

# COMUNE DI CARPIGNANO SESIA (NO)



**ACQUA  
NOVARA.VCO  
S.p.A.**

Via Triggiani, 9 - 28100 NOVARA (NO)  
Tel. 0321 413111 - Fax. 0321 458729  
@mail: info@acquanovaravco.eu  
@pec: segreteria@pec.acquanovaravco.eu

TITOLO COMMESSA:

## **ADEGUAMENTO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI CARPIGNANO SESIA - VIA TORINO**

OGGETTO:

### **Relazione generale di calcolo idraulico e di processo**

SCALA:

-

AVANZAMENTO PROGETTO:

**Definitivo**

DATA REV. N° 0:

**Novembre 2022**

REV. N°	MODIFICHE	DATA
1		
2		
3		
4		

RIF N° COMMESSA: **W01N 10044152**

CUP: **D38B23000330005**

DIRETTORE TECNICO: ING. GIUSEPPE CARANTI  
IL RUP: ING. GIUSEPPE CARANTI

**PROPRIETA' RISERVATA**

**QUESTO DISEGNO NON PUO' ESSERE RIPRODOTTO NE' COMUNICATO A TERZI SENZA  
AUTORIZZAZIONE DI ACQUA NOVARA VCO s.p.a.**

**IL PROGETTISTA**

ORDINE DEGLI INGEGNERI  
DELLA PROVINCIA DI TRENTO  
*Angelo Cantatore*  
Ingegnere civile e ambientale, industriale e dell'informazione  
Iscritto al N. 2532 d'Albo - Sezione A degli Ingegneri



Via dei Palustei 16 - 38121 Trento (TN)  
Tel. 0461 825966 - Fax: 0461 825966  
web. www.etc-eng.it - e-mail: info@etc-eng.it

ELABORATO N°:

**D-R-110-05**



## INDICE

---

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ESISTENTE.....</b>	<b>3</b>
2.1	Inquadramento dell'impianto .....	3
2.2	Stato attuale dell'impianto .....	3
<b>3</b>	<b>DATI DI PROGETTO .....</b>	<b>7</b>
3.1	Caratteristiche quantitative e qualitative del refluo .....	7
3.2	Limiti allo scarico .....	9
<b>4</b>	<b>DESCRIZIONE INTERVENTI DI PROGETTO .....</b>	<b>10</b>
4.1	Sintesi degli interventi di progetto .....	11
4.2	Filiera di trattamento di progetto .....	11
<b>5</b>	<b>VERIFICHE DI PROCESSO .....</b>	<b>12</b>
5.1	Sezione di degrassatura .....	12
5.2	Sedimentazione primaria in vasca Imhoff .....	13
<b>6</b>	<b>VERIFICHE IDRAULICHE .....</b>	<b>17</b>
6.1	Criteri generali di dimensionamento idraulico .....	17
6.1.1	<i>Tubazioni in pressione .....</i>	<i>17</i>
6.1.2	<i>Moto a pelo libero .....</i>	<i>18</i>
6.1.3	<i>Stramazzi.....</i>	<i>19</i>
6.2	Risultati dei calcoli idraulici nello scenario di progetto.....	20
6.2.1	<i>Dimensionamento dei collegamenti tra le diverse sezioni impiantistiche .....</i>	<i>20</i>
6.2.2	<i>Sollevamenti meccanici .....</i>	<i>23</i>
<b>7</b>	<b>CRITERI DI PROGETTAZIONE E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI.....</b>	<b>26</b>
7.1	Criteri di progettazione di strutture e impianti .....	26
7.2	Caratteristiche dei materiali impiegati .....	26
7.2.1	<i>Piping e tubazioni interrate .....</i>	<i>27</i>
7.2.2	<i>Opere elettriche .....</i>	<i>28</i>
<b>8</b>	<b>QUADRO ECONOMICO.....</b>	<b>29</b>

## 1 PREMESSA

---

La presente relazione rappresenta la relazione generale di calcolo idraulico e di processo, prevista ai sensi dell'Art. 25 del DPR 207/10, del progetto definitivo di *adeguamento dell'impianto di depurazione di Carpignano Sesia*.

L'attuale impianto tratta le acque reflue civili derivanti da una frazione di Carpignano Sesia ed ha una potenzialità pari a 500 AE.

La società AcquaNovara VCO (di seguito ANV), gestore del servizio idrico integrato comunale del Comune di Carpignano Sesia (NO), ha aggiudicato ad ETC Engineering l'incarico di redigere il Progetto Definitivo per l'incremento della potenzialità dell'impianto di depurazione di Carpignano Sesia passando da 500 AE a 1150 AE. L'aumento di potenzialità è dovuto al collettamento presso l'impianto dei reflui sollevati dalla stazione di sollevamento di Portino.

La relazione illustra la localizzazione e descrive l'impianto di depurazione esistente (Capitolo 2), il quadro dei dati di progetto e i limiti allo scarico da rispettare (Capitolo 3). Vengono poi descritti gli interventi di progetto (Capitolo 4), riportando le verifiche di processo effettuate per i comparti di trattamento di progetto (Capitolo 5) e le verifiche idrauliche (Capitolo 6). Gli ultimi capitoli sono invece dedicati alla descrizione dei criteri di progettazione seguiti (Capitolo 7) e al quadro economico (Capitolo 8).

## 2 DESCRIZIONE DELL'IMPIANTO ESISTENTE

### 2.1 INQUADRAMENTO DELL'IMPIANTO

L'impianto di depurazione di Carpignano Sesia (NO) è situato in via Torino, a OVEST rispetto al centro abitato di Carpignano Sesia.

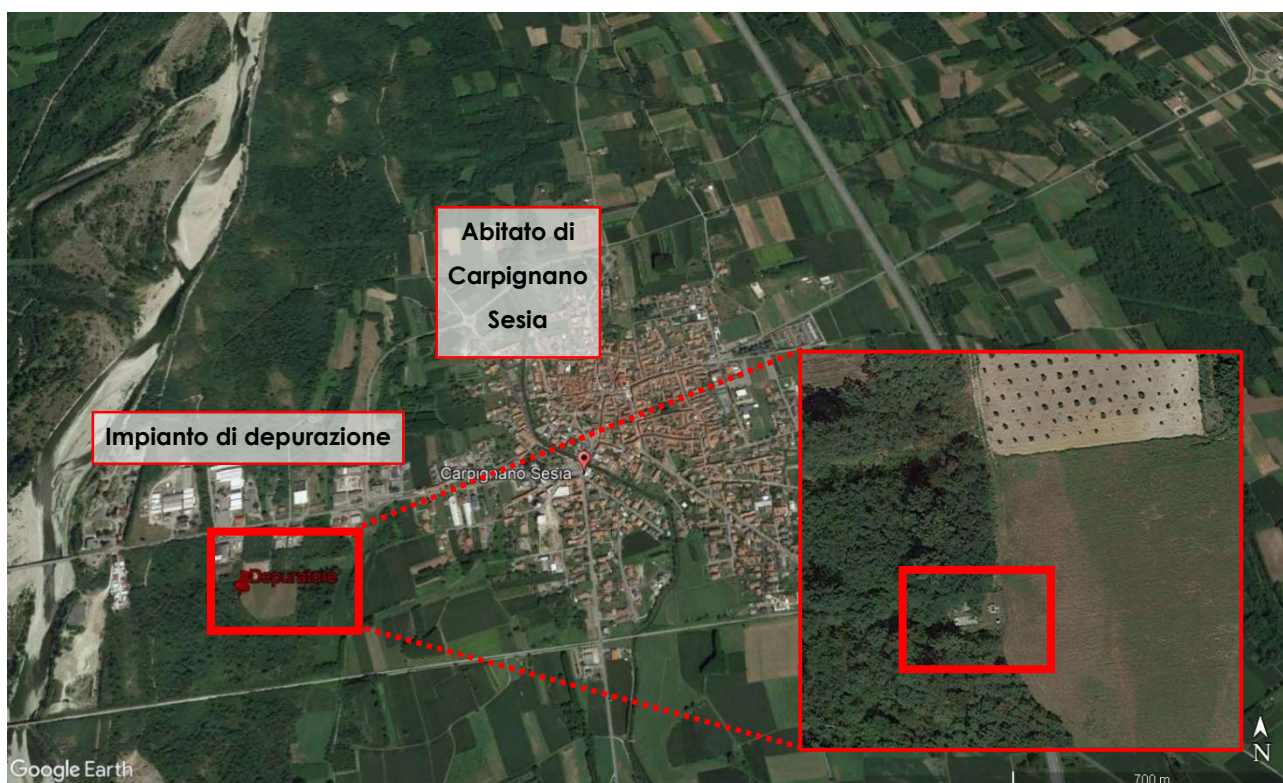


Figura 1: Localizzazione impianto di Carpignano Sesia rispetto al centro abitato.

