





r\_emiro.Giunta - Prot. 02/04/2026.0341936.E


Copia conforme dell'originale sottoscritto digitalmente da GUARDI MANCO

2	06/03/2026	M. Mennillo	L.Guarnieri	D. Franzoni	Emissione Progetto definitivo – Integrazioni PAUR	
1	23/06/2025	P.Malerba	L.Guarnieri	P.Malerba	Emissione Progetto definitivo – Integrazioni PAUR	
0	28/02/2025	P.Malerba	L.Guarnieri	P.Malerba	Emissione Progetto definitivo	
REV.	DATA (DATE)	REDATTO (DRWN)	CONTROL. (CHCK'D)	APPROVATO (APPR'D)	DESCRIZIONE (DESCRIPTION)	
FUNZIONE O SERVIZIO (DEPARTMENT)						
INGEGNERIA						
PROGETTAZIONE IMPIANTI ACQUA						
DENOMINAZIONE IMPIANTO O LAVORO (PLANT OR PROJECT DESCRIPTION)						
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE						
IDENTIFICATIVO IMPIANTO (PLANT IDENTIFIER)			WBS		CODICE CUP (CUP CODE)	
H199H101			R.2160.11.04.00090 - T.2160.11.04.00025 - T.2160.11.04.00019			
			CODICE DOCUMENTO (CODE)		N° COMMESSA (JOB N.)	
			H199H101HW51RP0001		12400705873 - 12000367716	
			ID DOCUMENTO (DOCUMENT ID)		NOME FILE (FILE NAME)	
					-	
 <b>GRUPPO HERA</b> HERA S.p.A. Holding Energia Risorse Ambiente Viale Carlo Berti Pichat 2/4 40127 Bologna tel. 051.287.111 <a href="http://www.gruppohera.it">www.gruppohera.it</a>			DENOMINAZIONE DOCUMENTO (DOCUMENT DESCRIPTION)			
			Società del Gruppo Hera			
 <b>HERAtech s.r.l.</b> Viale Carlo Berti Pichat 2/4 40127 Bologna tel. 051.287.111 <a href="http://www.hera.tech">www.hera.tech</a>			RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO			
			SCALA (SCALE)		N° FOGLIO (SHEET N°)	DI (LAST)
			--		1	103


 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	2	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## INDICE


<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>5</b>
<b>2</b>	<b>STATO DI FATTO DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>6</b>
2.1	SISTEMA DEPURATIVO ATTUALE .....	8
2.2	FILIERA DI TRATTAMENTO .....	9
2.2.1	LINEA ACQUE .....	9
2.2.2	LINEA FANGHI.....	12
2.2.3	TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART. 110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/2006 E SS.MM.II. ....	13
2.2.4	ALTRE SEZIONI D'IMPIANTO .....	14
2.3	CARATTERIZZAZIONE DEI REFLUI .....	14
2.3.1	PORTATE IN INGRESSO .....	14
2.3.2	CONCENTRAZIONI E CARICHI INQUINANTI.....	17
2.3.3	TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART. 110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/2006.....	18
<b>3</b>	<b>STATO DI PROGETTO DELL'IMPIANTO .....</b>	<b>19</b>
3.1	SISTEMA DEPURATIVO DI PROGETTO .....	19
3.1.1	POTENZIALITÀ DI PROGETTO .....	20
3.2	DATI DI PROGETTO.....	21
3.2.1	LIMITI ALLO SCARICO .....	21
3.2.2	PORTATE DI PROGETTO .....	21
3.2.3	CONCENTRAZIONI E CARICHI INQUINANTI DI PROGETTO.....	22
3.2.4	TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART. 110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/2006 E SS.MM.II. ....	23
3.3	DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI.....	23
3.4	FILIERA DI TRATTAMENTO DI PROGETTO .....	27
3.4.1	LINEA ACQUE .....	27
3.4.2	LINEA FANGHI.....	30
3.4.3	TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART. 110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/2006 E SS.MM.II. ....	31
<b>4</b>	<b>RISULTATI DELLE VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO .....</b>	<b>35</b>
4.1	LINEA ACQUE.....	35
4.1.1	POZZETTO DI COLLETTAMENTO REFLUI IN INGRESSO .....	35
4.1.2	VASCA DI ACCUMULO REFLUI.....	35
4.1.3	GRIGLIATURA GROSSOLANA.....	35
4.1.4	SOLLEVAMENTO INIZIALE .....	36
4.1.4.1	Calcolo del volume della camera di aspirazione.....	37
4.1.5	GRIGLIATURA FINE.....	38

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	3	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

4.1.6	DISSABBIATURA – DISOLEATURA .....	39
4.1.6.1	Opere elettromeccaniche .....	41
4.1.7	RIPARTITORE DI PORTATA ALLE LINEE DI TRATTAMENTO SECONDARIO .....	42
4.1.8	COMPARTO BIOLOGICO.....	43
4.1.8.1	Modello di calcolo.....	45
4.1.8.2	Frazionamento del COD in ingresso .....	47
4.1.8.3	Parametri cinetici e stechiometrici.....	48
4.1.8.4	Verifica linee biologiche 1 e 2 .....	49
4.1.8.5	Dimensionamento linea biologica 3 .....	50
4.1.8.6	Opere elettromeccaniche .....	52
4.1.8.7	Controllore di processo .....	53
4.1.9	SEDIMENTAZIONE SECONDARIA .....	54
4.1.9.1	Sedimentazione secondaria - Linee 1 e 2.....	54
4.1.9.2	Sedimentazione secondaria - Linea 3.....	56
4.1.9.3	Opere elettromeccaniche .....	59
4.1.10	FILTRAZIONE A TELA .....	62
4.1.11	DISINFEZIONE UV.....	64
4.1.12	CLORAZIONE DI EMERGENZA .....	65
4.1.12.1	Opere elettromeccaniche .....	65
4.1.13	SOLLEVAMENTO FINALE .....	66
4.1.13.1	Calcolo del volume della camera di aspirazione.....	67
4.1.14	GRUPPI DI PRESSURIZZAZIONE ACQUA TECNICA .....	69
4.1.15	DEFOSFATAZIONE CHIMICA .....	70
4.1.15.1	Opere elettromeccaniche .....	70
4.1.16	ULTRAFILTRAZIONE .....	71
4.1.16.1	Caratteristiche dell'acqua da trattare .....	72
4.1.16.2	Caratteristiche dell'acqua trattata.....	72
4.1.16.3	Descrizione del processo .....	72
4.1.16.4	Dimensionamento del modulo di ultrafiltrazione .....	73
4.1.17	SCARICO DI EMERGENZA.....	73
4.2	LINEA FANGHI.....	75
4.2.1	DETERMINAZIONE QUANTITATIVI DI FANGHI DA TRATTARE.....	75
4.2.2	PRE-ISPESSIMENTO STATICO .....	75
4.2.2.1	Procedura di verifica del comparto esistente .....	75
4.2.2.2	Opere elettromeccaniche .....	77
4.2.3	ISPESSIMENTO DINAMICO .....	77
4.2.3.1	Opere elettromeccaniche .....	79
4.2.4	DIGESTIONE ANAEROBICA .....	80

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	4	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

4.2.4.1	Procedura di verifica del comparto esistente .....	81
4.2.4.2	Opere elettromeccaniche .....	82
4.2.5	POST-ISPESSIMENTO STATICO .....	87
4.2.5.2	Opere elettromeccaniche .....	88
4.2.6	DISIDRATAZIONE CON CENTRIFUGHE .....	88
4.2.6.1	Opere elettromeccaniche .....	89
4.2.7	BIOESSICCAMENTO.....	92
4.2.7.1	Unità al servizio del bioessiccamento .....	93
4.2.8	TRATTAMENTO DEL BIOGAS.....	95
4.3	TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART.110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/06.....	96
4.3.1	TRATTAMENTO FRAZIONE PESANTE RIFIUTI .....	96
4.3.2	TRATTAMENTO FRAZIONE LEGGERA RIFIUTI.....	101

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	5	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## 1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la relazione tecnica di processo dello stralcio 2 del progetto definitivo di potenziamento del depuratore di Ravenna.

Il progetto è articolato in n. 3 WBS, di seguito definite:

- *Potenziamento depuratore Ravenna 2° stralcio – 1° lotto;*
- *Potenziamento depuratore Ravenna 2° stralcio – 2° lotto;*
- *Nuovo impianto caditoie.*


Gli interventi previsti nel 1° lotto e nel 2° lotto consentiranno di adeguare l'impianto all'incremento di portata che deriverà dal futuro collettamento del depuratore di Marina di Ravenna e dalle espansioni urbanistiche della città di Ravenna. Oltre agli interventi strettamente necessari ad aumentare la potenzialità dell'impianto, sono stati previsti interventi di ammodernamento tecnologico, di demolizione delle sezioni d'impianto non più in uso e di quelle compromesse dal punto di vista strutturale, di efficientamento energetico e di miglioramento gestionale, sia in linea acque che in linea fanghi.

Il progetto prevede:

- l'esecuzione di interventi strettamente legati all'aumento della potenzialità del depuratore, quali la *demolizione degli attuali pretrattamenti*, la *realizzazione di nuovi pretrattamenti* e di *nuovi trattamenti terziari* (1° lotto);
- la *realizzazione di una nuova linea di trattamento biologico da circa 60.000 AE e l'adeguamento della linea fanghi* con interventi miranti a ridurre la quantità di fanghi prodotti, tra cui l'installazione di una sezione di ispessimento dinamico, di un bioessiccatore e di un nuovo sistema di miscelazione dei fanghi nel digestore principale della configurazione di progetto (2° lotto);
- la *realizzazione di un nuovo impianto di trattamento di rifiuti (compatibili con il processo di depurazione) in regime di comunicazione di cui all'art. 110, comma 3 del D.Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii.* (codici E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06).

I principali input di progetto, nonché l'analisi degli scenari attuali e futuri dell'impianto di depurazione di Ravenna, derivano da un precedente progetto di fattibilità tecnico-economica che si configura come documentazione posta alla base della presente progettazione definitiva. I dati riportati nella suddetta fase di progettazione sono stati riverificati al fine di definire e confermare scenari e interventi previsti a progetto.

Il documento definisce il quadro dei dati di progetto assunto alla base delle verifiche effettuate per poi illustrare la filiera dell'impianto allo stato attuale e quella prevista a seguito degli interventi di adeguamento e potenziamento. Sono stati quindi analizzati i risultati delle verifiche relative ai diversi comparti di trattamento in linea acque e linea fanghi dando ragione delle scelte progettuali effettuate e degli accorgimenti tecnici adottati, oltre a fornire una descrizione dei principi di funzionamento delle varie sezioni di processo nella configurazione di progetto.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	6	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## 2 STATO DI FATTO DELL'IMPIANTO

L'impianto di depurazione di Ravenna è ubicato in zona industriale Bassette, a nord del centro abitato; l'ingresso è in via Romea Nord 156/E.

Attivato nel 1983 con potenzialità di 60.000 AE, l'impianto è stato progressivamente ampliato a 180.000 AE fino alla potenzialità nominale attuale di 240.000 AE.




*Figura 1: Localizzazione impianto di depurazione di Ravenna*

Gli interventi previsti dal progetto di potenziamento ricadono sia entro i confini attuali dell'impianto, prevedendo per lo più opere di demolizione e ricostruzione in aree di sedime già occupate, sia nella zona antistante l'ingresso, dove è prevista la realizzazione del nuovo impianto di trattamento di rifiuti compatibili con il processo di depurazione ai sensi dell'art. 110 comma 3 del D.Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii..

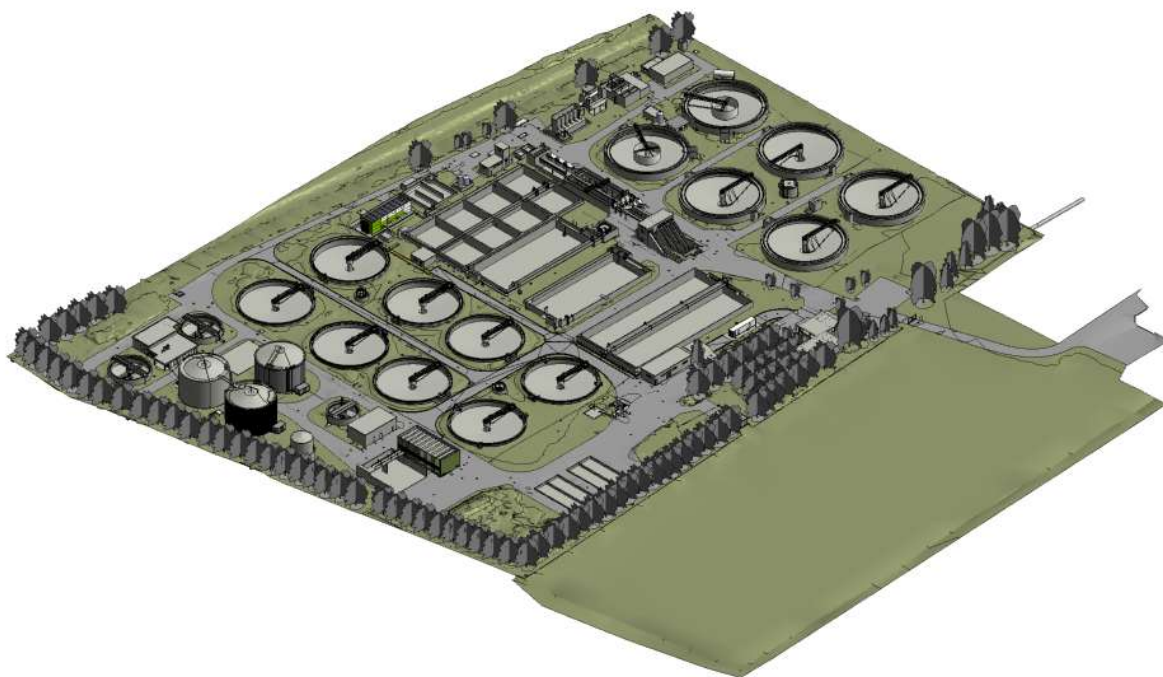
Le seguenti figure mostrano l'attuale configurazione dell'impianto.




	RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	7	103
POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE					



*Figura 3: Layout stato di fatto impianto di depurazione di Ravenna*



*Figura 2: Modello tridimensionale stato di fatto impianto di depurazione di Ravenna*

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	8	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## 2.1 SISTEMA DEPURATIVO ATTUALE

Il carico nominale attuale dell'agglomerato di Ravenna – Aree limitrofe (ARA0195) è pari a 169.995 AE di cui 128.020 AE residenti, 37.040 turisti o non residenti e 4.935 produttivi.

L'impianto è alimentato da n. 4 linee distinte: n. 1 linea proveniente da Radicchio Rosso, n. 1 linea proveniente da Chiavica Romea, n. 1 linea dal sollevamento Bassette Ovest e n. 1 linea in pressione proveniente da Sant'Alberto. Il sistema di trattamento è costituito da n. 1 linea acqua (processo di tipo biologico a fanghi attivi) e n. 1 linea fanghi. L'impianto è dotato anche di un sistema per il trattamento di rifiuti ai sensi dell'art. 110 comma 3 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii., quali rifiuti della pulizia delle fognature (E.E.R. 20 03 06) e fanghi delle fosse settiche (E.E.R. 20 03 04). I reflui trattati e depurati vengono scaricati in corso idrico superficiale. Nelle normali condizioni di processo lo scarico finale confluisce nello scolo Cupa; in condizioni particolari, esclusivamente per fornire maggiori volumi di acqua alla rete consortile, in seguito a richiesta del Consorzio di Bonifica, lo scarico viene indirizzato allo scolo Tomba. In casi di emergenza, per impossibilità tecnica di scarico nello scolo Cupa, i reflui vengono dirottati allo scolo Fagiolo.

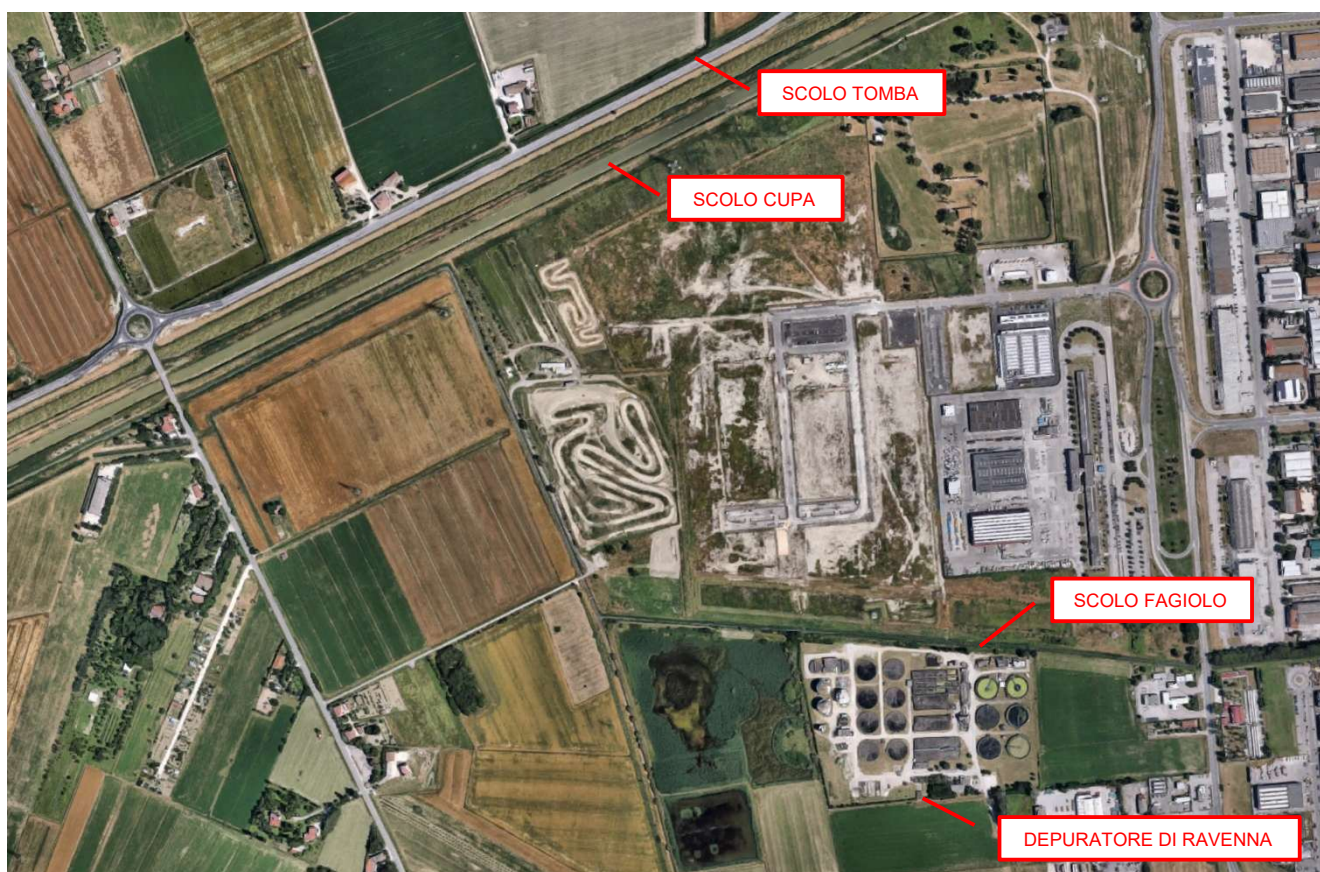



Figura 4: Localizzazione scarichi impianto di depurazione di Ravenna




	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	9	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## 2.2 FILIERA DI TRATTAMENTO

### 2.2.1 LINEA ACQUE


La linea acque è la linea di processo principale dell'impianto ed è costituita dalle seguenti sezioni:

- stazione di **sollevamento iniziale**, costituita da n. 4 pompe sommergibili (è presente anche n. 1 coclea, attualmente fuori servizio) e recante uno scaricatore di emergenza che si attiva in caso di malfunzionamento delle pompe;
- sezione di **grigliatura grossolana**, costituita da n. 2 griglie sub-verticali con sistema di pulizia a pettine. Un compattatore a coclea azionato da un motoriduttore consente la raccolta del materiale trattenuto;
- sezione di **dissabbiatura/disoleatura**, costituita da n. 2 vasche parallele a sezione trapezoidale dove viene insufflata aria compressa per favorire la flottazione di grassi e oli e la sedimentazione delle sabbie. L'emulsione di grassi e oli, raccolta in un pozzetto, viene stoccata temporaneamente nei letti di essiccamento presenti in impianto prima di essere avviata allo smaltimento in discarica; sul fondo della vasca si raccolgono le sabbie, le quali vengono aspirate da eiettori ad azionamento temporizzato ed inviate a n. 2 classificatori che le separano dall'acqua e le accumulano in un cassone prima dell'invio allo smaltimento;
- sezione di **grigliatura fine**, costituita da n. 3 griglie a tamburo rotante. Il grigliato viene scaricato su un nastro trasportatore e raccolto in un cassone, insieme al grigliato grossolano, in attesa del conferimento esterno;
- stazione di **sollevamento intermedio**, costituita da n. 5 idrovore e recante uno scaricatore di emergenza che si attiva in caso di malfunzionamento delle suddette idrovore;
- sezione di **sedimentazione primaria**, costituita da n. 4 sedimentatori circolari, di diametro 32 m. La sezione, pur nascendo per il trattamento primario dei reflui, attualmente non è al servizio della linea acque: a seconda delle esigenze una o più vasche vengono impiegate come pre-ispessitori aggiuntivi dei fanghi secondari;
- sezione di **trattamento biologico a fanghi attivi**, costituita da n. 2 linee parallele:
  - la linea 1 è composta da n. 1 vasca di denitrificazione di volume 3.000 m<sup>3</sup> e n. 2 vasche di aerazione, di 3.000 m<sup>3</sup> ciascuna, dotate di sistema di aerazione a bolle fini;
  - la linea 2 è composta da n. 1 vasca di denitrificazione di volume 3.000 m<sup>3</sup> e n. 2 vasche di aerazione, di volume complessivo pari a 5.844 m<sup>3</sup>, dotate di sistema di aerazione a bolle fini;
- sezione di **sedimentazione secondaria**, costituita da n. 8 sedimentatori circolari, di diametro 28 m (n. 4 per ciascuna delle n. 2 linee biologiche);
- sezione di **defosfatazione chimica** mediante dosaggio di alluminato di sodio nel flusso di fanghi attivi in uscita dalle sezioni biologiche;
- stazione di **sollevamento finale**, costituita da n. 5 pompe sommergibili, con scaricatore di emergenza che si attiva in caso di malfunzionamento delle suddette pompe;

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	10	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- sezione di **trattamento terziario e disinfezione**, costituita da n. 1 stazione di preparazione del polielettrolita, n. 2 vasche di contatto per il dosaggio del polielettrolita e n. 2 sedimentatori circolari, di diametro 32 m ciascuno, in cui viene raccolto il fango flocculato. La sezione di trattamento terziario viene sfruttata anche per eseguire la disinfezione dei reflui: al centro di ciascuno dei n. 2 sedimentatori viene dosato ipoclorito di sodio (dosaggio attivo da aprile a settembre, periodo in cui è richiesto il rispetto del limite previsto dalla Tabella 3 del D. Lgs. 152/2006 s.m.i. per Escherichia Coli - 5.000 UFC/100 ml);
- sezione di **ultrafiltrazione**, alimentata con acqua proveniente dai sedimentatori terziari per l'ottenimento di un'acqua di elevata qualità da impiegare per la preparazione delle soluzioni di polielettrolita nella disidratazione dei fanghi;
- stazione di **pompaggio di acqua depurata per servizi tecnici**, prelevata dai sedimentatori terziari.

Di seguito si riporta lo schema a blocchi della linea acque:

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	11	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

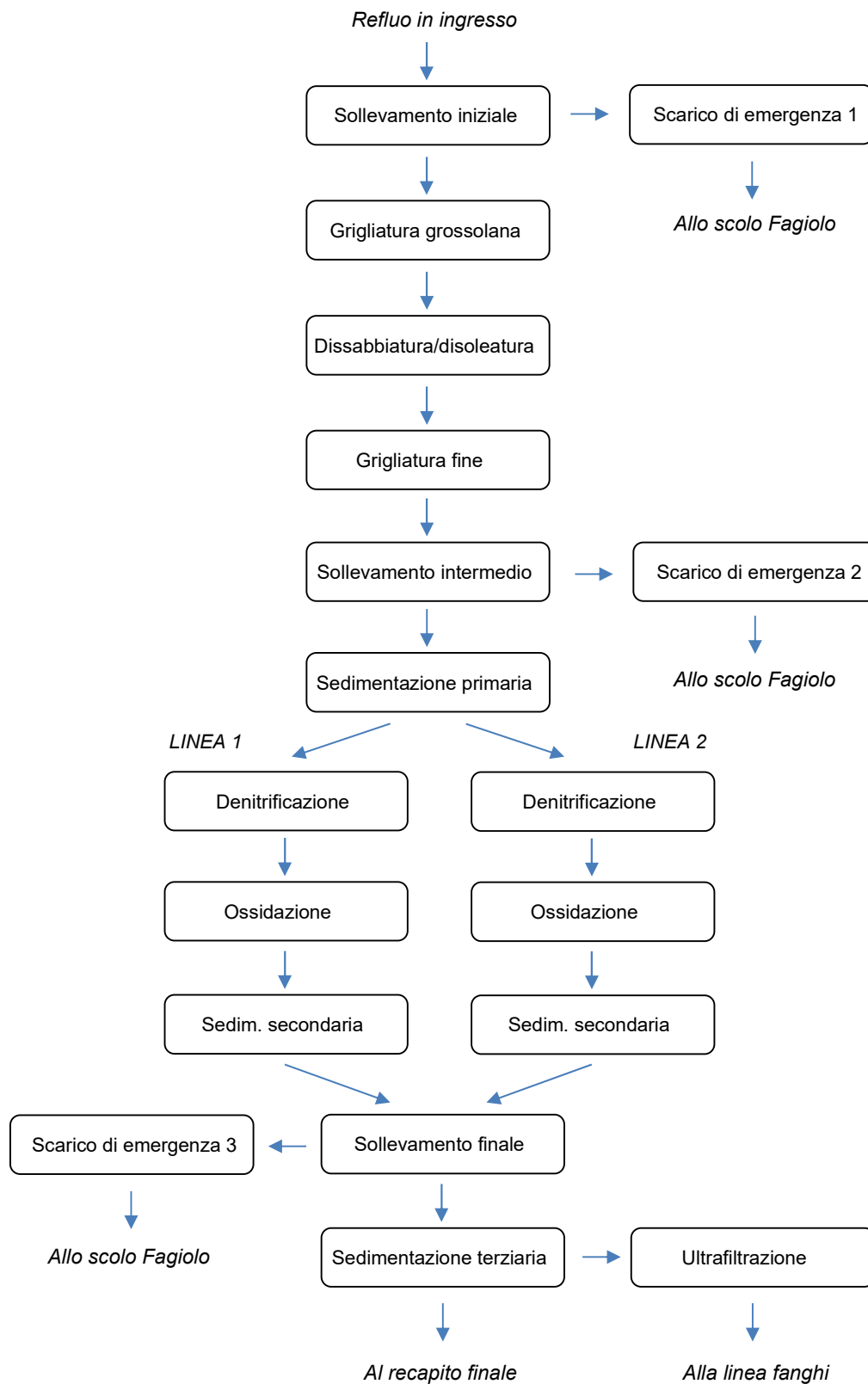



Figura 5: Schema a blocchi della configurazione attuale della linea acque del depuratore di Ravenna

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	12	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					


## 2.2.2 LINEA FANGHI

La linea fanghi comprende tutte le apparecchiature necessarie per concentrare i fanghi prodotti dalla linea acqua in vista del successivo smaltimento; è costituita dalle seguenti sezioni:

- stazione di **sollevamento dei fanghi di supero**, per l'invio in linea fanghi dei fanghi prodotti nella sezione di sedimentazione secondaria;
- sezione di **pre-ispessimento statico**, realizzato in n. 2 vasche di diametro 16 m ciascuna;
- sezione di **digestione anaerobica**, costituita da n. 3 digestori da 3.500 m<sup>3</sup> ciascuno, di cui n. 1 fuori servizio;
- sezione di **post-ispessimento statico**, costituita da n. 1 vasca di diametro 12 m che funge da polmone di accumulo dei fanghi da inviare alla disidratazione;
- sezione di **disidratazione**, costituita da n. 2 centrifughe e n. 1 vasca per l'accumulo dei fanghi disidratati. La sezione è dotata di:
  - n. 2 triturator (di cui n. 1 di riserva);
  - n. 2 pompe di alimentazione (più n. 1 di riserva);
  - n. 1 polipreparatore;
  - n. 2 pompe di dosaggio del polielettrolita (più n. 1 di riserva);
  - n. 3 coclee di estrazione dei fanghi disidratati;
  - n. 1 pompa di allontanamento fanghi (più n. 1 di riserva);
- sistema di **trattamento del biogas**, costituito da n. 1 filtro a pioggia posto a valle della digestione anaerobica;
- sezione di **recupero energetico da biogas**, costituita da n. 2 caldaie con doppia alimentazione (biogas e metano di rete) e n. 1 alimentata con metano di rete;
- **gasometro**, per lo stoccaggio del biogas e successivo invio alla sezione di recupero energetico;
- **torcia** di emergenza.

Di seguito si riporta lo schema a blocchi della linea fanghi:



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	13	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

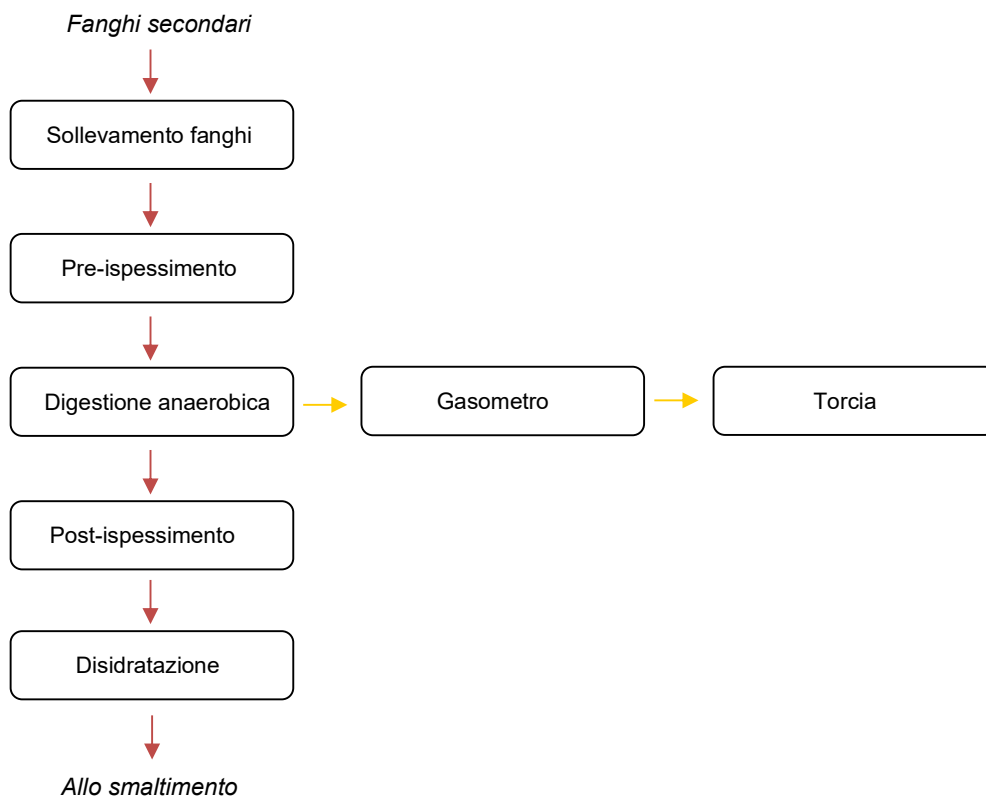



Figura 6: Schema a blocchi della configurazione attuale della linea fanghi del depuratore di Ravenna

### 2.2.3 TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART. 110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/2006 E SS.MM.II.

