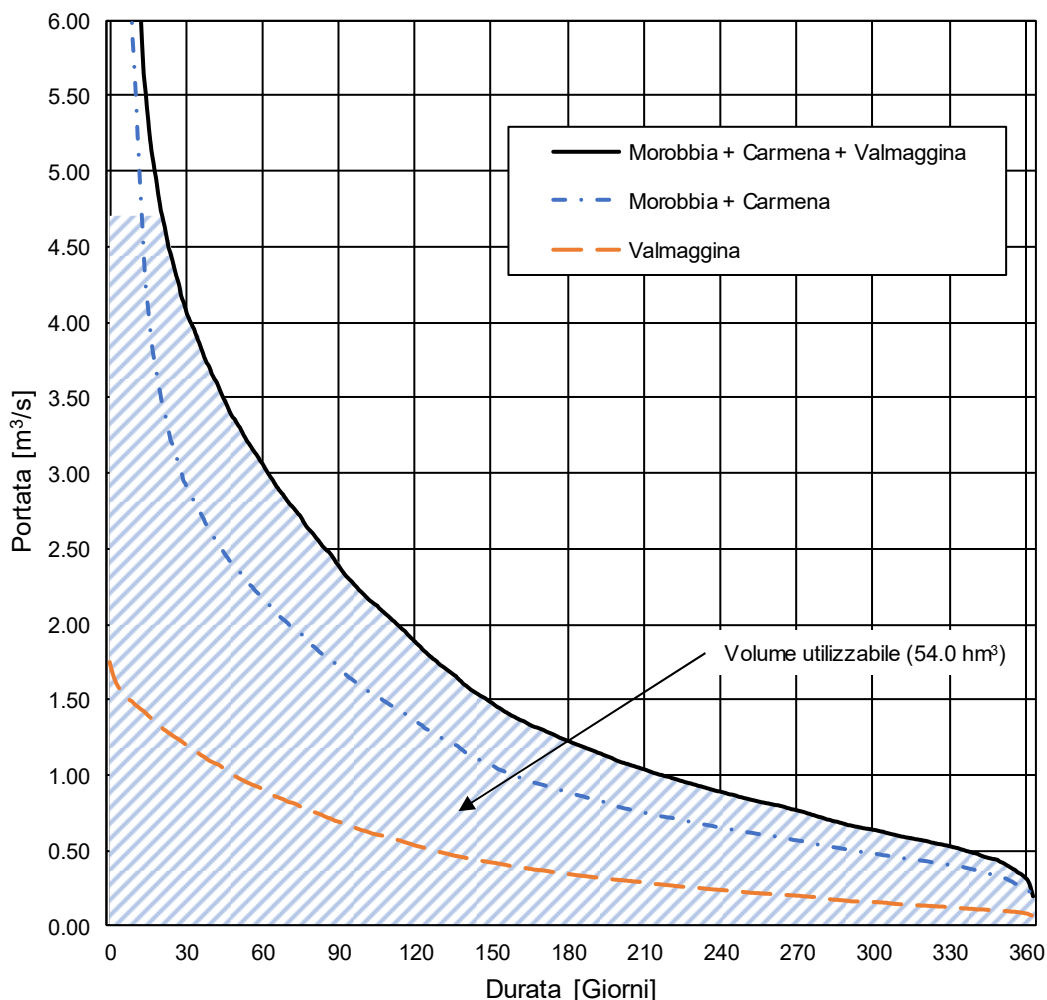


Figura 5: Volume utilizzabile dall'impianto Morobbia nella configurazione attuale (curva di durata 1998-2019).

Ne risulta un volume utilizzabile lordo di 54.0 hm³ all'anno, valore compatibile con il volume medio annuo effettivamente turbinato nel periodo 1998-2019 pari a 48.95 hm³. La portata media corrispondente (assumendo un funzionamento continuo su tutto l'anno) è pari a 1.71 m³/s.

Con il rinnovo della concessione e l'introduzione del deflusso residuale, alla curva di durata di riferimento per il calcolo dei volumi utilizzabili occorre detrarre le portate rilasciate a piede diga e alla presa Valmaggina. Al contempo, la capacità della centrale Morobbia, e quindi il limite superiore delle portate utilizzabili, sarà incrementato a 5.2 m³/s. Ne risulta un volume utilizzabile lordo di circa 44.9 hm³, ossia una riduzione di 9.05 hm³, come presentato in **Figura 6**. La portata media corrispondente (assumendo un funzionamento continuo su tutto l'anno) è pari a 1.43 m³/s.

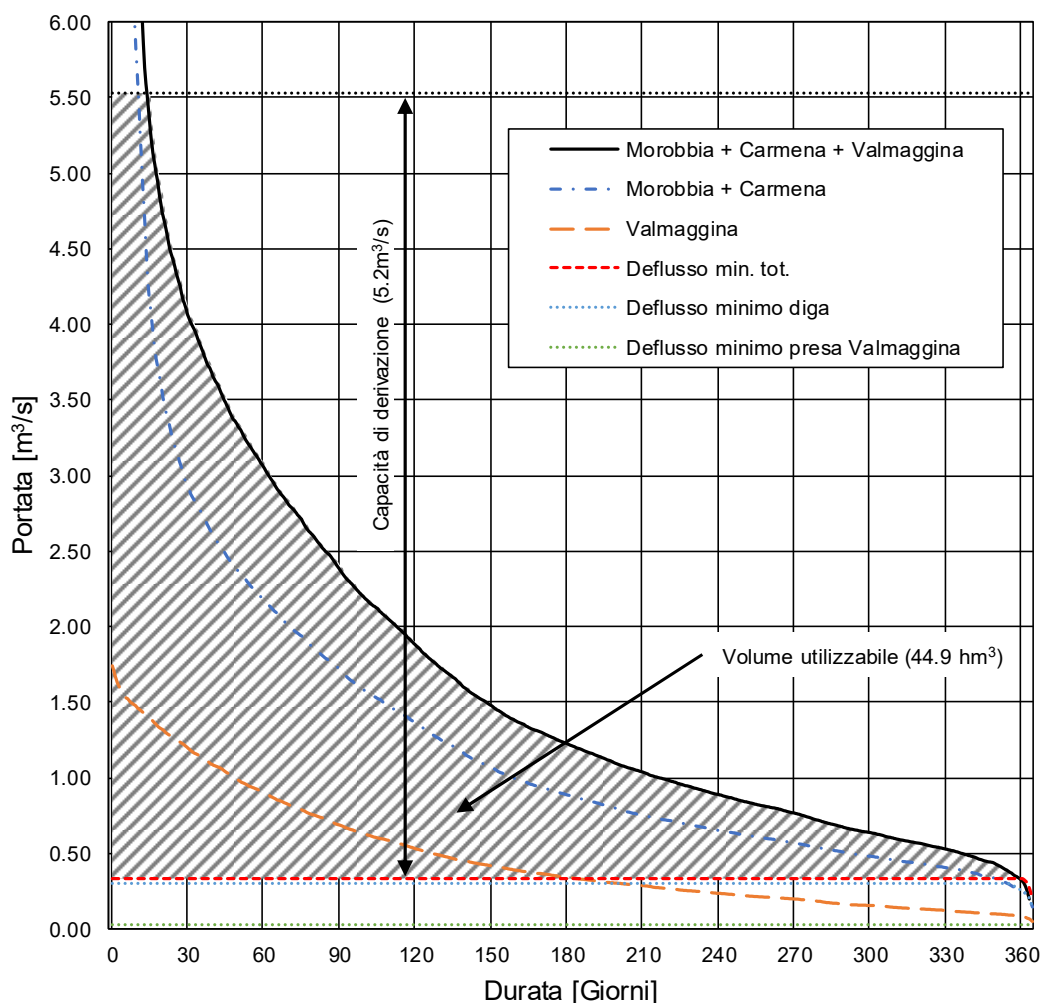


Figura 6: Volume utilizzabile con dotazione di 330 l/s e incremento della capacità a 5.2 m³/s (44.9 hm³).

Il medesimo volume utilizzabile lordo potrà inoltre essere sfruttato dalla nuova centrale sul fiume Ticino, con un salto lordo di circa 43.0 m.

Infine, parte del volume di dotazione sarà sfruttato dalla nuova centralina a piede diga, con un salto lordo massimo di circa 36.9 m. Assumendo un funzionamento continuo su tutto l'anno per assicurare il deflusso residuale di 300 l/s, il volume utilizzabile lordo è pari a circa 9.46 hm³.

I dati principali determinanti ai fini del calcolo della forza idrica lorda sono riportati in **Tabella 3**.

Punti di prelievo	Salto lordo [m]	Volume utilizzabile [hm ³]	Portata utilizzabile [m ³ /s]
Centrale Morobbia (configurazione attuale)	377.5	54.0	1.71
Centrale Morobbia (nuova concessione)	377.5	44.9	1.43
Centrale sul fiume Ticino	43.0*	44.9	1.43
Centralina a piede diga	36.9*	9.46	0.30

Tabella 3: Salto lordo e volume annuo utilizzabile per ogni punto di prelievo dell'impianto (*stime preliminari).

2.6 Portate medie mensili

Le portate medie mensili dei torrenti Morobbia, Carmena e Valmaggina secondo i dati registrati da AMB nel periodo 1998-2019 sono riportati in **Figura 7** e **Tabella 4**. Il contributo del bacino imbrifero residuo è stimato considerando il rapporto tra le aree, come descritto nella sezione 2.4.

