

**REALIZZAZIONE IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA
DA FONTE IDRAULICA DAL FIUME LAMBRO
SETTENTRIONALE PRESSO IL NODO IDRAULICO
DI VIA IDRO**



DESCRIZIONE PROGETTO E PRODUTTIVITA'

DESCRIZIONE DEL PROGETTO

1. PREMESSA

Si sceglie di utilizzare due coclee funzionanti fino a portata massima turbinabile di $6 \frac{m^3}{s}$ cadauna.

I vincoli derivanti dai piani territoriali riguardano esclusivamente il PTCP di Milano e sono superabili con una progettazione fondata sul miglioramento delle condizioni ambientali, ecologiche ed idrauliche.

La potenza installabile si calcola tramite l'espressione:

$$P[\text{kW}] = P = \eta \times Q \times H \times 9,81.$$

Il salto è fisso con $H = 2$ m e la portata sfruttabile varia fino a un massimo di $Q = 12 \frac{m^3}{s}$

2. ELEMENTI COSTITUTIVI DEL PROGETTO

Il progetto prevede di mantenere delle opere già esistenti come lo scolmatore e la traversa composta dalle sei paratoie piane (figura 1). Le due coclee ricevono l'acqua dalle ultime quattro paratoie che vengono utilizzate come opera di chiusura rapida nel caso di fermo macchina per manutenzione o in caso di problemi. Le altre due paratoie esistenti sulla traversa restano chiuse quando la centrale è operativa e vengono utilizzate per far defluire le portate in arrivo in caso di chiusura dell'impianto.

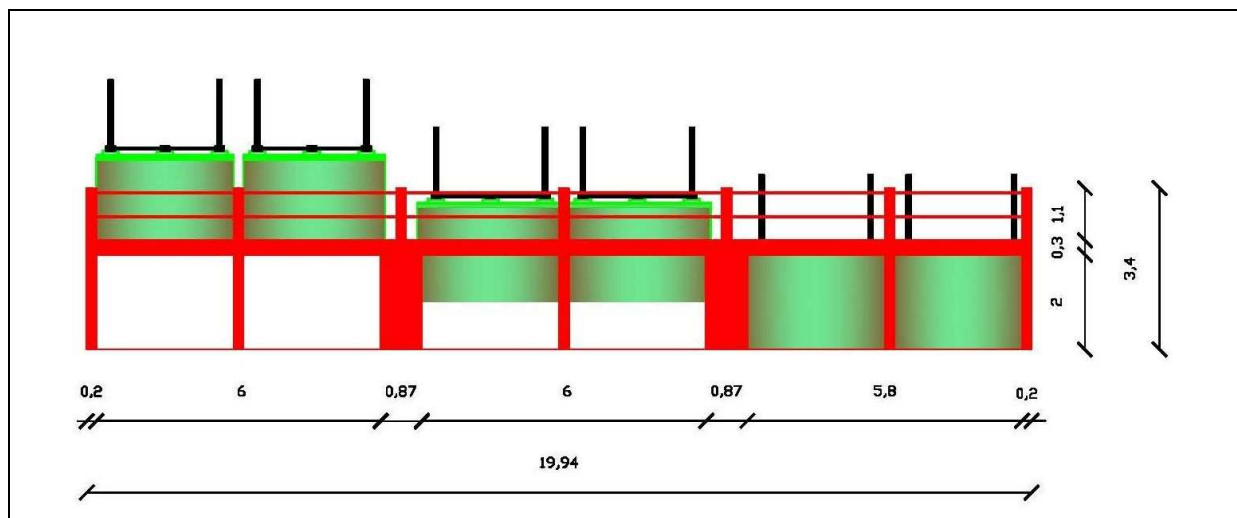


Figura 1: Prospetto traversa mobile esistente con misure.

Il quadro esistente va completato con l'inserimento di griglie grossolane di sbarramento per le quattro paratoie operative e uno scivolo in calcestruzzo sul quale verranno inserite le due coclee. Le opere elettromeccaniche da collegare alla turbina sono il moltiplicatore di giri e l'alternatore asincrono comandati da un quadro di automazione basato su un software in grado di gestire l'operatività della centrale comandando il blocco dell'impianto in caso di problemi. Si prevede l'installazione di un trasformatore e la posa di cavi e cabina necessari per il collegamento della centrale alla rete elettrica nazionale.