I rifiuti conferiti all'impianto di depurazione di Ravenna sono principalmente rifiuti liquidi derivanti dalla pulizia delle fognature (codice E.E.R. 20 03 06) e fanghi delle fosse settiche (codice E.E.R. 20 03 04); l'impianto è autorizzato anche allo smaltimento di rifiuti con codici E.E.R. 19 08 02 (rifiuti dell'eliminazione della sabbia) e 19 08 05 (fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue urbane). Il conferimento (ai sensi dell'art.110 comma 3 del D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii.) avviene tramite autobotte; ogni operazione di conferimento si compie con l'assistenza di un operatore d'impianto nel pieno rispetto di quanto previsto dal D. Lgs. 152/2006 s.m.i. in particolare per la gestione di formulari e registri di carico e scarico e nel rispetto delle norme comportamentali vigenti all'interno dell'impianto. Per quanto concerne i codici E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06, i rifiuti vengono conferiti tramite autobotti debitamente autorizzate; prima dell'immissione nel ciclo biologico sono sottoposti ad un trattamento preventivo che consiste in processi di vagliatura e dissabbiatura. Tale processo può avvenire alternativamente o sequenzialmente mediante:

- un trattamento meccanico di grigliatura/dissabbiatura, costituito da un apposito comparto che include un tritatore, una vasca di accumulo, un sistema di grigliatura e un sistema di dissabbiatura. Tali fasi sono automatiche e consentono la separazione del vaglio (materiale più leggero) e della sabbia (materiale più pesante);
- un trattamento di dissabbiatura, costituito da n. 2 vasche drenanti che consentono, con tempi più prolungati, la separazione delle sabbie.

I materiali solidi che vengono separati dai precedenti trattamenti sono identificati come vaglio (E.E.R. 19 08 01) e come sabbie (19 08 02) che vengono inviati a successivo recupero o

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	14	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

smaltimento. La fase liquida dei rifiuti trattati in entrambi i processi viene inviata in testa al depuratore, tramite condotta di fognatura interna, per il trattamento depurativo in linea acque.

L'impianto di Ravenna può ricevere, ai sensi dell'art. 110, comma 3, lettera c del D.Lgs, 152/2006 e ss.mm.ii., anche rifiuti derivanti dall'eliminazione delle sabbie (E.E.R. 19 08 02) e fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue (E.E.R. 19 08 05) che non hanno completato il trattamento. Il trattamento di questi E.E.R. segue vie diverse:

- E.E.R. 19 08 02: i rifiuti vengono trattati nel trattamento dissabbiatura – vasche drenanti o, in alternativa, nella dissabbiatura della linea acque tramite il sollevamento iniziale del depuratore. Il materiale solido che viene separato è identificato come sabbie (E.E.R. 19 08 02) e viene inviato a successivo recupero o smaltimento.
- E.E.R. 19 08 05: i rifiuti vengono immessi in testa alla linea fanghi per le fasi di ispessimento, digestione anaerobica e successiva disidratazione. Il materiale solido palabile che viene separato è identificato come fango (E.E.R. 19 08 05) e viene inviato a successivo recupero o smaltimento.

## 2.2.4 ALTRE SEZIONI D'IMPIANTO

In impianto sono presenti anche le seguenti sezioni:

- sezione di generazione di aria compressa per dissabbiatura/disoleatura;
- sezione di generazione di aria compressa per trattamento biologico;
- modulo antincendio.


Le seguenti unità/apparecchiature risultano attualmente dismesse o non in uso e sono bypassate nella configurazione di processo:

- vasca di contatto, nella quale veniva dosato ipoclorito di sodio nel refluo proveniente dai sedimentatori secondari;
- debatterizzazione a raggi UV in tubo, che prevedeva il passaggio del refluo, prima del recapito nel corpo idrico recettore, in n. 6 camere contenenti lampade a vapori di mercurio a bassa pressione;
- sistema di stoccaggio e dosaggio acido peracetico, in passato dosato all'uscita dei sedimentatori terziari;
- sezione di cogenerazione, per il riutilizzo di parte del biogas prodotto in digestione anaerobica.

## 2.3 CARATTERIZZAZIONE DEI REFLUI

### 2.3.1 PORTATE IN INGRESSO

Per la valutazione delle portate afferenti all'impianto nella configurazione attuale, sono stati ripresi i dati già analizzati nel progetto di fattibilità tecnico-economica relativi al periodo 01/01/2014 – 31/12/2019 e a questi sono stati aggiunti i dati degli anni 2020 e 2021 al fine di verificare eventuali variazioni del valore medio di tempo secco. **Successivamente, su richiesta di ARPAE nell'ambito del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR), i dati di portata in ingresso all'impianto sono stati valutati sino al 2023 compreso.** I dati analizzati sono stati estratti dai database aziendali. Al fine di determinare la portata media di tempo secco, sono stati esclusi dal computo i dati relativi ai giorni di pioggia, unitamente a quelli del giorno precedente. Come giorno

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	15	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					


di pioggia si è inteso il giorno in cui è stata registrata dal Pluviometro di riferimento un'altezza cumulata diversa da zero su base giornaliera. **In particolare, per il periodo 2014 – 2021 compreso è stato preso a riferimento il pluviometro "Ravenna Urbana", mentre per gli anni 2022 e 2023 il limitrofo pluviometro "Marina di Ravenna" (in mancanza di dati disponibili per il pluviometro "Ravenna Urbana").** Al netto di questi valori, la portata di tempo secco è stata mediata sull'anno e si è poi calcolata la media dei valori medi di ciascuno degli anni esaminati.

*La Tabella 1: Analisi delle portate medie di tempo secco in ingresso al depuratore (2014 – 2023)*

e la Figura 7 riportano le portate medie di tempo secco degli anni oggetto dell'analisi, ottenute come precedentemente descritto.

	<b>Portata media di tempo secco in ingresso [l/s]</b>									
	<b>2014</b>	<b>2015</b>	<b>2016</b>	<b>2017</b>	<b>2018</b>	<b>2019</b>	<b>2020</b>	<b>2021</b>	<b>2022</b>	<b>2023</b>
Gennaio	219,15	468,77	363,29	535,96	517,79	376,24	419,29	418,67	387,82	266,03
Febbraio	365,51	717,69	518,27	586,87	779,09	386,85	360,20	402,92	341,57	149,21
Marzo	398,59	631,11	534,88	536,22	773,81	395,86	378,27	402,70	348,26	244,01
Aprile	450,36	520,17	391,35	473,47	582,24	398,95	353,22	382,12	419,07	160,29
Maggio	512,31	526,65	398,18	533,39	584,68	470,40	340,10	384,41	374,98	518,81
Giugno	416,19	502,41	392,40	492,65	602,38	512,88	354,64	365,73	356,12	281,22
Luglio	358,25	408,08	374,53	489,46	615,21	435,07	349,31	380,33	322,86	217,39
Agosto	603,35	395,92	402,98	497,70	596,58	376,07	333,43	344,52	260,20	194,40
Settembre	464,03	378,30	385,01	465,81	560,45	353,33	344,58	421,71	173,04	127,81
Ottobre	359,64	437,87	552,76	488,45	418,68	311,56	413,27	450,95	80,39	158,49
Novembre	357,55	372,46	537,62	546,84	363,66	478,72	368,41	329,04	112,42	153,51
Dicembre	462,48	312,54	524,93	459,49	425,27	566,82	521,90	448,43	145,58	192,20
<b>Media</b>	<b>413,95</b>	<b>472,66</b>	<b>448,02</b>	<b>508,86</b>	<b>568,32</b>	<b>421,90</b>	<b>378,05</b>	<b>394,29</b>	<b>276,86</b>	<b>221,95</b>
<b>Media tempo secco 14-19</b>	<b>470 l/s</b>									
<b>Media tempo secco 14-21</b>	<b>450,0 l/s</b>									
<b>Media tempo secco 14-23</b>	<b>410,5 l/s</b>									

*Tabella 1: Analisi delle portate medie di tempo secco in ingresso al depuratore (2014 – 2023)*

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	16	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

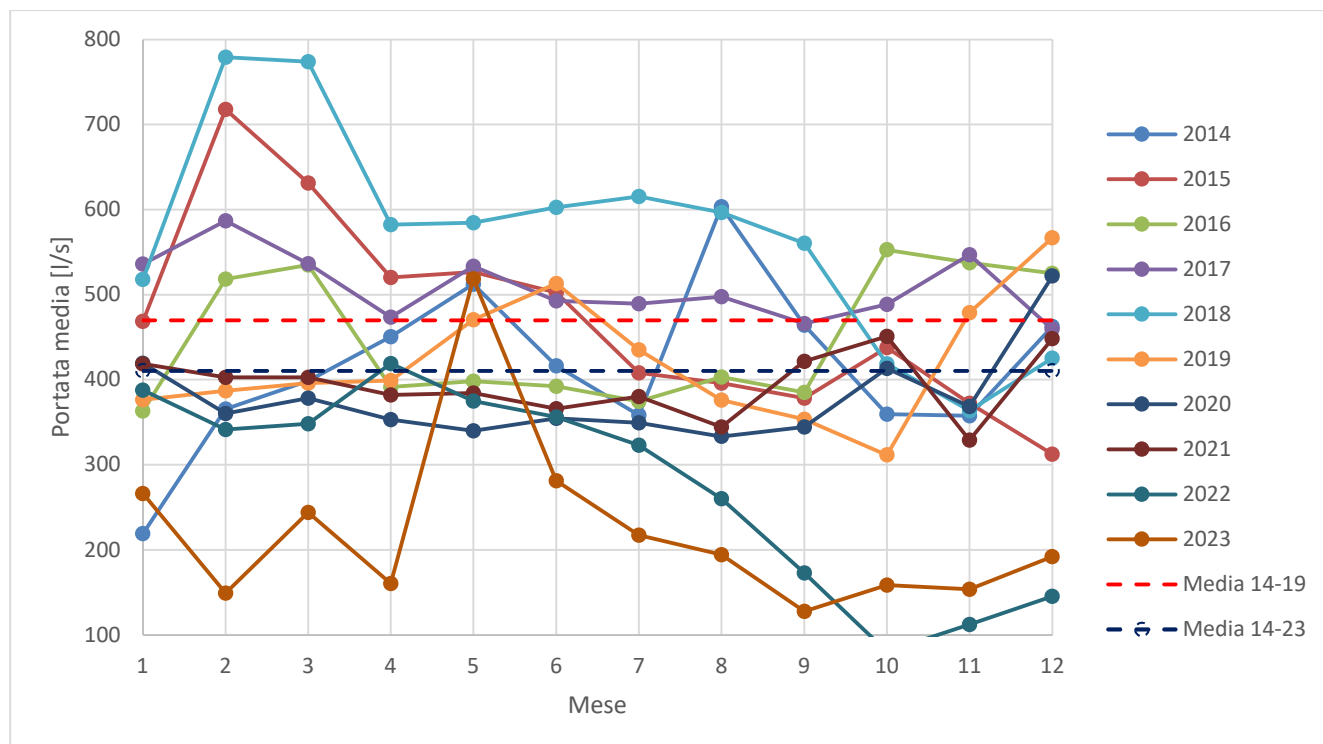


Figura 7: Andamento delle portate medie di tempo secco in ingresso al depuratore (2014 – 2023)

Con l'inserimento dei dati relativi agli anni 2020, 2021, 2022 e 2023 nell'analisi, il valore medio della portata di tempo secco in ingresso si abbassa rispetto a quello stimato nel progetto di fattibilità tecnico-economica: a favore di sicurezza, si ritiene opportuno impiegare per le valutazioni di progetto il valore maggiore tra i due (**470 l/s**, 1692 m<sup>3</sup>/h, 40.608 m<sup>3</sup>/d).

Al fine di verificare la presenza di acque parassite nella portata in ingresso all'impianto, sono stati analizzati i consumi acquedottistici annui fatturati dalle utenze che recapitano i propri reflui nel sistema fognario afferente al depuratore di Ravenna (anno 2016); è stato consultato anche il database delle utenze produttive (sempre in riferimento all'anno 2016) e dalla sovrapposizione dei dati dei due database, si è ottenuto un consumo medio annuo pari a 359 l/s: la differenza tra la portata media di tempo secco (470 l/s) e i consumi acquedottistici (359 l/s) fornisce la portata di acque parassite, pari a 111 l/s. La rete afferente all'impianto e recante i 359 l/s è costituita per oltre il 90% da fognatura unitaria.

La portata media di tempo secco di 470 l/s corrisponde ad una potenzialità di 203.040 AE (calcolata con una dotazione idrica pro-capite di 250 l/AE/d ed un coefficiente di afflusso in fognatura pari a 0,8).

La seguente tabella riassume i valori della portata media e della portata di punta nella configurazione attuale dell'impianto:

Contributo	Portata media di tempo secco [l/s]	Coefficiente	Portata di punta [l/s]
Portata media di tempo secco attuale	359	3	1.077
Portata parassita	111	1	111
<b>Portata totale</b>	<b>470</b>	-	<b>1.188</b>




 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	17	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Tabella 2: Definizione delle portate nella configurazione attuale

### 2.3.2 CONCENTRAZIONI E CARICHI INQUINANTI

Per la valutazione delle concentrazioni e dei carichi degli inquinanti in ingresso, si è fatto riferimento ai set di analisi presenti nei database aziendali per il periodo 01/01/2019 – 31/12/2021. **Nell'ambito del Provvedimento Autorizzatorio Unico Regionale (PAUR), ARPAE ha richiesto di estendere l'analisi di tali dati al 2023.**

Di seguito i valori medi.


Parametro	Unità di misura	Valore						
		2019	2020	2021	2022	2023	Media 19-21	Media 19-23
Azoto totale (N tot)	mg/l	41,3	52,8	42,3	46,12	42,79	45	45
Domanda biochimica di ossigeno (BOD5)	mg/l	93,6	138,7	109,3	109,2	115	114	113
Domanda chimica di ossigeno (COD)	mg/l	233,8	354,7	310,8	308,5	294,3	300	300
Fosforo totale (P tot)	mg/l	5,2	6,5	5,1	4,8	4,0	6	5,1
Solidi Sospesi Totali (SST)	mg/l	101,4	215,0	201,0	170,5	160	172	137

Tabella 3: Valori medi delle concentrazioni dei principali inquinanti in ingresso al depuratore (2019 – 2023)

L'estensione dell'elaborazione dei dati delle concentrazioni degli inquinanti in ingresso all'impianto a tutto il 2023 mostra che i valori medi nel periodo 2019-2023 sono più bassi rispetto a quelli del periodo 2019-2021 specialmente per i parametri fosforo totale e solidi sospesi totali. Pertanto, verranno considerate come concentrazioni influenti all'impianto quelle mediate nel periodo 2019-2021 in quanto più conservative.

Nella seguente tabella si riassumono i valori medi delle portate, delle concentrazioni e dei carichi in ingresso all'impianto nella configurazione attuale.

Parametro	Unità di misura	Valore
<i>Caratteristiche quantitative</i>		
Portata media	m³/d	<b>40.608</b>
Dotazione idrica pro-capite	m³/ab/d	0,25
Coefficiente di afflusso in fognatura	-	0,8
Abitanti equivalenti idraulici	AE	<b>203.040</b>
<i>Concentrazione dei principali macroinquinanti in ingresso <b>media annua</b></i>		
Sostanza organica come COD	gCOD/m³	300,00
Sostanza organica come BOD5	gBOD/m³	114,00
Azoto totale (N tot)	gN/m³	45,00
Solidi sospesi totali (SST)	gSST/m³	172,00
<i>Carichi inquinanti in ingresso <b>medi annui</b></i>		
Sostanza organica come COD	kgCOD/d	12.182
Sostanza organica come BOD5	kgBOD/d	4.629
Azoto totale (N tot)	kgN/d	1.827
Solidi sospesi totali (SST)	kgSST/d	6.985
<i>Apporti pro-capite di letteratura</i>		

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	18	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Parametro	Unità di misura	Valore
Sostanza organica come COD	gCOD/AE/d	110
Sostanza organica come BOD5	gBOD/AE/d	60
Azoto totale (N tot)	gN/AE/d	12
<i>Abitanti equivalenti medi annui</i>		
<b>AE-COD</b>	<b>AE</b>	<b>110.749</b>
<b>AE-BOD</b>	<b>AE</b>	<b>77.155</b>
<b>AE-N</b>	<b>AE</b>	<b>152.280</b>

*Tabella 4: Concentrazioni e carichi medi in arrivo all'impianto nella configurazione attuale*

### 2.3.3 TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART. 110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/2006

Sono stati analizzati i conferimenti di E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06 dal 2017 al 2021, mediati sul numero effettivo di giorni di conferimento in ciascun anno, ottenendo i seguenti valori:


Anno	E.E.R. 20 03 04 [ton/d]	E.E.R. 20 03 06 [ton/d]
2017	66	29
2018	65	27
2019	47	16
2020	51	17
2021	65	28
2022	70	32
2023	79	47

*Tabella 5: Conferimenti medi E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06 nel periodo 2017-2023*

Sulla base dei valori medi riportati in Tabella 5, sono stati assunti i seguenti valori per i conferimenti dei codici E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06 nella configurazione attuale dell'impianto:

E.E.R.	Portata conferita [ton/d]
20 03 04	70
20 03 06	30

*Tabella 6: Determinazione dei conferimenti medi E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06*

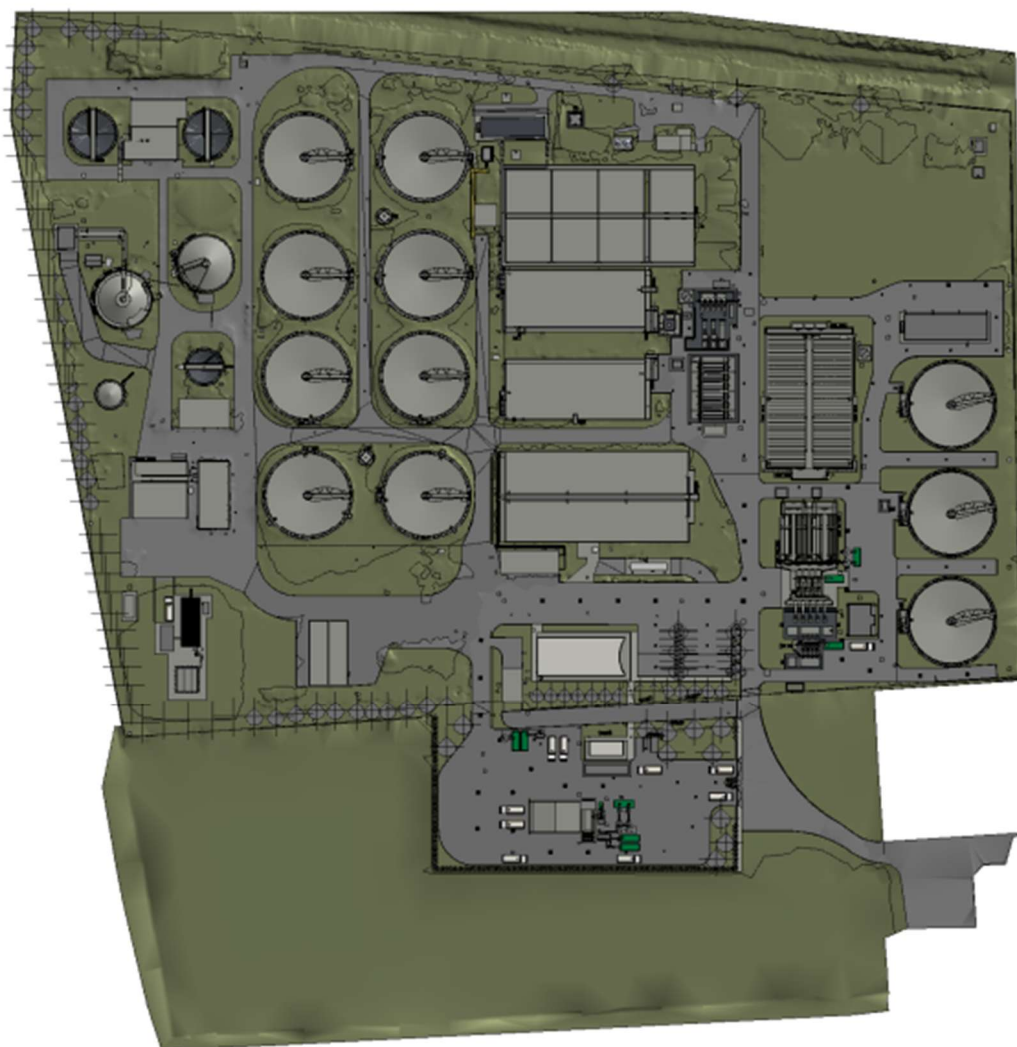
	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	19	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## 3 STATO DI PROGETTO DELL'IMPIANTO


### 3.1 SISTEMA DEPURATIVO DI PROGETTO

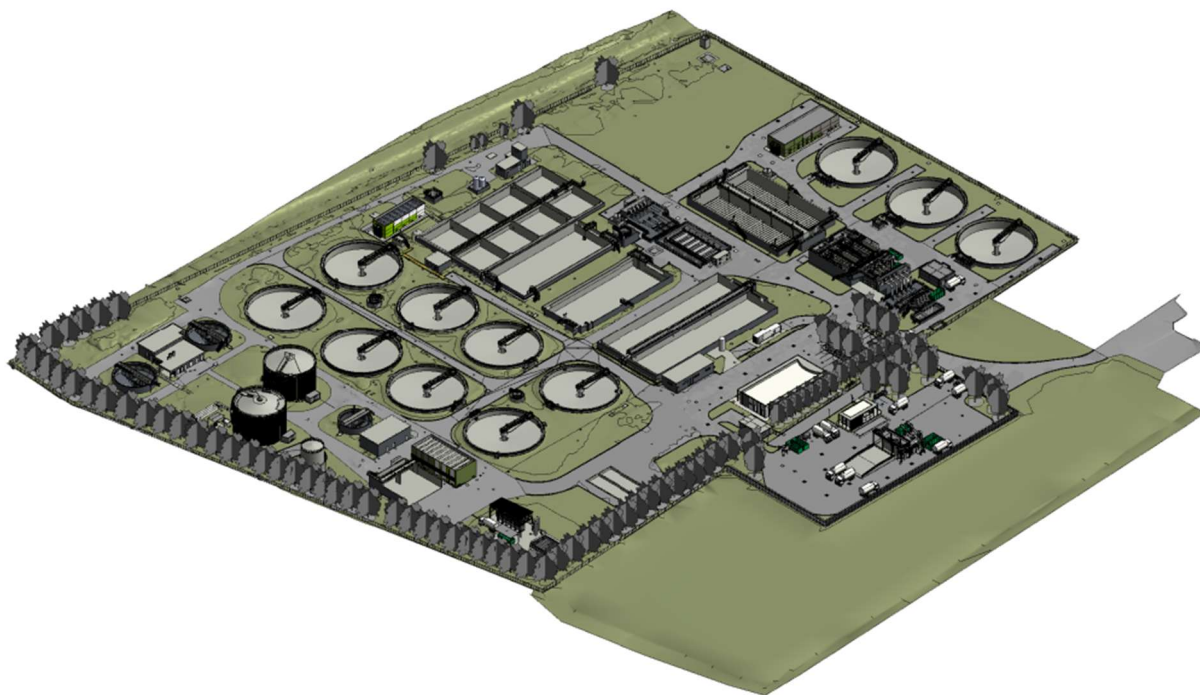
Gli interventi previsti nel progetto di potenziamento per far fronte all'incremento di portata derivante dagli sviluppi futuri cui si è fatto accenno porteranno ad un profondo restyling dell'impianto sia dal punto di vista del processo di trattamento, incrementandone la potenzialità, sia dal punto di vista del decoro architettonico.

I principali interventi riguardano la linea acque che sarà modificata per poter consentire il trattamento della nuova portata di progetto; sono previsti anche l'adeguamento della linea fanghi e la costruzione di un nuovo impianto di trattamento rifiuti compatibili con il processo di depurazione (E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06). Tutte le costruzioni non più funzionali al processo e quelle ormai compromesse dal punto di vista strutturale saranno demolite.



*Figura 8: Layout stato di progetto impianto di depurazione di Ravenna*

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	20	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					



*Figura 9: Modello tridimensionale stato di progetto impianto di depurazione di Ravenna*

### 3.1.1 POTENZIALITÀ DI PROGETTO

Gli interventi previsti nel progetto portano ad un incremento della potenzialità di 59.616 AE rispetto alle condizioni attuali rendendo necessaria l'installazione di una nuova linea di trattamento: tale incremento deriva dalle espansioni urbanistiche previste per la città di Ravenna (con un contributo di 38.880 AE) e dal collettamento del depuratore di Marina di Ravenna (che porterà al depuratore di Ravenna altri 20.736 AE, laminati rispetto ai 34.500 AE effettivi).


<b>Parametro</b>	<b>Valore</b>
Potenzialità nominale	240.000 AE
Potenzialità effettiva stato di fatto	203.040 AE
Potenzialità nuova linea	59.616 AE
Potenzialità effettiva totale stato di progetto	262.656 AE

*Tabella 7: Definizione della potenzialità dell'impianto*

La potenzialità effettiva dello stato di fatto, pari a 203.040 AE, è calcolata considerando il carico idraulico massimo ammissibile sui sedimentatori secondari in tempo di pioggia.

Gli sviluppi futuri incrementeranno la potenzialità attuale fino a portarla a **262.656 AE**.



 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	21	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## 3.2 DATI DI PROGETTO

### 3.2.1 LIMITI ALLO SCARICO

Lo scarico finale del depuratore deve rispettare i limiti di cui alla Tabella 1, alla Tabella 2 sia per il parametro fosforo totale sia per il parametro azoto totale, e alla Tabella 3 dell'Allegato 5 alla Parte III del D. Lgs. n. 152/2006 e s.m.i. ovvero quelli stabiliti dalla Regione ai sensi dell'art. 101, comma 2, del D. Lgs. n. 152/06 e s.m.i. Dall'1 aprile al 30 settembre di ogni anno, lo scarico deve altresì rispettare il limite di 5.000 UFC/100 ml per Escherichia Coli. In accordo a quanto prescritto dall'AUA, per l'impianto di depurazione di Ravenna è previsto anche un limite sulla torbidità a 50 NTU. Si riepilogano di seguito i valori delle concentrazioni limite da rispettare allo scarico.

Parametro (media giornaliera)	Unità di misura	CONCENTRAZIONE LIMITE DA TABB. 1, 2 e 3 D. Lgs. 152/2006
BOD <sub>5</sub>	mg/l	≤25
COD	mg/l	≤125
Solidi Sospesi Totali (SST)	mg/l	≤35
Azoto totale (N)	mg/l	≤10
Fosforo totale (P)	mg/l	≤1,0

*Tabella 8: Limiti allo scarico*

### 3.2.2 PORTATE DI PROGETTO

Per la valutazione della portata media di tempo secco nella configurazione di progetto, al valore della portata media di tempo secco nella configurazione attuale (470 l/s), comprensiva della portata parassita, sono stati sommati i seguenti contributi:

- 90 l/s (pari a 38.880 AE) derivanti dalle espansioni urbanistiche future della città di Ravenna;
- 48 l/s (pari a 20.736 AE) derivanti dal collettamento dei reflui del depuratore di Marina di Ravenna.


La **portata media di tempo secco** nella configurazione di progetto risulta pari a **608 l/s** (2.189 m<sup>3</sup>/h).

La portata di punta trattabile dall'impianto è ottenuta considerando un coefficiente di pioggia pari a 3 per la portata media di tempo secco attuale (al netto della portata parassita), proveniente da fognatura unitaria, e un coefficiente di punta pari a 3 per la portata media derivante dalle previste espansioni urbanistiche e per la portata media proveniente dal collettamento del depuratore di Marina di Ravenna (entrambi i contributi provenienti da fognatura separata); alla portata parassita non viene applicato alcun coefficiente maggiorativo.

La **portata di punta** nella configurazione di progetto è pari a **1.602 l/s** (5.767 m<sup>3</sup>/h).

Nella tabella di seguito si riassumono le considerazioni sulle portate di progetto:

Contributo	Portata media di tempo secco [l/s]	Coefficiente	Portata di punta [l/s]
Portata media di tempo secco attuale	359	3 <sup>(1)</sup>	1.077
Portata nera media da espansioni urbanistiche	90	3 <sup>(2)</sup>	270

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	22	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Portata nera media da Marina di Ravenna	48	3 <sup>(2)</sup>	144
Portata parassita	111	1	111
<b>Portata totale</b>	<b>608</b>	-	<b>1.602</b>

Tabella 9: Definizione delle portate di progetto

(1) Coefficiente di pioggia

(2) Coefficiente di punta


### 3.2.3 CONCENTRAZIONI E CARICHI INQUINANTI DI PROGETTO

Per la valutazione dei carichi degli inquinanti in ingresso all'impianto nella configurazione di progetto, si assume che le concentrazioni degli inquinanti non varino rispetto a quanto determinato nel paragrafo 2.3.2.

Nella seguente tabella si riassumono le concentrazioni e i carichi inquinanti in ingresso nella configurazione di progetto.

Parametro	Unità di misura	Valore
<i>Caratteristiche quantitative</i>		
Portata media	m <sup>3</sup> /d	<b>52.531</b>
Dotazione idrica pro-capite	m <sup>3</sup> /ab/d	0,25
Coefficiente di afflusso in fognatura	-	0,8
Abitanti equivalenti idraulici	AE	<b>262.656</b>
<i>Concentrazione dei principali macroinquinanti in ingresso <b>media annua</b></i>		
Sostanza organica come COD	gCOD/m <sup>3</sup>	300,00
Sostanza organica come BOD5	gBOD/m <sup>3</sup>	114,00
Azoto totale (N tot)	gN/m <sup>3</sup>	45,00
Solidi sospesi totali (SST)	gSST/m <sup>3</sup>	172,00
<i>Carichi inquinanti in ingresso <b>medi annui</b></i>		
Sostanza organica come COD	kgCOD/d	15.759
Sostanza organica come BOD5	kgBOD/d	5.989
Azoto totale (N tot)	kgN/d	2.364
Solidi sospesi totali (SST)	kgSST/d	9.035
<i>Apporti pro-capite di letteratura</i>		
Sostanza organica come COD	gCOD/AE/d	110
Sostanza organica come BOD5	gBOD/AE/d	60
Azoto totale (N tot)	gN/AE/d	12
<i>Abitanti equivalenti medi annui</i>		
<b>AE-COD</b>	<b>AE</b>	<b>143.267</b>
<b>AE-BOD</b>	<b>AE</b>	<b>99.809</b>
<b>AE-N</b>	<b>AE</b>	<b>196.992</b>

Tabella 10: Concentrazioni e carichi medi in arrivo all'impianto

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	23	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

### 3.2.4 TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART. 110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/2006 E SS.MM.II.

Per la determinazione delle portate di progetto da conferire presso il nuovo impianto di trattamento rifiuti compatibili con il processo di depurazione, si considera un incremento del 10% dei valori determinati per configurazione attuale dell'impianto, di seguito riassunti:

E.E.R.	Portata conferita [ton/d]	
	Stato di fatto	Stato di progetto
20 03 04	70	77
20 03 06	30	33

Tabella 11: Determinazione dei conferimenti medi E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06 nella configurazione di progetto


Il nuovo impianto prevede la presenza di n. 2 linee di trattamento distinte:

- una per il trattamento dei rifiuti/materiali più pesanti;
- una per il trattamento dei rifiuti/materiali più leggeri.