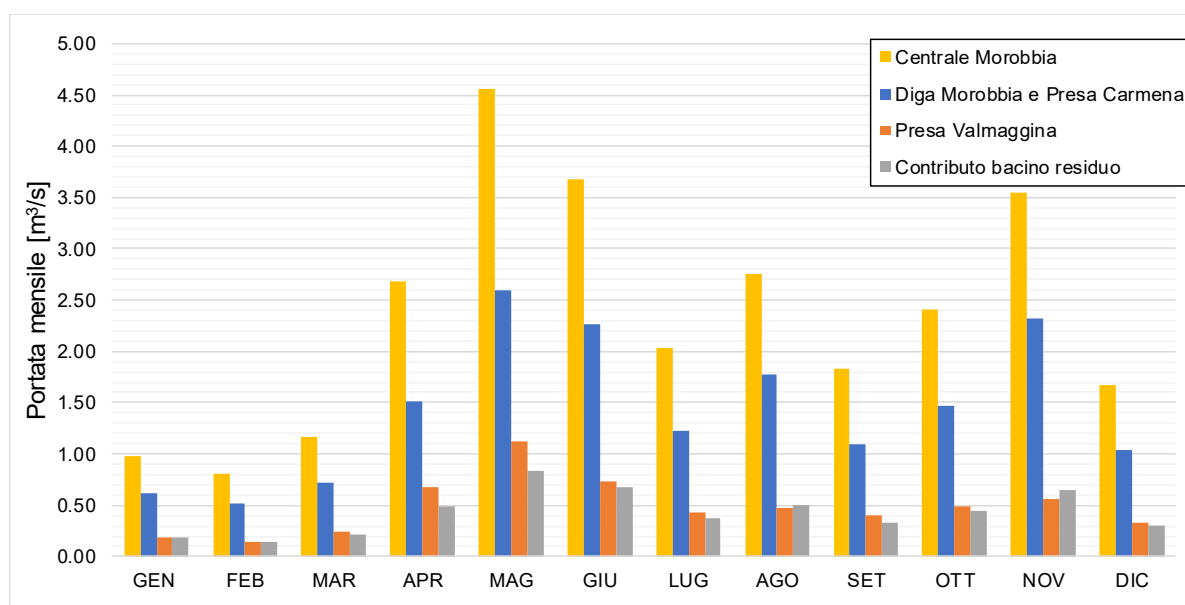


Figura 7: Portate medie mensili per il periodo 1998-2019.

Portate media [m ³ /s]	Presa Valmaggina (10.60 km ²)	Diga di Carmena (23.21 km ²)	Contributo bacino residuo (7.60 km ²)	Centrale Morobbia (41.41 km ²)
Gennaio	0.181	0.615	0.179	0.975
Febbraio	0.138	0.520	0.148	0.806
Marzo	0.240	0.714	0.215	1.169
Aprile	0.683	1.506	0.492	2.682
Maggio	1.125	2.595	0.836	4.557
Giugno	0.741	2.260	0.675	3.676
Luglio	0.437	1.228	0.374	2.039
Agosto	0.468	1.777	0.505	2.750
Settembre	0.407	1.091	0.337	1.834
Ottobre	0.493	1.475	0.442	2.411
Novembre	0.565	2.326	0.650	3.541
Dicembre	0.324	1.043	0.307	1.675
Media	0.484	1.429	0.430	2.343

Tabella 4: Portate medie mensili per il periodo 1998-2019.

Il contributo del bacino imbrifero residuo si aggiunge al rilascio del deflusso residuale costante di 330 l/s, conferendo una certa variabilità stagionale alla portata nel letto del torrente Morobbia. Al fine di valutare l'efficacia di tale apporto variabile, di seguito si riportano le portate medie mensili registrate nei due anni più secchi dell'ultimo decennio, ossia il 2011 e il 2016.

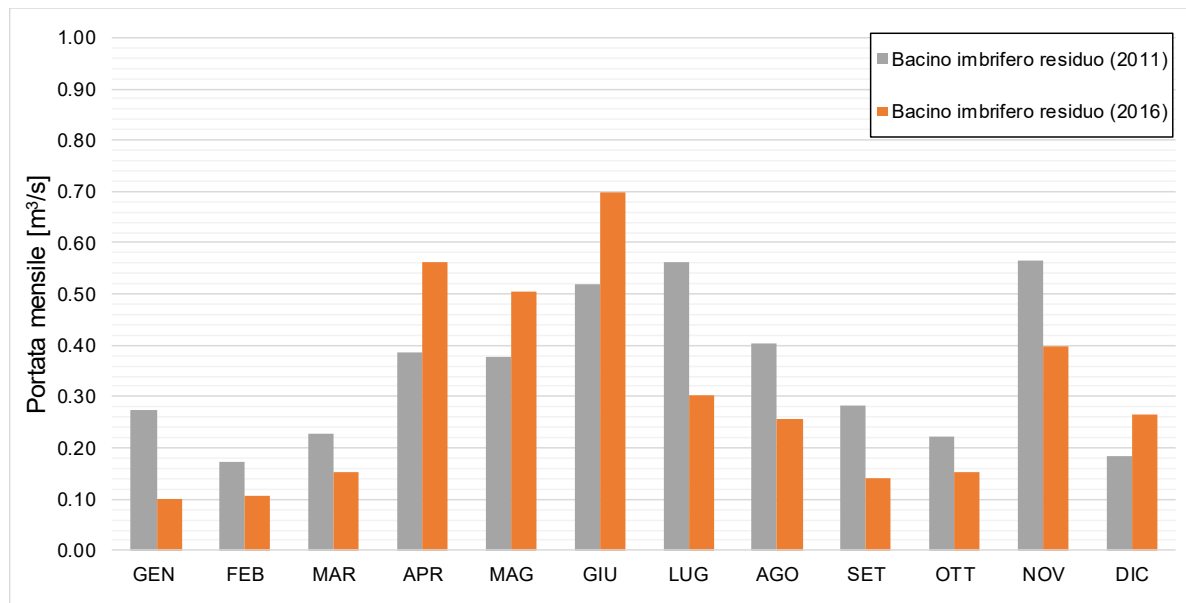


Figura 8: Portate medie mensili generate dal bacino imbrifero residuo (7.6 km²) in anni secchi (2011 e 2016).

Portate media [m³/s]	Presa Valmaggina (10.60 km²)	Diga di Carmena (23.21 km²)	Contributo bacino residuo (7.60 km²)	Centrale Morobbia (41.41 km²)
Gennaio	0.333	0.882	0.273	1.489
Febbraio	0.171	0.597	0.173	0.941
Marzo	0.307	0.708	0.228	1.243
Aprile	0.575	1.149	0.388	2.111
Maggio	0.541	1.139	0.378	2.058
Giugno	0.735	1.572	0.519	2.825
Luglio	0.668	1.835	0.563	3.066
Agosto	0.461	1.336	0.404	2.200
Settembre	0.337	0.926	0.284	1.547
Ottobre	0.275	0.706	0.221	1.202
Novembre	0.610	1.907	0.566	3.082
Dicembre	0.171	0.646	0.184	1.000
Media	0.432	1.117	0.348	1.897

Tabella 5: Portate medie mensili del bacino imbrifero residuo (7.6 km²) per l'anno 2011.

Portate media [m ³ /s]	Presa Valmaggina (10.60 km ²)	Diga di Carmena (23.21 km ²)	Contributo bacino residuo (7.60 km ²)	Centrale Morobbia (41.41 km ²)
Gennaio	0.107	0.335	0.099	0.541
Febbraio	0.135	0.341	0.107	0.583
Marzo	0.211	0.469	0.153	0.833
Aprile	0.868	1.639	0.564	3.070
Maggio	0.711	1.533	0.504	2.749
Giugno	0.829	2.278	0.698	3.805
Luglio	0.347	0.998	0.303	1.648
Agosto	0.321	0.814	0.255	1.390
Settembre	0.163	0.459	0.140	0.762
Ottobre	0.228	0.455	0.153	0.836
Novembre	0.486	1.285	0.398	2.168
Dicembre	0.339	0.834	0.264	1.437
Media	0.395	0.953	0.303	1.652

Tabella 6: Portate medie mensili del bacino imbrifero residuo (7.6 km²) per l'anno 2016.

2.7 Scenari addizionali

2.7.1 Premessa

Nel preavviso del 06.09.2018 [14], la SPAAS ha richiesto un completamento del RIA con valutazioni relative a scenari di risanamento addizionali da confrontare alla variante di risanamento proposta. Tali varianti includono un rilascio di dotazione anche presso la centrale esistente (richiesta n.6 e 9), e una dotazione stagionale differenziata (richiesta n.7 e 9).

Il RIA è stato quindi completato con valutazioni relative a tre scenari addizionali, le cui caratteristiche principali in termini di volumi disponibili sono riportate nei paragrafi seguenti. Le conseguenze sui costi delle opere e sulla produzione di energia sono invece fornite rispettivamente nei **capitoli 5 e 6**.

2.7.2 Scenario 1: Deflusso minimo stagionale modulato a piede diga

Sulla base della richiesta SPAAS n.7, il presente scenario prevede il rilascio di un deflusso minimo variabile secondo la stagione.

Come precisato nel RIA, si ipotizza quindi un rilascio incrementato a 700 l/s (670 + 30 l/s) in periodo primaverile (da aprile a giugno) e 500 l/s (470 + 30 l/s) in periodo autunnale (da settembre a novembre). Tale variazione sarebbe interamente gestita tramite la centralina a piede diga, mentre la dotazione dalla presa Valmaggina (30 l/s) sarebbe mantenuta costante.

Le portate di dotazione secondo questo scenario sono riportate in **Tabella 7**.

GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC
330 l/s	330 l/s	330 l/s	700 l/s	700 l/s	700 l/s	330 l/s	330 l/s	500 l/s	500 l/s	500 l/s	300 l/s

Tabella 7: Portata di dotazione stagionale modulata (scenario addizionale).

In questo caso, il volume utilizzabile lordo per la centralina a piede diga sarebbe quindi incrementato a circa 13.7 hm³ (anziché 9.46 hm³). Tale volume, oltre alla dotazione della presa Valmaggina,

sarebbe però sottratto alla centrale Morobbia e alla centrale sul fiume Ticino, il cui volume utilizzabile lordo si ridurrebbe quindi a circa 41.2 hm³ (anziché 44.9 hm³).

2.7.3 Scenario 2: Deflusso minimo incrementato (costante) a piede diga

Il presente scenario prevede una portata di dotazione costante incrementata a 700 l/s (anziché 330 l/s), di cui 670 l/s rilasciati tramite la centralina a piede diga e 30 l/s rilasciati presso la presa Valmaggina.

In questo caso, il volume utilizzabile lordo per la centralina a piede diga sarebbe quindi incrementato a circa 21.1 hm³ (anziché 9.46 hm³). Il volume utilizzabile lordo per la centrale Morobbia e la centrale sul fiume Ticino, si ridurrebbe invece a circa 35.8 hm³ (anziché 44.9 hm³).