Essendo la sicurezza e la continuità del funzionamento della centrale due obiettivi fondamentali, si predispone la possibilità di inserire dei panconi a monte delle paratie in caso di interventi di manutenzione sulle stesse. Per la stessa motivazione, nonostante le turbine a coclea garantiscono il funzionamento in caso di rifiuti in alveo, è consigliabile l'inserimento di uno sgrigliatore mobile oleodinamico sulle griglie d'accesso al canale (figura 2).

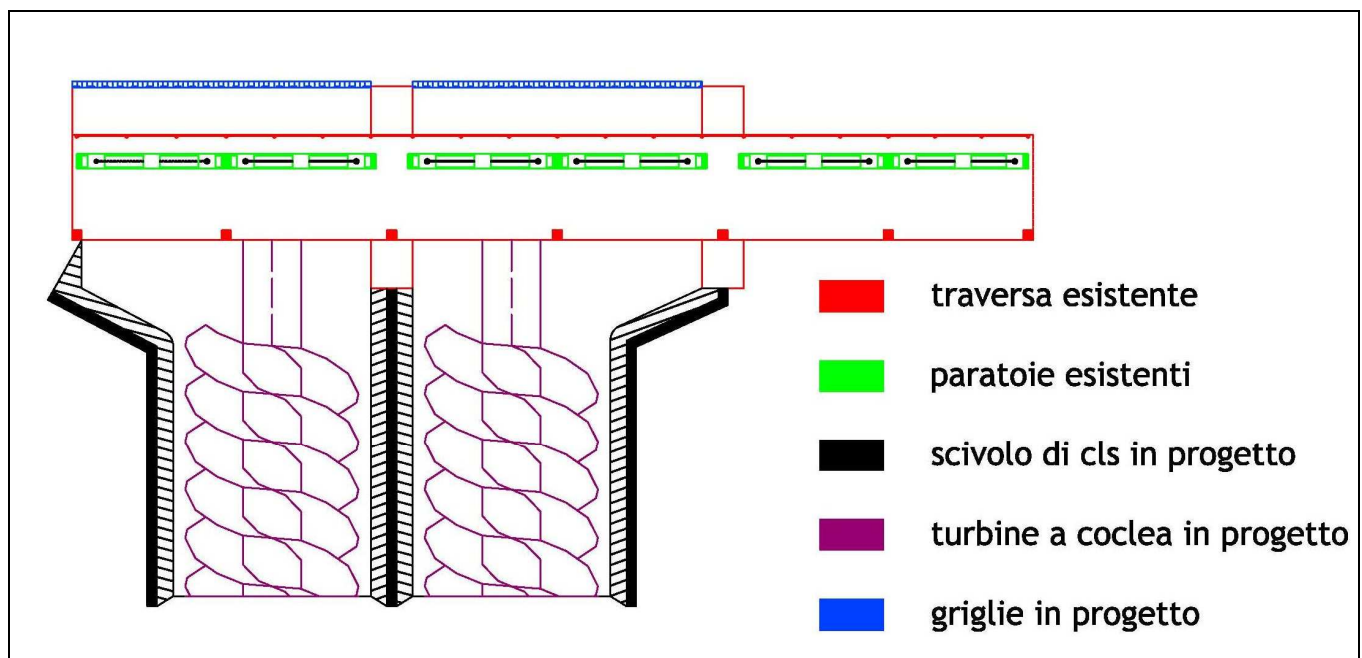


Figura 2: Pianta traversa con scivolo coclee e griglie.

Nella tabella 1 sono analizzati nel dettaglio i singoli componenti del progetto in base a dei preventivi di massima ricevuti.

Tabella 1: Elenco voci appartenenti al progetto.

ELEMENTO	OPERA	REALIZZAZIONE	DIMENSIONI	CARATTERISTICHE TECNICHE
Traversa	Civile	Esistente	Lungh. 19,94 m Largh. 2,2 m Altez. 0,2 m	Opera in calcestruzzo armato con due pile da 0,87 m x 4,2 m x 2,21 cad.