L'impianto fu costruito per una **potenzialità di 500 AE**. Il **bacino di utenza** è costituito dalla popolazione residente nel comune di **Carpignano Sesia**.

La rete fognaria afferente all'impianto è di tipo misto e non vi sono attività industriali i cui scarichi sono referenti all'impianto di depurazione.

### 2.2 STATO ATTUALE DELL'IMPIANTO

Allo stato attuale la filiera di processo prevede:

- Condotto fognario in PVC;
- Stazione di sollevamento caratterizzata da due pompe (1+1R) per il rilancio delle acque reflue marca ABS modello AFP 0831-3-M15/4, poste in una vasca con capacità pari a 55 m<sup>3</sup> (volume utile 43.6 m<sup>3</sup>);



- Due vasche Imhoff aventi un volume di 46.88 m<sup>3</sup> ciascuna;
- Condotto di scarico in PVC con diametro interno pari a 200 mm per lo scarico delle acque chiarificate nella Roggia Biraga.

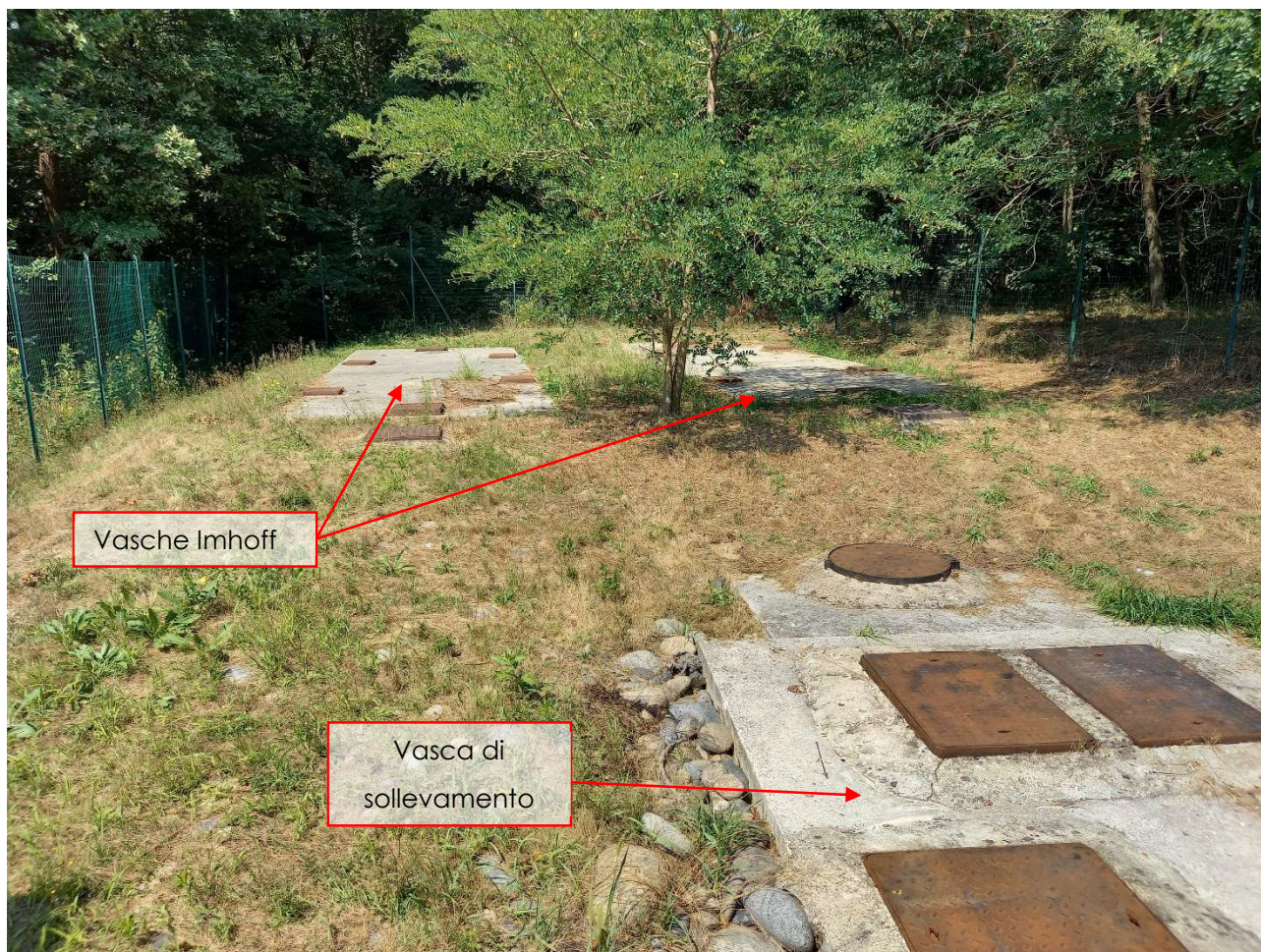


Figura 2: Vista dell'impianto di Carpignano Sesia allo stato attuale.

ANV ha fornito a ETC le analisi dei principali macroinquinanti dal 2018 al 2022, con una media di n.4 campionamenti all'anno. I valori misurati sono riportati in Tabella 1. Come è possibile osservare, il refluo attualmente in ingresso impianto è caratterizzato da concentrazioni di macroinquinanti molto diluite, imputabili probabilmente alla presenza di acque parassite lungo la rete fognaria e infiltrazioni di acque di irrigazione dei campi limitrofi.

Tabella 1: Concentrazioni di macroinquinanti del refluo in ingresso – analisi di laboratorio

DATA	Azoto totale [mg/L]	BOD5 [mg/L]	COD [mg/L]	Fosforo totale [mg/L]	Solidi sospesi totali [mg/L]
01/02/2018	-	32	70	0.97	35
16/05/2018	-	38.4	57.7	0.62	18.4
24/08/2018	-	29	46.4	0.5	25.2
03/12/2018	-	4	7.77	-	9.2
17/12/2018	-	4	10.6	-	5
14/01/2019	-	40.6	60.7	-	20.7
04/02/2019	-	29	30.9	-	237.4
13/05/2019	-	21.3	24.3	-	14.4
22/08/2019	-	4	6.34	-	5
03/02/2020	-	6	17	0.22	6
11/05/2020	-	60	87	0.63	100
07/09/2020	-	7	31	0.3	6
23/11/2020	6.87	8	25	0.67	4
18/01/2021	5.87	5	17	0.35	8
18/05/2021	3.65	5	6	0.48	4
31/08/2021	3.17	11	22.6	0.26	4
30/11/2021	5.45	15	30.1	0.38	13
01/02/2022	5.92	-	9	0.41	4
<b>media</b>	-	<b>18,78</b>	<b>31,08</b>	<b>0,48</b>	<b>28,85</b>
<b>85%percentile</b>	-	<b>35,84</b>	<b>47,53</b>	<b>0,59</b>	<b>29,61</b>

Per quanto riguarda la caratterizzazione quantitativa del refluo in ingresso, ANV ha fornito ad ETC le ore di funzionamento delle pompe di sollevamento, da cui è possibile ricavare in modo indicativo, la portata giornaliera sollevata, considerando come valore medio sollevato la portata di targa di 30 mc/h. In Figura 3 è visibile l'andamento della portata giornaliera sollevata dalle pompe: come è possibile osservare, vi è una forte fluttuazione giornaliera, a causa della fognatura di tipo misto e alla presenza di acque parassite/di infiltrazione.

Nel successivo calcolo del valore medio, massimo e minimo sollevato, riportato in Tabella 2, sono stati esclusi i picchi superiori a 1000 mc/d, ipotizzati come eventi eccezionali attribuibili a piogge intense o irrigazione dei campi limitrofi.