### 3.3 DESCRIZIONE SINTETICA DEGLI INTERVENTI


Gli interventi previsti nello stralcio 2 del progetto sono i seguenti:

- **demolizione** del manufatto comprendente il **sollevamento iniziale**, i **pretrattamenti** e il **sollevamento intermedio**: i pretrattamenti esistenti risultano insufficienti per il trattamento della nuova portata di progetto, mentre il sollevamento intermedio risulta inutile nella nuova configurazione di progetto;
- **demolizione** della **sezione di sedimentazione primaria**, compresi il ripartitore di portata e il manufatto del sollevamento dei fanghi primari. Nella configurazione attuale questa sezione è svincolata dalla linea acque e funge da sezione aggiuntiva di pre-ispessimento dei fanghi secondari;
- **demolizione** della **sezione di sedimentazione terziaria**, della sezione di stoccaggio e dosaggio dell'ipoclorito di sodio impiegato per la disinfezione dei reflui, della sezione di pompaggio dell'acqua tecnica prelevata dai terziari e della sezione di stoccaggio, preparazione e dosaggio del polielettrolita;
- **demolizione** dello **stoccaggio di ipoclorito di sodio** e dello **stoccaggio**, inutilizzato, di **acido peracetico**;
- **demolizione** del manufatto del **sollevamento finale**;
- **demolizione** del labirinto di **disinfezione**, inutilizzato da tempo e tuttora by-passato;
- **demolizione** del manufatto ospitante il **sistema di disinfezione UV in tubo** e smaltimento delle lampade;
- **realizzazione** di un **pozzetto di collettamento dei reflui in ingresso** al cui interno confluiscono la tubazione DN1200 in calcestruzzo proveniente dal sollevamento Radicchio Rosso, la tubazione DN1000 in fibrocemento proveniente da Chiavica Romea, la tubazione DN200 in acciaio inox proveniente dal sollevamento Bassette Ovest e la tubazione DE600 in vetroresina proveniente da Sant'Alberto;
- **realizzazione** del manufatto della **grigliatura grossolana** e del **nuovo sollevamento iniziale** comprendente:


	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	24	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- n. 4 **griglie grossolane** sub-verticali a barre con sistema di pulizia a pettini, posizionate in altrettanti canali rettangolari, in grado di trattare ciascuna una portata di 450 l/s; al servizio di tali griglie, opera un compattatore/convogliatore a coclea che scarica il grigliato in un cassone scarrabile dedicato;
- **sollevamento iniziale** ospitante n. 5 pompe sommergibili (n. 4 operative + n. 1 riserva), ciascuna in grado di sollevare una portata di 400,5 l/s. Ogni pompa è dotata di mandata indipendente sulla quale è installato un misuratore di portata. Il manufatto presenta uno scaricatore di emergenza che si attiva in caso di malfunzionamento delle pompe;
- **realizzazione** del manufatto della **grigliatura fine** e della **dissabbiatura/disoleatura** comprendente:
  - n. 4 **griglie fini** a tamburo rotante, posizionate in altrettanti canali rettangolari, ciascuna in grado di trattare una portata di 450 l/s; un trasportatore a coclea convoglia verso un cassone scarrabile il materiale trattenuto all'interno dei tamburi;
  - n. 4 canali di **dissabbiatura/disoleatura** paralleli per la separazione delle sabbie e di oli e grassi dal refluo; le sabbie recuperate all'interno dei canali vengono inviate tramite air-lift a n. 2 classificatori per il lavaggio delle stesse prima dello scarico in cassone in attesa dello smaltimento;
  - n. 1 **ripartitore alla sezione biologica**, suddiviso in n. 2 settori, che ha lo scopo di ripartire la portata tra la sezione biologica esistente e quella di nuova realizzazione in funzione della potenzialità idraulica di ciascuna;
- **realizzazione** di un **locale tecnico** al servizio della sezione di **dissabbiatura/disoleatura** per l'installazione di n. 5 soffianti (n. 4 operative + n. 1 riserva) per l'insufflazione di aria all'interno dei n. 4 canali di dissabbiatura/disoleatura a mezzo di diffusori a bolle grosse e di n. 2 soffianti (n. 1 operativa + n. 1 riserva) per il funzionamento dei n. 4 air-lift;
- **realizzazione** di una **nuova linea di trattamento biologico** (denominata *linea 3*) costituita da n. 2 vasche gestite ad aerazione intermittente (volume complessivo 5.544 m<sup>3</sup>) per il trattamento dei 60.000 AE derivanti dagli sviluppi futuri;
- **realizzazione** di una **nuova sezione di sedimentazione secondaria** al servizio della nuova linea di trattamento biologico, costituita da n. 3 vasche di diametro utile 28 m con annessi pozzetti per il sollevamento dei fanghi di ricircolo e di supero e per l'allontanamento delle schiume;
- **realizzazione** di un **pozzetto di raccolta dei chiarificati della linea 3**;
- **realizzazione** di un **pozzetto di raccolta chiarificati** al servizio delle **linee 1 e 2**;
- **implementazione** di un **controllore di processo** al servizio sia delle linee biologiche esistenti che di quella di nuova realizzazione, finalizzato all'ottimizzazione dei consumi energetici delle soffianti;
- **realizzazione** di un manufatto per l'installazione dei **filtri su tela** da impiegare per l'affinamento dell'intera portata proveniente dai sedimentatori secondari. L'installazione consentirà di ottenere un refluo con un contenuto di solidi sospesi inferiore a 5-10 mg/l;
- **realizzazione** di un **locale tecnico** al servizio della sezione di **filtrazione su tela**;




	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	25	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- **realizzazione** di un manufatto comprendente la nuova **disinfezione** e il nuovo **sollevamento finale**:
  - la **disinfezione** verrà realizzata mediante lampade UV a bassa pressione di vapore di mercurio installate in n. 2 canali paralleli; è previsto un canale di bypass da utilizzare per il convogliamento del refluo al sollevamento finale in caso di indisponibilità delle lampade. Come sistema alternativo alle lampade UV da utilizzare in caso di indisponibilità di queste ultime, è previsto un sistema di stoccaggio e di dosaggio di emergenza di ipoclorito di sodio. Nel canale di raccolta del refluo a valle dei canali di disinfezione, verranno installate n. 2 pompe per il prelievo dell'acqua di alimentazione della sezione di ultrafiltrazione;
  - la sezione del manufatto destinata al **sollevamento finale** ospiterà n. 5 pompe sommergibili (n. 4 operative + n. 1 riserva). Ogni pompa è dotata di mandata indipendente sulla quale è installato un misuratore di portata. Il manufatto presenta uno scaricatore di emergenza che si attiva in caso di malfunzionamento delle pompe;
- **installazione** di n. 2 **sistemi di pompaggio di acqua tecnica** da prelevare dal torrino del sollevamento finale e da impiegare per i lavaggi delle macchine di processo e per altri servizi d'impianto;
- **ricollocazione** delle **tubazioni degli scarichi dell'impianto** (sia quello di emergenza verso lo scolo Fagiolo sia quello di processo verso il torrino esterno); nel caso dello scarico di emergenza è prevista anche la ricollocazione del punto di scarico nel Fagiolo **e la realizzazione di un'opera di difesa spondale in pietrame avente dimensioni m 3+3 coassiali rispetto al tubo di scarico**;
- **realizzazione** dei **collegamenti idraulici** del modulo di **ultrafiltrazione**:
  - dal canale di uscita e raccolta del refluo disinfettato all'ingresso del modulo per l'alimentazione dell'acqua da trattare;
  - dall'uscita del modulo al poliprepreatore della sezione di ispessimento dinamico;
- **installazione** del **sistema di stoccaggio e dosaggio di alluminato di sodio** da dosare nel refluo in uscita dalla sezione di trattamento biologico della linea 3 per favorire la rimozione del fosforo;
- **realizzazione** della sala quadri e soffianti linea 3; il locale sarà suddiviso in n. 2 sezioni:
  - un **locale soffianti** con all'interno n. 3 soffianti a vite (n. 2 operative + n. 1 riserva) per l'insufflazione di aria all'interno delle n. 2 nuove vasche di ossidazione della linea 3;
  - una **cabina elettrica** di trasformazione e distribuzione per l'alimentazione delle utenze della linea 3;
- **realizzazione** di una **sala quadri BT** per l'alimentazione delle utenze installate nelle nuove sezioni di pretrattamento e sollevamento iniziale; il locale sarà realizzato tra i nuovi pretrattamenti e la sedimentazione secondaria della linea 3;

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	26	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- interventi di **ripristino** e di **finitura** sulle vasche di **denitrificazione** e di **ossidazione** della **linea biologica 1** e sulle vasche di **denitrificazione** e di **ossidazione** della **linea biologica 2**;
- interventi di **revamping** sul **ripartitore alle linee biologiche esistenti**;
- interventi di **ripristino** e di **finitura** sulle vasche di pre-ispessimento statico e di post-ispessimento statico, compresa la sostituzione dei ponti;
- riconversione del locale cogenerazione: è prevista la rimozione dei cogeneratori e l'**installazione di n. 2 ispessitori dinamici** per migliorare l'addensamento del fango da inviare alla digestione anaerobica;
- **demolizione** del **digestore anaerobico 1**, inutilizzato da tempo, a causa delle condizioni di instabilità strutturale e di ammaloramento del calcestruzzo;
- **installazione** di un nuovo **sistema di miscelazione fanghi** sul digestore 2 (che sarà denominato **digestore 1** nella configurazione di progetto) in sostituzione di quello attuale che miscela i fanghi mediante il ricircolo del biogas;
- **realizzazione** di un **locale tecnico** al servizio del **digestore anaerobico** oggetto di revamping, ospitante le pompe di ricircolo e gli scambiatori di calore per il riscaldamento del fango;
- **installazione** di un nuovo **sistema di trattamento del biogas** per la rimozione, mediante assorbimento in soluzione acquosa, dell'idrogeno solforato e dell'anidride carbonica in esso presenti prima dell'impiego nella centrale termica;
- **installazione** di nuove **pompe per l'invio del fango disidratato** in centrifuga **verso la nuova sezione di bioessiccamento**;
- **installazione** di un **bioessiccatore** in grado di trattare una frazione del fango in uscita dall'unità di disidratazione con centrifughe (1000 ton/anno) portando il contenuto di secco all'80% mediante l'azione di reazioni batteriche esotermiche e di un opportuno flusso d'aria; il bioessiccatore sarà installato a valle dell'unità di disidratazione e sarà dotato di una unità di filtrazione per il trattamento dell'aria esausta prima della sua emissione in atmosfera;
- **realizzazione** di una **sala quadri** al servizio della sezione di **bioessiccamento**;
- interventi di **ripristino** e di **finitura** sulla parete in calcestruzzo del **gasometro**;
- **demolizione** del **fabbricato servizi** e della **sala controllo**;
- **demolizione** di n. 1 **letto di essiccamento**;
- **realizzazione** della nuova **palazzina uffici e sala controllo** e di una nuova area parcheggio per dipendenti e visitatori;
- **rimozione** della **pesa** per il controllo in ingresso e uscita delle autobotti e dell'**impianto di trattamento dei bottini** esistente;
- **realizzazione** di un **impianto di trattamento rifiuti (compatibili con il processo di depurazione) in regime di comunicazione ai sensi dell'art. 110, comma 3 del D.Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii.** L'impianto sarà dotato di n. 2 linee separate, una per il trattamento di dissabbiatura/grigliatura per i rifiuti con codici E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06 e una per il trattamento di dissabbiatura/grigliatura dei rifiuti con codici E.E.R. 20 03 04, 20 03 06 e 19 08 02;

 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	27	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- **demolizione** di tutti i **manufatti non più funzionali** nella configurazione di progetto;
- **adeguamento** del sistema **antincendio** d'impianto **comprendente l'installazione di un sistema di pompaggio delle acque reflue depurate all'esistente serbatoio antincendio e la posa di una nuova rete ad anello;**
- **adeguamento** della **viabilità dell'impianto** in relazione al posizionamento dei nuovi manufatti e sistemazione dell'asfalto nelle zone non impattate dalle demolizioni/ricostruzioni;
- modifica migliorativa delle **mitigazioni a verde**.


### 3.4 FILIERA DI TRATTAMENTO DI PROGETTO

Gli interventi previsti dal progetto di potenziamento modificano in maniera sostanziale la filiera di trattamento dell'impianto di depurazione di Ravenna.

#### 3.4.1 LINEA ACQUE


Nella configurazione di progetto, la linea acque risulta composta dalle seguenti sezioni:

- sezione di ingresso reflui in impianto, costituita da un **pozzetto di collettamento** che riceve i reflui provenienti dal sollevamento Radicchio Rosso, da Chiavica Romea, dal sollevamento Bassette Ovest e da Sant'Alberto;
- sezione di **grigliatura grossolana**, costituita da n. 4 griglie sub-verticali a barre con sistema di pulizia a pettini disposte in altrettanti canali rettangolari; nella sezione di ingresso è presente uno scaricatore di emergenza che si attiva in caso di malfunzionamento delle pompe del sollevamento iniziale poste a valle;
- stazione di **sollevamento iniziale** del refluo, costituita da n. 5 pompe sommergibili (n. 4 operative + n. 1 riserva);
- sezione di **grigliatura fine**, costituita da n. 4 griglie a tamburo rotante disposte in altrettanti canali rettangolari;
- sezione di **dissabbiatura/disoleatura**, costituita da n. 4 canali aerati paralleli e dotata di n. 5 soffianti (n. 4 operative, una per canale, e n. 1 riserva) che insufflano aria all'interno dei canali per favorire la flottazione di oli e grassi e alimentano in maniera temporizzata gli air-lift per il sollevamento delle sabbie sedimentate; la sezione è completata da n. 2 classificatori delle sabbie e da un cassone scarrabile per l'accumulo delle sabbie recuperate;
- nuovo **ripartitore di portata** alla sezione di trattamento biologico, realizzato all'uscita della sezione di dissabbiatura/disoleatura e solida ad essa dal punto di vista strutturale per la ripartizione della portata tra la nuova linea di trattamento e le n. 2 esistenti;
- sezione di **trattamento biologico a fanghi attivi**, costituita da n. 2 linee esistenti (linee 1 e 2) e dalla nuova linea (linea 3) per il trattamento della potenzialità aggiuntiva derivante dagli sviluppi futuri previsti:
  - la linea 1 è composta da n. 1 vasca di denitrificazione di volume 3.000 m<sup>3</sup> e n. 2 vasche di aerazione, di 3.000 m<sup>3</sup> ciascuna, dotate di sistema di aerazione a bolle fini;

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	28	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- la linea 2 è composta da n. 1 vasca di denitrificazione di volume 3.000 m<sup>3</sup> e n. 2 vasche di aerazione, di volume complessivo pari a 5.844 m<sup>3</sup>, dotate di sistema di aerazione a bolle fini;
- la nuova linea 3 è composta da n. 2 linee parallele costituite da n. 2 vasche gestite ad aerazione intermittente (volume complessivo di 5.544 m<sup>3</sup>) con sistema di aerazione a bolle fini per la fase di ossidazione e miscelatori per la fase di denitrificazione;
- sezione di **sedimentazione secondaria**, costituita da n. 4 sedimentatori al servizio della linea biologica 1 (di diametro utile 28 m), n. 4 sedimentatori al servizio della linea 2 (di diametro utile 28 m) e n. 3 sedimentatori (di diametro utile 28 m) di nuova costruzione al servizio della linea biologica 3. I sedimentatori della linea 3 sono dimensionati per trattare la portata idraulica derivante dagli sviluppi previsti e sono dotati di:
  - pozzetto di raccolta fanghi in cui sono alloggiate le pompe di ricircolo del fango verso il ripartitore della linea 3 e quelle di sollevamento del fango di supero verso la sezione di pre-ispessimento statico;
  - pozzetto per la raccolta e l'allontanamento delle schiume;
  - pozzetto per la raccolta del refluo chiarificato;
- sezione di **defosfatazione chimica** per il dosaggio di alluminato di sodio nel flusso di fanghi attivi in uscita dalle sezioni biologiche;
- sezione di **filtrazione su tela**, costituita da filtri a tela sommersi, disposti in canale, in grado di portare la concentrazione di solidi sospesi in uscita sotto i 10 mg/l;
- sezione di **disinfezione finale** mediante lampade UV del tipo ad amalgama, a bassa pressione di vapore di mercurio, in grado di trattare la portata massima in arrivo in impianto; la sezione è costituita da una serie di moduli organizzati in banchi inseriti all'interno di canali di apposite dimensioni entro cui passerà l'acqua da trattare. È presente uno stoccaggio di ipoclorito di sodio per la disinfezione di emergenza da attivare in caso di indisponibilità delle lampade UV;
- sezione di prelievo e **pompaggio dell'acqua tecnica** da impiegare per il lavaggio delle macchine di processo, laddove richiesto, e per altri servizi d'impianto;
- sezione di **ultrafiltrazione**, alimentata con acqua filtrata/disinfettata per l'ottenimento di un'acqua di elevata qualità da impiegare per la preparazione delle soluzioni di polielettrolita nella disidratazione dei fanghi (ispessimento dinamico e centrifugazione);
- stazione di **sollevamento finale** del refluo, costituita da n. 5 pompe sommergibili (n. 4 operative + n. 1 riserva) e recante uno scaricatore di emergenza che si attiva in caso di malfunzionamento delle pompe.

La seguente figura mostra lo schema a blocchi della linea acqua nello stato di progetto: in rosso si riportano le sezioni di nuova installazione, in verde le sezioni oggetto di revamping.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	29	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

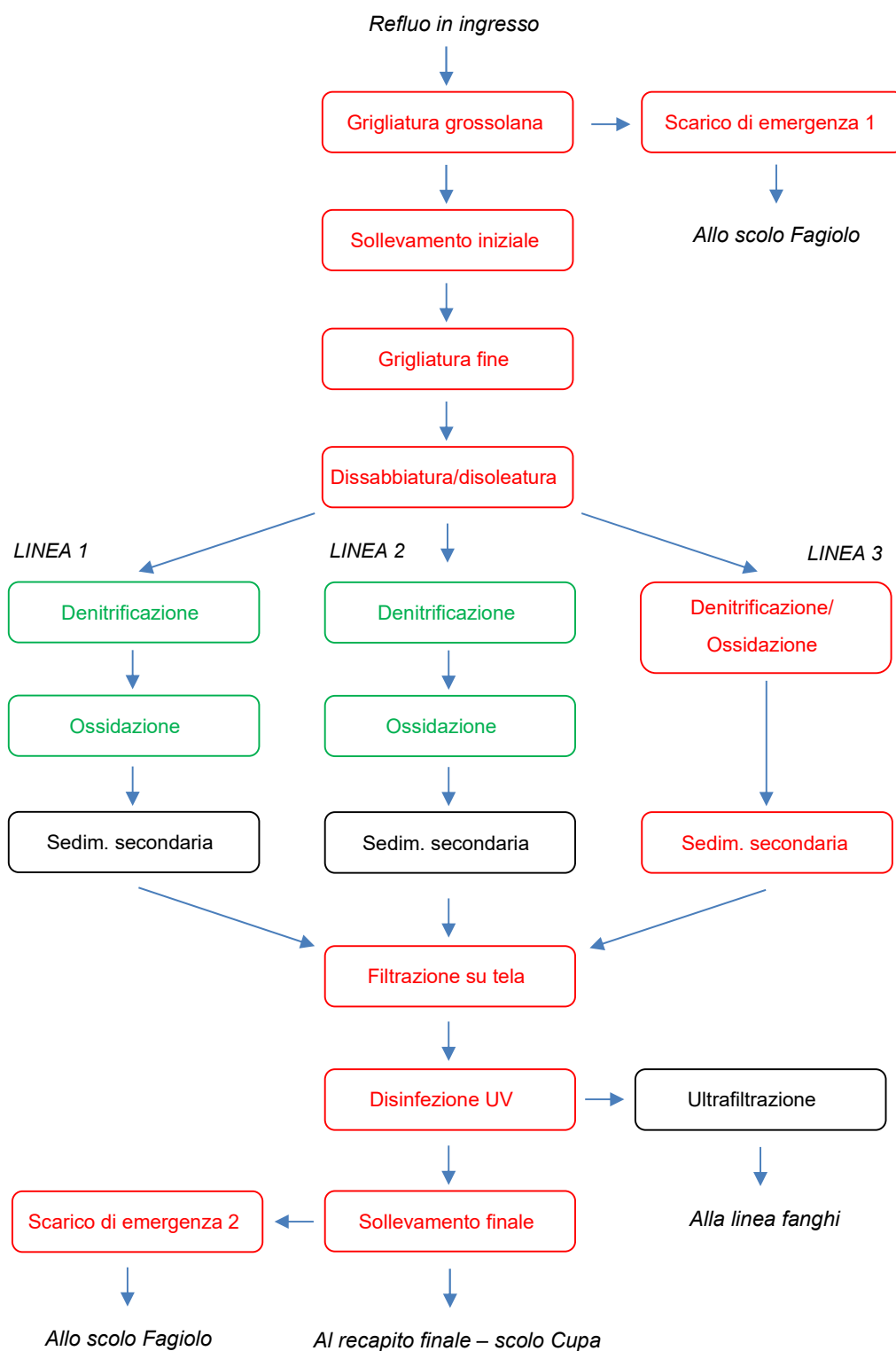



Figura 10: Schema a blocchi della configurazione di progetto della linea acqua del depuratore di Ravenna




	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	30	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

### 3.4.2 LINEA FANGHI

La linea fanghi nella configurazione di progetto è costituita dalle seguenti sezioni:

- stazione di **sollevamento dei fanghi di supero**, per l'invio al pre-ispessimento dei fanghi prodotti nelle sezioni di sedimentazione secondaria delle n. 3 linee di trattamento biologico;
- sezione di **pre-ispessimento statico**, realizzato in n. 2 vasche di diametro 16 m ciascuna e necessario per estrarre una parte dell'acqua contenuta nei fanghi di supero in arrivo dalla sezione di sedimentazione secondaria;
- sezione di **ispessimento dinamico**, costituita da n. 2 tamburi rotanti per la concentrazione fino al 5% della frazione di secco dei fanghi in arrivo dal pre-ispessimento statico; la sezione è completata da una stazione di stoccaggio, preparazione e dosaggio di polielettrolita;
- sezione di **digestione anaerobica**, costituita da n. 2 digestori (ciascuno di volume 3.500 m<sup>3</sup>), il digestore 1 in esercizio e il digestore 2 di scorta (da utilizzare in caso di indisponibilità del digestore 1 per manutenzione);
- sezione di **post-ispessimento statico**, costituita da n. 1 vasca di diametro 12 m che funge da polmone di accumulo dei fanghi da inviare alla disidratazione con centrifughe e al contempo consente di estrarre una ulteriore quota di acqua libera dai fanghi digeriti anaerobicamente;
- sezione di **disidratazione**, costituita da n. 2 centrifughe e n. 1 vasca per l'accumulo dei fanghi disidratati; la sezione è completata da una stazione di stoccaggio, preparazione e dosaggio di polielettrolita;
- sezione di **bioessiccamento**, per la disidratazione fino ad un tenore dell'80% in secco di una frazione dei fanghi in uscita dalla sezione di disidratazione con centrifughe; nella sezione si sfrutta in maniera combinata un flusso di aria con il calore naturalmente prodotto dalle reazioni esotermiche operate dai batteri presenti all'interno del fango stesso. L'aria esausta in uscita dal bioessiccatore viene trattata in una unità di biofiltrazione prima di essere emessa in atmosfera;
- sistema di **trattamento del biogas**, costituito da una colonnina con riempimento per la rimozione mediante assorbimento di idrogeno solforato e anidride carbonica presenti nel gas;
- sezione di **recupero energetico da biogas**, costituita da n. 2 caldaie con doppia alimentazione (biogas e metano di rete) e n. 1 alimentata con metano di rete;
- **gasometro**, per lo stoccaggio del biogas e successivo invio alla sezione di recupero energetico;
- **torcia** di emergenza.

La seguente figura mostra lo schema a blocchi della linea fanghi nello stato di progetto: in rosso si riportano le sezioni di nuova installazione, in verde le sezioni oggetto di revamping.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	31	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

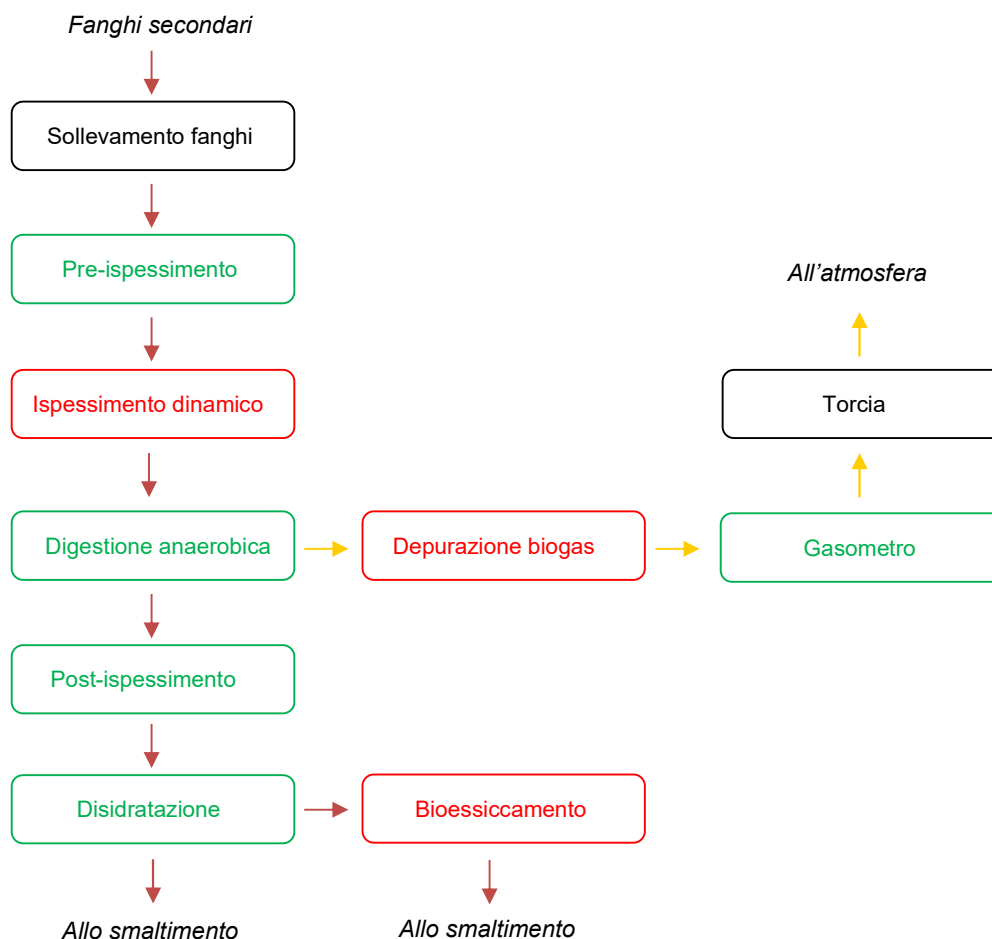


Figura 11: Schema a blocchi della configurazione di progetto della linea fanghi del depuratore di Ravenna


### 3.4.3 TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART. 110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/2006 E SS.MM.II.

I rifiuti e i materiali conferiti all'impianto di depurazione di Ravenna rimarranno quelli derivanti dalla pulizia delle fognature (E.E.R. 20 03 06) e i fanghi delle fosse settiche (E.E.R. 20 03 04); l'impianto potrà trattare due tipologie di materiali (D.Lgs. 152/2006 e ss.mm.ii. art. 110, comma 3, lettera c) quali rifiuti da dissabbiamento (E.E.R. 19 08 02) e fanghi prodotti dal trattamento delle acque reflue urbane (E.E.R. 19 08 05).


Il nuovo impianto di trattamento dei rifiuti (compatibili con il processo di depurazione) in regime di comunicazione di cui all'art.110, comma 3 del D.Lgs. n. 152/2006 e ss.mm.ii., sarà suddiviso in n. 2 linee distinte, una per il trattamento dei rifiuti/materiali più pesanti e una per il trattamento dei rifiuti più leggeri.

La linea di trattamento dei rifiuti /materiali più pesanti prevede:

- n. 1 **vasca di accumulo**, entro cui le autobotti scaricano, a portello aperto, il rifiuto;
- n. 1 sistema di prelievo e movimentazione dei solidi con **benna** che preleva il materiale accumulato in vasca e lo invia alla linea di trattamento;
- n. 1 **tramoggia di ricezione** dotata di coclea;

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	32	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- n. 1 **vaglio a tamburo rotante** per la separazione dei solidi grossolani (sopravaglio);
- n. 1 sistema per il **lavaggio del materiale di sopravaglio**, per l'eliminazione della frazione leggera residua;
- n. 1 **pressa compattatrice** con lavaggio del grigliato;
- n. 1 **pozzetto** per la raccolta delle **sabbie** recuperate nel vaglio;
- n. 2 **pompe** per l'estrazione delle **sabbie** dal pozzetto di raccolta;
- n. 2 **classificatori** con lavaggio delle sabbie ad effetto coanda;
- n. 1 **cassone** scarrabile per la raccolta del materiale di **sopravaglio** proveniente dal sistema di lavaggio del sopravaglio, da accumulare in attesa di essere inviato a smaltimento (codice E.E.R. 19 08 01);
- n. 1 **cassone** scarrabile per la raccolta del materiale di sopravaglio proveniente dalla pressa compattatrice, da accumulare in attesa di essere inviato a smaltimento (codice E.E.R. 19 08 01);
- n. 1 **cassone** scarrabile per la raccolta delle **sabbie** in uscita dai classificatori, da accumulare in attesa dello smaltimento (codice E.E.R. 19 08 02) e/o del riutilizzo; le sabbie, infatti, opportunamente classificate e lavate, potranno essere riutilizzate, previa caratterizzazione e relativa autorizzazione, nell'ambito di attività edili e di manutenzione di HERA S.p.A. quali:
  - formazione di sottofondi stradali;
  - letti di posa per condotte interrate;
  - riempimento controllato degli scavi al fine di ridurre i cedimenti;
  - aggregato per produzione di conglomerati bituminosi;
  - aggregato per produzione di conglomerati cementizi;
  - aggregati per rinfiando di tubazioni;
  - produzione di conglomerati per l'edilizia;
  - sottofondi per rilevati stradali.
- n. 1 **pozzetto** di raccolta per l'accumulo e il rilancio in testa all'impianto di depurazione delle **acque recuperate**.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	33	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

La seguente figura mostra lo schema a blocchi della linea di trattamento dei rifiuti/materiali più pesanti.

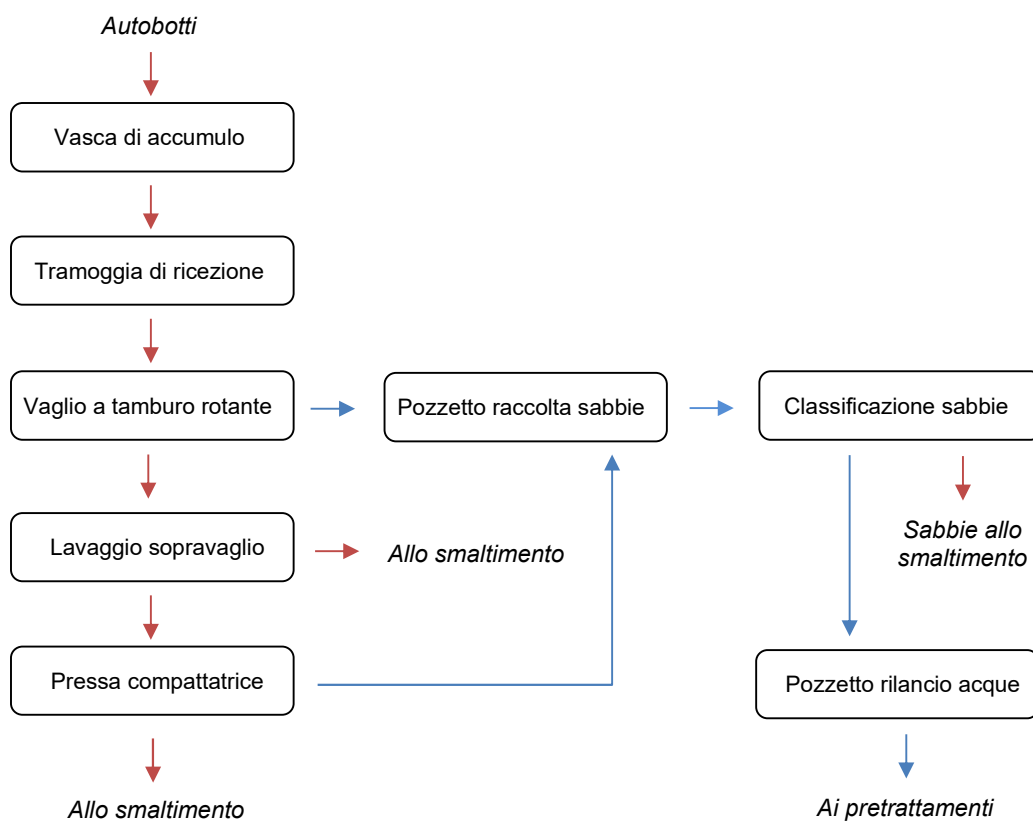



Figura 12: Schema a blocchi della configurazione di progetto della linea di trattamento dei rifiuti/materiali più pesanti compatibili con il processo di depurazione

La linea di trattamento dei rifiuti/materiali più leggeri è costituita da:

- n. 1 **vaglio a tamburo rotante**, alimentato tramite tubazione dotata di attacco rapido;
- n. 1 **pressa** compattatrice con lavaggio del materiale grigliato;
- n. 1 **classificatore** con lavaggio delle sabbie ad effetto coanda.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	34	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

La seguente figura mostra lo schema a blocchi della linea di trattamento dei rifiuti/materiali più leggeri.