Paratoie	Idraulica	Esistente	Lungh.2,9 m Largh.0,3 m Altez.2,21 m	N. 6 paratoie elettriche di cui 4 utilizzate come opera di sbarramento a chiusura rapida
Scivolo	Civile	Progetto		Opera in calcestruzzo per incanalare il flusso d'acqua sulle turbine
Turbina	Idraulica	Progetto		N. 2 coclee idrauliche con trogolo installate negli appositi scivoli in cls.
Moltiplicatore	Elettromeccanica	Progetto		Moltiplicatore parallelo con giunti elastici alle estremità
Generatore	Elettromeccanica	Progetto		Generatore asincrono polifase con tensione da 400V
Freno	Elettromeccanica	Progetto		Freno elettromagnetico a corrente continua per arresto rapido
Griglia	Idraulica	Progetto		N. 2 griglie in acciaio zincato da 6,2 m x 2,4 m cad. e inclinazione di 60°
Sgrigliatore	Meccanica	Progetto		N.1 Sgrigliatore oleodinamico a pettine 3,1 x 3 su carroponte incluso nastro trasportatore
Quadri	Elettrica	Progetto		Quadri elettrici di automazione per BT/ MT
Collegamenti	Elettr./Civile	Progetto		Cablaggi e collegamenti con cavi e cabina

Le seguenti figure (figura 3, 4, 5,6) rappresentano rispettivamente prospetto e sezione dello scivolo e delle turbine idrauliche.

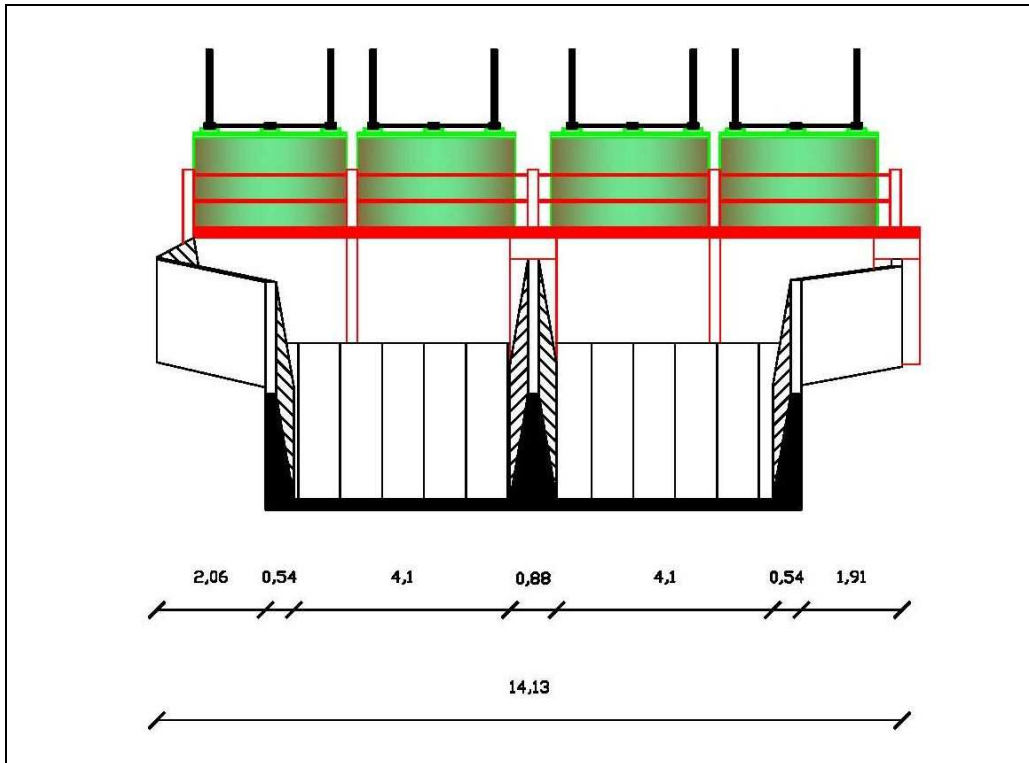


Figura 3: Prospetto scivolo con misure.