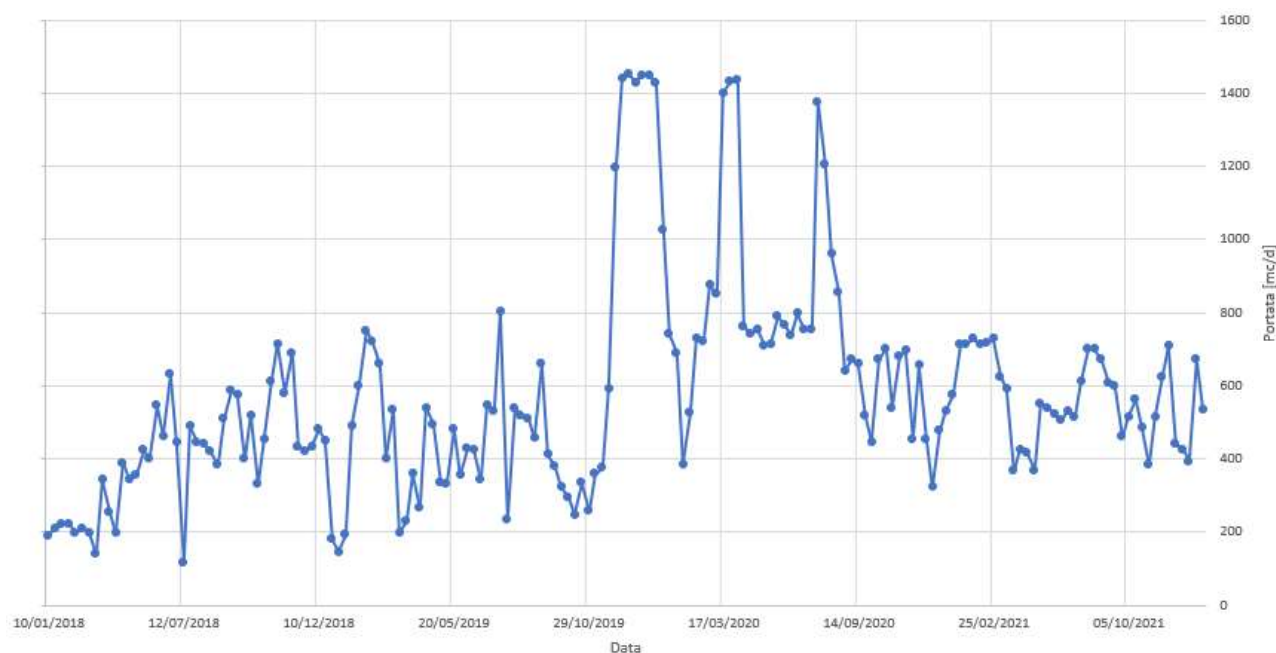


Figura 3: Andamento della portata giornaliera sollevata dalle pompe in ingresso al depuratore di Carpignano Sesia

Tabella 2: Portate giornaliere sollevate dalla stazione di sollevamento in ingresso impianto.

Parametro	Unità di misura	Valore
<i>Portate</i>		
Potenzialità impianto	AE	500
<b>Portata media giornaliera</b>	<b>m<sup>3</sup>/d</b>	<b>509</b>
	<b>m<sup>3</sup>/h</b>	<b>21</b>
Portata minima sollevata	m <sup>3</sup> /d	117
	m <sup>3</sup> /h	5
<b>Portata massima sollevata</b>	<b>m<sup>3</sup>/d</b>	<b>960</b>
	<b>m<sup>3</sup>/h</b>	<b>40</b>



### 3 DATI DI PROGETTO

---

Lo scopo del presente progetto è quello di aumentare la potenzialità di trattamento dagli attuali 500 AE a 1150 AE, in seguito al collettamento dei reflui sollevati dalla stazione di sollevamento di Portino. La stazione di Portino è attualmente autorizzata a sollevare una portata massima di 910 m<sup>3</sup>/d, mentre la portata media è di 182 m<sup>3</sup>/d.

#### 3.1 CARATTERISTICHE QUANTITATIVE E QUALITATIVE DEL REFLUO

Nello scenario di progetto il depuratore di Carpignano Sesia continuerà a ricevere i reflui attuali, a cui si sommeranno quelli sollevati dalla stazione di sollevamento di Portino.

Di conseguenza **la portata media di progetto è stata calcolata come sommatoria tra la portata media sollevata dalle pompe (509 m<sup>3</sup>/d) e quella media autorizzata per la stazione di Portino (182 m<sup>3</sup>/d), per un valore di 691 m<sup>3</sup>/d.** Analogamente è stato fatto per la **portata massima da avviare a depurazione, sommando ai 960 m<sup>3</sup>/d attuali i 910 m<sup>3</sup>/d autorizzati alla stazione di Portino, ottenendo 1870 m<sup>3</sup>/d.**

Si sottolinea che tale valore di portata media è comprensivo anche delle acque parassite e di eventuali infiltrazioni della rete fognaria, e non corrisponde quindi alla portata media nera di tempo secco calcolata rispetto alla potenzialità di progetto, considerando dotazione idrica di 250 L/AE/d e coefficiente di afflusso unitario, per un valore di 287.5 m<sup>3</sup>/d.

Inoltre, la portata massima che sarà avviata a trattamento in tempo di pioggia, sarà superiore rispetto a quanto previsto dall'art.6 della L.R. 13/90 e s.m.i, secondo la quale deve essere garantito il trattamento per una portata almeno pari a 5 volte la portata media nera di tempo secco, per un valore di 1437,5 m<sup>3</sup>/d.

Per quanto riguarda le concentrazioni di macroinquinanti in ingresso impianto non sono disponibili analisi sul refluo della stazione di Portino. Esse sono quindi state determinate a partire dagli apporti pro-capite tipici di letteratura. **Le concentrazioni di progetto sono poi state determinate come media pesata tra quelle del refluo attuale, dove a favore di sicurezza è stato considerato l'85° percentile delle concentrazioni attualmente misurate in ingresso impianto, e quelle da letteratura per il refluo futuro.**

Si riportano in Tabella 3 le caratteristiche qualitative e quantitative del refluo attuale, del refluo sollevato da Portino e quelle utilizzate per le verifiche di progetto dell'impianto.



Tabella 3: Caratteristiche quantitative e qualitative del refluo in ingresso utilizzate per le verifiche dell'impianto.

Parametro	Unità di misura	Valore
<b><u>REFLUO ATTUALE</u></b>		
<i><u>Portate</u></i>		
Potenzialità impianto	AE	500
Portata media giornaliera (da funzionamento pompe)	m <sup>3</sup> /d	509
	m <sup>3</sup> /h	21
Portata massima in tempo di pioggia attuale (da funzionamento pompe)	m <sup>3</sup> /d	960
	m <sup>3</sup> /h	40
<i><u>Concentrazione inquinanti in ingresso (85° percentile)</u></i>		
Sostanza organica come BOD <sub>5</sub>	mg/L	35.84
Sostanza organica come COD	mg/L	59.05
Azoto totale (TN)	mg/L	6.16
Solidi sospesi totali	mg/L	29.61
Fosforo totale	mg/L	0.64
<b><u>REFLUO FUTURO (DA STAZIONE SOLLEVAMENTO PORTINO)</u></b>		
<i><u>Portate</u></i>		
Potenzialità	AE	650
Portata media giornaliera	m <sup>3</sup> /d	182
	m <sup>3</sup> /h	8
Portata massima	m <sup>3</sup> /d	910
	m <sup>3</sup> /h	38
<i><u>Concentrazione inquinanti in ingresso (da letteratura)</u></i>		
Sostanza organica come BOD <sub>5</sub> (apporto pro-capite 60 g/AE/d)	mg/L	240
Sostanza organica come COD (apporto pro-capite 120 g/AE/d)	mg/L	480
Azoto totale TN (apporto pro-capite 12 g/AE/d)	mg/L	48
Solidi sospesi totali SST (apporto pro-capite 00 g/AE/d)	mg/L	360
Fosforo totale TP (apporto pro-capite 2 g/AE/d)	mg/L	8
<b><u>REFLUO DI PROGETTO</u></b>		
<i><u>Portate (sommatoria)</u></i>		
Potenzialità di progetto	AE	1150
Portata media giornaliera di progetto	m <sup>3</sup> /d	691
	m <sup>3</sup> /h	29
Portata massima in tempo di pioggia di progetto	m <sup>3</sup> /d	1870
	m <sup>3</sup> /h	78
<i><u>Concentrazione inquinanti in ingresso (media pesata)</u></i>		
Sostanza organica come BOD <sub>5</sub>		90
Sostanza organica come COD		170
Azoto totale TN		17
Solidi sospesi totali SST		117
Fosforo totale TP		2.6

#### Carichi inquinanti in ingresso

Sostanza organica come BOD <sub>5</sub>	kg/d	62
Sostanza organica come COD	kg/d	117
Azoto totale (TKN)	kg/d	12
Solidi sospesi totali	kg/d	81
Fosforo totale	kg/d	2

### 3.2 LIMITI ALLO SCARICO

L'impianto di depurazione di Carpignano Sesia deve rispettare i limiti allo scarico previsti dalla Tab. 2.IV dell'Allegato 2 della L.R. 13/90 e s.m.i.

Tabella 4: Limiti allo scarico per l'effluente dell'impianto di depurazione.