2.7.4 Scenario 3: Dotazione parziale presso la centrale di Morobbia

Sulla base della richiesta SPAAS n.6, il presente scenario prevede il rilascio parziale anche presso la centrale Morobbia.

Come precisato nel RIA, si ipotizza quindi un ulteriore rilascio discontinuo di 190 l/s dalla centrale Morobbia. Solo le acque turbinate eccedenti tale portata saranno quindi derivate dalla condotta e sfruttate dalla nuova centrale sul fiume Ticino.

Questo significa che il volume utilizzabile lordo della centrale sul fiume Ticino, stimato in circa 39.7 hm³, sarebbe inferiore a quello della centrale Morobbia (44.9 hm³).

3. TRASPORTO SOLIDO

Nel preavviso del 06.09.2018 [14], la SPAAS ha richiesto una valutazione dell'efficacia delle attuali misure di cura e spurgo del bacino di Carmena per il ripristino del flusso di materiale solido a valle della diga con granulometrie equilibrate (richiesta n.18).

Per quanto concerne il bilancio del materiale detritico di fondo, ossia la granulometria più grossolana che viene trascinato sul fondo del fiume in occasione delle piene (periodo di ritorno superiore a 10 anni ca.), si rimanda alla stima riportata nell'**Allegato C**, allestita dalla scrivente nel 2016 e citata nel RIA [4]. Lo studio, realizzato secondo le linee guida pubblicate dall'UFAM [17], consente di concludere che gli apporti in materiale solido di fondo nel serbatoio sono contenuti, stimati a un totale di circa 40'000 m³ nei 49 anni dalla messa in esercizio del 1971 (36'500 m³ in 45 anni).

Si osserva inoltre che, a partire dal 1994, gli apporti di materiale sono gestiti da AMB tramite operazioni di spurgo regolari (1-2 volte all'anno), volte a mantenere l'operabilità degli organi di scarico. Tali operazioni vengono regolarmente autorizzate previo annuncio alle autorità competenti e i risultati sono oggetto di rapporti specifici allestiti dalla scrivente.

In occasione delle operazioni di spurgo del giugno 2016 [6] e dell'ottobre 2019 [7], AMB ha commissionato dei rilievi fotogrammetrici dell'invaso effettuati tramite drone, i quali hanno consentito di valutare l'attuale volume d'invaso. La relazione tra livello d'invaso e volume utile secondo i dati di progetto (1968) e secondo i rilievi del 2016 e del 2019 è presentata in **Figura 9**, mentre i valori numerici sono riportati nell'**Allegato D**.

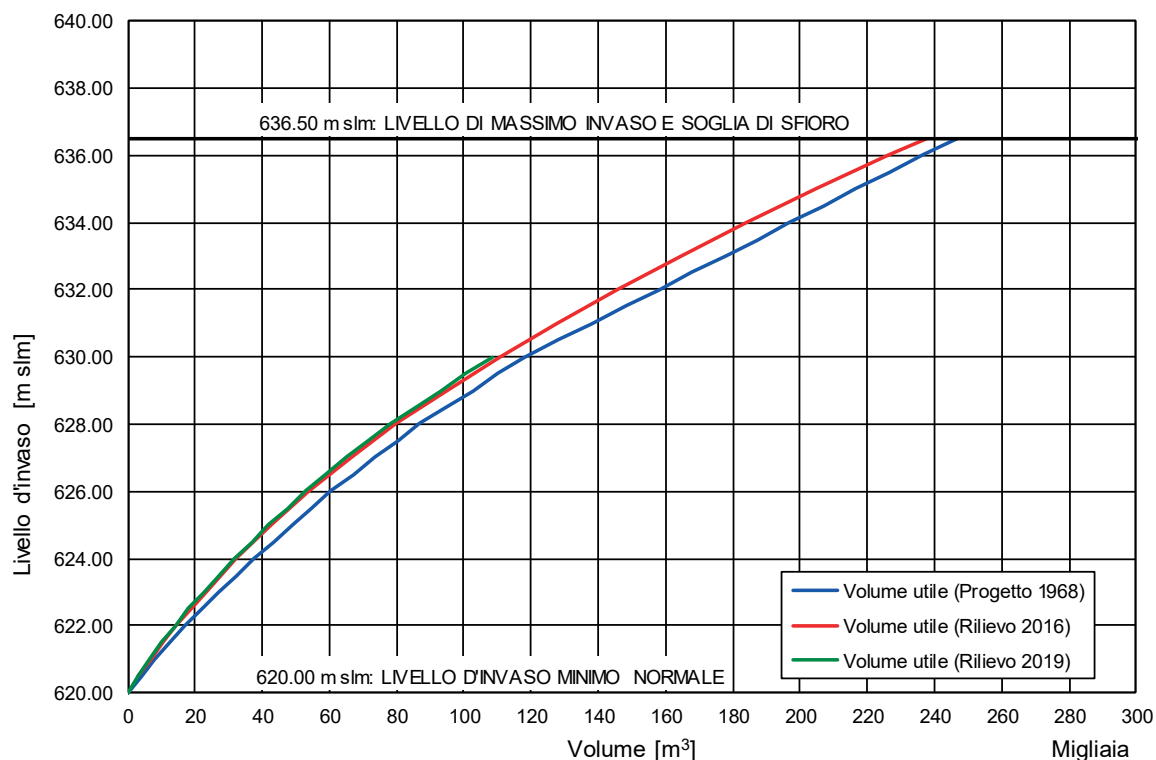


Figura 9: Relazione livello d'invaso – volume utile secondo le curve di progetto e secondo i rilievi fotogrammetrici del 2016 [6] del 2019 [7].

Si osserva che il volume utile d'invaso (compreso tra le quote 620.0 m slm e 636.5 m slm) ha subito una riduzione di appena il 3-4% dalla messa in esercizio nel 1971. Si stima infatti un volume utile pari a circa 235'000-240'000 m³, contro i 246'500 m³ della curva di progetto. Inoltre, i due rilievi eseguiti a oltre 3 anni l'uno dall'altro, riscontrano una situazione praticamente inalterata, rivelando l'ottima efficacia delle operazioni di spurgo, che consentono di mantenere pressocché costante il volume utile dell'invaso.

Va tuttavia notato che gli accumuli di materiale solido si collocano prevalentemente al di sotto del livello d'invaso minimo. Sebbene tale volume non abbia alcun impatto sull'operazione dell'impianto, esso permette di valutare più accuratamente il volume totale di materiale solido accumulatosi nell'invaso dalla sua messa in esercizio. La relazione tra livello d'invaso, superficie e volume totale secondo i dati di progetto (1968) e secondo i rilievi del 2016 e del 2019 è presentata in **Figura 9**, mentre i valori numerici sono riportati nell'**Allegato D**.

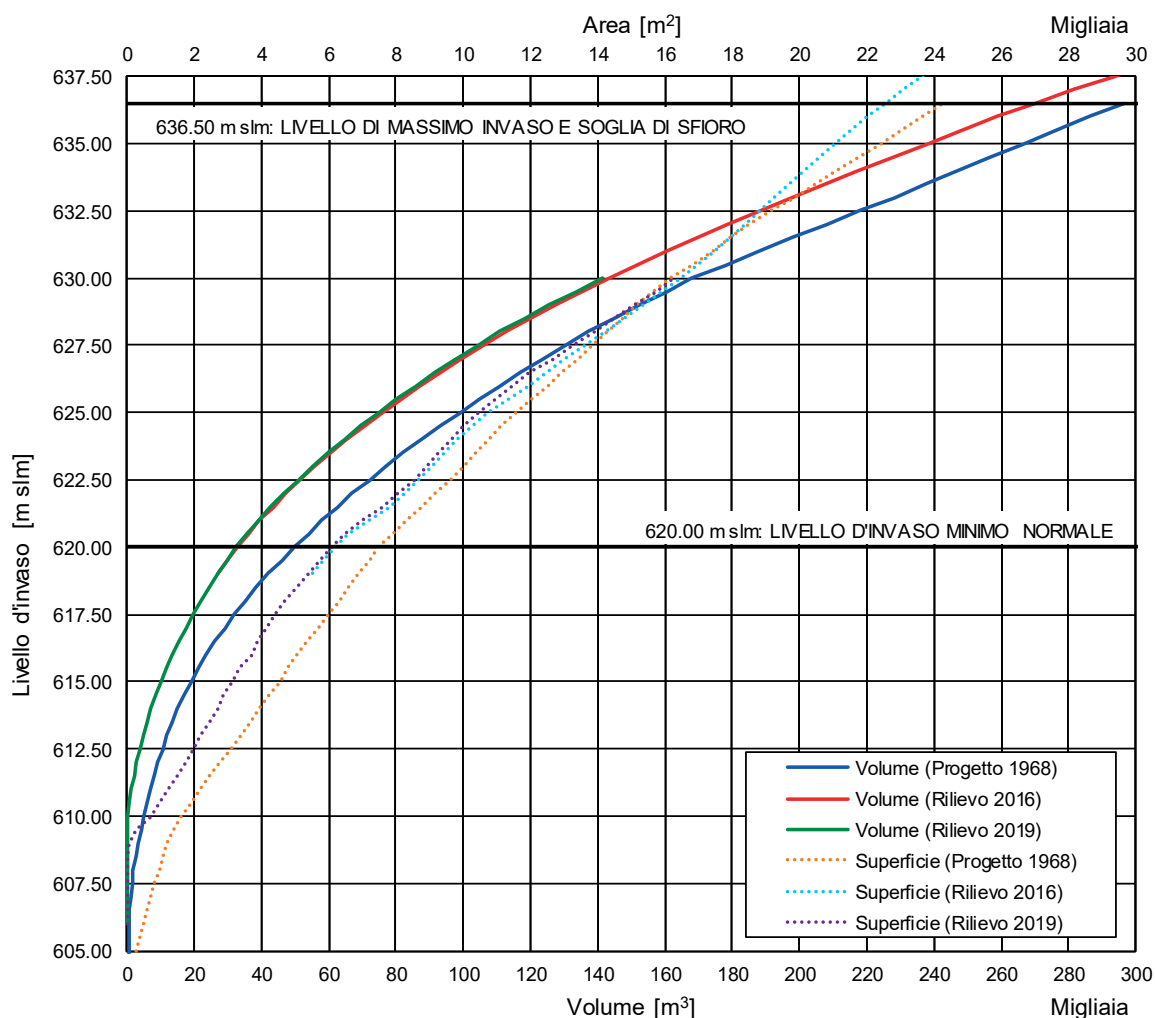


Figura 10: Relazione livello d'invaso – superficie – volume totale secondo le curve di progetto e secondo i rilievi fotogrammetrici del 2016 [6] del 2019 [7].