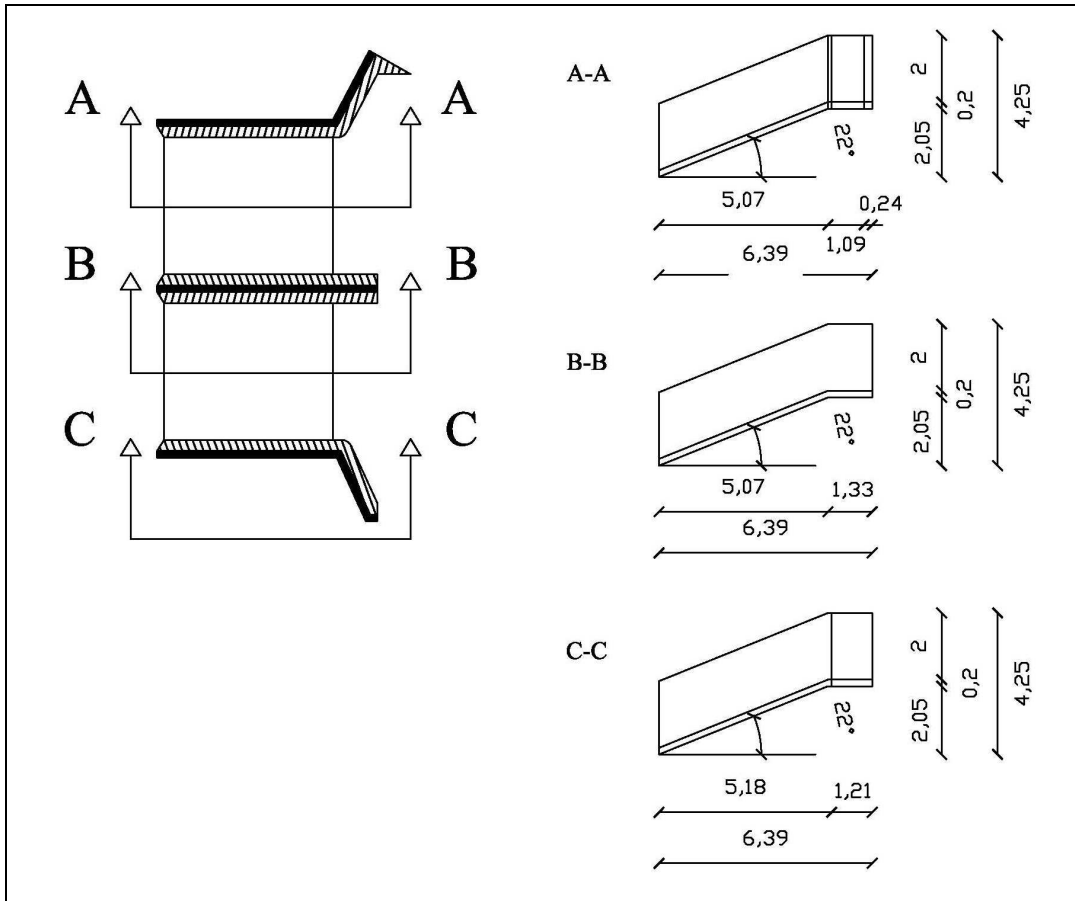


Figura 4: Sezioni scivolo.