Parametro	Unità di misura	Valori
Sostanza organica come COD	mgCOD/L	300
Sostanza organica come BOD <sub>5</sub>	mgBOD <sub>5</sub> /L	80
Solidi sospesi totali (SST)	mgSST/L	200
Azoto totale (TN)	mgN/L	-
Azoto ammoniacale come NH <sub>4</sub>	mgNH <sub>4</sub> /L	60
Azoto nitroso come N-NO <sub>2</sub>	mg N-NO <sub>2</sub> /L	-
Azoto nitrico come N-NO <sub>3</sub>	mg N-NO <sub>3</sub> /L	-
Fosforo totale (TP)	mgP/L	20

## 4 DESCRIZIONE INTERVENTI DI PROGETTO

Il presente Progetto Definitivo nasce dall'esigenza di Acqua Novara VCO di incrementare la potenzialità dell'impianto di depurazione di Carpignano Sesia passando da 500 AE a 1150 AE, a causa del collettamento dei reflui provenienti dalla stazione di sollevamento di Portino, mantenendo la stessa tipologia di trattamento, realizzato tramite vasche Imhoff.

L'attuale sedime dell'impianto (collocato nella particella catastale n.89, Foglio 22 del Comune di Carpignano Sesia) non è caratterizzato da spazi consoni per l'adeguamento in oggetto. Conseguentemente si rende necessario l'utilizzo di una parte di terreno esterna, collocata lungo il lato sud, sempre di proprietà del Comune di Carpignano Sesia (Figura 4). Tale territorio, ricadente sempre all'interno della particella catastale n.89, è attualmente occupato da bosco non soggetto a tutele e vincoli, come emerso dall'analisi cartografica riportata nell'elaborato *D-R-220-05\_Studio di fattibilità ambientale e inserimento urbanistico*.

**Il progetto in esame non deve quindi essere sottoposto a pratica di esproprio.**

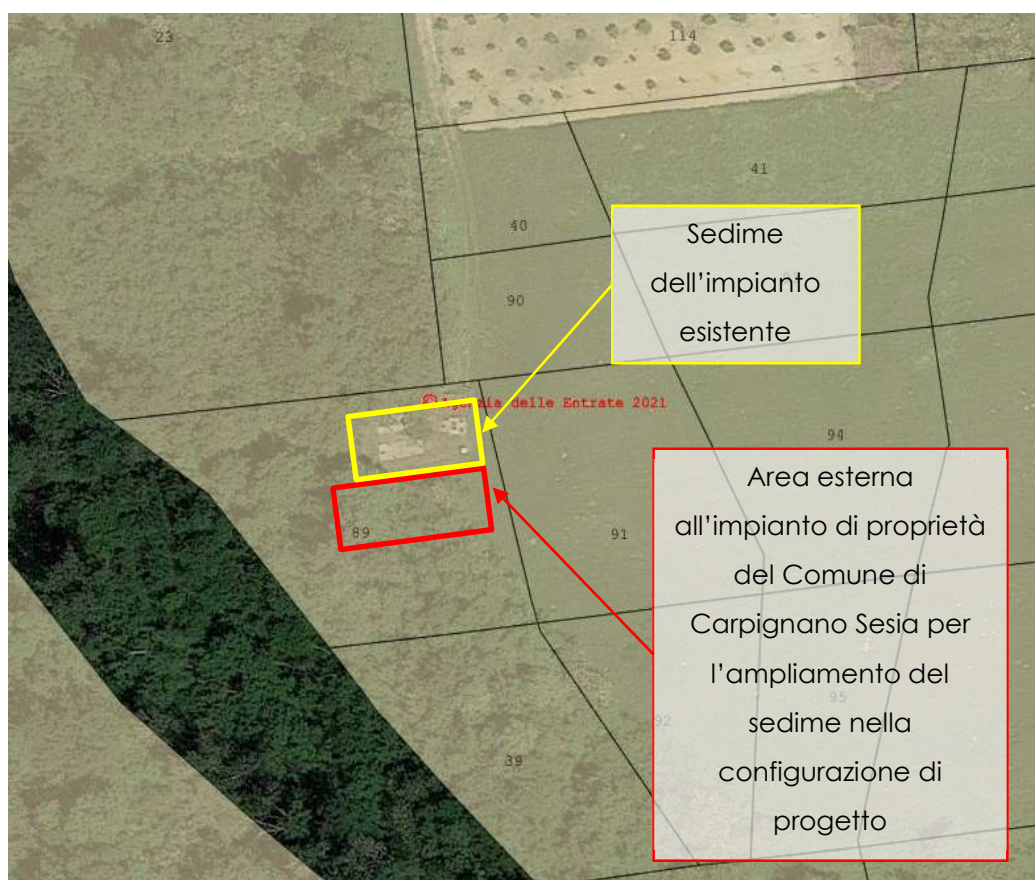


Figura 4: Inquadramento su ortofoto del sedime dell'impianto nello stato attuale e di progetto e sovrapposizione con mappa catastale.

#### 4.1 SINTESI DEGLI INTERVENTI DI PROGETTO

Per l'adeguamento dell'impianto alla nuova potenzialità di progetto si prevedono i seguenti interventi:

- Installazione di n.1 pompa di riserva (100-PS-101 R) nel sollevamento iniziale;
- Realizzazione di un pozzetto ripartitore della portata sollevata dalle pompe del sollevamento iniziale. Il pozzetto sarà composto da due soglie fisse a stramazzo con lamiera metallica: una soglia ripartirà la portata da avviare ai trattamenti ( $Q_{max} = 78 \text{ m}^3/\text{h}$ ), che sarà misurata tramite l'installazione di un misuratore di livello radar (100-LIT-101), mentre l'altra soglia sarà adibita al by-pass dell'eventuale portata eccedente la  $Q_{max}$ ;
- Installazione di una griglia a barre verticali a pulizia manuale con luce da 25 mm (100-GR-101), collocata sul by-pass impianto. La portata by-passata sarà inviata direttamente a scarico, nel pozzetto di uscita impianto;
- Realizzazione di un nuovo comparto prefabbricato e carrabile di degrassatura per la rimozione delle sostanze flottanti contenute nel refluo;
- Realizzazione di due nuove vasche di trattamento Imhoff prefabbricate, ciascuna preceduta da un pozzetto per l'alloggiamento delle valvole a ghigliottina;
- Realizzazione di un pozzetto prefabbricato di uscita impianto, in cui saranno convogliati gli effluenti di tutte le vasche Imhoff (esistenti e di progetto) e l'eventuale portata di by-pass impianto, adibito anche al campionamento del refluo.

#### 4.2 FILIERA DI TRATTAMENTO DI PROGETTO

La filiera di trattamento risultante dagli interventi precedentemente elencati è composta dalle seguenti sezioni:

- Sollevamento iniziale esistente del refluo in arrivo da fognatura mista;
- Pozzetto ripartitore della portata da avviare ai successivi trattamenti e eventuale by-pass dell'impianto con grigliatura manuale a barre verticali;
- Comparto di degrassatura;
- Comparto di trattamento primario con n.4 vasche Imhoff;
- Pozzetto di scarico e campionamento.



## 5 VERIFICHE DI PROCESSO

In questo capitolo si riportano i risultati dei calcoli di processo effettuati finalizzati all'adeguamento dell'impianto di Carpignano Sesia. Nella trattazione si fa riferimento separatamente alle diverse sezioni impiantistiche che compongono la filiera di processo, descrivendo anche i relativi principi di funzionamento e le soluzioni progettuali di cui si prevede l'implementazione.

### 5.1 SEZIONE DI DEGRASSATURA

Il comparto di degrassatura è costituito da una vasca di calma nella quale le acque reflue stazionano per un tempo sufficiente a permettere la separazione dei solidi sospesi.

L'area della sezione efficace del comparto è stata dimensionata in modo da garantire il tempo di ritenzione minimo necessario al processo di degrassatura. In Tabella 5 si riportano i risultati delle verifiche del comparto.

Tabella 5: Dati di verifica comparto di dissabbiatura

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Dati di progetto</u>		
Portata media trattata ( $Q_m$ )	m <sup>3</sup> /h	29
Portata di pioggia da avviare a trattamento preliminare $Q_{max}$	m <sup>3</sup> /h	78
Numero linee	-	1
<u>Valori di riferimento da letteratura</u>		
Tempo di ritenzione idraulica minimo per $Q_m$	min	10
Tempo di ritenzione idraulica minimo per $Q_{max}$	min	3
<u>Dimensione comparto</u>		
Lunghezza utile vasca di progetto	m	8.0
Larghezza utile vasca di progetto		2.1
Altezza utile vasca di progetto	m	1.75
Volume totale di progetto	m <sup>3</sup>	29.4
<u>Tempi di contatto</u>		
Tempo di ritenzione idraulica nel canale di contatto con riferimento a $Q_m$	min	61.3
Tempo di ritenzione idraulica nel canale di contatto con riferimento a $Q_{max}$	min	22.6

Considerando inoltre che il criterio proposto dalla Delibera Regionale dell'Emilia-Romagna n. 1053 del giugno 2003 prevede che il volume del degrassatore deve essere pari ad almeno 25 l/AE, risulta che la volumetria del comparto sopra dimensionata è sufficiente a trattare la potenzialità di progetto prevista (25 l/AE\*1150 AE = 28750 l).