Il volume d'invaso al disotto del livello d'invaso minimo si è ridotto di ca. 17'000 m³ (da 50'000 m³ a ca. 33'000 m³) nell'arco dei 49 anni di operazione dell'invaso. Il volume depositato è costituito sia dal trasporto solido di fondo, sia dal materiale fine in sospensione decantato e non interamente dilavato durante gli spurghi periodici del serbatoio. Assumendo che il 50% di tale volume sia costituito dal trasporto di fondo, è ragionevole assumere che la diga abbia trattenuto un volume totale di circa 8'500 m³ di materiale grossolano. Tale volume costituisce il 20% circa degli apporti naturali stimati secondo lo studio riportato in **Allegato C**. Si stima quindi che circa l'80% del trasporto solido di fondo sia stato evacuato tramite le operazioni di spurgo. Pur trattandosi di una stima approssimativa, si osserva quindi che gli spurghi periodici consentono di evacuare non solo il materiale fine trasportato in sospensione, ma anche la quasi totalità di quello più grossolano trasportato sul fondo, i cui apporti naturali dal bacino imbrifero della Morobbia sono comunque modesti.

Tenuto conto delle considerazioni sopra esposte e della modesta riduzione del volume dell'invaso dalla sua messa in esercizio nel 1971, si può concludere che l'impianto non provochi un deficit di trasporto solido significativo per il torrente Morobbia a valle della diga.

4. CONDOTTA DI RESTITUZIONE

4.1 Premessa

Come precisato nel preavviso del 06.09.2018 [14], il tracciato previsto per la condotta di restituzione al fiume Ticino è in linea di principio condiviso dai competenti Servizi cantonali. Si riconosce inoltre la necessità di deroghe allo spazio riservato al corso d'acqua per via degli esigui spazi disponibili nelle zone limitrofe, densamente edificate.

Il presente capitolo fornisce quindi una breve descrizione del tracciato preliminare della condotta e dei principali manufatti previsti dall'intervento. Come concordato in occasione della riunione di coordinamento del 02.05.2019, si trattano unicamente i principali punti critici, giustificando le principali scelte di progetto compatibilmente con il livello di dettaglio del progetto allo stato attuale (richiesta n.13). Le scelte di dettaglio potranno invece essere giustificate unicamente in fase di progetto definitivo.

4.2 Descrizione del tracciato preliminare

Il tracciato preliminare della condotta di restituzione, così come le principali caratteristiche di tutti gli interventi previsti, sono presentati nei piani progettuali [2] inclusi nell'incarto per la richiesta di rinnovo della concessione. In particolare, il piano 6543.0-408 presenta una planimetria generale con il tracciato della condotta rispetto allo spazio riservato al corso d'acqua. Una descrizione generale degli interventi è fornita anche nella Relazione tecnica [2] (§5.4.2). Di seguito si forniscono alcune precisazioni aggiuntive, con particolare riferimento alle osservazioni dell'UCA.

Il tracciato proposto è scaturito da un'analisi di varianti, seguito da una prima ottimizzazione realizzata nell'ambito degli approfondimenti sviluppati nel corso del 2017, sulla base di sopralluoghi specifici e del confronto con la *Sezione Pianificazione della Città di Bellinzona*. Il tracciato costituisce un compromesso tra i vari interessi in gioco e le interferenze di vario tipo presenti nella zona interessata dall'intervento. Le tratte localizzate all'interno dello spazio riservato al corso d'acqua sono state minimizzate tenendo conto dei vincoli costituiti dai manufatti esistenti. In fase di progetto definitivo occorrerà inoltre verificare nel dettaglio possibili ulteriori interferenze con opere per lo smaltimento delle acque comunali e consortili.

La vasca di carico che alimenterà la nuova condotta di restituzione sarà realizzata sotto la strada antistante la centrale, come illustrato nei piani 6543.0-407. Gli scarichi delle turbine esistenti saranno quindi demoliti e sostituiti da un unico stramazzo (troppo pieno) per la nuova camera di carico. L'intervento consentirà quindi di ripristinare in larga parte l'argine del torrente Morobbia. Le modalità di ripristino di tale argine, da definire in dettaglio nella prossima fase di progetto, saranno concordate con i competenti Servizi cantonali.

Immediatamente a valle della centrale, la condotta sarà posata sotto la strada per una lunghezza di circa 150 m, dove con un sifone attraverserà il torrente Morobbia per poi proseguire lungo la riva sinistra, percorrendo un sentiero esistente per circa 150 m.

Le sezioni tipiche della condotta in questa tratta e il profilo del sifone, sono presentati nei piani 6543.0-502 e 6543.0-503. La profondità di posa dei sifoni sarà definita in dettaglio in fase di progetto definitivo, tenuto conto degli aspetti costruttivi e della sicurezza idraulica del manufatto.

Questo primo attraversamento dell'alveo si rende necessario poiché il tratto finale della strada di accesso alla centrale, compreso tra il torrente e una scapata quasi verticale non presenta uno spazio sufficiente per la realizzazione dell'intervento. Inoltre, nella tratta valle del sifone, la sponda sinistra è meno densamente costruita e i manufatti esistenti sono generalmente situati a maggior distanza dall'alveo, specialmente nella zona del Ponte Vecchio, offrendo condizioni più favorevoli per la posa della condotta. Si osserva inoltre che la presenza del nucleo di Giubiasco in sponda destra, densamente costruito, rende impossibile la posa della condotta che, con un diametro di 1.8 m, comporta degli scavi importanti e richiede spazi di manovra adeguati in fase di costruzione.

Nel tratto che si sviluppa al disotto del sentiero, la pendenza elevata della scarpata non consente di allontanare ulteriormente la condotta dall'alveo. Nella prossima fase di progetto si valuterà comunque in dettaglio una possibile ottimizzazione per minimizzare la tratta situata all'interno dello spazio riservato al corso d'acqua.

In prossimità del grotto *Ponte Vecchio*, la condotta dovrà essere interrata all'interno dell'alveo del torrente per un tratto di circa 100 m, per via della prossimità degli edifici esistenti su entrambe le sponde. In occasione degli approfondimenti sviluppati nel corso del 2017, un nuovo sopralluogo specifico è stato effettuato in questa zona al fine di valutare eventuali possibili alternative fuori alveo. Soluzioni di questo genere si confermano però impraticabili per via della densità degli abitati su entrambe le sponde. Come presentato nella sezione tipo del piano 6543.0-503, la condotta sarà completamente interrata in modo minimizzare l'impatto visivo sull'arcata del ponte e preservare la sezione idraulica dell'alveo. Trattandosi di un tratto particolarmente difficile, ulteriori possibili ottimizzazioni saranno valutate in dettaglio nella prossima fase di progetto.

Immediatamente a valle del ponte, la condotta esce dall'alveo per proseguire all'interno dell'argine sinistro nel territorio di Camorino per circa 400 m. La vicinanza delle abitazioni private situate in questa zona non consente di allontanare il tracciato dall'alveo. In corrispondenza del parco in prossimità della passerella pedonale tra Camorino e Giubiasco, lo spazio disponibile consente invece di allontanare leggermente il tracciato dal letto del torrente, per svilupparsi al di fuori dello spazio riservato alle acque per circa 150 m. Si precisa che anche in questa zona, come lungo il resto del tracciato, la condotta sarà interamente interrata e non si prevedono opere superficiali. Il parco sarà quindi interamente ripristinato al termine dei lavori.

Il parco è delimitato a ovest dalla confluenza tra la Morobbia e il riale Grande. Occorre quindi realizzare un secondo sifone perpendicolare al torrente Morobbia. Tale soluzione è considerata preferibile rispetto ad un attraversamento del riale Grande poiché lo spazio disponibile in sponda

destra, seppur esiguo, consente di posare l'intero tratto restante della condotta fino alla nuova centrale sulla sponda del fiume Ticino (circa 1'100 m) evitando ulteriori attraversamenti.

Di questo ultimo tratto, circa 800 m dovranno essere posati nell'argine del torrente per via dell'elevata densità di edifici esistenti e infrastrutture situate nelle immediate vicinanze. L'ultimo tratto a monte della centrale (circa 300 m), dove le costruzioni esistenti sono più distanti, si sviluppa invece fuori dallo spazio riservato alle acque.

La condotta avrà una lunghezza totale di circa 2'130 m e sarà completamente interrata lungo l'intero tracciato. Come richiesto dall'UCA [14], la profondità di posa della condotta sarà adeguata tenendo conto delle condizioni locali, degli aspetti costruttivi e della sicurezza idraulica. Inoltre, laddove la posa della condotta comporti il rifacimento di argini, la nuova scogliera sarà realizzata tenendo conto delle raccomandazioni dell'UCA.

Il tracciato sarà ulteriormente verificato e ottimizzato in fase di progetto definitivo sulla base delle condizioni locali o eventuali variazioni catastali. L'obiettivo principale sarà comunque quello di minimizzare le porzioni del tracciato all'interno della zona riservata al corso d'acqua, rispettivamente all'interno del corpo d'argine. D'altro canto, si cercherà di limitare le interferenze con le opere esistenti, nonché di ottimizzare le installazioni di cantiere. Oltre agli aspetti puramente tecnici, procedurali ed economici occorrerà ponderare adeguatamente gli interessi dei proprietari di fondi interessati dal tracciato.

5. STIMA DEI COSTI

5.1 Premessa

Il presente capitolo fornisce una stima dei costi aggiornata delle misure di risanamento analizzate tenendo conto anche delle varianti presentate nel RIA e PPUA aggiornati. Tale stima dei costi costituisce la base per l'analisi della proporzionalità dell'intervento riportata nel RIA (rapporto costi economici/benefici ecologici), secondo la richiesta SPAAS n.11.