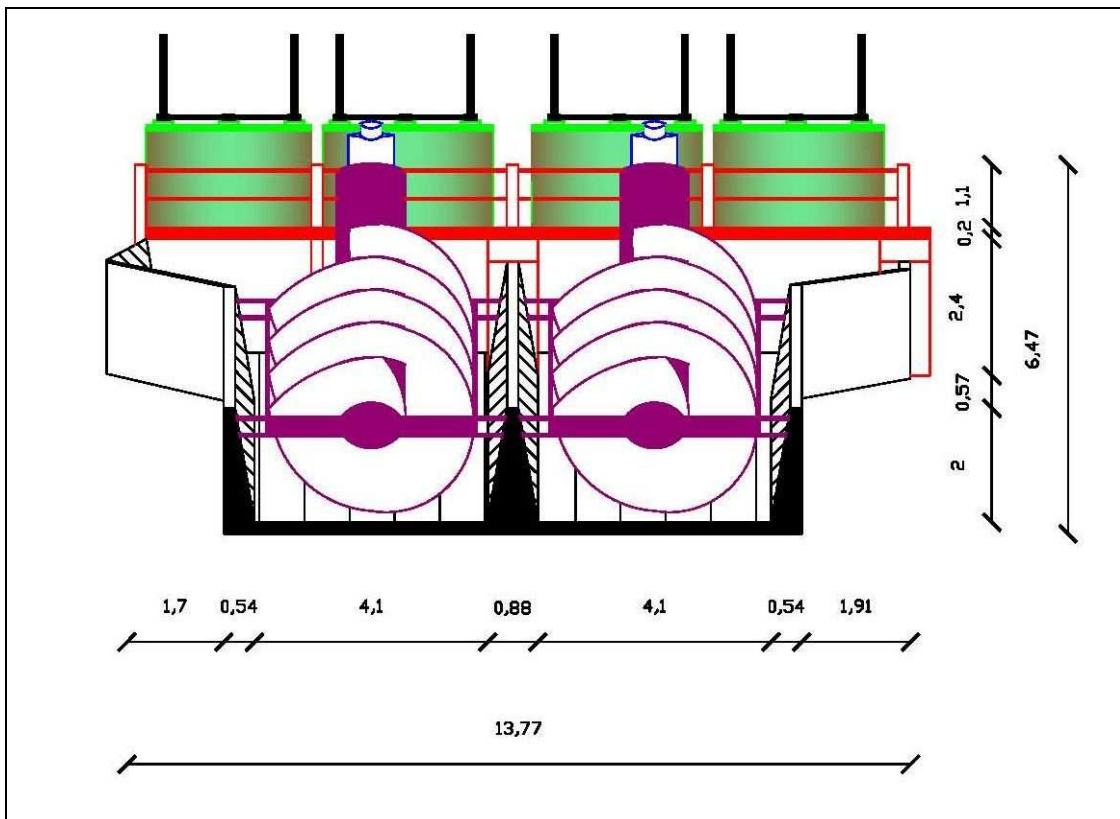


Figura 5: Prospetto area in progetto con turbina

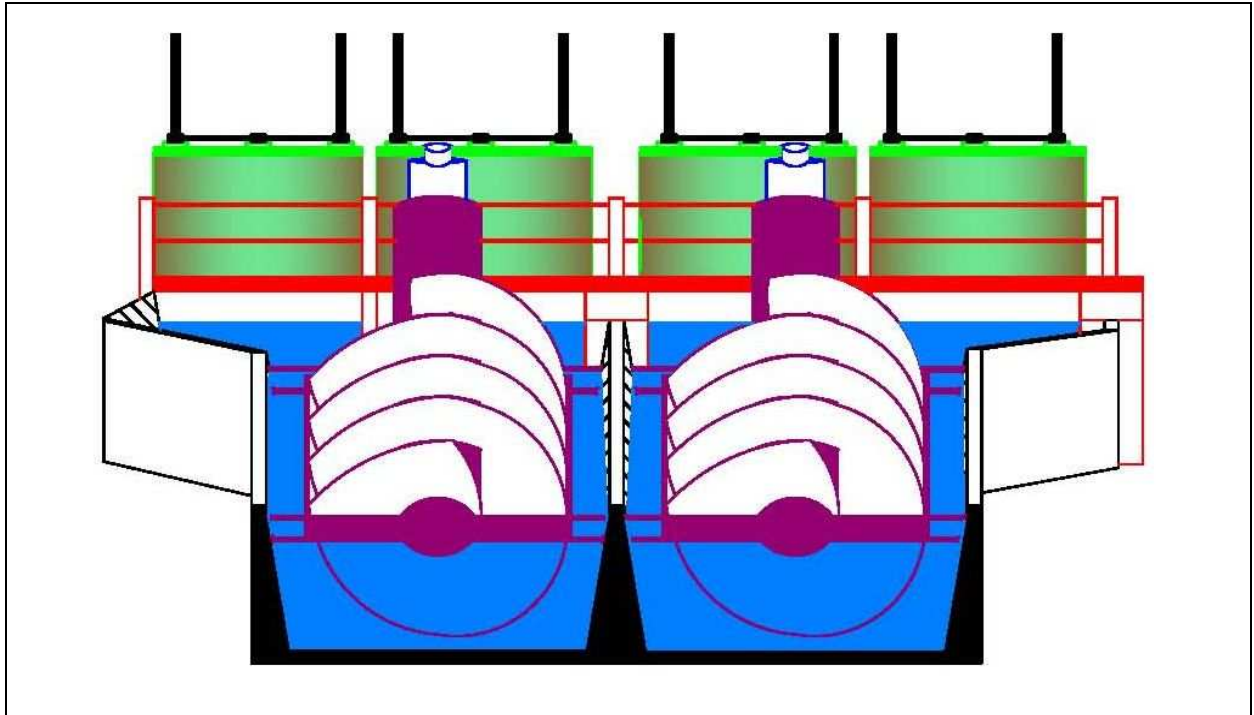


Figura 6: Prospetto opera finita.

Considerando il dato di velocità media pari a $1,2 \frac{m}{s}$ si ottiene facilmente il battente d'acqua che transita dalle quattro paratoie con la formula $Q = v \times A$ ottenendo una altezza di

- $$h = \frac{Q}{(v \times L)} = \frac{10}{(1,2 \times 11,6)} = 0,72 \text{ m}$$

Il deflusso minimo vitale di $1,57 \frac{m^3}{s}$ dovrà circolare dalle altre due paratoie le quali avranno un'altezza d'apertura, rispetto al fondo, calcolata con la formula della portata sotto battente

- $$Q = \mu \times L \times h_{\text{apertura}} \times \sqrt{(2 \times g \times h)} = 1,57 \frac{m^3}{s}$$

Dove

μ = coefficiente efflusso

L = luce totale delle paratoie

h_{apertura} = altezza dell'apertura delle paratoie

g = accelerazione di gravità

h = altezza del battente d'acqua meno metà dell'altezza dell'apertura delle paratoie

Si ricava un'altezza d'apertura delle paratoie di 0,149 m con una velocità di $1,88 \frac{m}{s}$.

All'altezza del restringimento, creato dal canale d'installazione delle coclee, si calcola l'innalzamento del battente considerando uniforme la velocità. Considerando trascurabili le