Il degrassatore sarà realizzato con una vasca monoblocco prefabbricata carrabile dalle caratteristiche riportate in Tabella 6.

Tabella 6: Dimensioni vasca prefabbricata di degrassatura

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Dimensione monoblocco prefabbricato degrassatura</u>		
Lunghezza esterna vasca	m	8.70
Larghezza esterna vasca		2.46
Altezza esterna vasca	m	2.00
Copertura carrabile	m	0.20
Volume totale utile	m <sup>3</sup>	29.5

## 5.2 SEDIMENTAZIONE PRIMARIA IN VASCA IMHOFF

La sezione di sedimentazione primaria sarà potenziata tramite la realizzazione di due nuove vasche Imhoff.

Attualmente in impianto sono installate due vasche in cemento armato monoblocco aventi una capacità totale pari a 93.76 m<sup>3</sup> (46.88 m<sup>3</sup> ciascuna).

Le vasche sono composte da un comparto di sedimentazione ed uno di digestione anaerobica. La parte superficiale permette la sedimentazione dei materiali grossolani sfuggiti alla grigliatura e il comparto sottostante permette un addensamento dei fanghi ed una loro digestione anaerobica psicrofila.

La tramoggia del comparto di sedimentazione è tale da non permettere la risalita dei fanghi dal comparto di digestione, ma permette l'allontanamento dei gas generati dalla digestione lungo le pareti laterali dove vengono lasciate opportune superfici di aerazione. La volumetria occupata da tale tramoggia viene conteggiata come volume utile di sedimentazione, mentre viene considerata come volume morto per la digestione.

L'altezza totale della vasca tipo Imhoff è comprensiva del volume di separazione tra fanghi e liquido e dei volumi di riempimento del fondo (riempimento finalizzato a favorire la raccolta e l'allontanamento dei fanghi).

Le verifiche di dimensionamento del comparto di sedimentazione sono finalizzate ad accertare che i valori dei principali parametri operativi (carico idraulico superficiale  $C_i$ , tempo di residenza idraulica HRT) risultino compresi all'interno dei range utilizzati come riferimento nella pratica progettuale per applicazioni analoghe, suggeriti dai più importanti manuali tecnici nazionali ed internazionali di settore (inter alia Metcalf & Eddy, 2014; Riva e Guadagni, 2011; Bonomo, 2008; Masotti, 1987).

Il carico idraulico (o velocità di risalita) applicato alla superficie utile di sedimentazione  $A_{sed}$  viene calcolato con riferimento alla sola aliquota di liquame in ingresso  $Q$  (flusso di ricircolo dalla sedimentazione secondaria escluso) secondo l'equazione:

$$C_i = \frac{Q}{A_{sed}}$$

Equazione 1

Per quanto riguarda il carico idraulico applicato si possono considerare accettabili valori inferiori a  $1.67 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  con riferimento alla portata media e a  $4.17 \text{ m}^3/\text{m}^2/\text{h}$  con riferimento alla portata massima in tempo pioggia.

In Tabella 7 si riportano i risultati delle verifiche del comparto di progetto. Tale comparto è stato dimensionato considerando che metà della portata venga trattata dalle vasche esistenti e quindi per metà della portata di progetto avviata a depurazione.

Il volume di digestione è stato calcolato considerando che, secondo l'Art. 4 dell'Allegato 5 della Deliberazione del Comitato dei ministri per la tutela delle acque dall'inquinamento del 4 febbraio del 1977, il comparto di digestione del fango delle vasche Imhoff deve essere almeno pari a 100-120 l/AE.

Tabella 7: Risultati delle verifiche del comparto di progetto di sedimentazione primaria in vasca Imhoff.

Parametro	Unità di misura	Valore di progetto
<i>Caratteristiche del comparto</i>		
Portata media trattabile ( $Q_m$ )	m <sup>3</sup> /h	14
Portata massima ( $Q_{max}$ )	m <sup>3</sup> /h	39
<i>Ipotesi progettuali (sedimentazione primaria)</i>		
HRT minimo alla portata media $Q_m$	h	1.5
HRT minimo alla portata massima $Q_{max}$	h	0.5
Carico idraulico massimo alla portata media $Q_m$	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	1.67
Carico idraulico massimo alla portata massima $Q_{max}$	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	4.17
<i>Dimensioni sedimentazione primaria</i>		
Numero linee	-	2
Larghezza di sedimentazione di progetto	m	2.1
Lunghezza di sedimentazione di progetto	m	7.5
Superficie di sedimentazione di progetto	m <sup>2</sup>	15.8
Superficie totale di sedimentazione di progetto	m <sup>2</sup>	31.5
Altezza utile di sedimentazione di progetto	m	0.8
Volume singola linea di sedimentazione di progetto	m <sup>3</sup>	12.6
Volume totale di sedimentazione di progetto	m <sup>3</sup>	25.2
<i>Verifiche del dimensionamento della sedimentazione primaria</i>		
HRT alla portata media $Q_m$	h	1.75
HRT alla portata massima $Q_{max}$	h	0.65
Carico idraulico alla portata media $Q_m$	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	0.46
Carico idraulico alla portata massima $Q_{max}$	m <sup>3</sup> /m/h	1.24
<i>Comparto di digestione anaerobica dei fanghi primari (singola linea)</i>		
Volume di digestione per AE	L/AE	100
Numero di spurghi annui previsti	-	2
Volume totale di digestione di progetto	m <sup>3</sup>	65
Volume per linea di digestione di progetto	m <sup>3</sup>	32.5
Larghezza di sedimentazione di progetto	m	2.1
Lunghezza di sedimentazione di progetto	m	7.5
Altezza digestore di progetto	m	2.1
<i>Dimensioni complessive del comparto</i>		
Altezza complessiva del manufatto di progetto	m	2.9
Larghezza di sedimentazione di progetto	m	2.1
Lunghezza di sedimentazione di progetto	m	7.5
Superficie utile complessiva di progetto	m <sup>2</sup>	15.8
Volume utile complessivo di progetto	m <sup>3</sup>	90



Le nuove vasche Imhoff saranno realizzate con vasche monoblocco prefabbricate non carrabili dalle caratteristiche riportate in Tabella 8.

Tabella 8: Dimensioni singola vasca prefabbricata Imhoff

Parametro	Unità di misura	Valore
<u>Dimensione monoblocco prefabbricato Imhoff</u>		
Lunghezza esterna vasca	m	9.70
Larghezza esterna vasca		2.46
Altezza esterna vasca	m	2.50
Copertura carrabile	m	0.10
Volume totale utile	m <sup>3</sup>	45

I rendimenti di rimozione attesi per i principali macroinquinanti nelle vasche Imhoff, in accordo con i valori tipici di letteratura (Bonomo), sono dell'ordine del 25-30% per BOD e COD e intorno al 50% per SST. In considerazione delle basse concentrazioni di macroinquinanti che caratterizzano il refluo in ingresso, è possibile affermare che **il trattamento è sufficiente al rispetto dei limiti allo scarico.**

## 6 VERIFICHE IDRAULICHE

---

### 6.1 CRITERI GENERALI DI DIMENSIONAMENTO IDRAULICO

#### 6.1.1 Tubazioni in pressione

La perdita di carico in una tubazione in pressione può essere suddivisa in una componente distribuita su tutta la sua lunghezza e una derivante dalla sommatoria delle perdite concentrate in corrispondenza dei vari elementi del circuito idraulico, quali curve, valvole, imbocchi e sbocchi, restringimenti, allargamenti, ecc.

Dette  $J$  la cadente piezometrica (m/m) e  $L$  la lunghezza della tubazione (m), le perdite di carico distribuite vengono calcolate mediante la relazione:

$$H_d = J \cdot L$$

La cadente piezometrica  $J$  può essere determinata attraverso la formula empirica di Hazen-Williams:

$$J = \frac{10.675 \cdot Q^{1.852}}{C^{1.852} \cdot D^{4.8704}}$$

in cui  $Q$  rappresenta la portata transitante (espressa in m<sup>3</sup>/s),  $D$  il diametro interno della tubazione (in m) e  $C$  il coefficiente adimensionale di scabrezza, per il quale possono essere utilizzati valori di 120 per le tubazioni in acciaio al carbonio, di 140 per quelle in acciaio inox e di 150 per quelle in materiale plastico (PEAD o PVC).