Il presente capitolo costituisce quindi un aggiornamento delle stime dei costi degli interventi selezionati, già riportata nella Relazione tecnica [2]. Oltre al costo dell'intervento proposto, si fornisce una stima anche per gli scenari addizionali (§ 2.7) valutati nel RIA aggiornato secondo le richieste SPAAS n.6 e n.9.

5.2 Variante di progetto

Come precisato nel **capitolo 3**, la portata di dotazione proposta è di 330 l/s, di cui 300 l/s saranno rilasciati tramite la centralina al piede della diga e 30 l/s dalla presa Valmaggina. La capacità della centralina è stata quindi incrementata rispetto alla portata nominale di 270 l/s inizialmente considerati nella Relazione tecnica [2].

A fronte delle nuove condizioni di progetto, nonché un'analisi più approfondita delle variazioni del livello d'invaso nel periodo 1998-2019, si è ritenuto opportuno rivalutare la tipologia di macchinario ottimale per la centralina a piede diga. Si propone quindi di adottare un gruppo pompa-motore (PAT) standard che permette di ottenere rendimenti soddisfacenti a fronte di costi più contenuti. Nelle condizioni di esercizio previste, infatti, una turbina di tipo Francis da realizzarsi ad hoc si troverebbe ad operare quasi sempre "off-design" per via delle notevoli escursioni di carico.

In via preliminare si prevede una pompa con le seguenti caratteristiche (preliminari):

- tipo: centrifuga, ad asse orizzontale
- velocità di rotazione: 1020 rpm
- diametro girante: 480 mm
- Q (BEP) = 400 l/s
- H (BEP) = 31 m
- Rendimento (BEP) = 80%

La portata da rilasciare (300 l/s costanti) sarà controllata per mezzo di una valvola installata a monte della macchina. Alla pompa verrà accoppiato un motore elettrico trifase da 100 kW a 6 poli, in maniera da coprire la potenza generata all'asse dalla PAT (prevista pari a circa 72 kW al massimo salto netto). Le caratteristiche del gruppo dovranno comunque essere attentamente valutate in dettaglio in fase di progettazione definitiva.

Malgrado l'incremento della portata di progetto, il gruppo pompa-motore comporta costi inferiori rispetto alla scelta di un gruppo Francis. Globalmente, quindi, si conferma la stima di circa 600'000 CHF già presentata nella Relazione tecnica. Le opere civili non subiscono impatti /modifiche significative e la stima precedente può pertanto essere confermata.

Il costo totale dell'intervento (A.1.2) stimato a 1'260'000 CHF (-10% / +25%) come dettagliato nella Relazione tecnica [2] può quindi essere confermato.

5.3 Scenari aggiuntivi

5.3.1 Scenario 1: Deflusso minimo stagionale modulato a piede diga

Come menzionato nella sezione 2.7.2, questo scenario comporta una dotazione stagionale modulata. La capacità della centralina deve quindi essere incrementata a 670 l/s. Occorre inoltre prevedere un sistema di regolazione che consenta di ridurre la portata rilasciata a 470 l/s o 300 l/s nei mesi corrispondenti (**Tabella 7**). Si prevede quindi l'installazione di due gruppi pompa-motore dello stesso tipo previsto per la variante di progetto, da operare con una portata costante di 335 l/s ciascuno.

L'installazione di due gruppi richiede anche un adeguamento significativo della centrale e dei sistemi di adduzione e di scarico. Tali adeguamenti comportano un sovraccosto totale stimato di 800'000 CHF, di cui 600'000 CHF per la seconda macchina e 200'000 CHF per l'adeguamento delle opere civili, ossia un incremento del 63% rispetto all'intervento previsto.

In questo caso, quindi, il costo totale stimato per la realizzazione della centralina a piede diga (A.1.2) ammonta a 2'060'000 CHF (-10% / +25%), anziché 1'260'000 CHF.

5.3.2 Scenario 2: Deflusso minimo incrementato (costante) a piede diga

Come per lo scenario precedente, la capacità della centralina deve essere incrementata a 670 l/s, per una potenza installata di 200 kW. In questo caso, però, si prevede un regime di operazione a portata costante nell'arco di tutto l'anno, senza necessità di regolazione. Si prevede quindi un solo gruppo pompa-motore, con le seguenti caratteristiche (preliminari):

- tipo: centrifuga, ad asse orizzontale
- velocità di rotazione: 1020 rpm
- diametro girante: 500 mm
- Q (BEP) = 770 l/s
- H (BEP) = 28 m
- Rendimento (BEP) = 85%

La portata da rilasciare (670 l/s costanti) sarà controllata per mezzo di una valvola installata a monte della macchina. Alla pompa verrà accoppiato un motore elettrico trifase da 200 kW a 6 poli, in

maniera da coprire la potenza generata all'asse dalla PAT (prevista pari a circa 165 kW al massimo salto netto).

Mantenendo un solo gruppo, il presente scenario comporta adeguamenti più contenuti rispetto a quello precedente. Si stima pertanto un sovraccosto globale di 325'000 CHF, di cui 300'000 CHF per il gruppo pompa-motore e 25'000 CHF per le opere civili, ossia un incremento del 26% rispetto all'intervento previsto.

In questo caso, quindi, il costo totale stimato per la realizzazione della centralina a piede diga ammonta a 1'585'000 CHF (-10% / +25%), anziché 1'260'000 CHF.

5.3.3 Scenario 3: Dotazione parziale presso la centrale Morobbia

Come menzionato nella sezione 2.7.4, questo scenario comporta una dotazione discontinua addizionale di 190 l/s da rilasciare presso la centrale Morobbia. Tale rilascio può essere ottenuto mediante l'aggiunta di uno scarico con paratoia nella camera di carico della futura condotta di restituzione. In fase di operazione, le variazioni di livello all'interno della vasca saranno infatti piuttosto contenute. Non si richiede quindi l'installazione di alcun organo di controllo della portata.

Data la modesta riduzione della portata di progetto per la condotta di restituzione e la centrale sul fiume Ticino (-4%), non si prevede alcuna riduzione significativa dei costi di costruzione.

Globalmente, si ritiene che il presente scenario comporti modifiche di entità contenuta. La stima del costo totale dell'intervento (A.3.2.a) di 16'120'000 CHF (-10% / +25%) può quindi essere confermata.

5.4 Conclusioni

Nel presente capitolo si riportano i sovraccosti stimati per gli scenari addizionali analizzati nel RIA sulla base delle richieste SPAAS n.6 e n.9.

L'incremento della capacità della centralina di dotazione, con possibilità di regolazione della portata da 330 l/s a 670 l/s (scenario 1), comporta un sovraccosto totale di circa 800'000 CHF. L'incremento della capacità della centralina di dotazione a 670 l/s, senza possibilità di regolazione (scenario 2), comporta un sovraccosto di stimato di 325'000 CHF.

L'introduzione di un rilascio discontinuo di 190 l/s presso la centrale Morobbia (scenario 3), non comporta invece sovraccosti significativi in fase di costruzione ma ha un impatto sull'energia producibile dalla centrale sul fiume Ticino (**capitolo 6**).

La sintesi dei costi stimati per gli interventi previsti e gli scenari addizionali è riportata in **Tabella 8**.

Intervento	Costo stimato [CHF]		
	Progetto	Scenario 1	Scenario 2
A.1.2. – Centralina DMV a piede diga	1'260'000	2'060'000 +63%	1'585'000 +26%
A.2.2. – Adeguamento centrale Morobbia	5'120'000	5'120'000	5'120'000
A.3.2.a – Condotta di restituzione con sfruttamento salto	16'120'000	16'120'000	16'120'000
TOTALE	22'500'000	23'300'000 +3.5%	22'825'000 +1.4%

Tabella 8: Stima dei costi di intervento (-10% / +25%), IVA esclusa.

6. PRODUZIONE

6.1 Premessa

Il presente capitolo tratta l'impatto sulla produzione energetica dell'impianto Morobbia delle diverse varianti di rilascio analizzate nel RIA aggiornato, secondo la richiesta SPAAS n.4.

6.2 Variante di progetto

Dall'analisi dei dati di produzione dell'impianto Morobbia degli ultimi anni, si osserva un coefficiente di produttività medio di circa 0.90 kWh/m³. Questo significa che il volume turbinato medio nel periodo 1998-2019 pari a 48.92 hm³ (§ 2.5), corrisponde ad una produzione media annua di circa 44.0 GWh. Con il futuro rilascio della portata di dotazione di 330 l/s, il volume annuo medio sfruttato dalla centrale Morobbia si ridurrà di circa 10.41 hm³, ossia $48.92 - 10.41 = 38.51$ hm³. Si stima pertanto una produzione media annua di circa 34.7 GWh. Tale perdita sarà solo parzialmente compensata dalla produzione delle nuove centrali a piede diga e al fiume Ticino.

La centralina a piede diga sfrutta parte della portata di dotazione (300 l/s), ossia un volume annuo di 9.46 hm³. In fase preliminare, le perdite di carico sono state stimate in maniera prudente considerando un valore di $\Delta H = 1.02$ m, pari al 5% del salto lordo minimo. Considerando un salto netto minimo di $H = 19.4$ m, si prevede una produzione annua minima di circa 375 MWh. Considerando invece il salto dato dai livelli d'invaso registrati nel periodo 1998-2019, si ottiene una produzione media stimata di circa 547 MWh, pari al 1% circa dell'attuale produzione media annua.

La centrale sul fiume Ticino funzionerà in parallelo alla centrale Giubiasco, sfruttando lo stesso volume medio annuo (38.54 hm³). Assumendo perdite di carico pari al 10% del salto lordo e un rendimento globale dell'80%, si stima una produzione media annua di 3'249 MWh.

Si stima pertanto una produzione media totale di $34.7 + 0.55 + 3.25 = 38.5$ GWh, ossia una perdita di 5.6 GWh annui (-13%).

6.3 Scenari addizionali

6.3.1 Scenario 1: Deflusso minimo stagionale modulato a piede diga

L'incremento del deflusso di dotazione in periodo primaverile (700 l/s) e autunnale (500 l/s) comporta un'ulteriore riduzione del volume sfruttabile dalla centrale Morobbia, ossia $48.92 - 14.66 = 34.29$ hm³. In questo caso, si stima pertanto una produzione media annua di 30.8 GWh.