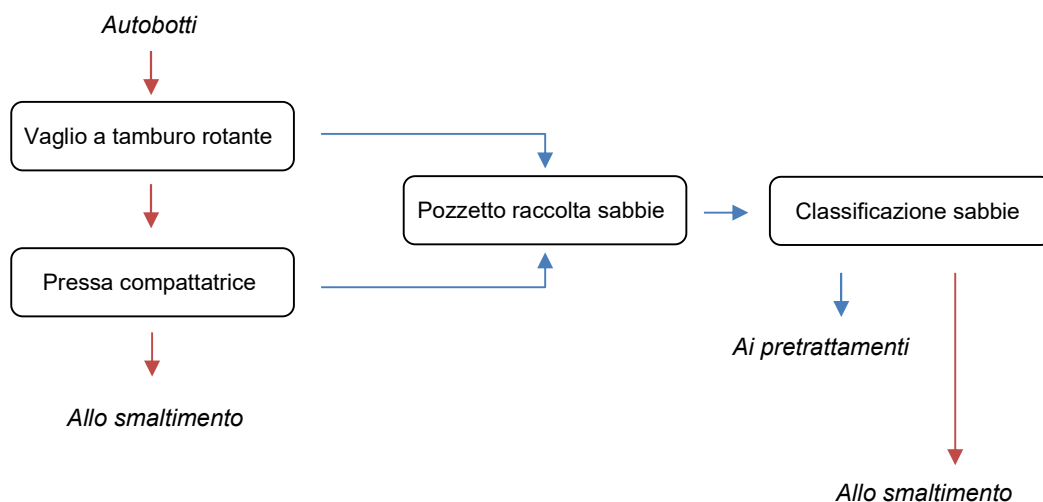



Figura 13: Schema a blocchi della configurazione di progetto della linea di trattamento dei rifiuti/materiali più leggeri compatibili con il processo di depurazione



	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	35	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## 4 RISULTATI DELLE VERIFICHE DI DIMENSIONAMENTO

Gli obiettivi dei calcoli effettuati, i cui risultati sono mostrati nel presente capitolo, sono i seguenti:

- verificare l'adeguatezza dei comparti esistenti mantenuti in funzione alle condizioni di progetto;
- dimensionare i comparti di trattamento previsti dal progetto;
- definire le caratteristiche teoriche delle apparecchiature elettromeccaniche di nuova installazione.

Nella trattazione vengono riportate separatamente le diverse sezioni impiantistiche seguendo la loro posizione all'interno della filiera di processo, descrivendo anche i relativi principi di funzionamento e le soluzioni progettuali di cui si prevede l'implementazione.

### 4.1 LINEA ACQUE

#### 4.1.1 POZZETTO DI COLLETTAMENTO REFLUI IN INGRESSO

I reflui da trattare confluiscono all'interno di un pozzetto di collettamento di nuova realizzazione. Al suo interno arriveranno, più in dettaglio, i reflui provenienti dal sollevamento Radicchio Rosso, da Chiavica Romea, dal sollevamento Bassette Ovest e da Sant'Alberto che proseguiranno poi verso la sezione di pretrattamento.

#### 4.1.2 VASCA DI ACCUMULO REFLUI

I reflui provenienti dal pozzetto di collettamento di ingresso impianto transitano all'interno di una vasca di accumulo prima di passare alla sezione di grigliatura grossolana.


All'interno di questa vasca è presente lo scaricatore di emergenza 1, costituito da uno stramazzo a parete sottile di lunghezza 3 m, che si attiva in caso di malfunzionamento delle pompe del sollevamento iniziale poste a valle e da cui parte la condotta che scarica i reflui scolmati verso lo scolo Fagiolo, situato sul confine nord dell'area d'impianto. Un misuratore di livello (LT1001) consente di monitorare la portata scaricata attraverso lo scolmatore.

#### 4.1.3 GRIGLIATURA GROSSOLANA

Il comparto di grigliatura grossolana ha il compito di trattenere il materiale grossolano presente all'interno del liquame entrante in impianto. La sezione è costituita da n. 4 griglie meccaniche sub-verticali a barre (SN1001A/B/C/D) con spaziatura di filtrazione 12 mm, installate all'interno di altrettanti canali rettangolari di larghezza 1,0 m; ogni macchina può trattare fino a 450 l/s di refluio (oltre 1/4 della portata massima di progetto, 1.602 l/s, per far fronte all'eventuale chiusura per manutenzione di un canale) ed è dotata di un sistema di pulizia a pettine azionato da un motoriduttore.

Un convogliatore a coclea (SW1001) trasporta il materiale grossolano trattenuto dalle griglie all'interno di un cassone scarrabile posto a livello del piano stradale dove viene accumulato in attesa dell'invio a smaltimento.

All'interno di ciascun canale sono presenti n. 2 misuratori di livello (LT1002A/B/C/D, LT1003A/B/C/D), uno a monte e uno a valle della griglia, per l'azionamento automatico dei pettini in funzione della perdita di carico.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	36	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

È previsto un quadro elettrico di comando dedicato alla gestione automatica dei sistemi di pulizia e di convogliamento a cassone del grigliato separato.

La Tabella 12 riassume le principali caratteristiche tecniche e dimensionali della sezione.

<b>GRIGLIATURA GROSSOLANA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero griglie	-	4
Tag apparecchiatura/e	-	SN1001A/B/C/D
Tipologia	-	Sub-verticale a barre
Spaziatura barre	mm	12
Portata singola griglia	m <sup>3</sup> /h	1.620
Larghezza griglia	mm	1.000
Inclinazione	°	75
Larghezza canale	mm	1.000
Altezza canale	mm	8.000
Profondità canale (da piano campagna)	mm	-5.500
Altezza di scarico (da fondo canale)	mm	9.500
Potenza complessiva installata	kW	8,4

*Tabella 12: Caratteristiche della grigliatura grossolana*


#### 4.1.4 SOLLEVAMENTO INIZIALE

A valle della grigliatura grossolana i reflui vengono avviati alla stazione di sollevamento iniziale, composta da n. 5 pompe centrifughe sommergibili PM1001A/B/C/D/E (n. 4 + 1R), servite da inverter. La vasca di accumulo dell'acqua è di volume sufficiente a consentire il corretto funzionamento della stazione: le sue dimensioni consentiranno di alloggiare le n. 4 + 1R pompe, di non superare un numero elevato di avviamenti orari e di non far sostare il liquame troppo a lungo nella stazione per evitare fenomeni ossidativi.

La prevalenza delle pompe è data dalla somma del dislivello geodetico tra la sezione di aspirazione delle pompe e la quota di recapito delle condotte e delle perdite di carico concentrate e distribuite lungo il tubo di mandata.

Ogni pompa sarà corredata di asta di manovra per lo smontaggio e la rimozione e/o per operazioni di manutenzione ordinaria; su ciascuna mandata sarà installato n. 1 misuratore di portata elettromagnetico per un totale di n. 5 unità (FT1001A/B/C/D/E), mentre la misura del livello idraulico in vasca, fondamentale per la gestione delle operazioni di start & stop delle pompe, viene effettuata tramite misuratore di livello (LT1004A/B). In caso di emergenza, le pompe vengono gestite mediante n. 2 livellostati a galleggiante installati in vasca (LSL1001/LSH1001).

La Tabella 13 riassume le caratteristiche delle pompe del sollevamento iniziale.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	37	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<b>SOLLEVAMENTO INIZIALE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Configurazione di sollevamento	-	4+1R
Tag apparecchiatura/e	-	PM1001A/B/C/D/E
Tipologia	-	Centrifuga sommersibile
Portata totale sollevata	m³/h	5.767
Portata unitaria sollevata	m³/h	1.442
Prevalenza totale	m	13,2
Potenza unitaria installata	kW	75

*Tabella 13: Caratteristiche tecniche pompe sollevamento iniziale*

#### 4.1.4.1 Calcolo del volume della camera di aspirazione

Per il mantenimento in perfetta efficienza dell'impianto nel tempo, si deve fare in modo che il numero degli avviamenti orari non ecceda il massimo consentito dal tipo di pompa.

Il tempo  $T_1$  che una pompa impiega per abbassare il livello da quello massimo a quello minimo in una camera di aspirazione alimentata con una portata di afflusso  $Q$  costante è approssimativamente uguale a:

$$T_1 = V / (Q_m - Q)$$

*Equazione 1*

in cui  $V$  è il volume utile, ovvero il volume compreso tra il livello massimo, al quale è posto il regolatore di avvio, e il livello minimo, al quale è posto il regolatore di arresto, e  $Q_m$  è la portata media erogata dalla pompa.

Il tempo necessario affinché il livello risalga dal minimo al massimo per effetto della portata di afflusso  $Q$  è pari a:

$$T_2 = V / Q$$

*Equazione 2*

Il tempo  $T$  che intercorre tra due avviamenti successivi della pompa è perciò:

$$T = T_1 + T_2 = V / (Q_m - Q) + V / Q = V \cdot Q_m / [Q \cdot (Q_m - Q)]$$

*Equazione 3*

e il numero  $Z$  di avviamenti in 1 h è (per  $T$  espresso in secondi):


$$Z = 3.600 / T = 3600 \cdot (Q_m - Q) / (V \cdot Q_m)$$

*Equazione 4*

Dalla Equazione 4 si evince la dipendenza di  $T$  e di  $Z$  dal rapporto  $Q/Q_m$  e dal volume utile  $V$ . Derivando rispetto a  $Q$  l'Equazione 3, si dimostra che il tempo  $T$  è minimo e quindi il numero degli attacchi orari  $Z$  è massimo, quando la portata media  $Q_m$  della pompa è doppia di quella  $Q$  affluente ( $Q/Q_m=0,5$ ), sicché il numero massimo di avviamenti  $Z_{max}$  può essere calcolato come:

$$Z_{max} = 3.600 / T_{min} = 900 \cdot Q_m / V$$

*Equazione 5*

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	38	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

$$V = (3.600 \cdot Q_m) / (4 \cdot Z_{max})$$

*Equazione 6*

Nella determinazione del volume della camera di aspirazione è fondamentale la sequenza di lavoro delle pompe: nel caso specifico, al crescere del livello nella vasca, le pompe si avviano in sequenza una dopo l'altra e poi, al diminuire del livello, si arrestano una dopo l'altra in ordine inverso.

Il sollevamento iniziale può lavorare al massimo con n. 4 pompe in marcia contemporaneamente, ciascuna delle quali è in grado di sollevare una portata pari a 1/4 della portata massima di progetto (pari a 5.767 m³/h).

La Tabella 14 riporta i risultati della verifica di dimensionamento della camera di aspirazione.


<b>CAMERA DI ASPIRAZIONE SOLLEVAMENTO INIZIALE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero massimo avviamenti orari	h <sup>-1</sup>	10
Lunghezza camera	m	7,5
Larghezza camera	m	15
Superficie camera	m <sup>2</sup>	112,5
Portata massima singola pompa	m³/h	1.442
Tempo di ciclo singola pompa	h	0,025
Volume refluo singola pompa	m³	36,1
Dislivello start & stop singola pompa	m	0,32
Altezza utile liquido	m	1,28
Altezza di riserva	m	0,53
Altezza totale camera (massimo livello)	m	1,81
Volume utile liquido	m³	144,2
Volume totale liquido (compreso volume di riserva)	m³	203,8

*Tabella 14: Verifica del volume della camera di aspirazione*

#### **4.1.5 GRIGLIATURA FINE**

Il comparto di grigliatura fine è costituito da n. 4 griglie a tamburo rotante (SN1002A/B/C/D) con fori di diametro 3 mm, installate all'interno di altrettanti canali rettangolari di larghezza 1,6 m. Ciascuna griglia è costituita da un cestello rotante, una coclea di trasporto e un modulo di compattazione; il refluo entra frontalmente nel tamburo e la filtrazione avviene dall'interno verso l'esterno: il materiale separato viene trattenuto all'interno.

In ciascun canale sono presenti n. 2 misuratori di livello (LT1005A/B/C/D, LT1006A/B/C/D), uno a monte e uno a valle del tamburo: al raggiungimento di un predeterminato valore della perdita di carico attraverso la griglia, si attiva la rotazione del tamburo e parte il sistema di lavaggio tramite ugelli spruzzatori che consente la rimozione dei solidi trattenuti depositandoli nella tramoggia interna; da qui questi vengono poi convogliati allo scarico.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	39	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Le n. 4 griglie a tamburo rotante scaricano i solidi trattieneuti all'interno di un trasportatore a coclea (SW1002) che li convoglia all'interno di un cassone scarrabile posto a livello del piano stradale, in attesa dell'invio a smaltimento.

È previsto un quadro elettrico di comando dedicato alla gestione automatica delle griglie e del trasportatore a coclea.

Per l'alimentazione del sistema di lavaggio, si dovrà predisporre l'allaccio del comparto di grigliatura fine alla rete di distribuzione dell'acqua servizi dell'impianto che preleverà acqua alla fine della filiera di trattamento.

<b>GRIGLIATURA FINE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero griglie	-	4
Tag apparecchiatura/e	-	SN1002A/B/C/D
Tipologia	-	Tamburo rotante
Spaziatura di filtrazione	mm	3
Portata singola griglia	m <sup>3</sup> /h	1.620
Larghezza griglia	mm	1.600
Inclinazione	°	35
Larghezza canale	mm	1.600
Altezza canale	mm	1.900
Altezza di scarico (da fondo canale)	mm	3.750
Potenza complessiva installata	kW	10,0

*Tabella 15: Caratteristiche della grigliatura fine*

#### **4.1.6 DISSABBIATURA – DISOLEATURA**


Il nuovo comparto di dissabbiatura – disoleatura del depuratore di Ravenna sarà costituito da n. 4 linee parallele alimentate da stramazzi muniti di paratoie manuali installate all'interno di una canaletta comune posta in testa al comparto. Ognuna delle n. 4 linee è costituita da un bacino longitudinale a pianta rettangolare e sezione trapezoidale in cui viene mantenuta una turbolenza controllata mediante insufflazione di aria sul fondo. Il comparto sarà dimensionato per trattare la portata massima di progetto.

L'aerazione consente di separare grassi e oli liberi per flottazione, essendone l'affioramento favorito dall'adesione di bolle d'aria e dalle condizioni di moto mantenute nella vasca e, al contempo, consente una pre-aerazione del liquame che risulta particolarmente utile ai fini del controllo dei cattivi odori. Il moto a spirale innescato dall'insufflazione di aria contribuisce anche ad ottimizzare il processo di sedimentazione delle sabbie.

Ciascuna vasca è suddivisa longitudinalmente da una rastrelliera che separa la zona aerata di dissabbiatura di larghezza 2,7 m dalla zona di calma di larghezza 0,9 m che costituisce il canale di raccolta di oli e grassi.

Sul fondo della parete laterale della zona di dissabbiatura di ciascun canale è presente una rete di diffusori tubolari a bolle grosse (NZ1001A/B/C/D) alimentati da n. 4+1R soffianti a vite (CK1001A/B/C/D/E) installate in un locale tecnico ricavato al di sotto dei canali di grigliatura fine.



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	40	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Il movimento del liquame all'interno della vasca è di tipo elicoidale, risultato della composizione di un moto longitudinale (dall'ingresso verso l'uscita) e di un moto rotatorio sulla sezione trasversale indotto dalla corrente ascendente che si determina sopra i diffusori. In tal modo il materiale organico viene mantenuto in sospensione dalla turbolenza indotta dall'aerazione, gli oli e i grassi vengono accumulati nella zona di calma laterale e le sabbie si depositano sul fondo della vasca.

Ogni canale è equipaggiato con un ponte “va e vieni” (SBR1001A/B/C/D) che trasla direttamente sui bordi in calcestruzzo della vasca ed è dotato di raschia di fondo e di raschia di superficie: la raschia di fondo convoglia le sabbie depositatesi sul fondo all'interno di una tramoggia disposta in corrispondenza della zona di ingresso del liquame mentre la raschia di superficie convoglia gli oli e i grassi all'interno di un pozzetto di accumulo da cui poi saranno prelevati con autobotte e avviati a smaltimento finale.

All'interno di ciascuna tramoggia di accumulo delle sabbie è installato un air-lift (AL1001A/B/C/D). Una soffiante dotata di scorta (CK1002A/B) alimenta in maniera temporizzata e sequenziale ognuno dei n. 4 air-lift (all'ingresso di ognuno dei quali è installata una valvola attuata con apertura temporizzata). Le sabbie sollevate vengono inviate a n. 2 classificatori con lavaggio (SPR1001A/B) posti in prossimità del comparto: le sabbie recuperate vengono stoccate in un apposito cassone scarrabile mentre le acque risultanti dal processo vengono riciclate a gravità verso il sollevamento iniziale per essere reimmesse nella linea acque dell'impianto.

Le acque in uscita dai n. 4 canali aerati si riuniscono in un canale comune posto nella parte terminale del comparto dove sono installate n. 3 paratoie attuate per la regolazione e la corretta ripartizione delle portate da inviare al nuovo ripartitore della sezione biologica.


I valori consigliati per i principali parametri di dimensionamento sono i seguenti:

<b>PARAMETRI DI DIMENSIONAMENTO DISSABBIATURA - DISOLEATURA</b>			
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Intervallo</b>	<b>Valore tipico</b>
Carico idraulico superficiale	m/h	max 50	30
Tempo di residenza idraulica alla portata massima	min	2 ÷ 5	3
Altezza utile (battente)	m	2 ÷ 5	-
Lunghezza	m	max 20	-
Larghezza	m	max 7	-
Rapporto larghezza/profondità	-	1:1 ÷ 5:1	1,5 ÷ 1
Rapporto lunghezza/larghezza	-	3:1 ÷ 5:1	4 ÷ 1

*Tabella 16: Valori tipici dei parametri di dimensionamento del comparto di dissabbiatura - disoleatura*

Di seguito vengono riportati i risultati del dimensionamento del comparto di dissabbiatura – disoleatura.

<b>DISSABBIATURA – DISOLEATURA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero linee parallele	-	4
Portata massima totale	m <sup>3</sup> /h	5.767
Portata massima singola linea	m <sup>3</sup> /h	1.442
Carico idraulico superficiale	m/h	30

 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	41	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<b>DISSABBIATURA – DISOLEATURA</b>		
Larghezza totale interna singolo canale	m	3,6
Larghezza totale esterna singolo canale	m	4,4
Larghezza dissabbiatura	m	2,7
Larghezza disoleatura	m	0,9
Lunghezza canale	m	13,3
Superficie totale singolo canale	m <sup>2</sup>	48,1
Superficie disoleatura	m <sup>2</sup>	12,0
Altezza utile (battente)	m	3,0
Rapporto larghezza/altezza utile	-	1,2
Rapporto lunghezza/larghezza	-	3,7
Volume effettivo singolo canale	m <sup>3</sup>	118,5
Volume effettivo totale	m <sup>3</sup>	474,0
Tempo di residenza alla portata massima	min	4,9

*Tabella 17: Caratteristiche della dissabbiatura – disoleatura*


#### 4.1.6.1 Opere elettromeccaniche

Le seguenti tabelle riassumono le principali caratteristiche tecniche delle apparecchiature elettromeccaniche al servizio del comparto.

<b>PONTI “VA E VIENI”</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero ponti installati	-	4
Tag apparecchiatura/e	-	SBR1001A/B/C/D
Larghezza interna canale dissabbiatura	m	2,5
Larghezza interna canale disoleatura	m	0,9
Larghezza interna totale	m	3,6
Larghezza utile per sistemazione ponte	m	3,5
Altezza totale vasca (da sommità a canalina raccolta sabbie)	m	4,7
Altezza utile	m	3,0
Potenza unitaria installata	kW	0,63

*Tabella 18: Caratteristiche tecniche ponti “va e vieni”*

<b>SOFFIANTI DISSABBIATURA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero macchine	-	4 + 1R
Tag apparecchiatura/e	-	CK1001A/B/C/D/E
Tipologia	-	Vite

 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	42	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Portata aria totale	Nm <sup>3</sup> /h	1.600
Portata aria singola linea	Nm <sup>3</sup> /h	400
Pressione differenziale	mbar	350
Potenza unitaria installata	kW	11

*Tabella 19: Caratteristiche tecniche soffianti dissabbatura*

<b>SOFFIANTI AIR-LIFT</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero macchine	-	1 + 1R
Tag apparecchiatura/e	-	CK1002A/B
Tipologia	-	Lobi
Portata aria totale	Nm <sup>3</sup> /h	65
Portata aria singola linea	Nm <sup>3</sup> /h	65
Pressione differenziale	mbar	650
Potenza unitaria installata	kW	3,0

*Tabella 20: Caratteristiche tecniche soffianti air-lift*

<b>DIFFUSORI TUBOLARI A BOLLE GROSSE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tag apparecchiatura/e	-	NZ1001A/B/C/D
Numero diffusori installati per linea	-	18
Numero totale diffusori installati	-	72
Portata aria singola linea	Nm <sup>3</sup> /h	400
Portata aria specifica diffusore	Nm <sup>3</sup> /h/diff	22,2


*Tabella 21: Caratteristiche tecniche diffusori tubolari a bolle grosse*

<b>CLASSIFICATORI – LAVATORI SABBIE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero classificatori	-	2
Tag apparecchiatura/e	-	SPR1001A/B
Portata nominale	l/s	20
Grado di separazione sabbie	-	95%
Grado di riduzione organico	-	97%
Potenza totale installata	kW	1,7

*Tabella 22: Caratteristiche tecniche classificatori – lavatori sabbie*

#### 4.1.7 RIPARTITORE DI PORTATA ALLE LINEE DI TRATTAMENTO SECONDARIO

A valle delle linee di dissabbatura – disoleatura i reflui pretrattati giungono all'interno di un canale adibito alla ripartizione delle portate da avviare alle linee biologiche dell'impianto. Il sistema di ripartizione, posto a valle del suddetto canale, presenta n. 2 sfiori di larghezza fissa pari a 2,1 m

 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	43	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

ciascuno, muniti di paratoie motorizzate, SGT1006A/B, e n. 1 luce di passaggio con tubo in ghisa di diametro 1.200 mm per l'invio della portata massima trattabile alla sezione biologica esistente (linee 2 e 3), pari a 4.277 m<sup>3</sup>/h, e n. 1 sfioro di larghezza fissa pari a 2,1 m, munito di paratoia motorizzata, SGT1007, e n. 1 luce di passaggio con tubo in polietilene DN800 per l'invio della portata massima derivante dal potenziamento alla sezione biologica di nuova realizzazione (linea 3), pari a 1.490 m<sup>3</sup>/h.

#### 4.1.8 COMPARTO BIOLOGICO

La sezione di trattamento biologico ha lo scopo di operare la rimozione biologica della sostanza organica e dell'azoto presenti nel refluo. Questo trattamento è reso possibile grazie alle reazioni biochimiche operate dalle biomasse costituenti i fanghi attivi, che sono le seguenti:

- ossidazione biologica, ovvero rimozione della sostanza organica in presenza di ossigeno libero;
- denitrificazione biologica, ovvero rimozione della sostanza organica in presenza di azoto nitroso e nitrico;
- nitrificazione biologica, ovvero ossidazione dell'azoto ammoniacale e nitroso.

Il comparto biologico dell'impianto di depurazione di Ravenna è costituito da n. 2 linee (linea 1 e linea 2) a cui sarà aggiunta n. 1 linea di nuova realizzazione (linea 3).


La linea biologica 1 ha un volume complessivo di 9.000 m<sup>3</sup> ed è costituita da n. 1 vasca di pre-denitrificazione e n. 2 vasche di nitrificazione aventi le caratteristiche di seguito riportate:

<b>PRE-DENITRIFICAZIONE LINEA BIOLOGICA 1</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero vasche	-	1
Larghezza	m	20,0
Lunghezza	m	45,8
Altezza utile	m	3,3
Volume singola vasca	m <sup>3</sup>	3.000
Volume totale	m <sup>3</sup>	3.000
Numero mixer	-	1

*Tabella 23: Caratterizzazione pre-denitrificazione linea biologica 1*

<b>NITRIFICAZIONE LINEA BIOLOGICA 1</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero vasche	-	2
Larghezza	m	15,0
Lunghezza	m	62,0
Altezza utile	m	3,2
Volume singola vasca	m <sup>3</sup>	3.000
Volume totale	m <sup>3</sup>	6.000

*Tabella 24: Caratterizzazione nitrificazione linea biologica 1*

 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	44	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

La linea biologica 2 ha un volume complessivo di 8.844 m<sup>3</sup> ed è costituita da n. 1 vasca di pre-denitrificazione e n. 2 vasche di nitrificazione aventi le caratteristiche di seguito riportate:

<b>PRE-DENITRIFICAZIONE LINEA BIOLOGICA 2</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero vasche	-	1
Larghezza	m	20,0
Lunghezza	m	45,8
Altezza utile	m	3,3
Volume singola vasca	m <sup>3</sup>	3.000
Volume totale	m <sup>3</sup>	3.000
Numero mixer	-	2

*Tabella 25: Caratterizzazione pre-denitrificazione linea biologica 2*

<b>NITRIFICAZIONE LINEA BIOLOGICA 2</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero vasche	-	2
Larghezza	m	15,0
Lunghezza	m	62,5
Altezza utile	m	3,1
Volume singola vasca	m <sup>3</sup>	2.922
Volume totale	m <sup>3</sup>	5.844

*Tabella 26: Caratterizzazione nitrificazione linea biologica 2*


La linea biologica 3 di nuova realizzazione avrà un volume complessivo di 5.544 m<sup>3</sup> e sarà costituita da n. 2 vasche parallele gestite ad aerazione intermittente.

<b>LINEA BIOLOGICA 3</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero vasche	-	2
Larghezza	m	14,0
Lunghezza	m	44,0
Altezza utile	m	4,5
Volume singola vasca	m <sup>3</sup>	2.772
Volume totale	m <sup>3</sup>	5.544

*Tabella 27: Caratterizzazione linea biologica 3*

Nei paragrafi successivi, oltre alla procedura di dimensionamento del nuovo comparto, vengono riportate anche le verifiche relative alle linee biologiche 1 e 2 non impattate dal progetto.



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	45	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

#### 4.1.8.1 Modello di calcolo

Le procedure di calcolo adottate tipicamente nella progettazione del comparto di trattamento biologico degli impianti di depurazione delle acque reflue fanno riferimento a criteri semi-empirici che assumono a base della progettazione il parametro  $BOD_5$ , ritenuto indicativo del livello di biodegradabilità dei substrati carboniosi avviati a trattamento. Tuttavia, benché ancora oggi applicato negli approcci di dimensionamento convenzionali, il  $BOD_5$  presenta numerose limitazioni come parametro di caratterizzazione del refluo influente per motivi legati ai tempi di esecuzione del test (da 5 a 20 giorni) e alla scarsa rappresentatività delle reali dinamiche del processo depurativo, poiché il tempo di residenza idraulico di impianto di depurazione per reflui civili è nettamente inferiore a 5 giorni. Per queste ragioni, a partire dalla metà degli anni '80, l'International Water Association (IWA) ha proposto e sviluppato delle metodologie di calcolo alternative secondo cui il carico organico influente viene espresso in termini di COD, a sua volta ripartito in frazioni differenti che vengono classificate in base al rispettivo grado di biodegradabilità. Come mostrato schematicamente in Figura 14, il COD può essere innanzitutto suddiviso in due aliquote: COD biodegradabile e COD non biodegradabile.

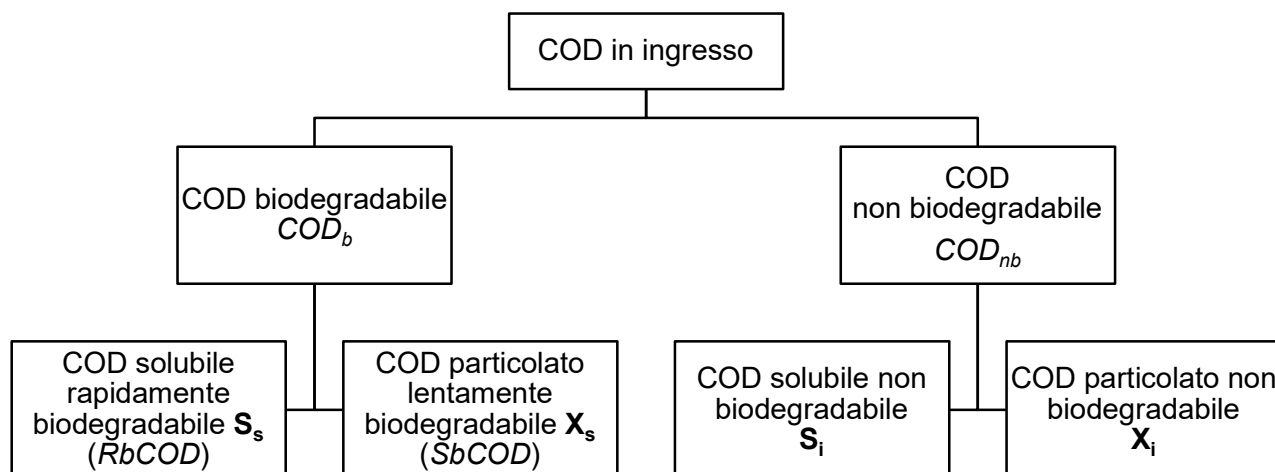



Figura 14: Suddivisione schematica del COD nelle sue forme a diverso grado di biodegradabilità

Il COD biodegradabile, riconducibile al BOD misurato dopo un tempo infinito, si scompone a sua volta in:

- **COD rapidamente biodegradabile** (Readily Biodegradable COD, RbCOD), che rappresenta la sostanza organica biodegradabile solubile o assimilabile a solubile (frazioni colloidali leggere), costituita da molecole di piccole dimensioni che possono essere facilmente metabolizzate dai batteri (acidi grassi volatili, alcoli, peptoni e amminoacidi). Tale frazione viene solitamente rimossa dalla biomassa acclimatata nell'arco di qualche ora o frazione di ora (o comunque in un tempo inferiore al tempo di residenza idraulica dell'impianto) e riveste un ruolo cruciale nel dimensionamento dei processi di denitrificazione biologica, in quanto donatore preferenziale di elettroni nella riduzione dell'azoto nitrico  $N-NO_3$  ad azoto gassoso  $N_2$ ;
- **COD lentamente biodegradabile** (Slowly Biodegradable COD, SbCOD), costituito da tutti i composti organici biodegradabili complessi per i quali è richiesta una fase idrolitica preliminare (con trasformazione in RbCOD) prima di essere utilizzati come substrati dai microrganismi. Fisicamente si tratta di sostanza organica in forma colloidale e particolata, la cui degradazione avviene ad una velocità dipendente dalla

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	46	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

velocità di conversione idrolitica, con variazioni significative tra condizioni anossiche e condizioni aerate.

Il contenuto di COD biodegradabile, nelle sue frazioni RbCOD e SbCOD, riveste un ruolo determinante nel dimensionamento del comparto di denitrificazione, dal momento che il tasso di riduzione di nitrato ad azoto gassoso biatomico è fortemente influenzato dalla natura del substrato organico che funge da donatore di elettroni: la velocità di denitrificazione risulta significativamente maggiore in presenza di RbCOD rispetto al caso in cui sia disponibile esclusivamente SbCOD, per poi ridursi drasticamente in presenza di solo substrato di origine endogena.

Il COD non biodegradabile rappresenta l'aliquota inerte della sostanza organica presente in un refluo e viene a sua volta classificato in base al proprio stato fisico in:

- *COD solubile inerte*, che rappresenta la quota di sostanza organica solubile refrattaria al trattamento biologico o, perlomeno, tale da non essere rimossa biologicamente nel tempo di permanenza idraulica del liquame nell'impianto, costituita dalle molecole non biodegradabili di dimensioni inferiori a quelle colloidali. Non essendo eliminabile né per via biologica né con gli usuali trattamenti di sedimentazione e/o filtrazione necessita, qualora sia necessario rimuoverla, di trattamenti terziari specifici di tipo chimico-fisico (processi di ossidazione avanzata);
- *COD particolato inerte*, che rappresenta la frazione di sostanza organica che non può essere rimossa biologicamente ma che è particolata o assimilabile a particolata. In gran parte viene rimossa per intrappolamento all'interno dei fiocchi di fango attivo, con successiva eliminazione con il fango di supero.