Le perdite di carico localizzate sono state invece stimate attraverso la formula generale:

$$H_c = \sum_i \xi_i \cdot \frac{v^2}{2g}$$

attribuendo ai coefficienti  $\xi_i$  valori variabili a seconda del particolare elemento del circuito idraulico considerato e delle condizioni operative previste in termini di diametro del tubo e velocità di flusso, ricavati da tabelle riportate in letteratura (ad esempio  $\xi=1$  in caso di sbocco,  $\xi=0.5$  in caso di imbocco,  $\xi=0.3$  in caso di piede d'accoppiamento,  $\xi=0.15 \div 0.40$  per valvola a saracinesca tutta aperta,  $\xi=0.2 \div 1.2$  per valvola a farfalla tutta aperta,  $\xi=0.10 \div 0.40$  per curva a 90° con  $R=1.5 \cdot D$ , ecc.). In caso di collegamenti che interessano flussi di fango o miscela acqua-sabbie, caratterizzati dalla presenza di concentrazioni significative di solidi sospesi, le perdite di carico complessive vengono incrementate applicando un fattore moltiplicativo  $k$ , proporzionale appunto al tenore di SST, per tenere conto dell'incremento di viscosità del fluido rispetto all'acqua.

### 6.1.2 Moto a pelo libero

Per la verifica del livello di moto uniforme all'interno dei canali a pelo libero può essere utilizzata la formula di Gauckler-Strickler:

$$Q = K_s \cdot A \cdot R_h^{2/3} \cdot i_F^{1/2}$$

in cui:

- $A$  rappresenta l'area bagnata ( $m^2$ );
- $R_h$  il raggio idraulico (m), rapporto tra area  $A$  ( $m^2$ ) e contorno bagnato  $C_b$  (m);
- $i_F$  la pendenza del fondo;
- $K_s$  il coefficiente di scabrezza, che può essere assunto pari a  $70 \div 90 \text{ m}^{1/3}/s$  in caso di canali in calcestruzzo e  $120 \div 140 \text{ m}^{1/3}/s$  per canali in acciaio o in materiale plastico (con valori inferiori nei range indicati per tener conto dell'usura nel tempo).

In caso di canali a sezione rettangolare la formula di moto uniforme diviene:

$$Q = K_s \cdot b \cdot h \cdot \left( \frac{b \cdot h}{b + 2 \cdot h} \right)^{3/2} \cdot i_F^{1/2}$$

dove  $b$  è la larghezza del canale (m) e  $h$  è appunto l'altezza di moto uniforme (m).

Nel caso di un moto a pelo libero in una condotta, facendo riferimento allo schema riportato in Figura 5, l'area e il contorno bagnati possono essere calcolate attraverso le relazioni:

$$A = \frac{r^2}{2} \cdot (\varphi - \sin \varphi)$$

$$C_b = r \cdot \varphi$$

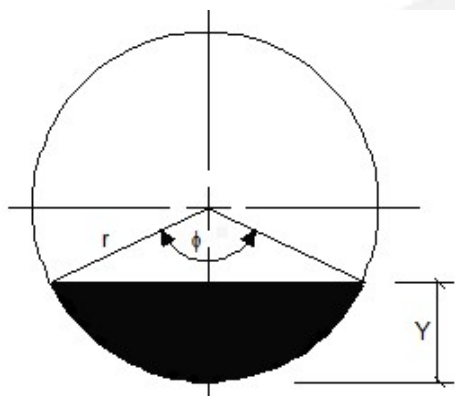


Figura 5: Schema per il calcolo idraulico di una condotta a pelo libero

Pertanto, l'equazione del moto uniforme diventa:

$$Q = K_s \cdot \frac{r^2}{2} \cdot (\varphi - \operatorname{sen}\varphi) \cdot \left[ \frac{r}{2} \cdot \left( 1 - \frac{\operatorname{sen}\varphi}{\varphi} \right) \right]^{2/3} \cdot i_F^{1/2}$$

da cui è possibile ricavare l'angolo  $\phi$ .

Il coefficiente di scabrezza  $K_s$  può essere assunto pari a  $70 \div 90 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  in caso di tubazioni in calcestruzzo e  $120 \div 140 \text{ m}^{1/3}/\text{s}$  per tubazioni in acciaio o in materiale plastico (con valori inferiori nei *range* indicati per tener conto dell'usura nel tempo).

Facendo ricorso a considerazioni di tipo trigonometrico, il tirante  $Y$  (differenza di quota fra il pelo libero e il fondo del tubo) può essere quindi determinato come:

$$Y = r \cdot \left( 1 - \cos \frac{\varphi}{2} \right)$$

Si definisce inoltre il grado di riempimento  $w$  come rapporto percentuale tra il tirante  $Y$  e il diametro interno  $D$ :

$$w = \frac{Y}{D}$$

Sia nel caso della canaletta che della tubazione a pelo libero, una volta verificato che il tirante è adeguato, considerando le perdite di carico corrispondenti a quelle che si avrebbero in moto uniforme si assume che la cadente energetica sia pari alla pendenza del fondo  $i_F$ . La perdita di carico viene quindi calcolata come il prodotto fra quest'ultima e la lunghezza del tubo o della canaletta.

### 6.1.3 Stramazzi

La relazione utilizzata per il dimensionamento degli stramazzi rettilinei è la seguente:

$$Q = \frac{2}{3} \cdot c_c \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{3/2}$$

dove  $Q$  è la portata che transita,  $b$  è la larghezza dello stramazzo,  $h$  è il carico sullo stramazzo,  $g$  è l'accelerazione gravitazionale ( $9.81 \text{ m/s}^2$ ) e  $c_c$  è il coefficiente di contrazione, che può essere assunto pari a 0.61 in caso di soglia in parte sottile e 0.578 in caso di parete grossa (ossia di spessore  $d$  non trascurabile rispetto al carico sullo stramazzo). In questo secondo caso la relazione è valida per  $0.1 \leq h/d \leq 1.5$ .



In caso di stramazzo rigurgitato, occorre tenere conto del battente idraulico presente a valle rispetto alla soglia dello stramazzo ( $h_v$ ); indicando con  $\Delta h = h - h_v$  la differenza di livello tra monte e valle della soglia, si ha:

$$Q = c_c \cdot b \cdot \sqrt{2 \cdot g \cdot \Delta h} \cdot \left( \frac{2}{3} \cdot \Delta h + h_v \right)$$

Per gli stramazzi a sezione triangolare, viene invece utilizzata l'equazione:

$$Q = \frac{8}{15} \cdot c_c \cdot \tan \left( \frac{\alpha}{2} \right) \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{5/2}$$

in cui il carico  $h$  è calcolato con riferimento alla quota del vertice dello stramazzo, di cui  $\alpha$  rappresenta l'ampiezza.

## 6.2 RISULTATI DEI CALCOLI IDRAULICI NELLO SCENARIO DI PROGETTO

I risultati dei calcoli effettuati per il dimensionamento dei collegamenti di nuova realizzazione sono riepilogati nei prospetti riportati nel paragrafo 6.2.1, risalendo la linea acque da valle verso monte secondo l'ordine seguito per la definizione del profilo idraulico.

Il paragrafo 6.2.2 è invece dedicato ai calcoli relativi ai sollevamenti meccanici per la verifica delle pompe esistenti di sollevamento iniziale.

### 6.2.1 Dimensionamento dei collegamenti tra le diverse sezioni impiantistiche

<b>Sezione:</b> Scarico impianto - da unione flussi a valle del pozzetto di scarico e campionamento allo scarico nella Roggia Biraga		
<b>Tipo di collegamento:</b> Condotta circolare a pelo libero		
Portata massima	m <sup>3</sup> /h	78
Materiale tubazione	-	PVC
Diametro esterno De	mm	200
Diametro interno condotta	mm	190,2
Lunghezza condotta	m	50,0
Pendenza condotta	-	0,83%
Coefficiente di Strickler	m <sup>1/3</sup> /s	120
Quota fondo condotta iniziale	m s.l.m.	200,39
Quota fondo condotta finale	m s.l.m.	199,97
Tirante di moto uniforme	m	0,099
Grado di riempimento	-	52%
Quota pelo libero a valle	m s.l.m.	200,07
Quota pelo libero a monte	m s.l.m.	200,48

<b>Sezione:</b> By-pass impianto - da uscita griglia manuale a unione flussi nel pozzetto di scarico e campionamento impianto		
<b>Tipo di collegamento:</b> Condotta circolare a pelo libero		
Portata massima	m <sup>3</sup> /h	78
Materiale tubazione	-	PVC
Diametro esterno De	mm	200
Diametro interno condotta	mm	190,2
Lunghezza condotta	m	25,0
Pendenza condotta	-	0,80%
Coefficiente di Strickler	m <sup>1/3</sup> /s	120
Quota fondo condotta iniziale	m s.l.m.	200,59
Quota fondo condotta finale	m s.l.m.	200,39
Tirante di moto uniforme	m	0,100
Grado di riempimento	-	52%
Quota pelo libero a valle	m s.l.m.	200,48
Quota pelo libero a monte a valle della griglia	m s.l.m.	200,68
Perdite di carico massime generate dalla griglia	m	0,2
Quota pelo libero a monte della griglia	m s.l.m.	200,88