Il volume sfruttato dalla centralina a piede diga aumenta invece a 13.72 hm³, corrispondente ad una produzione media stimata di 790 MWh.

Infine, per la centrale sul fiume Ticino, la produzione media stimata si riduce a 2'890 MWh.

Si stima pertanto una produzione media totale di $30.8 + 0.79 + 2.89 = 34.5$ GWh, ossia una perdita di 9.5 GWh annui rispetto alla situazione attuale (-22%) e 3.9 GWh annui rispetto alla variante di progetto (-10%).

6.3.2 Scenario 2: Deflusso minimo incrementato (costante) a piede diga

L'incremento del deflusso di dotazione a 700 l/s nell'arco di tutto l'anno comporta un'ulteriore riduzione del volume sfruttabile dalla centrale Morobbia, ossia $48.92 - 22.08 = 26.84$ hm³. In questo caso, si stima pertanto una produzione media annua di 24.2 GWh.

Il volume sfruttato dalla centralina a piede diga aumenta invece a 21.13 hm³, corrispondente ad una produzione media stimata di 1'220 MWh.

Infine, per la centrale sul fiume Ticino, la produzione media stimata si riduce a 2'265 MWh (-30% rispetto alla soluzione di progetto). Va notato che una simile perdita mette in dubbio anche l'attrattività economica dello sfruttamento del salto residuo tra centrale Morobbia e fiume Ticino.

Si stima pertanto una produzione media totale di $24.2 + 1.22 + 2.26 = 27.6$ GWh, ossia una perdita di 16.4 GWh annui rispetto alla situazione attuale (-37%) e 10.8 GWh annui rispetto alla variante di progetto (-28%).

6.3.3 Scenario 3: Dotazione parziale presso la centrale Morobbia

Il rilascio di un'ulteriore dotazione discontinua di 190 l/s presso la centrale Morobbia comporta una riduzione della produzione della centrale sul fiume Ticino, il cui volume sfruttabile si riduce. Analizzando i dati di produzione del periodo 1998-2019, si ottiene un volume turbinabile medio di 45.25 hm³, mentre la differenza (3.66 hm³) sarebbe rilasciata nel torrente Morobbia all'altezza della centrale esistente.

Si stima pertanto una produzione annua media di 2'940 MWh, per un totale di $34.7 + 0.55 + 2.94 = 38.1$ GWh, ossia una perdita di 5.9 GWh rispetto alla situazione attuale (-13%) e 0.3 GWh rispetto alla variante di progetto (-1%).

6.4 Conclusioni

La produzione energetica annuale stimata per i diversi scenari analizzati è sintetizzata in **Tabella 9**.

Centrale	Produzione media annua [GWh]				
	Esistente	Progetto	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3
Centralina piede diga	-	0.55	0.79 +45%	1.22 +123%	0.55 -
Centrale Morobbia	44.0	34.7	30.8 -11%	24.2 -30%	34.7 -
Centrale Ticino	-	3.25	2.89 -11%	2.26 -30%	2.94 -10%
TOTALE	44.0	38.5	34.5 -10%	27.7 -28%	38.1 -1%

Tabella 9: Produzione media annua (secondo dati AMB 1998-2019).

7. CONCLUSIONI

Il presente documento costituisce un aggiornamento e completamento della Relazione tecnica relativa al progetto di rinnovo della concessione e potenziamento dell'impianto Morobbia.

Sulla base delle osservazioni riportate nel preavviso del 06.09.2018 [14] della SPAAS, le basi idrologiche del progetto sono state aggiornate tenendo conto dei più recenti dati disponibili. Sulla base di tale aggiornamento, si osserva un incremento del 10% circa del deflusso residuale minimo ai sensi della LPAc. La portata di dotazione proposta è stata quindi adeguata di conseguenza, incrementando il deflusso da rilasciare tramite la nuova centralina al piede della diga a 300 l/s, mentre la dotazione di 30 l/s prevista alla presa Valmaggina rimane inalterata. Il presente documento fornisce inoltre le stime aggiornate del volume utilizzabile lordo ai sensi della LUF1 e della LUA (richiesta n.3).

A completamento delle stime dei costi e della produzione annua già presentati nella Relazione tecnica, si presentano inoltre le stime dei sovraccosti e delle perdite di generazione legati alle varianti di intervento addizionali analizzati nel RIA aggiornato (richiesta n.4). Tali informazioni consentono di valutare la proporzionalità del progetto proposto in termini di rapporto tra costi economici e benefici ambientali, come dettagliato nel RIA (richiesta n.11).

Lo studio riportato in **Allegato C** fornisce gli elementi richiesti a completamento della valutazione già espressa nel RIA [4], secondo cui l'impianto Morobbia non provoca un deficit significativo nel trasporto solido a valle della diga (richiesta n.18).

Infine, le principali scelte progettuali relative al tracciato della condotta di restituzione sono state ulteriormente giustificate, in particolar modo per quanto concerne le tratte all'interno dello spazio riservato alle acque o degli argini. Le scelte di dettaglio sul tracciato saranno comunque giustificate in fase di progetto definitivo (richiesta n.13).

8. BIBLIOGRAFIA

- [1] Lombardi SA, *Impianto Morobbia – Studio di base – Rinnovo della concessione e potenziamento impianto – Relazione tecnica*, Relazione 6543.0-R-15A, Minusio, febbraio 2015.
- [2] Lombardi SA, *Impianto Morobbia – Rinnovo della concessione e potenziamento impianto – Relazione tecnica*, Relazione 6543.0-R-17A, Minusio, novembre 2017.
- [3] Lombardi SA, *Impianto Morobbia – Bacino di compenso Carmena – Stima degli apporti in materiale solido di fondo – Relazione tecnica*, Relazione 480.1-R-165, Minusio, marzo 2016.
- [4] Ecocontrol SA, *Rinnovo di concessione Impianto idroelettrico Morobbia – Rapporto d'impatto ambientale (RIA fase 1)*, Relazione tecnica e documenti complementari, Locarno novembre 2017.
- [5] Ecocontrol SA, *Rinnovo di concessione Impianto idroelettrico Morobbia – Piano di protezione e utilizzazione delle acque (PPUA) – (LPac, art. 32 lett. c)*, Rapporto, Locarno novembre 2017.
- [6] i8, *Rilievo fotogrammetrico con aeromobile senza occupante – AMB – Diga di Carmena*, 1 giugno 2016.
- [7] Studio Meier SA, *Bacino Carmena – Rilievo Drone Spurgo, Calcolo volume materiale*, Rapporto no. 1, Misurazione M001. 25.10.2019.
- [8] Assemblea federale della Confederazione Svizzera, *Legge federale sulla protezione delle acque (LPac)*, Berna, 24 gennaio 1991, stato al 1° giugno 2014
- [9] Assemblea federale della Confederazione Svizzera, *Legge federale sull'utilizzazione delle forze idriche (LUF)*, Berna, 22 dicembre 1916, stato al 1° luglio 2012.
- [10] Consiglio federale svizzero, *Ordinanza sul calcolo del canone per i diritti d'acqua (ODA)*, Berna, 12 febbraio 1918, stato al 1° gennaio 1986.
- [11] Gran consiglio della Repubblica e Cantone Ticino, *Legge sull'utilizzazione delle acque (LUA)*, 7 ottobre 2002.
- [12] Consiglio di stato della Repubblica e Cantone Ticino, *Regolamento sull'utilizzazione delle acque (RLUA)*, 29 aprile 2003.
- [13] Repubblica e Cantone Ticino – Dipartimento del territorio. Esame Preliminare (EP). Bellinzona, 7 Novembre 2018.
- [14] Repubblica e Cantone Ticino – Dipartimento del territorio – Divisione dell'ambiente – Sezione per la protezione dell'aria, dell'acqua e del suolo (SPAAS). Preavviso del 06.09.2018 (allegato all'EP).

- [15] M. Pozzoni (SUPSI – Istituto scienze della Terra), *Rinnovo della concessione e potenziamento dell'impianto della Morobia*. Canobbio, 18.05.2018, lettera indirizzata alla SPAAS.
- [16] M. celio (DA) e S. Pitozzi (UFE), *Domanda di concessione Impianto idroelettrico Morobia – Fattibilità della variante presentata dalle AMB*, Bellinzona 04.12.2015, lettera indirizzata al Municipio di Bellinzona.
- [17] BAFU, *Abschätzung der mittleren jährlichen Geschiebelieferung in Vorfluter*, Praxishilfe, Juli 2014

ALLEGATO C

480.1-R-165 – Impianto Morobbia – Bacino di compenso Carmena. Stima degli apporti di materiale solido di fondo. Relazione Tecnica. Aprile 2016.

IMPIANTO MOROBIA

BACINO DI COMPENSO CARMENA



Stima degli apporti in materiale solido di fondo

Relazione tecnica

-	07.04.2016	I. Feller A. Balestra	A. Ricciardi P. Lazaro
Versione	Data	Redatto	Verificato

Lombardi SA Ingegneri Consulenti
Via R. Simen 19, C.P. 1535, CH-6648 Minusio
Telefono +41(0)91 735 31 00, Fax +41 (0)91 743 97 37
www.lombardi.ch, info@lombardi.ch

INDICE

1. INTRODUZIONE	1
2. APPORTI DI MATERIALE SOLIDO ALLA DIGA	3
2.1 Scelta del metodo di stima del trasporto solido di fondo	3
2.2 Melera – valori di riferimento	3
2.3 Melirolo – Stima degli apporti	4
2.4 Morobbia - Stima degli apporti	6
2.5 Analisi dei risultati	8
3. CONCLUSIONI	9
4. BIBLIOGRAFIA	10

ALLEGATI

-

1. INTRODUZIONE

La Legge federale sulla protezione delle acque LPAc [1] all'art. 43a, entrato in vigore nel 2011, richiede che i gestori delle centrali idroelettriche esistenti e degli altri impianti esistenti situati lungo corsi d'acqua valutino il pregiudizio arrecato al corso d'acqua per quanto riguarda il bilancio detritico e se del caso prendano dei provvedimenti per risanarlo (art. 80). Essi sono tenuti a prendere misure di risanamento adeguate entro 20 anni dall'entrata in vigore della disposizione (art. 83a).