Il metodo di calcolo utilizzato per la verifica dimensionale del comparto di trattamento biologico a fanghi attivi deriva concettualmente dal metodo UCT (Ekama et al., 1984), sviluppato e proposto inizialmente dal Water Research Group dell'Università di Cape Town (RSA) e successivamente adottato e descritto dall'International Water Association (Henze et al., 2008). Una volta definiti i limiti allo scarico e fissati i parametri cinetici e stechiometrici, il metodo calcola, secondo una procedura ottimizzata iterativa di alcuni parametri operativi, il valore minimo di età del fango che occorre garantire al sistema per raggiungere la concentrazione di azoto ammoniacale e azoto totale desiderata nell'effluente alla temperatura di processo selezionata.

Il modello è stato utilizzato:

- per verificare l'adeguatezza delle linee biologiche 1 e 2 esistenti al trattamento della portata di progetto di stato di fatto (470 l/s);
- per determinare le volumetrie di processo e il fabbisogno di ossigeno necessari per trattare la portata derivante dagli sviluppi futuri (138 l/s).

La procedura su cui si basa il modello è riassumibile nei seguenti punti:

- input dei dati di caratterizzazione del liquame influente da trattare, dei limiti di riferimento imposti allo scarico e del valore della temperatura di progetto;
- input dei parametri cinetici e stechiometrici per la biomassa eterotrofa ed autotrofa;
- input delle condizioni operative in termini di concentrazione di SST mantenuta nel comparto biologico ( $x_b$ ), della relativa frazione volatile SSV/SST, di rapporto di ricircolo dei fanghi dal sedimentatore secondario ( $r_s$ ) e di concentrazione di ossigeno disciolto ( $O_a$ ) nelle fasi di aerazione;

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	47	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					


- scelta di un valore di primo tentativo della frazione anossica  $fxa$ , corrispondente alla percentuale del volume (o tempo) complessivo del comparto biologico occupata dal processo anossico di denitrificazione;
- calcolo dell'età del fango di progetto ( $SRT$ );
- calcolo dei valori di massa di solidi sospesi volatili SSV associati alla biomassa attiva, al residuo endogeno e al materiale inerte;
- calcolo del volume totale richiesto per il processo biologico di nitrificazione/denitrificazione, in base alla concentrazione di SST e alla frazione volatile SSV/SST del fango in vasca;
- calcolo della capacità di nitrificazione del sistema ( $N_c$ ), ovvero della massa di nitrati prodotti nel comparto ossidativo per unità di volume trattato;
- calcolo del potenziale di denitrificazione richiesto ( $D_p$ ), ossia del quantitativo di nitrati che il sistema è in grado di rimuovere nel volume anossico calcolato, e della capacità di denitrificazione ( $D_c$ ), ossia del quantitativo di nitrati effettivamente ricircolato, tenendo conto nel calcolo anche del carico equivalente di nitrati apportato dalla concentrazione di  $O_2$  disciolto nel flusso di ricircolo;
- calcolo del rapporto ottimale di ricircolo della miscela aerata imponendo che la capacità di denitrificazione sia pari al potenziale di denitrificazione;
- calcolo della concentrazione dei principali macroinquinanti nell'effluente;
- ottimizzazione iterativa della frazione anossica  $fxa$  e del rapporto di ricircolo del fango per consentire il raggiungimento degli standard depurativi richiesti, fino al calcolo del valore definitivo di  $SRT$ ;
- determinazione della produzione di fanghi di supero nelle condizioni di progetto;
- calcolo del fabbisogno di ossigeno e dimensionamento del sistema di aerazione.

#### 4.1.8.2 Frazionamento del COD in ingresso

Il frazionamento del COD nel refluo in ingresso all'impianto è stato determinato mediante l'applicazione della procedura sviluppata dall'ente olandese di ricerca sulle acque Dutch Foundation for Applied Water Research (STOWA, 1996 e STOWA, 1999) e descritta da Andreottola et al. (2005). Tale metodo permette di quantificare le diverse componenti del COD a partire da parametri convenzionalmente misurati in ingresso e in uscita dagli impianti di depurazione, quali COD,  $BOD_5$  e SST. Al fine di ottenere il frazionamento del COD in ingresso al depuratore, sono stati esaminati i dati del periodo 2014 – 2021, ottenendo i seguenti valori:

<b>FRAZIONAMENTO DEL COD IN INGRESSO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>Simbolo</b>	<b>Valore</b>
COD solubile rapidamente biodegradabile	$S_s$	19%
COD solubile non biodegradabile	$S_i$	11%
COD particolato lentamente biodegradabile	$X_s$	47%
COD particolato non biodegradabile	$X_i$	23%

Tabella 28: Frazionamento del COD del refluo in ingresso al depuratore di Ravenna (dati 2014 – 2021)

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	48	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

La caratterizzazione del refluo in ingresso per i calcoli successivi è stata fatta considerando i valori medi dell'anno 2021, di seguito riportati:

Parametro	Unità di misura	2021
Azoto totale (N tot)	mg/l	42,3
Domanda biochimica di ossigeno (BOD5)	mg/l	109,3
Domanda chimica di ossigeno (COD)	mg/l	310,8
Fosforo totale (P tot)	mg/l	5,1
Solidi Sospesi Totali (SST)	mg/l	201,0

*Tabella 29: Valori medi delle concentrazioni dei principali inquinanti in ingresso al depuratore (anno 2021)*

#### 4.1.8.3 Parametri cinetici e stechiometrici

I parametri cinetici di crescita e scomparsa cellulare sono influenzati dalle condizioni ambientali (pH, temperatura, ossigeno disciolto). In particolare, la dipendenza dalla temperatura viene di solito stimata utilizzando relazioni di tipo Van't Hoff-Arrhenius, assumendo come riferimento i valori delle cinetiche a 20°C; per un generico parametro  $p$ , tale relazione assume la forma:


$$p_T = p_{20} \alpha^{(T-20)}$$

*Equazione 7*

I valori dei parametri cinetici a 20°C, dei relativi coefficienti  $\alpha$  di correzione e dei parametri stechiometrici utilizzati nell'applicazione del modello di calcolo per la verifica delle linee biologiche esistenti e per il dimensionamento della linea 3 sono stati ricavati dalla letteratura (Ekama et al., 1984; Metcalf & Eddy, 2003).

Come temperatura di progetto è stato assunto il valore di 18°C: non disponendo di sonde di temperatura in ossidazione, si è fatto riferimento alle temperature medie registrate nelle vasche di ossidazione degli impianti di Lugo e di Bagnacavallo (dotate di sonde di temperatura), approssimabili dal punto di vista climatico al depuratore di Ravenna data la loro vicinanza.

Parametro	Simbolo	u.m.	Valore
Tasso di scomparsa cellulare della biomassa eterotrofa a 20°C	$b_{h20}$	d <sup>-1</sup>	0,240
Coefficiente di correzione per effetto della temperatura	$\alpha$	-	1,029
Tasso di scomparsa cellulare della biomassa eterotrofa alla T di 18°C	$b_{hT}$	d <sup>-1</sup>	0,227
Tasso di crescita cellulare della biomassa autotrofa nitrificante a 20°C	$\mu_{n20}$	d <sup>-1</sup>	0,450
Coefficiente di correzione per effetto della temperatura	$\alpha$	-	1,123
Tasso di crescita cellulare della biomassa autotrofa nitrificante alla T di 18°C	$\mu_{nT}$	d <sup>-1</sup>	0,357
Tasso di scomparsa cellulare della biomassa autotrofa nitrificante a 20°C	$b_{n20}$	d <sup>-1</sup>	0,04
Coefficiente di correzione per effetto della temperatura	$\alpha$	-	1,029
Tasso di scomparsa cellulare della biomassa autotrofa nitrificante alla T di 18°C	$b_{nT}$	d <sup>-1</sup>	0,038
Costante di semi-saturazione per la biomassa autotrofa nitrificante relativa al fabbisogno di substrato a 20°C	$K_{n20}$	gN-NH <sub>4</sub> m <sup>-3</sup>	1,0

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	49	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Coefficiente di correzione per effetto della temperatura	$\alpha$	-	1,123
Costante di semi-saturazione per la biomassa autotrofa relativa al fabbisogno di substrato alla T di 18°C	$K_{nT}$	gN-NH <sub>4</sub> m <sup>-3</sup>	0,793
Rendimento di crescita della biomassa eterotrofa in termini di SSV	$Y_{Hv}$	gSSV gCOD <sup>-1</sup>	0,45
Rendimento di crescita della biomassa eterotrofa in termini di COD	$Y_H$	gCOD gCOD <sup>-1</sup>	0,67
Velocità di denitrificazione con impiego di COD rapidamente biodegradabile a 20°C	$K_{1,20}$	gN-NO <sub>3</sub> gSSV <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	0,72
Coefficiente di correzione per effetto della temperatura	$\alpha$	-	1,20
Velocità di denitrificazione con impiego di COD rapidamente biodegradabile alla T di 18°C	$K_{1,T}$	gN-NO <sub>3</sub> gSSV <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	0,50
Velocità di denitrificazione con impiego di COD lentamente biodegradabile a 20°C	$K_{2,20}$	gN-NO <sub>3</sub> gSSV <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	0,101
Coefficiente di correzione per effetto della temperatura	$\alpha$	-	1,08
Velocità di denitrificazione con impiego di COD lentamente biodegradabile alla T di 18°C	$K_{2,T}$	gN-NO <sub>3</sub> gSSV <sup>-1</sup> d <sup>-1</sup>	0,087
Fattore di conversione COD/SSV	$f_{cv}$	gCOD gSSV <sup>-1</sup>	1,48
Residuo endogeno (frazione non biodegradabile del COD derivante dalla lisi cellulare)	$f_p$	-	0,200
Frazione di azoto organico solubile non biodegradabile	$S_{NI}$	-	0,03
Frazione di azoto organico particolato non biodegradabile	$S_{XI}$	-	0,100
Rendimento di crescita della biomassa nitrificante	$Y_A$	gSSV gN-NH <sub>3</sub> <sup>-1</sup>	0,100

Tabella 30: Valori dei parametri cinetici e stechiometrici assunti

#### 4.1.8.4 Verifica linee biologiche 1 e 2


Le verifiche di processo sul comparto biologico esistente sono state condotte considerando le concentrazioni medie degli inquinanti in ingresso relative all'anno 2021 (si veda la

Parametro	Unità di misura	Valore						
		2019	2020	2021	2022	2023	Media 19-21	Media 19-23
Azoto totale (N tot)	mg/l	41,3	52,8	42,3	46,12	42,79	45	45
Domanda biochimica di ossigeno (BOD5)	mg/l	93,6	138,7	109,3	109,2	115	114	113
Domanda chimica di ossigeno (COD)	mg/l	233,8	354,7	310,8	308,5	294,3	300	300
Fosforo totale (P tot)	mg/l	5,2	6,5	5,1	4,8	4,0	6	5,1
Solidi Sospesi Totali (SST)	mg/l	101,4	215,0	201,0	170,5	160	172	137

Tabella 3).

In Tabella 31 sono riassunti i risultati di tali verifiche.

Parametro	u.m.	Valore
<i>Condizioni operative</i>		
Portata media giornaliera in ingresso	m <sup>3</sup> /h	1.692

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	50	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Portata di calcolo	m <sup>3</sup> /h	1.692
Temperatura di progetto	°C	18
Concentrazione ossigeno disciolto	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2,0
Concentrazione di biomassa nel comparto biologico	kgSST/m <sup>3</sup>	6,0
Rapporto di ricircolo dei fanghi da sedimentazione secondaria	-	1,0
Portata fanghi di ricircolo	m <sup>3</sup> /h	1.692
Rapporto di ricircolo della miscela aerata	-	3,0
Concentrazione di solidi sospesi nel fango di ricircolo	kgSST/m <sup>3</sup>	12,0
Frazione volatile nel fango attivo	gSSV/gSST	0,75
Numero di linee di trattamento biologico	-	2
Volume biologico complessivo disponibile (totale)	m <sup>3</sup>	17.844
<i>Risultati delle verifiche di dimensionamento</i>		
Frazione di volume/tempo in condizioni anossiche	-	68%
Frazione di volume/tempo in condizioni aerobiche	-	32%
Età del fango	d	25,0
Carico del fango	kgBOD <sub>5</sub> /kgSST/d	0,038
Capacità di nitrificazione del sistema $N_c$	mgN/l	31,6
Potenziale di denitrificazione $D_p$	mgN/l	27,3
Capacità di denitrificazione $D_c$	mgN/l	27,7
Produzione fanghi di supero in condizioni medie	kg/d	4.215
Portata volumetrica di fanghi di supero nelle condizioni medie di progetto	m <sup>3</sup> /d	351
<i>Caratteristiche attese dell'effluente chiarificato</i>		
Sostanza organica come BOD <sub>5</sub>	gBOD <sub>5</sub> /m <sup>3</sup>	< 25
Sostanza organica come COD	gCOD/m <sup>3</sup>	47,1
Solidi sospesi totali	gSST/m <sup>3</sup>	< 35
Azoto ammoniacale (come N-NH <sub>4</sub> )	mgN/l	1,7
Azoto nitrico (come N-NO <sub>3</sub> )	mgN/l	6,7
Azoto totale	mgN/l	9,7
Fosforo totale	mgP/l	< 2


*Tabella 31: Risultati delle verifiche di processo del comparto biologico esistente (linee 1 e 2)*

L'abbattimento della concentrazione di azoto totale al di sotto del limite si ottiene gestendo opportunamente i cicli di accensione/spegnimento delle soffianti secondo le percentuali riportate in tabella.

#### 4.1.8.5 Dimensionamento linea biologica 3

Il nuovo comparto è stato dimensionato considerando le medesime concentrazioni in ingresso utilizzate per la verifica del comparto esistente.




 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	51	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Di seguito sono riassunti i risultati di tali verifiche.

Parametro	u.m.	Valore
<i>Condizioni operative</i>		
Portata media giornaliera in ingresso	m <sup>3</sup> /h	500
Portata di calcolo	m <sup>3</sup> /h	500
Temperatura di progetto	°C	18
Concentrazione ossigeno disciolto	gO <sub>2</sub> /m <sup>3</sup>	2,0
Concentrazione di biomassa nel comparto biologico	kgSST/m <sup>3</sup>	6,0
Rapporto di ricircolo dei fanghi da sedimentazione secondaria	-	1,0
Portata fanghi di ricircolo	m <sup>3</sup> /h	500
Concentrazione di solidi sospesi nel fango di ricircolo	kgSST/m <sup>3</sup>	12,0
Frazione volatile nel fango attivo	gSSV/gSST	0,75
Numero di linee di trattamento biologico	-	2
Volume biologico complessivo disponibile (totale)	m <sup>3</sup>	5.544
<i>Risultati delle verifiche di dimensionamento</i>		
Frazione di tempo in condizioni anossiche	-	68%
Frazione di tempo in condizioni aerobiche	-	32%
Età del fango	d	25,0
Carico del fango	kgBOD <sub>5</sub> /kgSST/d	0,038
Capacità di nitrificazione del sistema $N_c$	mgN/l	31,6
Potenziale di denitrificazione $D_p$	mgN/l	27,3
Capacità di denitrificazione $D_c$	mgN/l	27,3
Produzione fanghi di supero in condizioni medie	kg/d	1.245
Portata volumetrica di fanghi di supero nelle condizioni medie di progetto	m <sup>3</sup> /d	104
<i>Caratteristiche attese dell'effluente chiarificato</i>		
Sostanza organica come BOD <sub>5</sub>	gBOD <sub>5</sub> /m <sup>3</sup>	< 25
Sostanza organica come COD	gCOD/m <sup>3</sup>	47,1
Solidi sospesi totali	gSST/m <sup>3</sup>	< 35
Azoto ammoniacale (come N-NH <sub>4</sub> )	mgN/l	1,7
Azoto nitrico (come N-NO <sub>3</sub> )	mgN/l	6,6
Azoto totale	mgN/l	9,5
Fosforo totale	mgP/l	< 2

*Tabella 32: Risultati del dimensionamento di processo del nuovo comparto biologico (linea 3)*

Il comparto sarà gestito ad aerazione intermittente. I calcoli eseguiti indicano che ciascuna delle n. 2 vasche di nuova realizzazione dovrà essere utilizzata in nitrificazione per il 32% del tempo mentre per il restante 68% lavorerà in denitrificazione.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	52	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

#### 4.1.8.6 Opere elettromeccaniche

##### 4.1.8.6.1 Linea biologica 1

Le principali opere elettromeccaniche al servizio della linea biologica 1 sono le seguenti:

- n. 1 mixer, MX2101, in vasca di denitrificazione 1;
- n. 3 pompe sommergibili, PM2101A/B/C, per il ricircolo del mixed liquor verso la denitrificazione 1;
- n. 4 soffianti, CK2101A/B/C/D, per l'insufflazione di aria nelle vasche di aerazione 1A e 1B.

##### 4.1.8.6.2 Linea biologica 2

Le principali opere elettromeccaniche al servizio della linea biologica 2 sono le seguenti:

- n. 2 mixer, MX2201A/B, in vasca di denitrificazione 2;
- n. 3 pompe sommergibili, PM2201A/B/C, per il ricircolo del mixed liquor verso la denitrificazione 2;
- n. 3 soffianti, CK2201A/B/C, per l'insufflazione di aria nelle vasche di aerazione 2A e 2B.

##### 4.1.8.6.3 Linea biologica 3


La linea biologica 3 di nuova realizzazione sarà dotata delle seguenti opere elettromeccaniche:

<b>SOFFIANTI LINEA BIOLOGICA 3</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero macchine	-	2 + 1R
Tag apparecchiatura/e	-	CK2301A/B/C
Tipologia	-	Vite
Portata aria totale	Nm <sup>3</sup> /h	10.000
Portata aria singola linea	Nm <sup>3</sup> /h	5.000
Pressione differenziale	mbar	600
Potenza unitaria installata	kW	110

*Tabella 33: Caratteristiche tecniche soffianti linea biologica 3*

<b>DIFFUSORI A BOLLE FINI</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tag apparecchiatura/e	-	NZ2301/2302
Portata aria singola linea	Nm <sup>3</sup> /h	5.000
Numero diffusori installati per linea	-	920
Numero totale diffusori installati	-	1.840
Portata aria specifica diffusore	Nm <sup>3</sup> /h/diff	5,44

*Tabella 34: Caratteristiche tecniche diffusori a bolle fini*

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	53	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<b>MIXER PER FASE DI DENITRIFICAZIONE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero mixer per vasca	-	2
Tag apparecchiatura/e	-	MX2301/2302 (vasca 3A) MX2303/2304 (vasca 3B)
Pale	-	3
Diametro	m	1,4
Potenza unitaria installata	kW	4,0

*Tabella 35: Caratteristiche tecniche mixer per denitrificazione*

#### 4.1.8.7 Controllore di processo

Il depuratore di Ravenna sarà dotato di un controllore di processo avanzato per la gestione ad aerazione intermittente delle vasche della linea 3 e delle vasche di nitrificazione/ossidazione delle linee 1 e 2. Esso agirà sui tempi di accensione e spegnimento delle soffianti del comparto biologico consentendo di ottenere un risparmio energetico e una migliore qualità dell'effluente in uscita. La strumentazione prevista nel comparto biologico è la seguente:

- *Linea biologica 1*

La vasca di denitrificazione 1 è provvista di:

- n. 1 sensore per la misura del potenziale redox, AT2101.

La vasca di aerazione 1A è provvista di:

- n. 4 sonde per la misura di ossigeno disciolto, OT2101A/B/C/D;
- n. 4 sensori per la misura del pH, AT2102A/B/C/D;
- n. 1 sonda per la misura della concentrazione di azoto ammoniacale, AT2104A;
- n. 1 sonda per la misura della concentrazione dei nitrati, AT2105A;
- n. 1 sonda per la misura della torbidità e dei solidi totali, AT2106A.

La vasca di aerazione 1B è provvista di:


- n. 4 sonde per la misura di ossigeno disciolto, OT2102A/B/C/D;
- n. 4 sensori per la misura del pH AT2103A/B/C/D;
- n. 1 sonda per la misura della concentrazione di ammoniaca, AT2104B;
- n. 1 sonda per la misura della concentrazione dei nitrati, AT2105B;
- n. 1 sonda per la misura della torbidità e dei solidi totali, AT2106B.

- *Linea biologica 2*

La vasca di aerazione 2A è provvista di:

- n. 2 sonde per la misura di ossigeno disciolto, OT2201A/B;
- n. 1 sonda per la misura della concentrazione di azoto ammoniacale e nitrati, AT2202A, di nuova fornitura.

La vasca di aerazione 2B è provvista di:

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	54	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- n. 2 sonde per la misura di ossigeno disciolto, OT2202A/B;
- n. 1 sonda per la misura della concentrazione di azoto ammoniacale e nitrati, AT2202B, di nuova fornitura.

- **Linea biologica 3**

La vasca di denitrificazione/aerazione 3A è provvista di:

- n. 1 sonda per la misura di ossigeno disciolto, OT2301;
- n. 1 sonda per la misura del potenziale redox e del pH, AT2301;
- n. 1 sonda per la misura della torbidità e dei solidi sospesi totali, AT2303.
- n. 1 sonda per la misura della concentrazione di azoto ammoniacale e dei nitrati, AT2305.

La vasca di denitrificazione/aerazione 3B è provvista di:

- n. 1 sonda per la misura di ossigeno disciolto, OT2302;
- n. 1 sonda per la misura del potenziale redox e del pH, AT2302;
- n. 1 sonda per la misura della torbidità e dei solidi sospesi totali, AT2304.
- n. 1 sonda per la misura della concentrazione di azoto ammoniacale e dei nitrati, AT2306.

#### **4.1.9 SEDIMENTAZIONE SECONDARIA**

La sezione di sedimentazione secondaria dell'impianto di Ravenna nella configurazione di progetto sarà costituita complessivamente da n. 3 linee di trattamento, n. 2 esistenti (al servizio delle linee biologiche 1 e 2) e n. 1 di futura realizzazione che sarà al servizio del nuovo comparto biologico (linea 3).

In questa sezione si riportano i risultati delle verifiche di processo condotte sulle sezioni esistenti e delle verifiche di dimensionamento della terza linea di trattamento alle condizioni operative di progetto.

##### **4.1.9.1 Sedimentazione secondaria - Linee 1 e 2**


###### **4.1.9.1.1 Procedura di verifica del comparto esistente**

La verifica di dimensionamento del comparto di sedimentazione è finalizzata ad accertare che i valori dei principali parametri operativi (carico idraulico superficiale  $C_{is}$ , carico specifico superficiale di solidi sospesi  $P_{ss}$ , tempo di ritenzione idraulica HRT, portata allo stramazzo CS) risultino compresi entro i range di riferimento comunemente utilizzati nella pratica progettuale, come suggerito dai più importanti manuali tecnici nazionali ed internazionali di settore (Metcalf & Eddy, 2014; Bonomo, 2008; Masotti, 1987).

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

$$C_{is} = \frac{Q}{A_{sed}}$$

*Equazione 8*

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	55	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Si possono considerare accettabili valori inferiori a 0,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h con riferimento alla portata di calcolo (è consigliabile non superare il valore di 0,4 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h con la portata nera media) e a 1,2 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h con riferimento alla portata massima di tempo di pioggia (è consigliabile non superare il valore di 1,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h con la portata nera media).

Il carico specifico superficiale di solidi sospesi corrisponde al carico di SST applicato per unità di superficie utile del sedimentatore, secondo la relazione:

$$P_{SS} = \frac{(Q + Q_r)C_a}{A_{sed}}$$

*Equazione 9*

dove:

- $Q$  (m<sup>3</sup>/h) è la portata di liquame in ingresso;
- $Q_r$  (m<sup>3</sup>/h) è la portata di ricircolo dei fanghi;
- $C_a$  (kgSST/m<sup>3</sup>) è la concentrazione di SST nella miscela aerata;
- $A_{sed}$  (m<sup>2</sup>) è la superficie utile del sedimentatore.

Per quanto riguarda questo parametro, occorre verificare che sia rispettato il carico massimo che, per il tipo di impianto in esame, può essere assunto pari a 4,5 kgSST/m<sup>2</sup>/h con riferimento alla portata di calcolo e a 9,0 kgSST/m<sup>2</sup>/h con riferimento alla portata massima.

Il tempo di ritenzione idraulica viene calcolato come rapporto della sola portata massima di liquame rispetto al volume disponibile senza considerare il flusso di ricircolo: il valore minimo di riferimento può essere assunto pari a 3 ore.

La portata allo stramazzo è data dal rapporto tra la portata di liquame trattato e la lunghezza complessiva del profilo perimetrale di sfioro e deve risultare inferiore a 10 m<sup>3</sup>/m/h in corrispondenza della portata di calcolo.


#### 4.1.9.1.2 Risultati delle verifiche del comparto esistente

La sezione di sedimentazione secondaria esistente è costituita da n. 8 sedimentatori circolari, n. 4 per ciascuna delle n. 2 linee biologiche esistenti.

Ciascun sedimentatore ha un diametro complessivo di 29,9 m, comprensivo di canalina pensile di sfioro esterna. Il diametro utile è pari a 28 m.

La verifica è stata condotta ipotizzando di trattare una portata massima (di tempo di pioggia) pari a 3 volte la portata media di tempo secco.

Parametro	u.m.	Valore
<i>Caratteristiche della sezione di sedimentazione secondaria</i>		
Numero di vasche	-	8
Diametro complessivo di ciascuna vasca	m	29,9
Diametro utile di ciascuna vasca	m	28,0
Altezza allo sfioro a bordo vasca	m	2,0
Altezza complessiva a bordo vasca	m	2,5
Profondità parte conica	m	1,0

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	56	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Profondità utile massima a centro vasca	m	3,0
Superficie utile di ciascuna vasca	m <sup>2</sup>	615,8
Volume utile di ciascuna vasca	m <sup>3</sup>	1.461,1
<i>Condizioni operative</i>		
Portata media di tempo secco (intera sezione)	m <sup>3</sup> /h	1.692
Portata media di tempo secco di ciascuna vasca	m <sup>3</sup> /h	211,5
Portata massima di tempo di pioggia (intera sezione)	m <sup>3</sup> /h	4.276,8
Portata massima di tempo di pioggia di ciascuna vasca	m <sup>3</sup> /h	534,6
Rapporto di ricircolo fanghi (riferito alla portata media di tempo secco)	-	1,0
Portata di ricircolo dei fanghi di ciascuna vasca	m <sup>3</sup> /h	211,5
Concentrazione di SST nel comparto biologico	kgSST/m <sup>3</sup>	6,0
Carico massimo di SST in tempo secco	kgSST/h	2.538
Carico massimo di SST in tempo di pioggia	kgSST/h	4.477
<i>Vincoli operativi</i>		
Carico specifico superficiale limite di SST in tempo secco	kgSST/m <sup>2</sup> /h	4,5
Carico specifico superficiale limite di SST in tempo di pioggia	kgSST/m <sup>2</sup> /h	9,0
Carico idraulico massimo in tempo secco	m/h	0,4
Carico idraulico massimo in tempo di pioggia	m/h	1,0
Tempo di residenza idraulica in tempo secco	h	3,0
Portata allo stramazzo in tempo secco	m <sup>3</sup> /m/h	10
<i>Verifica del rispetto dei vincoli operativi</i>		
Carico specifico superficiale di SST in tempo secco	kgSST/m <sup>2</sup> /h	4,1
Carico specifico superficiale di SST in tempo di pioggia	kgSST/m <sup>2</sup> /h	7,3
Carico idraulico superficiale in tempo secco	m/h	0,3
Carico idraulico superficiale in tempo di pioggia	m/h	0,9
Tempo di residenza idraulica in tempo secco	h	6,9
Portata allo stramazzo in tempo secco	m <sup>3</sup> /m/h	2,4

*Tabella 36: Risultati delle verifiche di processo della sezione di sedimentazione secondaria esistente*


Come si evince dall'analisi della Tabella 36, tutti i vincoli operativi imposti risultano rispettati alle condizioni operative di progetto della sezione.

#### 4.1.9.2 Sedimentazione secondaria - Linea 3

##### 4.1.9.2.1 Procedura di dimensionamento del nuovo comparto

La nuova linea di sedimentazione secondaria è stata dimensionata seguendo i criteri proposti dall'istituto tedesco DWA (German Association for Water, Wastewater and Waste) che inserisce



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	57	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

nel calcolo misure della sedimentabilità del fango quali l'indice DSVI (*diluted sludge volume index*, indice di volume del fango diluito) e l'indice DSV (*diluted sludge volume*, volume del fango diluito).

L'indice DSVI si ricava dall'indice di volume del fango SVI mediante la seguente correlazione:

$$DSVI = 3,1796 \cdot SVI^{0,7355}$$

*Equazione 10*

L'indice DSV è dato dal prodotto tra la concentrazione  $C_a$  in vasca di aerazione e il DSVI:

$$DSV = C_a \cdot DSVI$$

*Equazione 11*

La procedura di dimensionamento si basa sull'impiego della portata massima (portata di tempo di pioggia) e consiste nel definire dapprima il carico specifico superficiale volumetrico  $q_{sv}$  e successivamente nel verificare che i valori dei principali parametri operativi (carico idraulico superficiale  $C_{is}$ , carico specifico superficiale di solidi sospesi  $P_{ss}$ , portata allo stramazzo CS) risultino compresi entro i range di riferimento comunemente utilizzati nella pratica progettuale.

Il carico specifico superficiale volumetrico è dato dal prodotto tra il carico idraulico superficiale e il volume specifico del fango DSV:

$$q_{sv} = C_{is} \cdot DSV$$

*Equazione 12*

In fase di dimensionamento, al fine di garantire nell'effluente la riduzione del COD e della concentrazione dei solidi sospesi, si consiglia di non superare i 500 l/(m<sup>2</sup>·h).

Dal valore del  $q_{sv}$  è possibile ricavare il carico idraulico superficiale (o *velocità ascensionale*) secondo l'equazione:

$$C_{is} = \frac{q_{sv}}{C_a \cdot DSVI}$$

*Equazione 13*

Si considerano accettabili valori inferiori a 1,6 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/h con riferimento alla portata massima di tempo di pioggia.

Verificato il carico idraulico superficiale, con riferimento alla portata massima di tempo di pioggia  $Q$  (flusso di ricircolo escluso) è possibile calcolare la superficie utile di sedimentazione secondo l'equazione:


$$A_{sed} = \frac{Q}{C_{is}}$$

*Equazione 14*

Il modello di calcolo utilizzato consente di calcolare la profondità della vasca (in termini di battente liquido) necessaria per evitare la fuoriuscita del fango in tempo di pioggia, ad una distanza dal centro pari a 2/3 del raggio.

Il carico specifico superficiale di solidi sospesi corrisponde al carico di SST applicato per unità di superficie utile del sedimentatore, secondo la relazione:

$$P_{ss} = \frac{(Q + Q_r)C_a}{A_{sed}}$$

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°) 12400705873 - 12000367716	ID DOC. (DOC. ID)	REV. 1	N° FG. (SH. N.) 58	DI (LAST) 103
	<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>				

*Equazione 15*

dove:

- $Q$  ( $m^3/h$ ) è la portata di liquame in ingresso;
- $Q_r$  ( $m^3/h$ ) è la portata di ricircolo dei fanghi;
- $C_a$  ( $kgSST/m^3$ ) è la concentrazione di SST nella miscela aerata;
- $A_{sed}$  ( $m^2$ ) è la superficie utile del sedimentatore.


Per quanto riguarda questo parametro, occorre verificare che sia rispettato il carico massimo che, per il tipo di impianto in esame, può essere assunto pari a 4,5 kgSST/m<sup>2</sup>/h con riferimento alla portata di calcolo e a 9 kgSST/m<sup>2</sup>/h con riferimento alla portata massima.

La portata allo stramazzo è data dal rapporto tra la portata di liquame trattato e la lunghezza complessiva del profilo perimetrale di sfioro e deve risultare inferiore a 10 m<sup>3</sup>/m/h in corrispondenza della portata di calcolo.

#### 4.1.9.2.2 Risultati del dimensionamento del nuovo comparto

La sezione di sedimentazione secondaria di nuova realizzazione sarà costituita da n. 3 sedimentatori circolari, ciascuno avente diametro interno di 28 m, con canalina pensile di sfioro esterna. Il dimensionamento è stato condotto ipotizzando di trattare una portata massima (di tempo di pioggia) pari a 3 volte la portata media di tempo secco.