<b>Sezione:</b> Da uscita singola vasca Imhoff a pozzetto di scarico e campionamento impianto		
<b>Tipo di collegamento:</b> Condotta circolare a pelo libero		
Portata massima	m <sup>3</sup> /h	19
Materiale tubazione	-	PVC
Diametro esterno De	mm	250
Diametro interno condotta	mm	237,6
Lunghezza condotta	m	7,0
Pendenza condotta	-	0,01%
Coefficiente di Strickler	m <sup>1/3</sup> /s	120
Quota fondo condotta iniziale	m s.l.m.	200,39
Quota fondo condotta finale	m s.l.m.	200,39
Tirante di moto uniforme	m	0,134
Grado di riempimento	-	56%
Quota pelo libero a valle nel pozzetto uscita impianto	m s.l.m.	200,48
Quota pelo libero a monte in vasca Imhoff	m s.l.m.	200,52

<b>Sezione:</b> Da degrassatore a Imhoff		
<b>Tipo di collegamento:</b> Tubazione in pressione		
<b>Tratto ingresso singola vasca Imhoff</b>		
Portata massima	m <sup>3</sup> /h	19
Materiale tubazione	-	PE100
Diametro esterno De	mm	110
Diametro interno tubazione	mm	97

Velocità di flusso	m/s	0,74
Lunghezza tubazione	m	6,5
Coefficiente di scabrezza C	-	150
Perdita di carico distribuita	m	0,04
Perdite di carico localizzate	m	0,14
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,0
Perdita di carico complessiva	m	0,18
Quota punto di recapito - pelo libero in vasca Imhoff	m s.l.m.	200,52
Quota a monte nella tubazione	m s.l.m.	200,70
<b>Tratto comune nuove Imhoff</b>		
Portata massima	m³/h	39
Materiale tubazione	-	PE100
Diametro esterno De	mm	140
Diametro interno tubazione	mm	123
Velocità di flusso	m/s	0,90
Lunghezza tubazione	m	3,5
Coefficiente di scabrezza C	-	150
Perdita di carico distribuita	m	0,02
Perdite di carico localizzate	m	0,03
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,0
Perdita di carico complessiva	m	0,05
Quota punto di recapito nella tubazione	m s.l.m.	200,70
Quota a monte nella tubazione	m s.l.m.	200,75
<b>Tratto comune in uscita da degrassatore</b>		
Portata massima	m³/h	78
Materiale tubazione	-	PE100
Diametro esterno De	mm	180
Diametro interno tubazione	mm	157
Velocità di flusso	m/s	1,12
Lunghezza tubazione	m	3,0
Coefficiente di scabrezza C	-	150
Perdita di carico distribuita	m	0,02
Perdite di carico localizzate	m	0,21
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,0
Perdita di carico complessiva	m	0,23
Quota punto di recapito nella tubazione	m s.l.m.	200,70
Quota pelo libero in vasca - degrassatore	m s.l.m.	200,93

<b>Sezione:</b> Da pozzetto ripartitore a degrassatore		
<b>Tipo di collegamento:</b> Tubazione in pressione		
Portata massima	m³/h	78
Materiale tubazione	-	PE100
Diametro esterno De	mm	180

Diametro interno tubazione	mm	159
Velocità di flusso	m/s	1,10
Lunghezza tubazione	m	3,0
Coefficiente di scabrezza C	-	150
Perdita di carico distribuita	m	0,02
Perdite di carico localizzate	m	0,16
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,0
Perdita di carico complessiva	m	0,18
Quota punto di recapito – pelo libero nel degrassatore	m s.l.m.	200,93
Quota pelo libero in vasca – ripartitore a valle dello stramazzo	m s.l.m.	201,11

<b>Sezione:</b> Pozzetto ripartitore della portata in ingresso impianto - sfioro $Q < Q_{max}$		
<b>Tipo di collegamento:</b> Stramazzo rettangolare in parete sottile		
Portata	m <sup>3</sup> /h	78
Larghezza stramazzo	m	0,30
Carico sullo stramazzo	m	0,117
Quota della cresta dello stramazzo	m s.l.m.	201,30
Quota pelo libero sullo stramazzo	m s.l.m.	201,42
Quota pelo libero a valle	m s.l.m.	201,11
Salto disponibile	m	0,19

<b>Sezione:</b> Pozzetto ripartitore della portata in ingresso impianto - sfioro by-pass $Q > Q_{max}^1$		
<b>Tipo di collegamento:</b> Stramazzo rettangolare in parete sottile		
Portata	m <sup>3</sup> /h	78
Larghezza stramazzo	m	1,00
Carico sullo stramazzo	m	0,052
Quota della cresta dello stramazzo	m s.l.m.	201,42
Quota pelo libero sullo stramazzo	m s.l.m.	201,47
Quota pelo libero a valle – a monte della griglia	m s.l.m.	200,88
Salto disponibile	m	0,53
Quota testa muto	m s.l.m.	202,50

## 6.2.2 Sollevamenti meccanici

Le pompe (100-PS-101 A/B) installate nella vasca di sollevamento iniziale sono due ABS modello AFP 0831-3-M15/4, di cui si riporta la curva caratteristica in Figura 6.

<sup>1</sup> Questa soglia non si attiva in condizioni di funzionamento corretto delle pompe, secondo quanto riportato nel paragrafo 6.2.2. La soglia entra in funzione unicamente qualora le pompe sollevassero una portata superiore alla  $Q_{max}$  da avviare a trattamento, per la portata in eccesso. Le verifiche sono comunque state eseguite considerando di sfiorare tutta la  $Q_{max}$  a favore di sicurezza, ma la portata eventualmente by-passata sarà inferiore.



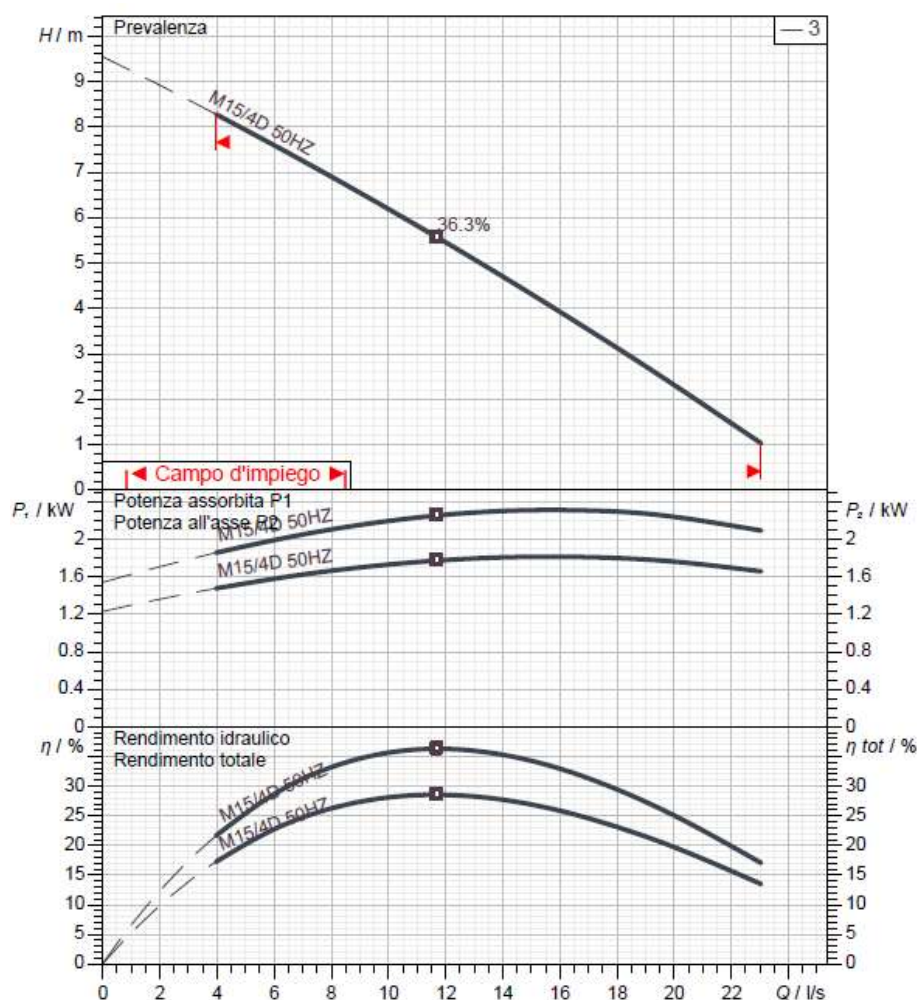


Figura 6: Curva caratteristica delle pompe ABS modello AFP 0831-3-M15/4

Da progetto è inoltre prevista l'installazione di un'ulteriore utenza, dalle medesime caratteristiche dell'esistente, con funzione di riserva (100-PM-101R).