L'art. 42b dell'Ordinanza federale sulla protezione delle acque OPAc [2] prevede che i Cantoni presentino all'UFAM una pianificazione delle misure di risanamento del trasporto solido di fondo individuando le tratte fluviali caratterizzate da un'alterazione del bilancio in materiale detritico in grado di arrecare sensibile pregiudizio alle biocenosi. La pianificazione strategica per il Canton Ticino è stata presentata dallo spettabile Ufficio dei corsi d'acqua (UCA) nel 2014. Per la pianificazione di dettaglio, i detentori di impianti devono consentire l'accesso all'autorità incaricata e fornire le informazioni richieste, in particolare per quanto riguarda:

- le coordinate e la denominazione degli impianti e, per le centrali idroelettriche, delle singole parti;
- la gestione del materiale detritico;
- le misure attuate e pianificate per migliorare il bilancio in materiale detritico;
- i risultati delle indagini condotte sul bilancio in materiale detritico;
- le previste modifiche edili e d'esercizio dell'impianto.

L'art. 42c OPAc [2] prevede che per gli impianti che secondo la pianificazione richiedono l'adozione di misure di risanamento del bilancio in materiale detritico, i Cantoni elaborino uno studio sulla tipologia e sull'entità delle misure necessarie. Sulla base di tale studio, l'autorità cantonale ordina i risanamenti da attuare. Prima di prendere una decisione in merito al progetto di risanamento di centrali idroelettriche, l'autorità consulta l'Ufficio federale dell'ambiente (UFAM). In vista della domanda di indennizzo da parte dei detentori di centrali idroelettriche di cui all'articolo 17d capoverso 1 dell'Ordinanza sull'energia OEn [3], l'UFAM verifica l'adempimento dei requisiti di cui all'appendice 1.7 numero 2 OEn [3].

Per quanto riguarda la gestione degli apporti di materiale fine trasportato in sospensione dagli affluenti nel bacino di Carmena, AMB effettua regolarmente degli spurghi dell'invaso con lo scopo principale di mantenere l'operabilità degli organi di scarico. Tali procedure vengono regolarmente autorizzate previa annuncio alle autorità competenti e i risultati sono oggetto di rapporti stesi dallo studio scrivente. Tuttavia, per rispondere in maniera esaustiva ai quesiti di cui all'art. 42b OPAc [2], è necessario un approfondimento sul bilancio del materiale detritico di fondo, ossia quello di granulometria più grossolana che viene trascinato sul fondo del fiume in occasione delle piene più importanti, definite da periodi di ritorno maggiori a 10 anni. A tal proposito l'UFAM ha fatto predisporre una linea guida [4].

La presente relazione risponde alle richieste dell'art. 42b OPAC [2] e illustra gli aspetti relativi all'esercizio del bacino di Carmena e al suo impatto sul trasporto del materiale solido di fondo nel bacino imbrifero del torrente Morobbia e dei suoi affluenti.

I meccanismi che regolano il fenomeno del trasporto solido di fondo sono estremamente complessi, perciò i risultati ottenuti in questo rapporto ne rappresentano una stima approssimativa.

Nel **capitolo 2** si presentano i risultati della valutazione dell'apporto di materiale detritico di fondo secondo quanto indicato nella linea guida proposta dall'UFAM. Sulla scorta di queste informazioni e sulla base dell'esperienza dello studio scrivente nella gestione dell'impianto, al **capitolo 3**, vengono esposte le conclusioni.

2. APPORTI DI MATERIALE SOLIDO ALLA DIGA

2.1 Scelta del metodo di stima del trasporto solido di fondo

Secondo [4], la scelta del metodo applicabile dipende dalla pendenza longitudinale del tributario, misurata tra la sorgente e la sezione di uscita:

- (1) Metodo per fiumi di fondovalle a bassa pendenza (< 10 %)
- (2) Metodo per torrenti montani di elevata pendenza (> 10 %)

I principali affluenti dell'invaso di Carmena sono i torrenti Melirolo e Morobbia (**Figura 1**). Le loro pendenze sono stimate grazie allo strumento "Profil" messo a disposizione all'interno della pagina web geo.admin.ch. La pendenza del Melirolo è dell'ordine del 20% e quella della Morobbia, dalle sorgenti fino alla radice dell'invaso di Carmena, è di circa 17%. Verrà quindi applicato il metodo (2).

2.2 Melera – valori di riferimento

L'Ufficio federale dell'ambiente mette a disposizione una banca dati, chiamata Solid, per la determinazione dei volumi di trasporto solido (sedimenti), creata dopo i devastanti eventi di piena avvenuti in Svizzera nell'estate del 1987. La banca dati fornisce i volumi di sedimenti trasportati e accumulati in apposite camere di raccolta costruite lungo alcuni corsi d'acqua ritenuti rappresentativi.

Nella zona vicino al bacino della Carmena, si trova la camera di raccolta N° 304 a destra del torrente Melera (vedi **Figura 1**).



Figura 1: Luogo di misura dei sedimenti realizzato dall'UFAM (in rosso la camera di raccolta N° 304).

I volumi dei sedimenti depositati in questa camera sono mostrati nella **Figura 2** e serviranno come riferimento per valutare i risultati ottenuti con i metodi descritti sopra per il Melirolo e la Morobbia. L'apporto medio annuo per la Melera è di **80 m³/km²**.

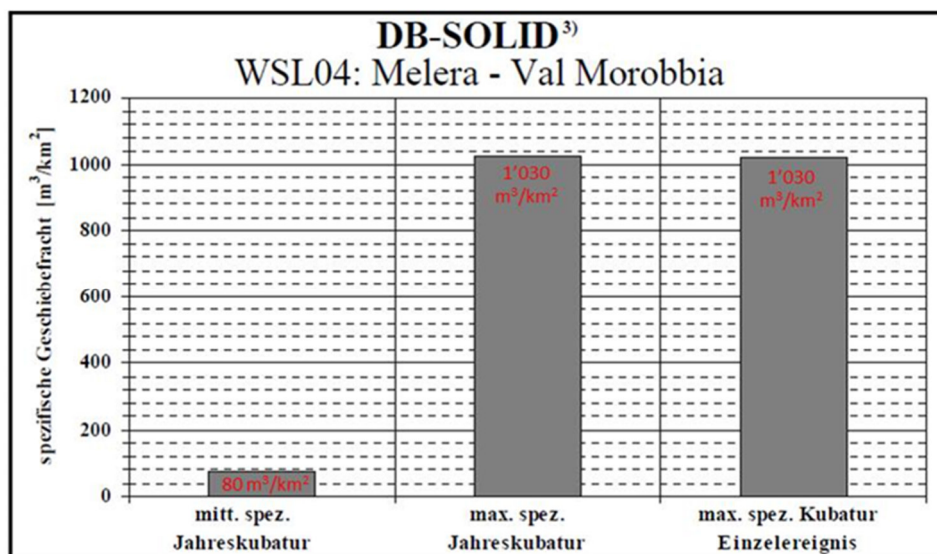


Figura 2: Volumi dei sedimenti raccolti nella camera di ritenuta sul torrente Melera (fonte UFAM).

2.3 Melirolo – Stima degli apporti

I parametri considerati per la stima del trasporto di fondo del Melirolo sono riassunti nelle tabelle seguenti. Dapprima viene stimata la quantità di sedimenti trasportati da piene con diversi periodi di ritorno (da 10 a 300 anni) e poi viene fatta una ponderazione dei risultati. La metodologia applicata è descritta in [4].

Determinazione del trasporto di fondo che avviene una volta ogni 100 anni (GF100)		
Possibile formazione di colate di fango	NO	La pendenza longitudinale media del Melirolo (~ 20%) è sufficiente per innescare colate di fango anche se storicamente non se ne sono verificate.
Pendenza media > 20%	SI	
Tratti d'alveo con pendenze < 20%	SI	
Tipologia di torrente	Non suscettibile a colata detritica	
Grandezza materiale solido di fondo	NO	
Percorsi rocciosi lunghi	SI	
Opzioni di ritenzione maggiorata	NO	
Carico solido specifico	Molto piccolo	
Geologia	tipo cristallino	
Estensione bacino idrografico (km ²)	1.56	
Carico solido specifico m ³ /km ²	2'394	
Totale GF100 [m ³]	3'735	

Tabella 1: Stima del trasporto di fondo per una piena con periodo di ritorno di 100 anni (HQ100)

Determinazione di GF300 e GF30			
	GF300	GF30	
Processo di trasporto	1.9	0.4	Colata di fango possibile
Fattore di correzione dato dalla dimensione del bacino idrografico	1.14	0.45	1.56 km ²
Percorsi rocciosi lunghi, coefficiente scelto	1.75	0.4	
Grossi fonti di materiale solido	1.1	0.8	
Capacità di ritenzione, coefficiente scelto	1.75	0.4	
Processi d'apporto eccezionali, coefficiente scelto	1	1	
Fattore valore medio	1.44	0.58	
Totale GF300 [m ³], GF30 [m ³]	5'380	2'150	

Tabella 2: Stima del trasporto di fondo per piene con periodi di ritorno di 300 anni (HQ300), rispettivamente 30 anni (HQ30).

Determinazione di GF10 e GF2		
<i>Fattori amplificativi</i>		
Suscettibile a colata detritica fino all'apice del conoide	1.5	
Pendenza media canale principale	1.5	
<i>Fattori riduttivi</i>		
Pendenza media canale principale	1	
Estensione bacino imbrifero	1	
Larghezza dell'alveo superiore alla media	0.8	
Pendenza media canale principale	0.8	
Molti/grandi elementi di scabrezza	0.8	
Dissociazione parti bacino imbrifero	0.4	
Opere nel bacino imbrifero	1	
Totale GF10 [m ³]	240	B=2.0 m, L=1'989 m e risultato intermedio=517 m ³
Totale GF2 [m ³]	80	

Tabella 3: Stima del materiale sedimentario trasportato per HQ10 e HQ2.

L'apporto medio annuo di sedimenti viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$G_m = \frac{(1 + GF300) + (2 * GF100) + (7 * GF30) + (20 * GF10) + (120 * GF2)}{300}$$

Ne risulta $G_m = 140 \text{ m}^3$, cioè **90 m³/km²**.