Parametro	u.m.	Valore
<i>Caratteristiche della sezione di sedimentazione secondaria</i>		
Numero di vasche	-	3
Diametro complessivo di ciascuna vasca	m	30,0
Diametro utile di ciascuna vasca	m	28,0
Altezza allo sfioro a bordo vasca	m	3,7
Altezza complessiva a bordo vasca	m	4,2
Profondità parte conica	m	1,1
Profondità utile massima a centro vasca	m	4,8
Superficie utile di ciascuna vasca	m <sup>2</sup>	605
Volume utile di ciascuna vasca	m <sup>3</sup>	2.498
<i>Condizioni operative</i>		
Portata media di tempo secco (intera sezione)	m <sup>3</sup> /h	500
Portata media di tempo secco di ciascuna vasca	m <sup>3</sup> /h	167
Portata massima di tempo di pioggia (intera sezione)	m <sup>3</sup> /h	1.500
Portata massima di tempo di pioggia di ciascuna vasca	m <sup>3</sup> /h	500
Rapporto di ricircolo fanghi (riferito alla portata massima)	-	0,5
Portata di ricircolo dei fanghi di ciascuna vasca	m <sup>3</sup> /h	250
Concentrazione di SST nel comparto biologico	kgSST/m <sup>3</sup>	6,0

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	59	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Carico specifico superficiale volumetrico	l/m <sup>2</sup> /h	500
Flusso solido in tempo di pioggia	kgSST/h	4.500
<i>Vincoli operativi</i>		
Carico specifico superficiale limite di SST in tempo di pioggia	kgSST/m <sup>2</sup> /h	9,0
Carico idraulico massimo in tempo di pioggia	m/h	1,6
Portata allo stramazzo in tempo secco	m <sup>3</sup> /m/h	10
<i>Verifica del rispetto dei vincoli operativi</i>		
Carico specifico superficiale di SST in tempo di pioggia	kgSST/m <sup>2</sup> /h	7,4
Carico idraulico superficiale in tempo di pioggia	m/h	0,8
Portata allo stramazzo in tempo secco	m <sup>3</sup> /m/h	5,7

*Tabella 37: Risultati del dimensionamento della sezione di sedimentazione secondaria di nuova realizzazione*

Come si evince dall'analisi della Tabella 37, tutti i vincoli operativi imposti risultano rispettati alle condizioni operative di progetto della sezione.

#### 4.1.9.3 Opere elettromeccaniche

##### 4.1.9.3.1 Linea 1

Ciascuno dei n. 4 sedimentatori secondari della linea 1 (1A/B/C/D) è dotato delle seguenti opere elettromeccaniche:


- n. 1 ponte raschiatore a trazione periferica (SBR3101A/B/C/D) equipaggiato con lama di fondo a profilo logaritmico, lama di superficie, scum-box di evacuazione dei surnatanti e pompa sommersa per l'abbattimento delle schiume mediante erogazione di getti d'acqua prelevata dall'interno della vasca stessa;
- n. 1 misuratore di livello del fango (LIT3103A/B/C/D) solidale alla struttura del ponte;
- n. 1 pompa centrifuga (PM3101, PM3102, PM3103, PM3104) per l'estrazione delle schiume raccolte nel pozzetto dedicato.

Le n. 2 vasche 1A e 1B costruite ex-novo durante gli interventi previsti nello stralcio 1 del progetto di potenziamento del depuratore di Ravenna sono dotate di cavo scaldante (EH3101A/B) che si attiva in caso di bassa temperatura per evitare il congelamento della via di corsa del ponte; sono, inoltre, dotate, sui pozzetti di raccolta schiume, di misuratori di livello radar (LT3101, LT3102) per la regolazione dei cicli di start & stop delle pompe di sollevamento delle schiume (che vengono convogliate con un'unica tubazione alla denitrificazione della linea 1).

Anche i pozzetti di raccolta delle vasche 1C e 1D sono dotati di sensori di livello per la regolazione dei cicli di start & stop della pompa di estrazione schiume; le schiume vengono convogliate alla vasca di denitrificazione 1.

La sezione è dotata di n. 4 pompe di ricircolo del fango (PM3103, PM3104, PM3105, PM3106), una per ciascuna vasca, che sollevano il fango alla vasca di denitrificazione 1 e di n. 2 pompe per l'estrazione dei fanghi di supero (PM3107, PM3108) da avviare alla linea fanghi.

##### 4.1.9.3.2 Linea 2

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	60	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Ciascuno dei n. 4 sedimentatori secondari della linea 2 (2A/B/C/D) è dotato delle seguenti opere elettromeccaniche:

- n. 1 ponte raschiatore a trazione periferica (SBR3201A/B/C/D) equipaggiato con lama di fondo a profilo logaritmico, lama di superficie e scum-box di evacuazione dei surnatanti; ciascun ponte è, inoltre, dotato di pompa sommersa per l'abbattimento delle schiume mediante erogazione di getti d'acqua prelevata dall'interno della vasca stessa;
- n. 1 misuratore di livello del fango (LIT3201A/B/C/D) solidale alla struttura del ponte;

L'estrazione delle schiume è realizzata mediante:

- n. 1 pompa centrifuga sommergibile (PM3201) installata nel pozzetto dedicato della vasca 2A;
- n. 1 pompa centrifuga (PM3202) installata all'esterno del pozzetto dedicato della vasca 2B;
- n. 2 pompe centrifughe sommergibili (PM3203A/B) installate nel pozzetto dedicato della vasca 2C;
- n. 2 pompe centrifughe sommergibili (PM3204A/B) installate nel pozzetto dedicato della vasca 2D.

Ognuno dei n. 4 pozzetti di raccolta schiume è dotato di interruttori di livello a galleggiante per la regolazione dei cicli di start & stop della pompa di sollevamento delle schiume. Le schiume raccolte nei pozzetti delle vasche della sezione 2 vengono convogliate alla denitrificazione della linea 2.


La sezione è dotata di n. 4 pompe di ricircolo del fango (PM3205, PM3206, PM3207, PM3208), una per ciascuna vasca, che sollevano il fango alla vasca di denitrificazione 2, e di n. 2 pompe per l'estrazione dei fanghi di supero (PM3209, PM3210) da avviare alla linea fanghi.

#### 4.1.9.3.3 Linea 3

Ciascuna delle n. 3 vasche di nuova realizzazione (3A/B/C) sarà dotata di ponte raschiatore a trazione periferica (SBR3301A/B/C) con lama di fondo a profilo logaritmico, lama di superficie e scum-box di evacuazione dei surnatanti; sarà, inoltre, provvista di misuratore di livello del fango (LT3301A/B/C), solidale al ponte, e cavo scaldante (EH3301A/B/C) installato a bordo vasca per evitare il congelamento della via di corsa del ponte. Ciascun ponte sarà, inoltre, dotato di pompa sommersa per l'abbattimento delle schiume mediante erogazione di getti d'acqua da prelevare all'interno della vasca stessa.

Il fango sedimentato viene sospinto dalla raschia di fondo all'interno della tramoggia centrale da cui passa, mediante apposita tubazione, al pozzetto di raccolta dedicato in cui sono alloggiate le pompe centrifughe sommergibili deputate al ricircolo (PM3301A/B, PM3304A/B, PM3307A/B) e all'estrazione dei fanghi di supero (PM3302, PM3305, PM3308). Le pompe di ricircolo del fango, di cui una con funzione di riserva, permettono di sollevare la portata al ripartitore del comparto biologico della linea 3. Ciascuna pompa è in grado di sollevare una portata di 250 m<sup>3</sup>/h; la tubazione di mandata è dotata di un misuratore elettromagnetico di portata (FT3301A/B/C).

La pompa di estrazione dei fanghi di supero, alloggiata nel medesimo pozzetto delle pompe di ricircolo, avvia il fango alla linea fanghi per i successivi trattamenti. La pompa di ricircolo del fango con funzione di riserva può fungere anche da riserva per la pompa di estrazione del supero.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	61	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

I surnatanti che si separano nei sedimentatori sono sospinti dalle lame superficiali solidali ai ponti verso gli appositi scum-box dai quali poi passano nel pozzetto di raccolta dedicato, dotato di misuratore di livello radar (LT3301A/B/C) per la regolazione dei cicli di start & stop delle pompe di sollevamento (PM3303, PM3306, PM3309) che ricircolano le schiume verso il ripartitore della sezione biologica della linea 3. L'effluente chiarificato dal sedimentatore, raccolto in una canaletta in calcestruzzo perimetrale esterna, dotata di profilo di sfioro tipo Thomson e anello deflettore paraschiuma, viene avviato alla successiva sezione di trattamento terziario costituita da filtri su tela.

Il pozzetto di raccolta dei fanghi, il pozzetto delle schiume e il pozzetto del chiarificato di ciascuna vasca sono realizzati in un'unica struttura solidale alla vasca stessa.

Le principali caratteristiche tecniche delle apparecchiature elettromeccaniche sopra elencate sono riassunte di seguito.


<b>PONTI A TRAZIONE PERIFERICA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero ponti installati	-	3
Tag apparecchiatura/e	-	SBR3301A/B/C
Diametro interno vasca	m	28
Diametro cilindro di calma	m	2,5
Potenza unitaria installata	kW	2,95

*Tabella 38: Caratteristiche tecniche ponti a trazione periferica della linea 3*

<b>POMPE DI RICIRCOLO FANGHI</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero pompe installate vasca	-	2
Configurazione di sollevamento	-	1+1R
Tag apparecchiatura/e	-	PM3301A/B PM3304A/B PM3307A/B
Tipologia	-	Centrifuga sommergibile
Portata unitaria sollevata	m <sup>3</sup> /h	250
Prevalenza totale	m	8,40
Potenza unitaria installata	kW	8,5

*Tabella 39: Caratteristiche tecniche pompe di ricircolo fanghi della linea 3*

<b>POMPE DI RILANCIO FANGHI DI SUPERO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tag apparecchiatura/e	-	PM3302 / PM3305 / PM3308
Tipologia	-	Centrifuga sommergibile
Numero pompe installate per vasca	-	1
Portata unitaria sollevata	m <sup>3</sup> /h	25
Prevalenza totale	m	8,50

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	62	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Potenza unitaria installata	kW	2,4
-----------------------------	----	-----

*Tabella 40: Caratteristiche tecniche pompe di rilancio fanghi di supero della linea 3*

<b>POMPE DI ESTRAZIONE SCHIUME</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tag apparecchiatura/e	-	PM3303 / PM3306 / PM3309
Tipologia	-	Centrifuga sommergibile
Numero pompe installate per vasca	-	1
Portata unitaria sollevata	m <sup>3</sup> /h	18
Prevalenza totale	m	7,37
Potenza unitaria installata	kW	2,0

*Tabella 41: Caratteristiche tecniche pompe di estrazione schiume della linea 3*

#### 4.1.10 FILTRAZIONE A TELA

I reflui in uscita dai sedimentatori secondari delle linee 1 e 2, insieme a quelli provenienti dai sedimentatori secondari di nuova realizzazione (linea 3), confluiscono nel canale d'ingresso del manufatto della filtrazione a tela, che costituisce il trattamento terziario dell'impianto nella configurazione di progetto, consentendo di ottenere una concentrazione di solidi sospesi in uscita inferiore a 5 ÷ 10 mg/l. Il canale d'ingresso distribuisce i reflui tra n. 6 comparti, entro ognuno dei quali è installato n. 1 filtro.

Ciascun filtro è costituito da una serie di dischi filtranti rivestiti di tessuto sintetico rinforzato avente spessore 4-5 mm, montati su un albero centrale cavo. In esercizio i filtri risultano completamente immersi nell'acqua; la filtrazione avviene per gravità, dall'esterno verso l'interno, con macchina ferma sfruttando la differenza di livello tra ingresso e uscita. I residui solidi presenti nel refluo vengono trattenuti dalla tela; con l'aumentare del deposito dei residui, aumenta la resistenza idraulica al passaggio e di conseguenza la differenza tra i livelli dell'acqua non trattata e di quella chiarificata: al raggiungimento di una differenza di livello prefissata viene attivato il sistema di pulizia della tela.

Durante le operazioni di pulizia della tela, i dischi filtranti vengono fatti ruotare lentamente; un sistema di pompe, collegato ad una serie di ugelli aspiratori, rimuove i solidi trattenuti dalle tele, ripristinando le capacità filtranti della macchina. L'acqua aspirata e il fango asportato vengono rinviati in testa impianto; eventuali sostanze solide sedimentate sul fondo della vasca vengono rimosse per mezzo di una pompa temporizzata.

L'acqua trattata da ciascun filtro è avviata al canale di scarico del manufatto attraverso l'albero centrale cavo.


Per il trattamento della portata media di tempo secco saranno necessarie n. 4 unità filtranti mentre in tempo di pioggia (portata massima) saranno necessarie n. 6 unità filtranti.

Ciascuno dei n. 6 comparti presenta una paratoia in ingresso ed una in uscita per il sezionamento parziale dell'unità in caso di necessità di manutenzione. Nel manufatto è presente anche un canale di bypass dell'intera sezione.

Si riporta di seguito la caratterizzazione dell'unità di filtrazione a tela.

<b>FILTRAZIONE A TELA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>



 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	63	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					


Tag apparecchiatura/e	-	FLT4001
Numero unità filtranti	-	6
Superficie filtrante singolo filtro	m <sup>2</sup>	160
Superficie filtrante totale	m <sup>2</sup>	960
Lunghezza singolo filtro	m	6,85
Larghezza singolo filtro	m	2,5
Altezza singolo filtro	m	3,2
Potenza totale installata	kW	11,75

*Tabella 42: Caratteristiche tecniche unità di filtrazione a tela*

La seguente tabella riporta i risultati del dimensionamento dell'unità:

Parametro	u.m.	Valore
<i>Condizioni operative</i>		
Portata media di tempo secco	m <sup>3</sup> /h	2.189
Portata di tempo di pioggia	m <sup>3</sup> /h	5.767
Concentrazione di SST in ingresso	mg/l	50
Concentrazione di SST in uscita	mg/l	< 10
Carico di SST in ingresso in tempo secco	kgSST/h	110
Carico di SST in ingresso in tempo di pioggia	kgSST/h	288
Superficie filtrante totale	m <sup>2</sup>	960
<i>Vincoli operativi</i>		
Carico idraulico superficiale massimo in tempo secco	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	5,0
Carico specifico di SST in tempo secco	kgSST/m <sup>2</sup> /h	0,30
Carico idraulico superficiale massimo in tempo di pioggia	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	7,0
Carico specifico di SST in tempo di pioggia	kgSST/m <sup>2</sup> /h	0,40
<i>Verifica del rispetto dei vincoli operativi</i>		
Carico idraulico superficiale in tempo secco	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	2,3
Carico specifico di SST in tempo secco	kgSST/m <sup>2</sup> /h	0,11
Carico idraulico superficiale in tempo di pioggia	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /h	6,0
Carico specifico di SST in tempo di pioggia	kgSST/m <sup>2</sup> /h	0,30
Tempo massimo di lavaggio giornaliero con n. 4 filtri	h/d	11,0
Tempo massimo di lavaggio giornaliero con n. 6 filtri	h/d	22,0

*Tabella 43: Risultati del dimensionamento della sezione di filtrazione a tela*

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	64	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

#### 4.1.11 DISINFEZIONE UV

La disinfezione dei reflui provenienti dall'unità di filtrazione a tela si rende necessaria al fine di rispettare il limite previsto dalla Tab. 3 del D.Lgs. 152/2006 per Escherichia Coli nei mesi da aprile a settembre (5.000 UFC/100 ml).

La sezione, dimensionata per trattare la portata massima di tempo di pioggia, sarà realizzata mediante lampade UV del tipo ad amalgama, a bassa pressione di vapore di mercurio, organizzate in banchi inseriti all'interno di n. 2 canali paralleli. La posizione delle lampade sarà parallela al flusso ed orizzontale per rendere minime le perdite di carico; una guaina di quarzo protegge le lampade dal contatto con il liquido ed ha anche la funzione di stabilizzare la temperatura al loro interno. L'acqua all'interno del canale viene mantenuta ad un'altezza predeterminata in quanto le variazioni di flusso vengono controllate da un sistema di controllo del livello idrico costituito, per ciascun canale, da uno stramazzo attuato e da un misuratore di livello ad ultrasuoni, in grado di mantenere costante il livello nel canale (e mantenere i banchi sempre sommersi) al variare della portata in arrivo.


Nel manufatto è presente un canale di by-pass da aprire in caso di indisponibilità/manutenzione delle lampade. È, inoltre, prevista l'installazione di una stazione di stoccaggio e dosaggio di ipoclorito di sodio da attivare in caso di avaria del sistema di disinfezione UV costituita da n. 1 serbatoio di stoccaggio (TK4001) e n. 2 pompe di dosaggio in configurazione 1 + 1R (PM4005A/B).

I reflui trattati confluiscono in un canale di raccolta al cui interno sono installate n. 2 pompe sommergibili (PM4004A/B) che alimentano il modulo di ultrafiltrazione; n. 2 misuratori di livello a galleggiante (LSL4001 e LSL4001) consentono lo stop delle suddette pompe in caso di mancanza di acqua nel canale; è presente anche un misuratore di livello a ultrasuoni LT4002.

Si riportano di seguito le caratteristiche della sezione:

<b>DISINFEZIONE UV</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tag apparecchiatura/e	-	UVD4001
Portata massima trattabile	m <sup>3</sup> /h	5.767
Escherichia Coli in ingresso	UFC/100 ml	10 <sup>5</sup>
Escherichia Coli in uscita	UFC/100 ml	< 5.000
Concentrazione SST in ingresso	mg/l	< 10
Tipologia lampade	-	Amalgama solido mercurio, a bassa pressione e alta intensità UVC
Numero canali	-	2
Larghezza canale	mm	1.200
Livello idrico medio	mm	800
Banchi per canale	-	1
Moduli per banco	-	6
Lampade per modulo	-	16
Potenza totale installata	kW	68,0

*Tabella 44: Caratteristiche tecniche sezione di disinfezione UV*

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	65	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

#### 4.1.12 CLORAZIONE DI EMERGENZA

È prevista una clorazione di emergenza (con ipoclorito di sodio) che si attiva in caso di indisponibilità delle lampade UV durante il periodo in cui vige l'obbligo di ridurre la concentrazione in uscita di Escherichia Coli. Il sistema è costituito da n. 2 pompe dosatrici, PM4005A/B, e n. 1 serbatoio di stoccaggio della soluzione di ipoclorito di sodio al 15%, TK4001.

Di seguito la caratterizzazione della sezione, con le valutazioni fatte in riferimento alla portata di tempo di pioggia:

<b>CLORAZIONE DI EMERGENZA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Portata massima trattabile	m <sup>3</sup> /h	5.767
Dosaggio di cloro attivo	mg/l	3
Portata di cloro attivo	kg/h	17,3
Concentrazione in peso cloro attivo in soluzione	-	15%
Portata soluzione ipoclorito di sodio	kg/h	115
Durata stoccaggio per dosaggio di emergenza	d	5
Volume stoccaggio ipoclorito di emergenza	m <sup>3</sup>	12
Tempo di contatto teorico	min	20
Volume di contatto teorico	m <sup>3</sup>	1.922
Tempo di contatto effettivo	min	20
Volume di contatto effettivo	m <sup>3</sup>	1.897

*Tabella 45: Caratterizzazione sezione di clorazione di emergenza*


Il dosaggio viene effettuato nel punto in cui il refluo si immette nel manufatto della disinfezione UV. I n. 2 canali entro cui sono installati i banchi UV si considerano inutilizzabili e intercettati per manutenzione per cui il fluido attraverserà il canale di by-pass per immettersi poi all'interno della camera di aspirazione del sollevamento finale: qui la turbolenza innescata dalle pompe in funzione consentirà di miscelare ulteriormente la soluzione di ipoclorito di sodio che verrà poi sollevata all'interno del torrino di accumulo del refluo trattato prima di proseguire verso lo scarico. Nel calcolo del volume di contatto è stato inserito anche il volume del tubo DN1200 (considerato completamente pieno) fino al torrino esterno a monte dello scolo Cupa.

Lo stoccaggio è dimensionato per dosare ipoclorito per n. 8 giorni e verrà riempito solo in caso di emergenza vista l'elevata instabilità chimica di questo disinfettante, soprattutto all'aumentare della temperatura.

##### 4.1.12.1 Opere elettromeccaniche

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche delle opere elettromeccaniche di questa sezione:

<b>POMPE DI DOSAGGIO IPOCLORITO DI SODIO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero pompe installate	-	2
Configurazione di dosaggio	-	1 + 1R

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	66	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Tag apparecchiatura/e	-	PM4005A/B
Tipologia	-	Dosatrice a membrana
Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	0,1
Prevalenza totale	m	1,13
Potenza unitaria installata	kW	0,22

*Tabella 46: Caratteristiche tecniche pompe di dosaggio ipoclorito di sodio*

<b>SERBATOIO DI STOCCAGGIO IPOCLORITO DI SODIO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero serbatoi	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	TK4001
Tipologia	-	Cilindrico verticale
Diametro interno	m	3,02
Diametro esterno	m	3,18
Altezza totale	m	3,35
Volume	m <sup>3</sup>	20

*Tabella 47: Caratteristiche tecniche serbatoio di stoccaggio ipoclorito di sodio*

Il serbatoio di stoccaggio è installato all'interno di un bacino di contenimento per evitare sversamenti sul terreno in caso di perdita accidentale di chimico.

#### 4.1.13 SOLLEVAMENTO FINALE


A valle della sezione di disinfezione i reflui vengono avviati alla stazione di sollevamento finale, composta da n. 5 pompe centrifughe sommergibili PM4001A/B/C/D/E (n. 4 + 1R), servite da inverter. La vasca di accumulo è di volume sufficiente a consentire il corretto funzionamento della stazione: le sue dimensioni consentiranno di alloggiare le n. 4 + 1R pompe, di non superare un numero elevato di avviamenti orari e di non far sostare il liquame troppo a lungo nella stazione per evitare fenomeni ossidativi. All'interno di questa sezione è presente lo scaricatore di emergenza 2, costituito da uno stramazzo a parete sottile di lunghezza 6,5 m, che si attiva in caso di malfunzionamento delle pompe; il refluo viene scaricato al pozzetto di accumulo degli scarichi di emergenza da cui parte la tubazione che scarica nello scolo Fagiolo.

La prevalenza delle pompe è data dalla somma del dislivello geodetico tra la sezione di aspirazione delle pompe e la quota di recapito delle condotte e delle perdite di carico concentrate e distribuite lungo il tubo di mandata.

Ogni pompa sarà corredata di asta di manovra per lo smontaggio e conseguente rimozione e/o per operazioni di manutenzione ordinaria; su ciascuna mandata sarà installato n. 1 misuratore di portata elettromagnetico per un totale di n. 5 (FT4001A/B/C/D/E), mentre la misura del livello idraulico in vasca, fondamentale per la gestione delle operazioni di start & stop delle pompe, viene effettuata tramite misuratore di livello (LT4003A/B). In caso di emergenza, le pompe vengono gestite mediante n. 2 livellostati a galleggiante installati in vasca.

La Tabella 48 riassume le caratteristiche delle pompe del sollevamento finale.

<b>SOLLEVAMENTO FINALE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	67	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Configurazione di sollevamento	-	4+1R
Tag apparecchiatura/e	-	PM4001A/B/C/D/E
Tipologia	-	Centrifuga sommergibile
Portata totale sollevata	m <sup>3</sup> /h	5.767
Portata unitaria sollevata	m <sup>3</sup> /h	1.442
Prevalenza totale	m	10,5
Potenza unitaria installata	kW	55

*Tabella 48: Caratteristiche tecniche pompe sollevamento finale*

L'analisi del refluo in uscita dal depuratore potrà essere garantita prelevando il refluo depurato dall'interno della camera di aspirazione del sollevamento finale, tramite la pompa HW51PM4005, e inviandolo in continuo all'interno di n.3 vaschette metalliche poste fuori terra in adiacenza del torrino di scarico.

In due delle tre vaschette verranno installate le sonde per la rilevazione in continuo dei valori delle seguenti specie chimiche:

- solidi sospesi totali, HW05AT4001;
- azoto ammoniacale, HW05AT4002;
- azoto nitrico HW05AT4003;
- fosfati, HW05AT4004.

La terza vaschetta, invece, dotata di stramazzo, garantirà l'adeguato battente per il pescaggio dell'autocampionatore (per la raccolta di campioni medi rappresentativi delle 24 ore) e potrà essere utilizzata dall'Autorità Competente per il prelievo di un campione istantaneo.

Nella configurazione di progetto verranno riutilizzate sia le sonde per la rilevazione in continuo dei parametri sopra citati sia il campionatore esterno, anch'esso già presente in impianto e da riallocare.

#### 4.1.13.1 Calcolo del volume della camera di aspirazione

Per il mantenimento in perfetta efficienza dell'impianto nel tempo, si deve fare in modo che il numero degli avviamenti orari non ecceda il massimo consentito dal tipo di pompa.

Il tempo  $T_1$  che una pompa impiega per abbassare il livello da quello massimo a quello minimo in una camera di aspirazione alimentata con una portata di afflusso  $Q$  costante è approssimativamente uguale a:


$$T_1 = V / (Q_m - Q)$$

*Equazione 16*

in cui  $V$  è il volume utile, ovvero il volume compreso tra il livello massimo, al quale è posto il regolatore di avvio, e il livello minimo, al quale è posto il regolatore di arresto, e  $Q_m$  è la portata media erogata dalla pompa.

Il tempo necessario affinché il livello risalga dal minimo al massimo per effetto della portata di afflusso  $Q$  è pari a:

$$T_2 = V / Q$$

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	68	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

*Equazione 17*

Il tempo  $T$  che intercorre tra due avviamenti successivi della pompa è perciò:

$$T = T_1 + T_2 = V/(Q_m - Q) + V/Q = V \cdot Q_m/[Q \cdot (Q_m - Q)]$$

*Equazione 18*

e il numero  $Z$  di avviamenti in 1 h è (per  $T$  espresso in secondi):

$$Z = 3.600/T = 3600 \cdot (Q_m - Q)/(V \cdot Q_m)$$

*Equazione 19*

Dalla Equazione 19 si evince la dipendenza di  $T$  e di  $Z$  dal rapporto  $Q/Q_m$  e dal volume utile  $V$ . Derivando rispetto a  $Q$  l'Equazione 18, si dimostra che il tempo  $T$  è minimo e quindi il numero degli attacchi orari  $Z$  è massimo, quando la portata media  $Q_m$  della pompa è doppia di quella  $Q$  affluente ( $Q/Q_m=0,5$ ), sicché il numero massimo di avviamenti  $Z_{max}$  può essere calcolato come:

$$Z_{max} = 3.600/T_{min} = 900 \cdot Q_m/V$$

*Equazione 20*

$$V = (3.600 \cdot Q_m)/(4 \cdot Z_{max})$$


*Equazione 21*

Nella determinazione del volume della camera di aspirazione è fondamentale la sequenza di lavoro delle pompe: nel caso specifico, al crescere del livello nella vasca, le pompe si avviano in sequenza una dopo l'altra e poi, al diminuire del livello, si arrestano una dopo l'altra in ordine inverso. Il sollevamento finale può lavorare al massimo con n. 4 pompe in marcia contemporaneamente, ciascuna delle quali è in grado di sollevare una portata pari a 1/4 della portata massima di progetto (5.767 m<sup>3</sup>/h). La Tabella 49 riporta i risultati della verifica di dimensionamento della camera di aspirazione.

<b>CAMERA DI ASPIRAZIONE SOLLEVAMENTO FINALE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero massimo avviamenti orari	h <sup>-1</sup>	10
Lunghezza camera	m	6,5
Larghezza camera	m	10,5
Superficie camera	m <sup>2</sup>	68,3
Portata massima singola pompa	m <sup>3</sup> /h	1.442
Tempo di ciclo singola pompa	h	0,025
Volume refluo singola pompa	m <sup>3</sup>	36,1
Dislivello start & stop singola pompa	m	0,53
Altezza utile	m	2,1
Altezza di riserva	m	0,51
Altezza totale camera (massimo livello)	m	2,62
Volume utile	m <sup>3</sup>	144,2
Volume totale (compreso volume di riserva)	m <sup>3</sup>	179,0

*Tabella 49: Verifica del volume della camera di aspirazione*



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	69	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

#### 4.1.14 GRUPPI DI PRESSURIZZAZIONE ACQUA TECNICA

Dall'interno del torrino di raccolta posto all'uscita del manufatto di disinfezione viene prelevata l'acqua impiegata in impianto come acqua tecnica. Saranno installati n. 2 gruppi di pressurizzazione, PM4002 e PM4003, che forniranno acqua per i diversi servizi d'impianto. La selezione è stata effettuata considerando la contemporaneità di richiesta di acqua da parte di tutti gli utilizzatori con un livello di pressione richiesta simile. Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche dei n. 2 gruppi di pressurizzazione e gli utilizzatori di ciascuno dei due.


<b>GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE PM4002</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tipologia	-	Centrifuga
Configurazione	-	3+1R
Tag apparecchiature	-	PM4002
Portata totale massima	m <sup>3</sup> /h	230
Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	76,7
Prevalenza nominale	m	60
Potenza unitaria installata	kW	18,5
Potenza totale installata	kW	74,0

*Tabella 50: Caratteristiche tecniche gruppo di pressurizzazione PM4002*

<b>GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE PM4003</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tipologia	-	Centrifuga
Tag apparecchiatura	-	PM4003
Configurazione	-	1+1R
Portata totale massima	m <sup>3</sup> /h	60
Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	60
Prevalenza nominale	m	30
Potenza unitaria installata	kW	7,5
Potenza totale installata	kW	15,0

*Tabella 51: Caratteristiche tecniche gruppo di pressurizzazione PM4003*

<b>UTILIZZATORI GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE PM4002</b>				
<b>Utilizzatore</b>	<b>Portata richiesta [m<sup>3</sup>/h]</b>	<b>Pressione richiesta [bar]</b>	<b>Pressione gruppo [bar]</b>	<b>Utilizzo</b>
Compattatore a coclea grigliato grossolano	1,8	5	6	Lavaggio
Griglie fini a tamburo rotante	38,4	5	6	Lavaggio
Ispessitori dinamici	10,8	5	6	Lavaggio
Centrifughe	24	4	6	Lavaggio

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	70	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<b>UTILIZZATORI GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE PM4002</b>				
Scambiatore aria-aria bioessiccatore	4,5	3,5	6	Lavaggio
Impianto di trattamento rifiuti ai sensi art. 110 comma 3	146	5	6	Lavaggio
<b>Portata totale richiesta <math>\approx 230 \text{ m}^3/\text{h}</math></b>				

*Tabella 52: Utilizzatori gruppo di pressurizzazione PM4002*

<b>GRUPPO DI PRESSURIZZAZIONE PM4003</b>				
Utilizzatore	Portata richiesta [m <sup>3</sup> /h]	Pressione richiesta [bar]	Pressione gruppo [bar]	Utilizzo
Classificatori sabbie dissabbiatura	3,6	1	3	Lavaggio sabbie
Gasometro	14,4	1	3	Reintegro
Acqua servizi	36	2	3	Usi vari
<b>Portata totale richiesta <math>\approx 60 \text{ m}^3/\text{h}</math></b>				

*Tabella 53: Utilizzatori gruppo di pressurizzazione PM4003*

#### 4.1.15 DEFOSFATAZIONE CHIMICA

La rimozione del fosforo è realizzata mediante dosaggio di alluminato di sodio in n. 3 distinti punti dell'impianto:

- sulla corrente di ricircolo del mixed liquor della linea biologica 1 (sistema di dosaggio esistente);
- sul flusso di fanghi attivi in uscita dalla sezione di ossidazione della linea biologica 2 esistente;
- all'interno del ripartitore 3 della sedimentazione secondaria della linea biologica 3 (nuova realizzazione).


Tutti i dosaggi presenti in impianto consentono di ottenere la rimozione del fosforo per precipitazione simultanea di fanghi chimici (costituiti principalmente da fosfato di alluminio e, in caso di eccesso di dosaggio di alluminato, anche da idrossido di alluminio) all'interno dei sedimentatori secondari.