perdite di carico concentrate, si ottiene un'altezza d'acqua nel canale di circa 1 m. La verifica della struttura in caso di piena è sempre riscontrata grazie alla presenza dello sfioratore posto a monte della traversa, che entra in funzione per portate superiori ai $12-13 \frac{m^3}{s}$.

4. PRODUTTIVITA' DELL'IMPIANTO

Per valutare le prestazioni e la produttività delle turbine scelte, si sono considerate le caratteristiche tecniche fornite dall'azienda Ritz Atro GmbH di Bolzano. Il rendimento di una vite perpetua (coclea) a forza idraulica funzionante con salto $H= 2$ m è riportato nella tabella 2.

Tabella 2: Rendimenti di una vite perpetua a forza idraulica

Portata	η Cóclea	η Moltiplicatore	η Generatore	η Totale	η Cóclea	P Generatore
(mc/s)	(%)	(%)	(%)	(%)	(kW)	(kW)
6,11	85%	95,00%	96%	75%	102,23	89,54
5,26	86%	95,00%	96%	75%	83,03	72,72
4,47	85%	94,50%	96%	74%	61,73	54,07
3,47	83%	94,00%	94%	70%	38,63	33,83

Il rendimento globale, funzione della portata turbinata, è dovuto al prodotto dei rendimenti dei singoli componenti: coclea (85-83%), moltiplicatore (95-94%) e generatore (96-94%).

La potenza massima ai morsetti del generatore per ogni turbina risulta di 89,54 KW.