Le pompe funzionano secondo attacca-stacca, regolati da interruttori di livello a galleggiante (100-LSLL-101 A/B, 100-LSL-101 e 100-LSH-101). Nella tabella seguente si riporta la verifica effettuata nel caso di sollevamento della portata massima da avviare a trattamento in tempo di pioggia, coincidente con massimo livello in vasca. In funzione poi del livello che si instaurerà in vasca, la pompa attiva solleverà una portata differente, decrescente all'aumentare della prevalenza da vincere e quindi della riduzione del livello nel sollevamento: qualora le pompe sollevino una portata superiore ai 78 m<sup>3</sup>/h corrispondenti alla massima portata da inviare a trattamento, si attiverà lo sfioro di by-pass impianto nel pozzetto ripartitore a valle.

<b>Sezione:</b> Da sollevamento a pozzetto ripartitore - condizioni con minimo livello in vasca di sollevamento		
<b>Tipo di collegamento:</b> Tubazione in pressione		
Numero di pompe funzionanti in parallelo	-	2
Portata sollevata da ciascuna pompa	m <sup>3</sup> /h	39
Portata massima	m <sup>3</sup> /h	78
Materiale tubazione (collettore comune)	-	PE100
Diametro nominale DN	mm	180
Diametro interno tubazione	mm	158,6
Velocità di flusso	m/s	1,10
Lunghezza tubazione	m	16,5
Coefficiente di scabrezza C	-	150
Perdita di carico distribuita	m	0,31
Perdite di carico localizzate	m	1,38
Fattore correttivo per la viscosità del fluido trasportato	-	1,0
Perdita di carico complessiva	m	1,69
Quota punto di recapito (coincidente con a.t. nel pozzetto ripartitore)	m s.l.m.	202,68
Quota pelo libero in vasca (Hp. Minima sommergenza pompe: 50 cm)	m s.l.m.	198,70
Dislivello geodetico da superare	m	3,98
Prevalenza totale richiesta	m	5,67

## 7 CRITERI DI PROGETTAZIONE E CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

### 7.1 CRITERI DI PROGETTAZIONE DI STRUTTURE E IMPIANTI

I principali criteri seguiti per la progettazione impiantistica e strutturale sono i seguenti:

- utilizzo delle migliori tecnologie disponibili (Best Available Technologies, BAT) nel campo dell'ingegneria sanitaria per il trattamento dei reflui fognari afferenti all'impianto, considerando la potenzialità dell'impianto stesso;
- garanzia della sicurezza statica e sismica delle opere rispetto alle azioni ed ai carichi previsti sulle strutture, con riferimento ai livelli di sicurezza indicati nelle normative tecniche vigenti (NTC 2018);
- funzionalità delle strutture nei confronti della loro destinazione d'uso. Gli spazi sono stati studiati per accogliere gli impianti le strutture e le apparecchiature previste e per permettere la loro corretta installazione e manutenzione ordinaria e straordinaria;
- copertura e confinamento di tutte le volumetrie di trattamento, allo scopo di minimizzare l'impatto ambientale in termini visivi e di possibile emanazione di odori;
- opere elettriche progettate utilizzando soluzioni standardizzate di elevato livello qualitativo privilegiando al contempo fattori come la sicurezza e la facilità di manutenzione e di gestione.

### 7.2 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI IMPIEGATI

I materiali utilizzati nella costruzione devono essere oggetto di prove certificanti la rispondenza fra i valori di progetto delle resistenze adottate nel calcolo e le caratteristiche meccaniche dei prodotti posti in opera. Particolare attenzione viene inoltre dedicata alla valutazione delle problematiche connesse alla durabilità delle strutture, facendo riferimento ai più moderni orientamenti normativi.

#### **CALCESTRUZZO CLASSE C30/37 - platee per vasche imhoff e degrassatore**

resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} \geq 37 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 30 \text{ N/mm}^2$
tensione di calcolo	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 20 \text{ N/mm}^2$
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 38 \text{ N/mm}^2$
resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{cm}^{2/3} = 2,89 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 0,70 \cdot f_{ctm} = 2,03 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1,20 \cdot f_{ctk} = 3,47 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 17,4 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,35 \text{ N/mm}^2$
modulo elastico	$E_c = 22000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0,30} = 32836 \text{ N/mm}^2$
classe di esposizione	XA2+XC2

### **CALCESTRUZZO CLASSE C32/40 – pozzetto ripartitore**

resistenza caratteristica cubica	$R_{ck} \geq 40 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica cilindrica	$f_{ck} = 0,83 \cdot R_{ck} = 33 \text{ N/mm}^2$
tensione di calcolo	$f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c = 22 \text{ N/mm}^2$
resistenza media a compressione cilindrica	$f_{cm} = f_{ck} + 8 = 41 \text{ N/mm}^2$
resistenza media a trazione	$f_{ctm} = 0,30 \cdot f_{ck}^{2/3} = 3,09 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione semplice	$f_{ctk} = 0,70 \cdot f_{ctm} = 2,16 \text{ N/mm}^2$
resistenza caratteristica a trazione per flessione	$f_{ctm} = 1,20 \cdot f_{ctm} = 3,71 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a compressione	$f_{cd} = \alpha_{cc} \cdot f_{ck} / \gamma_c = 18,70 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo a trazione	$f_{ctd} = f_{ctk} / \gamma_c = 1,44 \text{ N/mm}^2$
modulo elastico	$E_c = 22000 \cdot (f_{cm} / 10)^{0,30} = 33594 \text{ N/mm}^2$
classe di esposizione	XA2+XC2

### **ACCIAIO TIPO B450C**

tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} \geq 450 \text{ N/mm}^2$
tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} \geq 540 \text{ N/mm}^2$
resistenza di calcolo	$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 450 / 1,15 = 391 \text{ N/mm}^2$
allungamento totale al carico massimo di rottura	$\geq 7,5\%$
rapporto $f_{tk} / f_{yk}$	$1,1 \leq f_{tk} / f_{yk} \leq 1,37$
rapporto $f_{yk} / f_{y \text{ nom } k}$	$\leq 1,25$
diametro del mandrino	$4\emptyset$ per $\emptyset < 12\text{mm}$ $6\emptyset$ per $12\text{mm} \leq \emptyset < 16\text{mm}$ $8\emptyset$ per $16\text{mm} < \emptyset < 25\text{mm}$

## **7.2.1 Piping e tubazioni interrate**

Per quanto riguarda le tubazioni di processo, si prevede l'utilizzo di:

- Tubazioni fuori terra di trasporto di liquidi (refluo): tubazioni in acciaio inox AISI 304, conformi alle norme UNI EN 10217-7, di caratteristiche dimensionali come da Tabella 9.

Tabella 9: Diametri e spessori per tubazioni in acciaio inossidabile AISI 304

DN	Ø esterno mm	Spessore mm
40	48,3	2,6
50	60,3	2,6
65	76,1	2,9
80	88,9	2,9

100	114,3	3,2
125	139,7	3,6
150	168,3	4,0
200	219,1	5,0
250	273,0	5,6
300	323,9	5,9
350	355,6	6,3
400	406,4	6,3
500	508,0	6,3

- Tubazioni interrate di trasporto di liquidi in pressione (refluo):
  - tubazioni in polietilene alta densità PE100 SDR17 PN10, conformi alla norma UNI EN 12201-2.
- Tubazioni interrate di trasporto di liquidi non in pressione:
  - tubazioni in PVC rigido per fognatura e scarichi interrati non in pressione, conformi alla norma europea UNI EN 1401-1, Classe di rigidità SN8 SDR34;

### 7.2.2 Opere elettriche

Per quanto riguarda l'impianto elettrico, si prevede l'installazione di un misuratore radar (100-LIT-101), oltre alla realizzazione dei collegamenti dei segnali ausiliari e di potenza al quadro esistente. Nell'intervento sono compresi i collegamenti e l'integrazione alle logiche di supervisione e automazione già presenti sull'impianto esistente.

## 8 QUADRO ECONOMICO

---

I costi di investimento necessari per la realizzazione delle opere previste per l'adeguamento dell'impianto ammontano complessivamente a **€ 166 247,45** come riportato nel dettaglio nel *Computo metrico* (elaborato E-R-130-05).

I costi unitari sono stati desunti dall'Elenco Regionale dei Prezzi 2022 del Piemonte. Per le voci non reperibili si è fatto riferimento a indagini di mercato relative alle attrezzature proposte e a lavori analoghi, come indicato nei fogli di *Analisi prezzi* (elaborato E-R-130-20).

Infine, nell'elaborato E-R-130-10 (*Quadro economico*) sono riassunte le principali voci di costo per la realizzazione degli interventi previsti.