2.4 Morobbia - Stima degli apporti

I parametri considerati per la stima del materiale sedimentario del Morobbia sono riassunti nelle tabelle seguenti. La metodologia applicata è riportata in [4].

Determinazione del trasporto di fondo che avviene una volta ogni 100 anni (GF100)		
Formazione colata di fango	NO	
Pendenza media > 20%	NO	
Tratti d'alveo con pendenze < 20%	SI	
Tipo di torrente	Non suscettibile a colata detritica	
Grandezza materiale solido di fondo	NO	
Percorsi rocciosi lunghi	SI	
Capacità di ritenzione maggiorata	NO	
Carico solido specifico	Molto piccolo	
Geologia	Tipo cristallino	
Grandezza bacino idrografico (km ²)	21.65	
Carico solido specifico m ³ /km ²	400	
Totale GF100 [m ³]	8'660	

Tabella 4: Stima del trasporto di fondo per una piena con periodo di ritorno di 100 anni (HQ100).

Determinazione di GF 300 e GF 30			
	GF300	GF30	
Processo di trasporto	1.9	0.4	Colata di fango possibile
Fattore di correzione grandezza bacino idrografico	2	0.3	21.65 km ²
Percorsi rocciosi lunghi, valore scelto	1.75	0.4	
Grossi focolai di materiale solido	1.1	0.8	
Capacità di ritenzione, valore scelto	1.75	0.4	
Processi d'apporto eccezionali, valore scelto	1	1	
Fattore valore medio	1.44	0.58	
Totale GF300 [m ³], GF30 [m ³]	5'380	4'760	

Tabella 5: Stima del trasporto di fondo per piene con periodi di ritorno di 300 anni (HQ300), rispettivamente 30 anni (HQ30).

Determinazione di GF10		
<i>Fattori amplificativi</i>		
Suscettibile a colata detritica fino all'apice del conoide	1.5	
Pendenza media canale principale	1.0	
<i>Fattori riduttivi</i>		
Pendenza media canale principale	0.8	
Esenzione bacino imbrifero	0.4	
Larghezza dell'alveo superiore alla media	0.8	
Pendenza media canale principale	0.8	
Molti/grandi elementi di scabrezza	0.8	
Dissociazione parti bacino imbrifero	0.4	
Opere nel bacino imbrifero	1	
Totale GF10 [m ³]	2300	B=6.0 m, L=8'000 m e risultato intermedio = 18'720 m ³
Totale GF10 arrotondato [m ³]	2300	
Totale GF2 arrotondato [m ³]	770	

Tabella 6: Stima del materiale sedimentario trasportato per HQ10 e HQ2.

L'apporto medio annuo di sedimenti viene calcolato utilizzando la seguente formula:

$$G_m = \frac{(1 + GF300) + (2 * GF100) + (7 * GF30) + (20 * GF10) + (120 * GF2)}{300}$$

Ne risulta $G_m = 676 \text{ m}^3$, cioè **30 m³/km²**.

2.5 Analisi dei risultati

Gli apporti di sedimenti trasportati annualmente sul fondo dei tre corsi d'acqua considerati risultano:

- Melera: 80 m³/km² (valore misurato);
- Melirolo: 90 m³/km² (valore stimato);
- Morobbia: 30 m³/km² (valore stimato).

Dagli apporti medi annui stimati si può risalire al volume derivante dal trasporto solido di fondo teoricamente depositato nel bacino di Carmena dalla sua messa in esercizio, avvenuta nel 1971:

- Morobbia: 30 m³/(km²·anno) · 21.65 km² · 45 anni = ca. 30'000 m³
- Melirolo: 90 m³/(km²·anno) · 1.56 km² · 45 anni = ca. 6'500 m³

Questo volume dovrebbe aver causato una riduzione del volume d'invaso del bacino di Carmena di circa il 10% rispetto al suo volume originario di 300'000 m³.

I valori ottenuti per il torrente Melirolo sono paragonabili a quelli misurati sulla Melera e sono considerati plausibili perché i due bacini idrografici hanno conformazione simile. Tali valori sono maggiori rispetto a quelli ottenuti per la Morobbia, i quali risultano tuttavia plausibili se confrontati con le osservazioni dei depositi di detriti nell'invaso di Carmena e con le informazioni derivanti dalla gestione dell'invaso da parte di AMB. Occorre infatti notare che nel corso degli ultimi anni non è stato necessario effettuare estrazioni di sedimenti per ripristinare il volume di regolazione dell'invaso.

Va ricordato che la metodologia applicata nella presente relazione permette di stimare unicamente la componente di trasporto solido di fondo, non prende in considerazione il trasporto in sospensione. Gli accumuli visibili nel serbatoio sono costituiti da sedimenti derivanti dal trasporto solido di fondo ma anche da depositi di materiale in sospensione non dilavati durante gli spurghi periodici. Tali volumi non sono quindi direttamente correlabili con le stime ottenute in precedenza.

3. CONCLUSIONI

La presente relazione sviluppa l'analisi degli apporti di materiale solido nel bacino di Carmena. In particolare si sono studiati i due maggiori corsi d'acqua sottesi al bacino: Morobbia, del quale il torrente Melera è un affluente, e Melirolo.

Quale base per la valutazione degli apporti di materiale solido si è seguita la linea guida proposta dall'UFAM [4]. Va ricordato che la metodologia applicata nella presente relazione permette di stimare unicamente la componente di trasporto solido di fondo, non prende in considerazione il trasporto in sospensione.

I risultati ottenuti sono paragonabili sia con gli apporti pubblicati dall'UFAM per la camera di ritenuta costruita presso la stazione idrologica federale della Melera, sia con le esperienze di gestione dell'invaso di Carmena.

Lo sbarramento rappresenta sicuramente un ostacolo al trasporto solido di fondo lungo il torrente Morobbia, tuttavia la stima effettuata ha permesso di rilevare che gli apporti in materiale solido di fondo nel serbatoio sono contenuti.

Un rilievo batimetrico puntuale dell'invaso potrebbe fornire indicazioni sul volume attuale di regolazione dell'invaso ma solo informazioni limitate per quanto riguarda i fenomeni di trasporto solido. Infatti verrebbero rilevati sia i depositi di materiale derivante dal trasporto solido di fondo sia quelli di materiale in sospensione decantato e non dilavato durante gli spurghi periodici del serbatoio.

Minusio, Aprile 2016

Ing. Andrea Balestra

Ing. Philippe Lazaro

4. BIBLIOGRAFIA

- [1] Legge federale sulla protezione delle acque LPAc
- [2] Ordinanza federale sulla protezione delle acque OPAc
- [3] Ordinanza sull'energia OEn
- [4] BAFU, Abschätzung der mittleren jährlichen Geschiebelieferung in Vorfluter, Praxishilfe, Juli 2014.

ALLEGATO D

Volume d'invaso (480.1-R-188, ottobre 2019)

Volume d'invaso utile (620.00 m slm – 636.50 m slm)

Livello [m slm]	Volume [10 ³ m ³]			Superficie [10 ³ m ²]		
	Progetto	01.06.2016 [6]	25.10.2019 [7]	Progetto	01.06.2016 [6]	25.10.2019 [7]
620.00	0.00	0.00	0.00	7.50	6.20	6.08
621.00	8.00	6.63	6.48	8.30	7.21	6.99
622.00	17.00	14.42	14.05	9.15	8.27	8.07
623.00	27.00	23.06	22.62	10.00	9.05	8.91
624.00	37.50	32.48	31.96	10.75	9.83	9.67
625.00	49.00	42.74	42.03	11.55	10.72	10.43
626.00	60.50	54.02	53.04	12.50	11.90	11.43
627.00	73.50	66.44	65.10	13.40	13.00	12.65
628.00	87.00	80.06	78.40	14.30	14.22	13.92
629.00	102.50	94.84	92.94	15.15	15.35	15.09
630.00	118.00	110.76	108.70	16.15	16.46	16.28
631.00	138.00	127.74		17.40	17.49	
632.00	158.00	145.68		18.50	18.37	
633.00	178.00	164.48		19.85	19.24	
634.00	197.00	184.15		21.10	20.10	
635.00	216.50	204.70		22.40	21.02	
636.00	236.50	226.22		23.65	22.03	
636.50	246.50	237.37		24.25	22.58	

Volume d'invaso totale e superficie

Livello [m slm]	Volume [10 ³ m ³]			Superficie [10 ³ m ²]		
	Progetto	01.06.2016 [6]	25.10.2019 [7]	Progetto	01.06.2016 [6]	25.10.2019 [7]
606.00	0.75		0.00	0.50		0.00
607.00	1.00		0.00	0.70		0.00
608.00	2.00		0.00	0.95		0.00
609.00	3.50		0.03	1.20		0.08
610.00	5.00		0.38	1.60		0.71
611.00	7.00		1.35	2.20		1.22
612.00	9.00		2.84	2.75		1.76
613.00	12.00		4.81	3.40		2.20
614.00	15.00		7.26	3.95		2.70
615.00	19.00		10.17	4.55		3.12
616.00	23.50		13.56	5.05		3.69
617.00	29.00		17.44	5.70		4.13
618.00	35.00		21.84	6.30		4.69
619.00	42.00	27.05	26.87	6.90	5.52	5.40
620.00	50.00	32.91	32.61	7.50	6.20	6.08
621.00	58.00	39.53	39.09	8.30	7.21	6.99
622.00	67.00	47.32	46.66	9.15	8.27	8.07
623.00	77.00	55.97	55.23	10.00	9.05	8.91
624.00	87.50	65.38	64.57	10.75	9.83	9.67
625.00	99.00	75.65	74.64	11.55	10.72	10.43
626.00	110.50	86.93	85.65	12.50	11.90	11.43
627.00	123.50	99.35	97.71	13.40	13.00	12.65
628.00	137.00	112.97	111.01	14.30	14.22	13.92
629.00	152.50	127.75	125.55	15.15	15.35	15.09
630.00	168.00	143.67	141.31	16.15	16.46	16.28
631.00	188.00	160.65		17.40	17.49	
632.00	208.00	178.59		18.50	18.37	
633.00	228.00	197.39		19.85	19.24	
634.00	247.00	217.06		21.10	20.10	
635.00	266.50	237.61		22.40	21.02	
636.00	286.50	259.13		23.65	22.03	
636.50	296.50	270.28		24.25	22.58	