La producibilità annua è stata stimata utilizzando la curva di durata delle portate e valutando in quali periodi vale la pena interrompere il funzionamento di una delle due turbine. La producibilità nominale media annua è stimata come:

$$\text{Producibilità media annua} = \sum_{\Delta t=1}^{365} \eta \cdot Q \cdot H \cdot 9.81 \cdot 24 \cdot \Delta t = 811.253 \text{ [KWh]}$$

Di seguito (tabella 3) è riportata la simulazione di funzionamento con le portate medie giornaliere dell'anno medio.

Tabella 3: Ipotesi di funzionamento e producibilità dell'impianto nell'anno medio

Giorni sup	Portate	Sfruttabile	1 turbina	2 turbine		Producibilità
[gg]	[m³/s]	[m³/s]	[kW]	[kW]		[kWh]
1	15,84	12,00	0,00	176,58	2 turbine	41399
10	12,55	12,00	0,00	176,58	2 turbine	38141
20	10,89	10,89	0,00	160,30	2 turbine	36788
30	10,18	10,18	0,00	149,79	2 turbine	34977
40	9,73	9,73	0,00	143,12	2 turbine	33107
50	9,14	9,14	0,00	134,44	2 turbine	30598
60	8,55	8,55	0,00	124,15	2 turbine	29137

70	8,27	8,27	0,00	120,06	2 turbine	27938
80	7,85	7,85	0,00	113,94	2 turbine	26878
90	7,57	7,57	0,00	109,85	2 turbine	25862
100	7,33	7,33	0,00	106,44	2 turbine	25128
110	7,15	7,15	0,00	103,75	2 turbine	24042
120	6,82	6,82	0,00	93,70	2 turbine	22217
130	6,67	6,67	0,00	91,63	2 turbine	21487
140	6,46	6,46	0,00	88,72	2 turbine	21312
150	6,38	6,38	0,00	87,62	2 turbine	21151
160	6,12	6,12	0,00	84,03	2 turbine	21033
170	6,02	6,02	88,63	82,72	1 turbina	20670
180	5,91	5,91	86,94	81,15	1 turbina	20403
190	5,80	5,80	85,28	79,60	1 turbina	20300
200	5,71	5,71	83,96	78,36	1 turbina	19955
210	5,58	5,58	82,17	76,69	1 turbina	19569
220	5,51	5,51	81,05	75,65	1 turbina	19156
230	5,39	5,39	79,27	73,99	1 turbina	18860
240	5,27	5,27	77,60	72,43	1 turbina	18454
250	5,18	5,18	76,29	71,20	1 turbina	17980
260	5,01	5,01	73,78	68,86	1 turbina	17587
280	4,82	4,82	70,96	66,23	1 turbina	17211
290	4,66	4,66	68,62	64,05	1 turbina	16744
300	4,50	4,50	66,27	61,85	1 turbina	16136
310	4,34	4,34	63,07	59,66	1 turbina	15361
320	4,17	4,17	60,62	57,34	1 turbina	14791
330	3,98	3,98	57,76	54,64	1 turbina	14197
340	3,82	3,82	55,51	52,51	1 turbina	13586
350	3,51	3,51	50,97	48,22	1 turbina	12771
360	3,24	3,24	44,43	44,43	1 turbina	11255
365	2,93	2,93	40,30	40,30	1 turbina	5070

	Rendimento
	75%
	74%
	70%

Produttività annua	811253	kWh/anno
-----------------------	--------	----------

Come è mostrato nella terza colonna, il range delle portate sfruttabili con queste ipotesi progettuali è tra i 12,00 mc/s e i 2,93 mc/s. Osservando le colonne 4 e 5, si possono confrontare le potenze generate rispettivamente da una sola turbina o da entrambe in simultanea. Si ipotizza che il funzionamento di entrambe le turbine comporti una uguale ripartizione della portata. Dalla simulazione si evince che l'utilizzo di due macchine sarebbe giustificato per 160 giorni anno, mentre, per la restante parte dell'anno, il basso rendimento

delle due macchine (ad ognuna sarebbe convogliata la portata massima di 3 mc/s) giustificerebbe il funzionamento di una sola turbina.