Considerando una concentrazione media di fosforo totale in ingresso pari a 6 mg/l, al fine di rispettare il limite allo scarico previsto per il fosforo dalla Tab. 2 del D.Lgs. 152/2006, si stima una produzione totale di fanghi chimici pari a 1.150 kg/d.

##### 4.1.15.1 Opere elettromeccaniche

Si riportano di seguito le caratteristiche tecniche delle pompe di dosaggio dell'alluminato di sodio e del serbatoio di stoccaggio:

<b>POMPE DI DOSAGGIO ALLUMINATO DI SODIO</b>		
Parametro	u.m.	Valore
Numero pompe installate	-	2
Configurazione di dosaggio	-	1 + 1R

 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	71	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Tag apparecchiatura/e	-	PM4008A/B
Tipologia	-	Dosatrice a membrana
Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	0,04
Prevalenza totale	m	3,55
Potenza unitaria installata	kW	0,22

*Tabella 54: Caratteristiche tecniche pompe di dosaggio alluminato di sodio*

<b>SERBATOIO DI STOCCAGGIO ALLUMINATO DI SODIO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero serbatoi	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	TK4004
Tipologia	-	Cilindrico verticale
Diametro interno	m	3,02
Diametro esterno	m	3,18
Altezza totale	m	3,35
Volume	m <sup>3</sup>	20

*Tabella 55: Caratteristiche tecniche serbatoio di stoccaggio alluminato di sodio*

Il serbatoio di stoccaggio è installato all'interno di un bacino di contenimento per evitare sversamenti sul terreno in caso di perdita accidentale di chimico.


#### 4.1.16 ULTRAFILTRAZIONE

Il modulo, installato nello stralcio 1 del progetto di potenziamento del depuratore di Ravenna, consente di produrre acqua di pregio da impiegare al posto della potabile in linea fanghi nella preparazione della soluzione di polielettrolita. L'acqua di alimentazione del modulo verrà prelevata dalla camera di aspirazione del sollevamento finale tramite n. 2 pompe sommergibili, PM4004A/B.

<b>ALIMENTAZIONE ULTRAFILTRAZIONE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Configurazione di sollevamento	-	1+1R
Tag apparecchiature	-	PM4004A/B
Tipologia	-	Centrifuga sommergibile
Portata totale sollevata	m <sup>3</sup> /h	25
Portata unitaria sollevata	m <sup>3</sup> /h	25
Prevalenza totale	m	10,15
Potenza unitaria installata	kW	3,5

*Tabella 56: Caratteristiche tecniche pompe alimentazione ultrafiltrazione*

L'acqua prodotta dal modulo è impiegata nella preparazione della soluzione di polielettrolita utilizzata in linea fanghi per l'ispessimento e la disidratazione: si stima che questo intervento consentirà di ottenere un risparmio complessivo di acqua potabile di circa 17.000 m<sup>3</sup> all'anno.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	72	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

#### 4.1.16.1 Caratteristiche dell'acqua da trattare

L'acqua di alimentazione del modulo di ultrafiltrazione ha le seguenti caratteristiche:

Parametro	Unità di misura	Valore
BOD <sub>5</sub>	mg/l	≤20
COD	mg/l	≤100
Solidi Sospesi Totali	mg/l	<10
Azoto ammoniacale	mg/l	≤15
Fosforo totale	mg/l	<2
Tensioattivi totali	mg/l	<0,7
Escherichia Coli	UFC/100ml	≤5.000

Tabella 57: Caratteristiche dell'acqua da trattare

#### 4.1.16.2 Caratteristiche dell'acqua trattata

Il modulo riduce la torbidità e la concentrazione di solidi sospesi portando ad un miglioramento qualitativo dell'acqua prelevata dai sedimentatori terziari e rendendola idonea alla preparazione della soluzione di polielettrolita.

Le caratteristiche dell'acqua trattata sono di seguito riportate:

Parametro	Unità di misura	Valore
Conducibilità	μS/cm	Invariata
BOD <sub>5</sub>	mg/l	Ridotto
COD	mg/l	Ridotto
Solidi Sospesi Totali	mg/l	Ridotti
Escherichia Coli	UFC/100ml	Ridotti
Torbidità	NTU	<0,2


Tabella 58:  
dell'acqua

Caratteristiche  
trattata

#### 4.1.16.3 Descrizione del processo

Il modulo di ultrafiltrazione è costituito dalle seguenti apparecchiature:

- n. 1 serbatoio di stoccaggio dell'acqua da trattare;
- n. 1 pompa di rilancio alle membrane di ultrafiltrazione (più n. 1 pompa di riserva);
- n. 1 pre-filtro;
- membrane di ultrafiltrazione corredate da gruppo di comando automatico;
- n. 1 serbatoio di stoccaggio dell'acqua ultrafiltrata;
- n. 1 pompa di rilancio agli utilizzatori (più n. 1 pompa di riserva);
- n. 1 pompa di controlavaggio;
- n. 1 soffiante di controlavaggio;
- n. 1 stazione di dosaggio dei chemicals;
- n. 1 stazione di lavaggio CIP.

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	73	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

L'acqua in arrivo viene stoccata all'interno del serbatoio iniziale e poi pompata verso le membrane di ultrafiltrazione che provvedono a trattenere tutte le particelle con granulometria superiore a 0,01 µm. L'acqua ultrafiltrata in uscita dalle membrane viene stoccata all'interno di un serbatoio e pompata verso gli utilizzatori in caso di chiamata.

Il modulo è provvisto di un sistema di lavaggio delle membrane con chemicals che si attiva in caso di aumento delle perdite di carico attraverso le membrane stesse.

#### 4.1.16.4 Dimensionamento del modulo di ultrafiltrazione

I principali utilizzatori dell'acqua ultrafiltrata prodotta dal modulo sono i seguenti:

- n. 1 stazione di preparazione del polielettrolita al servizio della sezione di disidratazione dei fanghi con centrifughe (esistente);
- n. 1 stazione di preparazione del polielettrolita al servizio della sezione di ispessimento dinamico dei fanghi di nuova installazione.

Il modulo è stato cautelativamente dimensionato nello stralcio 1 del progetto di potenziamento del depuratore di Ravenna considerando una portata netta di acqua ultrafiltrata pari 20 m³/h: oltre alla portata richiesta dai n. 2 polipreparatori, si considera una portata aggiuntiva per tenere conto dei consumi di eventuali punti di prelievo per i più svariati usi da installare in specifici punti dell'impianto e di eventuali altri futuri collegamenti:

Utilizzatore	Unità di misura	Valore
Polipreparatore disidratazione con centrifughe	m³/h	6,0
Polipreparatore ispessimento dinamico	m³/h	3,0
Altri utilizzatori e/o collegamenti futuri	m³/h	11,0

*Tabella 59: Definizione della portata netta di acqua ultrafiltrata prodotta*


#### 4.1.17 SCARICO DI EMERGENZA

Nella configurazione di progetto lo scarico di emergenza nello scolo Fagiolo viene ricollocato a est rispetto all'attuale punto di scarico, come si può evincere dagli elaborati progettuali. In tale configurazione l'impianto sarà dotato di n. 2 scaricatori di emergenza:

- **Scaricatore di emergenza 1**, costituito da uno stramazzo a parete sottile di lunghezza 3 m posizionato all'interno del manufatto della grigliatura grossolana e del sollevamento iniziale in corrispondenza del pozzetto di ingresso dei reflui, attivabile in caso di malfunzionamento delle pompe del sollevamento iniziale;
- **Scaricatore di emergenza 2**, costituito da uno stramazzo a parete sottile di lunghezza 6,5 m posizionato all'interno del manufatto del sollevamento finale, attivabile in caso di malfunzionamento delle pompe del sollevamento finale stesso.

Entrambi gli scaricatori, in caso di emergenza, scaricano il refluo nello scolo Fagiolo.

Sopra ognuna delle due soglie di sfioro degli scaricatori di emergenza è installato un misuratore di livello ad ultrasuoni che converte la misura della cresta del refluo sopra la soglia in un valore di portata (LT1001 sullo scaricatore di emergenza 1, LT4003 sullo scaricatore di


	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	74	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

emergenza 2) che consente la contabilizzazione della portata di refluo scaricato in emergenza da ciascuno scaricatore. In caso di attivazione di uno dei due scaricatori di emergenza, il refluo viene convogliato al pozzetto scarichi di emergenza (tramite una tubazione DN1200 in acciaio al carbonio bitumato di lunghezza 127 m proveniente dallo scaricatore 1 e tramite una tubazione DN1200 in acciaio al carbonio bitumato di lunghezza 4,2 m proveniente dallo scaricatore 2), posto in prossimità del sollevamento finale, per poi proseguire attraverso una tubazione DN1200 in acciaio al carbonio bitumato di lunghezza 132 m. Il refluo attraversa successivamente n. 2 pozzetti:

- *Pozzetto paratoia*, al cui interno è installata una paratoia motorizzata (SGT1008), sempre aperta, da chiudere solo in caso di manutenzione da eseguire sul misuratore di portata posto all'interno del pozzetto successivo;
- *Pozzetto misuratore*, al cui interno è installato un misuratore di portata magnetico (FT1002), necessario per la contabilizzazione della quantità totale di refluo scaricato in condizioni di emergenza.

Infine, in corrispondenza del punto di immissione nel corpo idrico, è presente sull'argine una chiavica prefabbricata in c.a. su cui è installata una valvola clapet che ha la funzione di impedire l'entrata di acqua attraverso la tubazione di emergenza in caso di innalzamento del livello dello scolo Fagiolo.



 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	75	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

## 4.2 LINEA FANGHI

### 4.2.1 DETERMINAZIONE QUANTITATIVI DI FANGHI DA TRATTARE

La linea fanghi del depuratore di Ravenna verrà adeguata alle condizioni di progetto mediante l'inserimento nel processo di tecnologie che consentiranno di ridurre il quantitativo di fanghi prodotti. Il quantitativo totale di fanghi prodotti in impianto nella configurazione di progetto, in termini di SST, è pari a 7.200 kgSST/d e risulta così ripartito:

- **5.500 kgSST/d** da fanghi di supero secondari, provenienti dalle n. 3 linee di trattamento secondario (n. 2 esistenti e n. 1 di progetto);
- **550 kgSST/d** da fanghi prodotti nel nuovo impianto di trattamento rifiuti ai sensi dell'art. 110 comma 3;
- **1.150 kgSST/d** da fanghi chimici prodotti dalla precipitazione chimica in simultanea del fosforo.

In termini volumetrici, il processo di depurazione produce 600 m<sup>3</sup>/d (circa 601 ton/d) di fango all'1,2% di secco da avviare alla linea di trattamento per una produzione annua complessiva di circa 150.000 ton.

### 4.2.2 PRE-ISPESSIMENTO STATICO

#### 4.2.2.1 Procedura di verifica del comparto esistente

La sezione di pre-ispessimento statico ha la funzione di estrarre per gravità una parte dell'acqua contenuta nei fanghi di supero, in maniera da ridurre il quantitativo volumetrico dei fanghi da trattare.

Si rende, pertanto, necessario verificare che i valori dei principali parametri operativi (carico di solidi  $C_s$ , carico idraulico superficiale  $C_{is}$ , tempo di residenza idraulica  $HRT$ ) risultino compresi all'interno dei range utilizzati nella pratica progettuale per applicazioni analoghe, suggeriti dai più importanti manuali tecnici nazionali e internazionali di settore (inter alia Metcalf & Eddy, 2014; Riva e Guadagni, 2011; Bonomo, 2008; Masotti, 1987).

Il carico di solidi viene calcolato come rapporto tra la portata massica di solidi sospesi  $M_{SST}$  e la superficie utile del pre-ispessitore  $S$  secondo l'equazione:

$$C_s = \frac{M_{SST}}{S}$$

*Equazione 22*


Nel caso di fanghi di supero secondari si possono considerare accettabili valori del carico di solidi compreso tra 20 e 40 kgSST/m<sup>2</sup>/d (valore medio 30 kgSST/m<sup>2</sup>/d).

Il carico idraulico superficiale, applicato alla superficie utile  $S$ , viene calcolato con riferimento alla portata volumetrica di fanghi in ingresso  $Q_f$  secondo l'equazione:

$$C_{is} = \frac{Q_f}{S}$$

*Equazione 23*

Si possono considerare accettabili valori compresi tra 4,0 e 8,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d (valore medio 6,0 m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup>/d).

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	76	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					


Il tempo di ritenzione idraulica è definito come rapporto tra il volume del letto di fango presente all'interno del pre-ispessitore e la portata volumetrica giornaliera di fango: solitamente per questo parametro si considerano accettabili valori compresi tra 1 giorno (sufficiente per ispessire il fango) e 2 giorni (in modo da evitare l'insorgenza di fenomeni di putrefazione).

#### 4.2.2.1.1 Risultati della verifica del comparto esistente

La sezione di pre-ispessimento statico è costituita da n. 2 pre-ispessitori circolari. Ciascuna vasca ha un diametro complessivo di 16,5 m, comprensivo di canalina pensile di sfioro del surnatante interna. Il diametro utile è pari a 16,0 m. Di seguito si riportano i risultati della verifica.

Parametro	u.m.	Valore
<i>Caratteristiche della sezione di pre-ispessimento statico</i>		
Numero di vasche	-	2
Diametro complessivo di ciascuna vasca	m	16,5
Diametro utile di ciascuna vasca	m	16,0
Altezza allo sfioro a bordo vasca	m	2,9
Altezza complessiva a bordo vasca	m	3,5
Profondità parte conica	m	1,2
Profondità utile massima a centro vasca	m	4,2
Superficie utile di ciascuna vasca	m <sup>2</sup>	201
Volume utile di ciascuna vasca	m <sup>3</sup>	583
<i>Condizioni operative</i>		
Portata massica di SST in ingresso	kgSST/d	7.200
Portata volumetrica fango in ingresso	m <sup>3</sup> /d	600
Concentrazione di SST nel fango in ingresso	kgSST/m <sup>3</sup>	12
<i>Vincoli operativi</i>		
Carico idraulico superficiale	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d	6,0
Carico di solidi	kgSST/m <sup>2</sup> /d	30,0
Tempo di residenza idraulica	d	1 ÷ 2
<i>Verifica del rispetto dei vincoli operativi</i>		
Carico idraulico superficiale	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d	1,5
Carico di solidi	kgSST/m <sup>2</sup> /d	17,9
Tempo di residenza idraulica	d	1,9
<i>Caratteristiche dei fanghi ispessiti</i>		
Tenore di secco atteso	-	2,0%
Concentrazione di SST nel fango ispessito	kgSST/m <sup>3</sup>	20,0
Portata massica di SST in uscita	kgSST/d	7.200
Portata volumetrica di fango ispessito in uscita	m <sup>3</sup> /d	359
Portata volumetrica di surnatante ricircolato in testa impianto	m <sup>3</sup> /d	241

Tabella 60: Risultati delle verifiche di processo della sezione di pre-ispessimento statico esistente

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	77	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Come si evince dall'analisi della Tabella 60, tutti i vincoli operativi imposti risultano rispettati alle condizioni operative di progetto della sezione.

#### 4.2.2.2 Opere elettromeccaniche

Le opere elettromeccaniche al servizio della sezione di pre-ispessimento statico sono le seguenti:

- n. 2 ponti a trazione centrale, di nuova fornitura, uno per vasca (SBR5001, SBR5002);

<b>PONTI A TRAZIONE CENTRALE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero ponti installati	-	2
Tag apparecchiatura/e	-	SBR5001/5002
Diametro interno vasca	m	16
Potenza unitaria installata	kW	0,26

*Tabella 61: Caratteristiche tecniche ponti a trazione centrale pre-ispessitori statici*

- n. 3 pompe a lobi esistenti, in configurazione 2 + 1R, per il sollevamento dei fanghi pre-ispessiti verso la nuova sezione di ispessimento dinamico. Nella configurazione dello stato di fatto, tali pompe alimentano il fango pre-ispessito ai digestori anaerobici. Le suddette pompe sono state verificate alle condizioni operative dello stato di progetto risultando idonee al nuovo servizio, ovvero il caricamento degli ispessitori dinamici. Per la verifica si è ipotizzato che la successiva sezione di ispessimento dinamico resti in funzione per 8 ore al giorno per 5 giorni alla settimana; la portata di riferimento è la portata volumetrica del fango ispessito in uscita dai pre-ispessitori riportata in Tabella 60:

$$Q_{PM5001A/B/C} = \frac{359 \text{ m}^3/d}{8 \text{ h/d}} \cdot \frac{7 \text{ d}}{5 \text{ d}} \bigg/ 2 \text{ pompe} \cong 31,4 \text{ m}^3/\text{h}$$

*Equazione 24*


Di seguito si riportano le principali caratteristiche tecniche delle pompe a lobi:

<b>POMPE DI ESTRAZIONE FANGO PRE-ISPESSITO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tag apparecchiatura/e	-	PM5001A/B/C
Tipologia	-	Lobi rotativi
Configurazione di funzionamento	-	2 + 1R
Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	31,4
Prevalenza totale	m	0,88
Potenza unitaria installata	kW	7,5

*Tabella 62: Caratteristiche tecniche pompe di estrazione fango pre-ispessito*

#### 4.2.3 ISPESSIMENTO DINAMICO

I fanghi in uscita dai pre-ispessitori statici vengono avviati, tramite le pompe a lobi PM5001A/B/C esistenti, alla nuova sezione di ispessimento dinamico da realizzare all'interno

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	78	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					


dell'attuale locale in cui sono presenti i cogeneratori dismessi. Tale sezione sarà costituita da n. 2 macchine operanti in parallelo, funzionanti per 8 ore al giorno.

L'ispessitore dinamico consiste in una coclea che ruota, a velocità variabile, all'interno di una gabbia filtrante in acciaio inox costituita da barre a sezione trapezoidale aventi una determinata spaziatura. I fanghi da ispessire, condizionati mediante aggiunta di idoneo polielettrolita, vengono inviati ad un reattore posto a monte della macchina e dotato di agitatore per l'omogeneizzazione e la produzione di fiocchi stabili. Il fango flocculato lascia il reattore superiormente e, tramite una tubazione di travaso, si immette per caduta nell'ispessitore. Durante la rotazione, la coclea solleva i fiocchi di fango mentre l'acqua libera lascia la gabbia attraverso le spaziature. Il fango perde ulteriore acqua libera, per effetto della gravità, durante la fase di sollevamento, per poi essere espulso dalla bocca superiore di scarico. L'acqua drenata viene raccolta sul fondo della camicia di contenimento della macchina e successivamente allontanata. Una spazzola posta sulle spire della coclea pulisce continuamente la superficie interna della gabbia. La superficie esterna viene, invece, pulita per mezzo di un sistema con barre di lavaggio dotate di ugelli spruzzatori, con azionamento impulso/pausa. La sezione di ispessimento dinamico sarà costituita da:

- n. 2 package di ispessimento dinamico, ciascuno costituito da:
  - n. 1 dispositivo di iniezione e miscelazione fango – polielettrolita, da installare nella tubazione di alimentazione alla macchina;
  - n. 1 reattore di flocculazione, TK5003A/B, per l'omogeneizzazione ottimale del fango con il polielettrolita e la formazione del fiocco mediante l'azione di un agitatore lento;
  - n. 1 ispessitore a coclea, TH5001A/B;
  - n. 1 tramoggia di carico del fango ispessito;
  - n. 1 pompa di rilancio del fango ispessito, PM5003A/B;
- n. 1 stazione di preparazione della soluzione di polielettrolita, costituita da:
  - n. 1 polipreparatore, TK5002, per la preparazione e la maturazione di soluzioni acquose da polielettroliti in emulsione, costituito da n. 2 camere;
  - n. 1 stoccaggio del polielettrolita in emulsione, TK5001;
  - n. 2 pompe per il dosaggio del polielettrolita in emulsione al polipreparatore, PM5002A/B.
- n. 3 pompe di dosaggio della soluzione di polielettrolita, PM5004A/B/C.

Di seguito si riporta la caratterizzazione dei fanghi ispessiti dinamicamente:

Parametro	u.m.	Valore
<i>Condizioni operative</i>		
Numero di ispessitori dinamici in marcia	-	2
Ore di funzionamento giorno	h/d	8
Giorni di funzionamento settimana	d/d	5/7
Portata massica di SST in ingresso singolo ispessitore	kgSST/h	630
Portata volumetrica fango in ingresso singolo ispessitore	m <sup>3</sup> /h	31,4
Concentrazione di SST nel fango in ingresso singolo ispessitore	kgSST/m <sup>3</sup>	20

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	79	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<i>Caratteristiche dei fanghi ispessiti dinamicamente</i>		
Tenore di secco atteso	-	5,0%
Concentrazione di SST nel fango ispessito	kgSST/m <sup>3</sup>	50,3
Portata massica di SST in uscita singolo ispessitore	kgSST/h	630
Portata volumetrica di fango ispessito in uscita singolo ispessitore	m <sup>3</sup> /h	12,5
Portata volumetrica di surnatante ricircolato in testa impianto da singolo ispessitore	m <sup>3</sup> /h	18,9

*Tabella 63: Caratterizzazione dei fanghi ispessiti dinamicamente*

#### 4.2.3.1 Opere elettromeccaniche

Si riportano di seguito le caratteristiche delle macchine presenti nella sezione:

<b>ISPESSITORI DINAMICI</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tag apparecchiatura/e	-	TH5001A/B
Numero ispessitori dinamici in marcia	-	2 / 2
Ore di funzionamento giorno	h/d	8
Giorni di funzionamento settimana	d/d	5/7
Diametro	m	0,7
Lunghezza	m	1,75
Superficie filtrante	m <sup>2</sup>	3,85
Potenza unitaria installata <sup>1</sup>	kW	1,79

*Tabella 64: Caratteristiche tecniche ispessitori dinamici*

Per il dimensionamento delle pompe di rilancio del fango ispessito dinamicamente, n. 1 per ciascun ispessitore, si è considerata la portata volumetrica del fango ispessito in uscita dal singolo ispessitore riportata in Tabella 63 (12,5 m<sup>3</sup>/h).


<b>POMPE DI RILANCIO FANGO ISPESSITO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero pompe installate per ispessitore	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	PM5003A/B
Tipologia	-	Monovite
Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	12,5
Prevalenza totale	m	2,2
Potenza unitaria installata	kW	11

*Tabella 65: Caratteristiche tecniche pompe di rilancio fango ispessito*

Per la stima del dosaggio di polielettrolita si è considerato:

- un consumo specifico di polielettrolita pari a 6 g/kgSST;

<sup>1</sup> Valore relativo alla motorizzazione della coclea e alla motorizzazione del sistema di lavaggio

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	80	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- un funzionamento della sezione per 8 ore al giorno per 250 giorni all'anno.

Si prevede un consumo di 22.000 kg/anno di polielettrolita in emulsione al 50% e un consumo di acqua ultrafiltrata pari a 5.400 m<sup>3</sup>/anno per la sua diluizione allo 0,4%.

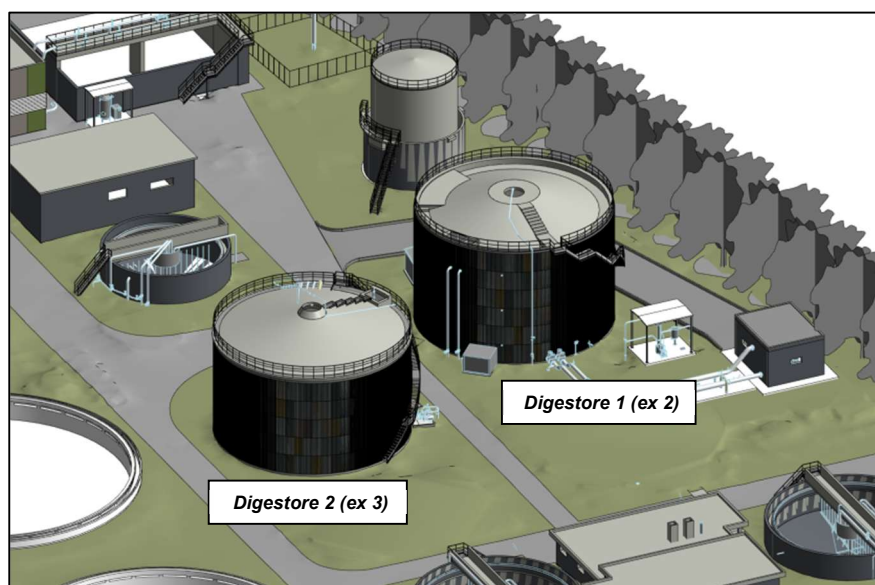
In definitiva, su ciascuna delle n. 2 linee in ingresso ai n. 2 ispessitori dinamici occorrerà dosare 1,4 m<sup>3</sup>/h di soluzione di polielettrolita allo 0,4%.

<b>POMPE DI DOSAGGIO POLIELETTROLITA IN SOLUZIONE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero pompe installate	-	3
Configurazione di dosaggio	-	2 + 1R
Tag apparecchiatura/e	-	PM5004A/B/C
Tipologia	-	Monovite
Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	1,4
Potenza unitaria installata	kW	0,75

*Tabella 66: Caratteristiche tecniche pompe di dosaggio polielettrolita in soluzione*

#### 4.2.4 DIGESTIONE ANAEROBICA


La sezione di digestione anaerobica del depuratore di Ravenna in configurazione di stato di fatto è costituita da n. 3 digestori mesofili di uguale volume di cui uno, il n. 1, è bonificato ed è fuori servizio. Le verifiche condotte su questa sezione hanno dimostrato che nella configurazione di progetto è sufficiente il volume di uno solo dei n. 3 digestori esistenti. Il digestore in esercizio nella configurazione di progetto sarà il 2 (che diventa 1 in stato di progetto), sul quale si prevedono importanti interventi di revamping. Il digestore 1 verrà demolito e il digestore 3 (che diventa 2 in stato di progetto) sarà mantenuto come riserva in caso di indisponibilità per manutenzione del digestore 1.



*Figura 15: configurazione di progetto della sezione di digestione anaerobica*

La struttura del digestore oggetto di revamping è in calcestruzzo, di forma cilindrica, diametro interno di 18,5 m e altezza del corpo centrale di 12,5 m. Nella parte superiore della struttura, al di



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	81	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

sopra del battente, si accumula il biogas prodotto durante il processo biologico di digestione anaerobica. Il livello del fango raggiunge la quota di 12,2 m rispetto al corpo centrale determinando un volume utile di digestione pari a 3.501 m<sup>3</sup>.

All'interno del digestore in esercizio, si prevede una temperatura di processo di 38°C.

#### 4.2.4.1 Procedura di verifica del comparto esistente

La verifica consiste nel dimostrare che i valori dei principali parametri operativi (tempo di residenza idraulica  $HRT$ , carico volumetrico applicato  $c_{SSV}$ ) risultino compresi all'interno dei range utilizzati nella pratica progettuale per applicazioni analoghe.

Il tempo di residenza idraulica viene calcolato come rapporto tra il volume utile del digestore  $V_u$  e la portata volumetrica di fango in ingresso  $q_{in}$  secondo l'equazione:

$$HRT = \frac{V_u}{q_{in}}$$

*Equazione 25*

Nel caso di digestori mesofili monostadio si possono considerare accettabili valori compresi tra 20 e 40 d.

Il carico volumetrico di SSV applicato viene calcolato come rapporto tra la portata massica di SSV in ingresso  $M_{SSV,in}$  e il volume utile del digestore  $V_u$  secondo l'equazione:

$$c_{SSV} = \frac{M_{SSV,in}}{V_u}$$


*Equazione 26*

Per fanghi primari e fanghi misti si possono considerare accettabili valori del carico volumetrico tra 1,2 e 2 kgSSV/m<sup>3</sup>/d.

##### 4.2.4.1.1 Risultati della verifica del comparto esistente

Di seguito si riportano i dati caratteristici e la verifica della idoneità della sezione di digestione anaerobica alle condizioni di progetto:

Parametro	u.m.	Valore
<i>Caratteristiche della sezione di digestione anaerobica</i>		
Numero di digestori nella configurazione di progetto	-	2
Numero di digestori in esercizio	-	1
Diametro interno	m	18,5
Altezza corpo centrale	m	12,5
Battente (riferito al corpo centrale)	m	12,2
Altezza corpo di sommità	m	2,3
Profondità corpo di fondo	m	2,3
Sezione corpo centrale	m <sup>2</sup>	268,8
Volume totale digestore	m <sup>3</sup>	3.861
Volume utile digestore	m <sup>3</sup>	3.501

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	82	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<i>Condizioni operative</i>		
Portata massica di SST in ingresso	kgSST/d	7.200
Portata volumetrica fango in ingresso	m <sup>3</sup> /d	144
Concentrazione di SST nel fango in ingresso	kgSST/m <sup>3</sup>	50
Tenore SSV fango in ingresso	kgSSV/kgSST	0,90
Portata massica SSV fango in ingresso	kgSSV/d	6.480
<i>Vincoli operativi</i>		
Tempo di residenza idraulico	D	20 ÷ 40
Carico volumetrico applicato	kgSSV/m <sup>3</sup> /d	1,2 ÷ 2
<i>Verifica del rispetto dei vincoli operativi</i>		
Tempo di residenza idraulico	D	24,3
Carico volumetrico applicato	kgSSV/m <sup>3</sup> /d	1,9
<i>Caratteristiche dei fanghi digeriti</i>		
Percentuale attesa di riduzione SSV	-	30%
Portata massica SSV rimossi	kgSSV/d	1.944
Portata massica SST fanghi digeriti	kgSST/d	5.256
Concentrazione SST fanghi digeriti	kgSST/m <sup>3</sup>	36,5
<i>Produzione di biogas</i>		
Produzione specifica di biogas	m <sup>3</sup> /kgSSV	0,7
Produzione giornaliera di biogas	m <sup>3</sup> /d	1.361

*Tabella 67: Risultati delle verifiche di processo della sezione di digestione anaerobica alle condizioni di progetto*

La sezione risulta verificata con n. 1 digestore in marcia, come si evince esaminando i dati riportati in Tabella 67.

#### 4.2.4.2 Opere elettromeccaniche


##### 4.2.4.2.1 Digestore anaerobico 1

###### Sistema di miscelazione

Il sistema di miscelazione di progetto è costituito da:

- n. 2 pompe centrifughe trituratrici orizzontali, installate in un locale dedicato, in configurazione 1 + 1R, per il ricircolo della portata di fango necessaria a creare condizioni omogenee di temperatura nella massa di fango, al fine di garantire la continuità dei processi anaerobici e di rompere la crosta sulla superficie del digestore.

<b>POMPE DI RICIRCOLO FANGO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero pompe installate	-	2
Tag apparecchiatura/e	-	PM5005A/B
Tipologia	-	Trituratrice, centrifuga

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	83	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	850
Potenza unitaria installata	kW	37

*Tabella 68: Caratteristiche tecniche pompe di ricircolo fango*

- n. 4 sistemi di miscelazione, così definiti:
  - n. 2 ugelli doppi (per un totale di n. 4) montati nella parte bassa della struttura, NZ5001/NZ5002;
  - n. 2 ugelli superiori montati sotto il battente di fango (a parete), NZ5003/NZ5004;
  - n. 1 foambuster (per l'abbattimento della schiuma eventualmente formatesi sulla superficie del fango), NZ5005, messo in funzione all'occorrenza mediante l'apertura di una valvola motorizzata.

Il fango viene prelevato attraverso una tubazione in AISI 316L di DN400 che arriva fino al fondo della parte conica interna del digestore; su questa tubazione, all'esterno del digestore, si innesta la condotta DN150 proveniente dalla sezione di ispessimento dinamico. La pompa tritratrice, PM5005A/B, azionata da inverter, aspira il fango e lo invia alla tubazione di mandata, anch'essa in AISI 316L di DN400, che corre parallela alla tubazione di aspirazione fino al rientro nel digestore. Questa tubazione, all'interno del digestore, si dirama in tronconi che conducono agli ugelli di miscelazione precedentemente descritti.

Il misuratore di portata FT5004 installato sul tratto di mandata consente di monitorare la portata di ricircolo del fango.

### **Scambiatore di calore**

Per mantenere alta l'efficienza del processo biologico di digestione anaerobica, è necessario preriscaldare il fango di ricircolo prima della sua reimmissione nel digestore. In condizioni di processo a regime, il fango ispessito proveniente dalla sezione di ispessimento dinamico subisce un preriscaldamento per miscelazione con la corrente di fango di ricircolo prelevata dal digestore (già alla temperatura di processo), successivamente l'intera portata attraversa uno scambiatore di calore a doppio tubo installato in due tratti tra aspirazione e mandata delle pompe PM5005A/B per essere portata alla temperatura di esercizio del digestore.