La curva di durata delle portate sfruttabili dell'impianto rispetto alla curva di durata delle portate del Lambro alla sezione di via Idro è mostrata di seguito (figura 7).

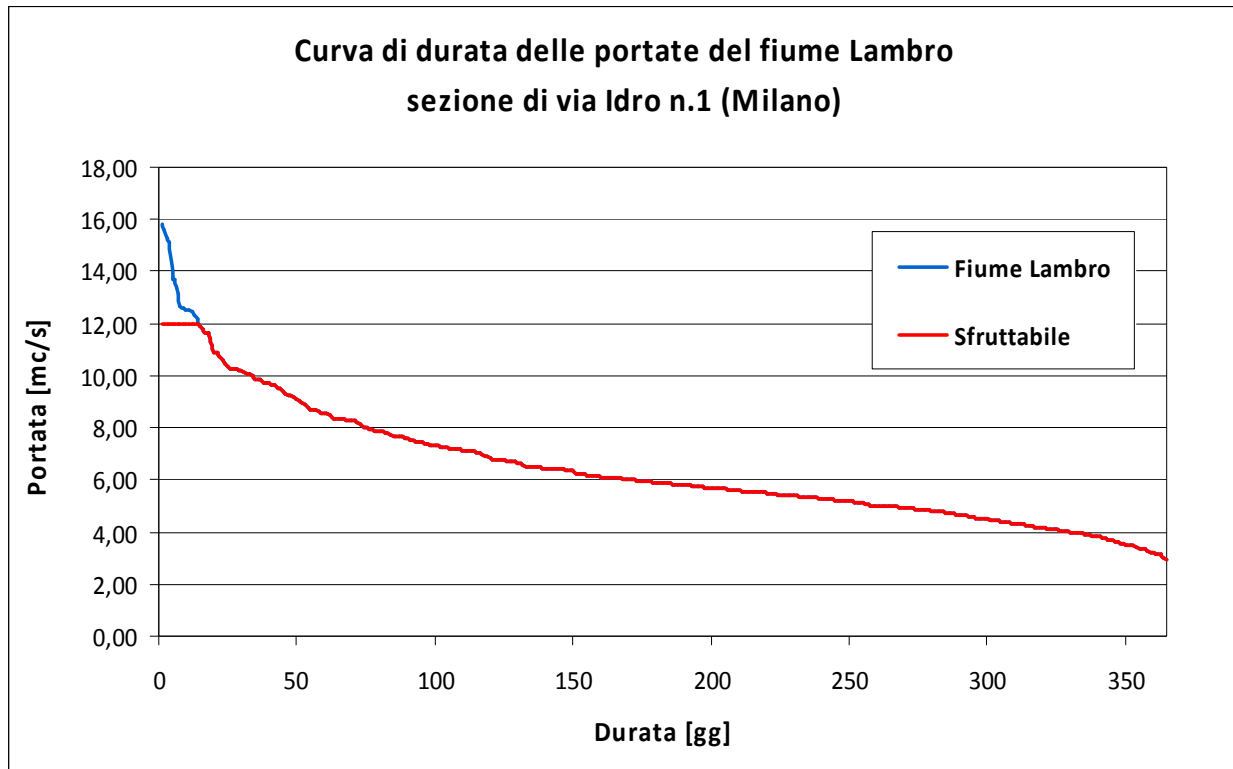


Figura 7: Curva di durata delle portate alla sezione di via Idro e potenziale sfruttamento

Il volume medio annuo turbinato è pari a 202.204.363 mc, la portata media turbinata pari a 6,41 mc/s.

Conoscendo la producibilità è possibile calcolare i ricavi annui. Considerando che, per gli impianti di potenza inferiore al MW, l'energia prodotta viene venduta, come normato dalla Legge 244/07, ad una tariffa omnicomprensiva di $0,22 \text{ €/kWh}$ è possibile valutarne i proventi.

$$\text{Ricavi annui} = \text{Producibilità annua} \times 0,22 = 811253 \times 0,22 = 178.450 \text{ €}$$