La potenza termica dello scambiatore è data dalla somma tra il calore richiesto per riscaldare la massa di fango e le perdite di calore per conduzione e convezione attraverso l'involucro del digestore. Si riportano di seguito i risultati dei calcoli eseguiti.

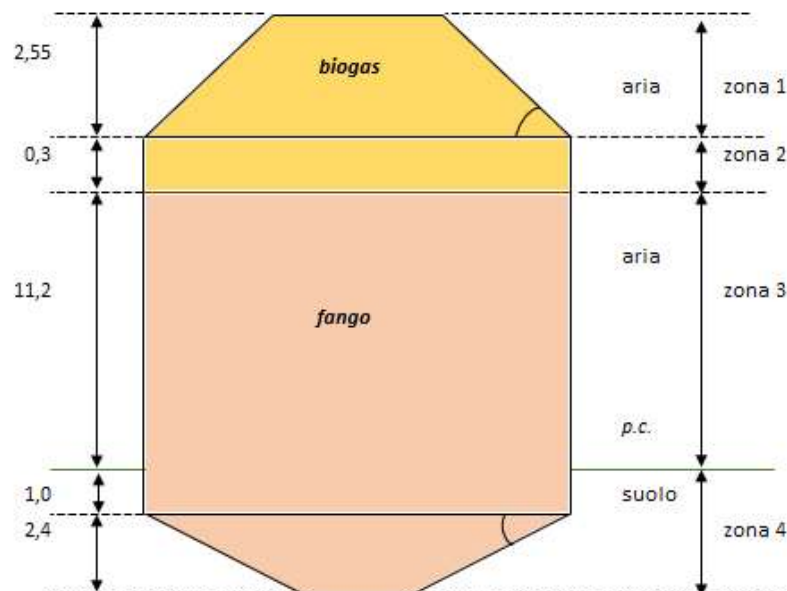
- **Calcolo delle perdite di calore per conduzione e convezione**

Si ipotizza di rivestire tutta la parte fuori terra del digestore con pannelli di lana di roccia di spessore 0,05 m. Per la stima delle perdite di calore attraverso l'involucro del digestore, sono state considerate le seguenti resistenze, relative alle zone schematizzate in Figura 16:

	<b>Zona 1</b>	<b>Zona 2</b>	<b>Zona 3</b>	<b>Zona 4</b>
<b>Resistenza 1</b>	Biogas	Biogas	Fango	Fango
<b>Resistenza 2</b>	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Calcestruzzo	Calcestruzzo
<b>Resistenza 3</b>	Lana di roccia	Lana di roccia	Lana di roccia	Suolo umido
<b>Resistenza 4</b>	Aria	Aria	Aria	-

*Tabella 69: resistenze termiche suddivise per zone del digestore*

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	84	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					




*Figura 16: definizione zone digestore per stime perdite di calore*

La zona 1 è relativa alla cupola del digestore, la zona 2 e la zona 3 sono relative al mantello del digestore fuori terra e la zona 4 è relativa alla parte interrata del digestore.

Di seguito si riportano le valutazioni e i calcoli condotti per la stima della dispersione termica totale attraverso l'involucro del digestore.

Parametro	u.m.	Valore
Temperatura interna digestore	°C	38
Temperatura aria esterna	°C	5
Temperatura terreno umido	°C	2
Spessore calcestruzzo zona 1	m	0,3
Spessore calcestruzzo zona 2	m	0,4
Spessore calcestruzzo zona 3	m	0,4
Spessore calcestruzzo zona 4	m	0,5
Spessore pannello lana di roccia	m	0,05
Coefficiente di scambio termico convettivo aria	J/m <sup>2</sup> /s/°C	23,6
Coefficiente di scambio termico convettivo biogas	J/m <sup>2</sup> /s/°C	29
Coefficiente di scambio termico convettivo fango	J/m <sup>2</sup> /s/°C	347
Coefficiente di scambio termico convettivo terreno umido	J/m <sup>2</sup> /s/°C	5,8
Conducibilità termica calcestruzzo	J/m/s/°C	1,5
Conducibilità termica pannello lana di roccia	J/m/s/°C	0,039
Coefficiente di scambio termico globale zona 1	J/m <sup>2</sup> /s/°C	0,63
Coefficiente di scambio termico globale zona 2	J/m <sup>2</sup> /s/°C	0,61
Coefficiente di scambio termico globale zona 3	J/m <sup>2</sup> /s/°C	0,62

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	85	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Coefficiente di scambio termico globale zona 4	J/m <sup>2</sup> /s/°C	1,97
Superficie di scambio termico zona 1	m <sup>2</sup>	262,7
Superficie di scambio termico zona 2	m <sup>2</sup>	17,4
Superficie di scambio termico zona 3	m <sup>2</sup>	650,9
Superficie di scambio termico zona 4	m <sup>2</sup>	337,4
Dispersione termica zona 1	kW	5,5
Dispersione termica zona 2	kW	0,3
Dispersione termica zona 3	kW	13,3
Dispersione termica zona 4	kW	23,9
<b>Dispersione termica totale</b>	<b>kW</b>	<b>43,0</b>

*Tabella 70: calcolo perdite di calore per conduzione e convezione*


Nella condizione più gravosa, ossia con una temperatura esterna di 5°C e una temperatura del terreno di 2°C, si stima una dispersione termica totale di 43,0 kW.

- Dimensionamento dello scambiatore di calore a doppio tubo

Si è scelto di dimensionare uno scambiatore a doppio tubo principalmente per la sua semplicità di realizzazione nonché di pulizia e manutenzione. Il fluido sporcante, il fango, passa nel tubo interno mentre l'acqua calda passa nell'annulus dello scambiatore.

La portata di dimensionamento considerata è pari a 850 m<sup>3</sup>/h. In condizioni di regime, la portata totale sarà costituita da 825 m<sup>3</sup>/h a 38°C prelevati dal digestore e 25 m<sup>3</sup>/h a 10°C provenienti dalla sezione di ispessimento dinamico. La temperatura di ingresso del fango nello scambiatore, derivante da questo mixing, è pari a 37,2°C. Di seguito i calcoli di dimensionamento:

Parametro	u.m.	Valore	Valore
Lato scambiatore	-	Inner pipe	Annulus
Tipologia fluido	-	Fango ispessito (SST 5%)	Acqua da centrale termica
Temperatura di ingresso	°C	37,2	70
Temperatura di uscita	°C	38,04	60
Temperatura media	°C	37,6	65
Portata volumetrica	m <sup>3</sup> /h	850	74
Densità	kg/m <sup>3</sup>	1.005	1.000
Calore specifico	kJ/kg/°C	4,186	4,186
Portata massica	kg/h	854.371	74.055
Calore per riscaldamento fango	kW	861	
Fabbisogno termico totale	kW	904	
Differenza di temperatura media logaritmica	°C	27	
Materiale tubazione	-	AISI 316L	AISI 316L
Classe tubazione	-	61L	61L
Diametro nominale	-	400	500

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	86	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Diametro esterno	mm	406,4	508,0
Spessore	mm	4,0	5,0
Diametro interno	mm	398,4	498,0
Diametro equivalente	mm	398,4	203,8
Area	m <sup>2</sup>	0,125	0,065
Flusso massico	kg/m <sup>2</sup> /s	1.903,8	316
Viscosità	Pa s	0,00079	0,00044
Viscosità acqua alla temperatura media	Pa s	0,00070	0,00044
Numero di Reynolds	-	959.910	146.807
Conducibilità termica fase liquida alla temperatura media	J/m/s/K	0,36	0,65
Coefficiente di scambio termico convettivo h <sub>i</sub>	J/m <sup>2</sup> /s/K	3.170,5	-
Coefficiente di scambio termico convettivo h <sub>io</sub>	J/m <sup>2</sup> /s/K	3.108,1	-
Coefficiente di scambio termico convettivo h <sub>o</sub>	J/m <sup>2</sup> /s/K	-	1.605,9
Coefficiente di scambio termico globale clean U <sub>c</sub>	J/m <sup>2</sup> /s/K	1.058,3	
Fattore di sporcamento interno R <sub>di</sub>	(m <sup>2</sup> s K)/J	0,0002	-
Fattore di sporcamento interno R <sub>do</sub>	(m <sup>2</sup> s K)/J	-	0,00026
Coefficiente di scambio termico globale dirty U <sub>d</sub>	J/m <sup>2</sup> /s/K	721,8	
Superficie di scambio richiesta	m <sup>2</sup>	27,9	
Lunghezza scambiatore	m	21,8	

Tabella 71: dimensionamento scambiatore a doppio tubo

Le dispersioni termiche attraverso l'involucro del digestore determinano un abbassamento della temperatura di 0,04°C pertanto come temperatura di uscita dallo scambiatore è stato considerato il valore 38,04°C (volendo mantenere 38°C all'interno del digestore).

La potenza termica dello scambiatore in questo scenario risulta pari a 904 kW. La portata di acqua di riscaldamento necessaria per portare il fango di ricircolo da 37,2°C a 38,04°C è pari a 74 m<sup>3</sup>/h. Si riporta di seguito il diagramma T-Q dello scambiatore:

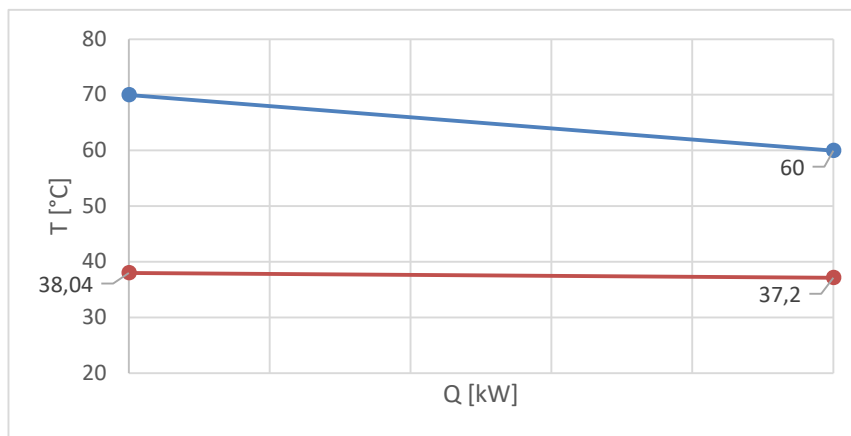



Figura 17: diagramma Temperatura – calore per lo scambiatore a doppio tubo

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	87	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Dai calcoli eseguiti risulta necessaria una lunghezza complessiva di 22 m. Come già anticipato, lo scambiatore verrà separato in n. 2 tratti, uno sull'aspirazione e uno sulla mandata delle pompe di ricircolo al fine di ottimizzare gli spazi disponibili.

### **Produzione teorica di biogas**

La produzione specifica di biogas per i fanghi secondari in arrivo al digestore è compresa nel range 0,65 – 0,75 m<sup>3</sup>/kgSSV rimossi.

Considerando una produzione specifica media di 0,70 m<sup>3</sup>/kgSSV rimossi e una portata massica di SSV rimossi pari a 1.944 kgSSV/d, si ottiene una produzione media giornaliera di biogas pari a 1.361 m<sup>3</sup>/d.

#### **4.2.4.2.2 Digestore anaerobico 2**

Il digestore anaerobico 2, da mettere in servizio nel caso in cui il digestore 1 sia fuori servizio, presenta le seguenti opere elettromeccaniche:

- n. 1 scambiatore di calore hairpin, HE5001;
- n. 2 pompe di ricircolo del fango, PM5006A/B;
- n. 1 compressore, CK5001, per il ricircolo del biogas impiegato per la miscelazione del fango.

#### **4.2.5 POST-ISPESSIMENTO STATICO**


La sezione di post-ispezzimento statico, costituita da n. 1 vasca circolare di diametro interno 12 m e diametro complessivo 12,6 m, ha la funzione di estrarre un'ulteriore aliquota di acqua interparticellare dai fanghi digeriti anaerobicamente al fine di ridurre ulteriormente il quantitativo volumetrico dei fanghi da trattare.

##### **4.2.5.1.1 Risultati della verifica del comparto esistente**

La seguente tabella riporta i risultati della verifica di adeguatezza del post-ispezzitore esistente alle condizioni di progetto.

Parametro	u.m.	Valore
<i>Caratteristiche della sezione di post-ispezzimento statico</i>		
Numero di vasche	-	1
Diametro complessivo vasca	m	12,6
Diametro utile vasca	m	12,0
Altezza allo sfioro a bordo vasca	m	3,5
Altezza complessiva a bordo vasca	m	4,2
Profondità parte conica	m	0,9
Profondità utile massima a centro vasca	m	5,1
Superficie utile di ciascuna vasca	m <sup>2</sup>	113
Volume utile di ciascuna vasca	m <sup>3</sup>	396
<i>Condizioni operative</i>		
Portata massica di SST in ingresso	kgSST/d	5.256



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	88	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Portata volumetrica fango in ingresso	m <sup>3</sup> /d	144
Concentrazione di SST nel fango in ingresso	kgSST/m <sup>3</sup>	36,3
<i>Parametri operativi</i>		
Carico idraulico superficiale	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> /d	1,3
Carico di solidi	kgSST/m <sup>2</sup> /d	46,5
Tempo di residenza idraulica	d	2,7
<i>Caratteristiche dei fanghi ispessiti</i>		
Tenore di secco atteso	-	5,0%
Concentrazione di SST nel fango ispessito	kgSST/m <sup>3</sup>	50,3
Portata massica di SST in uscita	kgSST/d	5.256
Portata volumetrica di fango ispessito in uscita	m <sup>3</sup> /d	104,5
Portata volumetrica di surnatante ricircolato in testa impianto	m <sup>3</sup> /d	39,5

*Tabella 72: Risultati delle verifiche di processo della sezione di post-ispessimento statico esistente*

La sezione di post-ispessimento esistente è idonea al trattamento dei fanghi digeriti alle condizioni di progetto.

#### 4.2.5.2 Opere elettromeccaniche

Al servizio della sezione di post-ispessimento statico è presente un ponte raschiafango a trazione centrale, SBR5003.

<b>PONTE A TRAZIONE CENTRALE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero ponti installati	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	SBR5003
Diametro interno vasca	m	12
Potenza unitaria installata	kW	0,26


*Tabella 73: Caratteristiche tecniche ponte a trazione centrale post-ispessitore statico*

#### 4.2.6 DISIDRATAZIONE CON CENTRIFUGHE

I fanghi in arrivo dal post-ispessitore vengono preliminarmente intercettati dal tritatore SHR5002A/B (n. 1 in marcia, l'altro di riserva) che ha il compito di tritarli per evitare l'intasamento delle pompe monovite di alimentazione delle centrifughe, PM5007A/B/C (n. 1 per macchina più n. 1 scorta).

Al fine di migliorare la separazione solido-liquido, sul fango in ingresso alle centrifughe viene dosato, mediante le pompe PM5011A/B/C (n. 1 per linea più n. 1 di riserva), un polielettrolita cationico per rendere più agevole la cattura delle particelle solide. La soluzione di polielettrolita viene preparata all'interno del polipreparatore TK5005.

Il fango disidratato in uscita da ciascuna centrifuga viene raccolto in una tramoggia sotto la quale è installata una pompa monovite di nuova fornitura, PM5008A/B, che può inviare il fango disidratato o verso lo stoccaggio fanghi o verso la successiva sezione di bioessiccamento. Queste pompe lavorano come pompe monovite in caso di invio del fango alla zona di stoccaggio mentre in caso di invio alla sezione di bioessiccamento lavorano coadiuvate da iniezioni di aria compressa.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	89	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Sul tratto di mandata di ciascuna pompa, in direzione della sezione di bioessiccamento, è presente uno spool su cui si trovano i punti di iniezione dell'aria compressa necessaria per il trasporto dei fanghi e ulteriori punti di dosaggio della soluzione di polielettrolita che servono a ridurre le perdite di carico nel tratto di mandata.

La sezione consente di concentrare i fanghi fino ad una concentrazione di SST del 25%.

Di seguito si riporta la caratterizzazione dei fanghi disidratati; si è considerato un funzionamento di entrambe le macchine in parallelo per 8 ore al giorno per 5 giorni alla settimana:


Parametro	u.m.	Valore
<i>Condizioni di progetto centrifughe</i>		
Portata massica SST trattabile da singola centrifuga	kgSST/h	1.000
	kgSST/d	5.714
Portata volumetrica fanghi trattabile da singola centrifuga	m <sup>3</sup> /h	50
	m <sup>3</sup> /d	285,7
<i>Condizioni operative</i>		
Numero di centrifughe in marcia	-	2
Ore di funzionamento giorno	h/d	8
Giorni di funzionamento settimana	d/d	5/7
Portata massica di SST in ingresso singola centrifuga	kgSST/h	460
Portata volumetrica fango in ingresso singola centrifuga	m <sup>3</sup> /h	9,1
Concentrazione di SST nel fango in ingresso singolo centrifuga	kgSST/m <sup>3</sup>	50,3
<i>Caratteristiche dei fanghi disidratati</i>		
Tenore di secco atteso	-	25,0%
Concentrazione di SST nel fango disidratato	kgSST/m <sup>3</sup>	258
Portata massica di SST in uscita singola centrifuga	kgSST/h	460
Portata volumetrica di fango disidratato in uscita singola centrifuga	m <sup>3</sup> /h	1,8
Portata volumetrica di surnatante ricircolato in testa impianto da singola centrifuga	m <sup>3</sup> /h	7,4
Portata volumetrica di fango disidratato totale (intera sezione)	m <sup>3</sup> /d	20,4
Portata volumetrica di surnatante ricircolato in testa impianto da singola centrifuga (intera sezione)	m <sup>3</sup> /d	84,1
Fango disidratato annualmente	ton/y	5.256

*Tabella 74: Caratterizzazione dei fanghi disidratati*

#### 4.2.6.1 Opere elettromeccaniche

Le opere elettromeccaniche al servizio della sezione di disidratazione sono di seguito riportate:

- n. 2 triturator SHR5002A/B, uno in marcia, l'altro di scorta;
- n. 3 pompe monovite PM5007A/B/C, n. 2 in marcia più n. 1 di riserva, per l'alimentazione delle centrifughe;

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	90	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- n. 2 centrifughe orizzontali CEN5001A/B delle caratteristiche riportate nella seguente tabella:

<b>CENTRIFUGHE ORIZZONTALI</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tag apparecchiatura/e	-	CEN5001A/B
Numero centrifughe in marcia	-	2 / 2
Ore di funzionamento giorno	h/d	8
Giorni di funzionamento settimana	d/d	5/7
Dimensioni esterne	m	4,4x1,1x1,0
Portata massica SST trattabile singola centrifuga	kgSST/h	1.000
Portata volumetrica trattabile singola centrifuga	m <sup>3</sup> /h	50
Potenza unitaria installata <sup>2</sup>	kW	55 – 30


*Tabella 75: Caratteristiche tecniche centrifughe*

- n. 1 stazione di preparazione della soluzione di polielettrolita da dosare nel fango prima dell'ingresso in centrifuga, costituita da:
  - n. 1 serbatoio di stoccaggio del polielettrolita in emulsione, TK5004;
  - n. 2 pompe monovite, PM5009A/B, n. 1 in marcia più n. 1 di scorta, per il dosaggio dell'emulsione all'interno del polipreparatore;
  - n. 1 vasca di polipreparazione, TK5005, a tre scomparti, per la dissoluzione, la maturazione e lo stoccaggio della soluzione di polielettrolita;
  - n. 2 agitatori meccanici, MX5005/MX5006;
- n. 3 pompe monovite, PM5011A/B/C, per il dosaggio della soluzione di polielettrolita nel fango da disidratare;
- n. 2 pompe monovite, PM5008A/B, con spool per iniezione di aria compressa e dosaggio polielettrolita, una per ciascuna centrifuga, per l'invio dei fanghi disidratati verso i cassoni in attesa dello smaltimento o verso il modulo di bioessiccamento. Di seguito le caratteristiche tecniche di queste pompe:

<b>POMPE DI RILANCIO FANGO DISIDRATATO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero pompe installate per centrifuga	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	PM5008A/B
Tipologia	-	Monovite
Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	3,6
Prevalenza totale	m	-
Potenza unitaria installata	kW	11

*Tabella 76: Caratteristiche tecniche pompe di rilancio fango disidratato*

<sup>2</sup> Valore relativo alla doppia motorizzazione della macchina (tamburo e coclea)

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	91	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- n. 2 pompe di dosaggio del polielettrolita sullo spool installato sulle mandate delle pompe PM5008A/B:

<b>POMPE DI DOSAGGIO SOLUZIONE POLIELETTROLITA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero pompe installate per linea	-	1
Tipologia	-	Monovite
Portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	0,02 – 0,15
Prevalenza totale	m	-
Potenza unitaria installata	kW	0,55

Tabella 77: Caratteristiche tecniche pompe di dosaggio polielettrolita su mandata pompe verso il bioessiccamento

- n. 1 compressore a vite CK5001, per l'invio di aria compressa allo spool in mandata alle pompe PM5008A/B:

<b>COMPRESSORE PER INVIO FANGHI A BIOESSICCAMENTO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero compressori	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	CK5001
Tipologia	-	Vite
Portata unitaria @ 10 bar	m <sup>3</sup> /h	213,3
Prevalenza totale	m	-
Potenza unitaria installata	kW	22


Tabella 78: Caratteristiche tecniche compressore unità di disidratazione

- n. 1 air receiver TK5001 per l'accumulo dell'aria compressa:

<b>AIR RECEIVER</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero serbatoi	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	TK5001
Volume	m <sup>3</sup>	2
Pressione massima	Bar	16
Dimensioni	m	1,1 (D) x 2,375 (H)

Tabella 79: Caratteristiche tecniche air receiver

Considerando un consumo specifico di polielettrolita pari a 12 g/kgSST e un funzionamento della sezione per 8 ore al giorno per 250 giorni all'anno, si stima un consumo di 24.000 kg/anno di polielettrolita in emulsione al 50% e un consumo di acqua ultrafiltrata pari a 12.000 m<sup>3</sup>/anno per la sua diluizione allo 0,4%.

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	92	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

#### 4.2.7 BIOESSICCAMENTO

Nella configurazione di progetto è prevista l'installazione di n. 1 unità di bioessiccamento che consentirà di realizzare l'essiccamento di una frazione dei fanghi disidratati in uscita dalle centrifughe, riducendo ulteriormente la quantità di fanghi da mandare a smaltimento.

Questa tecnologia sfrutta, a regime, l'azione del flusso di calore generato dalle reazioni biologiche esotermiche operate dai batteri presenti nel fango disidratato, consentendo di ottenere un elevato grado di essiccamento (fino all'80% di sostanza secca).

Il modulo di bioessiccamento lavora in batch: ogni ciclo ha una capacità di trattamento di 7 ton e una durata di 48 h.

Di seguito si riportano le caratteristiche tecniche del modulo di bioessiccamento.

<b>BIOESSICCATORE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Tag apparecchiatura	-	DRY5002
Capacità batch	ton/batch	7
Durata batch	h	48 ÷ 56
Tenore minimo SST in ingresso	-	20%
Portata massica trattabile	ton/y	1.000
Temperatura di esercizio	°C	70 ÷ 80
Dimensioni (Lung x Larg x Alt)	m	12 x 3 x 2,5
Potenza unitaria installata	kW	40


*Tabella 80: Caratteristiche tecniche modulo di bioessiccamento*

La tabella seguente riporta la caratterizzazione dei fanghi bioessiccati:

<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
<i>Condizioni operative</i>		
Numero di bioessiccatori installati / in marcia	-	1 / 1
Tenore di secco fanghi in ingresso	-	25,0%
Concentrazione di SST nel fango in ingresso	kgSST/m <sup>3</sup>	259
Portata volumetrica fango in ingresso	m <sup>3</sup> /y	969
<i>Caratteristiche dei fanghi bioessiccati</i>		
Tenore di secco atteso	-	80,0%
Concentrazione di SST nel fango bioessiccato	kgSST/m <sup>3</sup>	889
Portata massica di SST in uscita	tonSST/y	250
Portata volumetrica di fango bioessiccato in uscita	m <sup>3</sup> /y	281,3
Portata massica fanghi bioessiccati in uscita	ton/y	312,5

*Tabella 81: Caratterizzazione dei fanghi bioessiccati*

In definitiva, la linea fanghi del depuratore di Ravenna nella configurazione di progetto produrrà su base annua:

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	93	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

- 4.256 ton di fango al 20% di secco da avviare a discarica;
- 313 ton di fango all'80% da avviare a incenerimento.

#### 4.2.7.1 Unità al servizio del bioessiccamento

##### 4.2.7.1.1 Scrubber e Biofiltrazione

La sezione di biofiltrazione consente di eseguire il trattamento della corrente di aria calda esausta in uscita dal bioessiccatore prima dell'emissione in atmosfera.

La corrente da depurare uscente dal biodryer viene condotta nello scrubber dove i gas vengono raffreddati, liberati dallo sporco grossolano e bagnati fino ad ottenere quel tasso di umidità costante che soddisfa le condizioni necessarie per lo sviluppo della flora batterica.

Lo scrubber prevede l'abbattimento degli inquinanti mediante lavaggio chimico in controcorrente dell'aria in ingresso. La rimozione dei contaminanti dal flusso d'aria avviene con il passaggio forzato della stessa attraverso uno stadio contenente speciali materiali di riempimento, caratterizzati da un'elevata superficie di contatto tra aria e soluzione di lavaggio.

Il lavaggio eseguito all'interno dello scrubber è di tipo acido, per la rimozione dell'ammoniaca. Lo stadio è composto da:

- un letto di contatto irrorato dall'alto, formato da speciali corpi di riempimento in materiale plastico;
- un separatore di gocce (demister) per impedire il passaggio del liquido di lavaggio;
- una vasca per il contenimento della soluzione di lavaggio, completa di pompa di ricircolo con relativo gruppo di distribuzione;
- un sistema automatico di reintegro dell'acqua consumata per evaporazione e per il ricambio delle soluzioni chimiche esauste.


Lo scrubber è dotato di un dispositivo per lo scarico automatico temporizzato del reagente esausto.

Dopo l'uscita dallo scrubber, la corrente gassosa arriva, tramite un ventilatore, al biofiltro. La biofiltrazione è un processo biologico di abbattimento degli odori contenuti in correnti gassose che sfrutta l'azione di una popolazione microbica eterogenea, composta da batteri, muffe e lieviti, quale agente di rimozione naturale. Il substrato, ossia il letto del biofiltro, è composto da cippato di legno, compost vegetale, cortecce ed altri materiali.

L'aria viene distribuita su tutta la superficie del biofiltro e ripartita uniformemente su tutto il letto filtrante attraversando lentamente il riempimento biologicamente attivo. Durante il passaggio nella massa filtrante di materiale vegetale, le sostanze biologiche maleodoranti vengono distrutte e danno origine a composti non tossici, come acqua e anidride carbonica.

I microrganismi prelevano dall'acqua che li circonda le sostanze organiche trasferite dall'aria da trattare alla pellicola acquosa e li introducono nella loro cellula. Dall'acqua essi prelevano anche l'ossigeno necessario alla degradazione della sostanza organica, che essi utilizzano come fonte di carbonio necessario al loro metabolismo. All'interno della cellula ha luogo la decomposizione delle sostanze organiche, durante la quale, se la reazione è completa, viene consumato ossigeno e si producono come unici cataboliti anidride carbonica e acqua.

La seguente tabella riporta le caratteristiche del flusso di aria da sottoporre a trattamento:

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	94	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<b>CARATTERISTICHE DEL FLUSSO D'ARIA IN INGRESSO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Portata di progetto	m <sup>3</sup> /h	3.500
Temperatura	°C	35 (con punte fino a 50)
Umidità relativa	-	> 90%
Polveri	mg/Nm <sup>3</sup>	30
Idrogeno solforato (H <sub>2</sub> S)	mg/Nm <sup>3</sup>	10 ÷ 30
Ammoniaca (NH <sub>3</sub> )	mg/Nm <sup>3</sup>	1.000
Composti organici volatili (COV)	mg/Nm <sup>3</sup>	300

*Tabella 82: Caratteristiche del flusso d'aria in ingresso alla sezione di biofiltrazione*

Di seguito le caratteristiche tecniche dello scrubber e del biofiltro:

<b>BIOFILTRAZIONE</b>		
Tag package	-	BF5001
Potenza totale installata	kW	5
<b>SCRUBBER</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Diametro	m	1,5
Altezza	m	5,0
Riempimento	-	Materiale plastico
<b>BIOFILTRO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Dimensioni	m	8,6 x 9,7 x 2 (H)
Carico specifico	(m <sup>3</sup> /h)/m <sup>3</sup>	94
Materiale filtrante	m <sup>3</sup>	89
Altezza materiale filtrante	m	1,5
Tempo di contatto	s	38

*Tabella 83: Caratteristiche tecniche della sezione di biofiltrazione*


#### 4.2.7.1.2 Generazione aria compressa

Il sistema è dimensionato per fornire l'aria necessaria alla strumentazione del modulo di bioessiccamento (5,5 m<sup>3</sup>/h a 8 bar). L'unità è composta dai seguenti items:

- n. 1 compressore a pistoni, CK5002;
- n. 1 essiccatore ad adsorbimento, DRY5001, dotato di pre-filtro, post-filtro e scaricatore di condensa.

Di seguito si riportano le caratteristiche delle apparecchiature sopra elencate:



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	95	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

COMPRESSORE ARIA		
Parametro	u.m.	Valore
Numero macchine	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	CK5002
Tipologia	-	A pistoni
Portata aria di progetto singola macchina	m <sup>3</sup> /h	~10
Pressione di aspirazione	bar	Atm
Pressione di mandata	bar	8,2
Potenza unitaria installata	kW	1,7

Tabella 84: Caratteristiche tecniche del compressore dell'aria strumenti al servizio del bioessiccamento

ESSICCATORE ARIA COMPRESSA		
Parametro	u.m.	Valore
Numero macchine	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	DRY5001
Dimensioni	m	0,627 x 0,167 x 0,535
Sostanza essiccante	-	Allumina attivata
Portata in ingresso con dew point -40°C	m <sup>3</sup> /h	~10
Perdita di carico	bar	<0,2
Pressione in uscita	bar	8
Potenza unitaria installata	kW	0,05
Consumo aria di rigenerazione	-	20% max

Tabella 85: Caratteristiche tecniche dell'essiccatore dell'aria strumenti al servizio del bioessiccamento

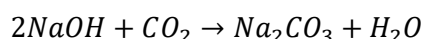
#### 4.2.8 TRATTAMENTO DEL BIOGAS

Il biogas prodotto in digestione anaerobica viene pretrattato e inviato alle caldaie BO6001 e BO6002 (con doppia alimentazione) per riscaldare l'acqua da inviare allo scambiatore di calore al servizio del sistema di ricircolo del digestore anaerobico 1.

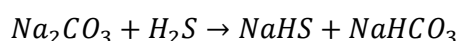
Il trattamento consiste nel far passare il biogas all'interno di un sistema di lavaggio al fine di rimuovere l'idrogeno solforato in esso presente e limitare possibili problemi di corrosione nei circuiti a valle. L'unità di trattamento si basa sulla fissazione dell'idrogeno solforato e sulla sua trasformazione in NaHS, realizzabile in presenza di CO<sub>2</sub> con l'impiego di una soluzione alcalina.


L'idrogeno solforato può essere trasformato in solfuro mediante un lavaggio che impieghi una soluzione acquosa di NaOH.

In una prima reazione si ha la produzione di carbonato di sodio grazie alla presenza dell'anidride carbonica nel biogas:



Nella successiva reazione si completa il processo:



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	96	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Il sistema è costituito da due lavatori in serie, il primo a getto liquido ed il secondo a letto di contatto statico. Entrambe le torri sono poste su un serbatoio di base contenente il fluido di lavaggio. Per abbattere l'idrogeno solforato viene impiegata una soluzione di NaOH al 20%.

Nella prima torre, quella a getto di liquido, il fluido di lavaggio, ricircolato da una elettropompa dedicata, viene immesso ad alta velocità nella gola del venturi del lavatore dove si realizza il contatto tra le fasi. Il liquido trasferisce al gas parte della propria energia cinetica che nel cono diffusore si trasforma in energia di pressione.

Il fluido di lavaggio è trattenuto nel serbatoio di base mentre il gas risale la seconda torre, quella a letto di contatto statico. Il letto di contatto viene irrorato dal fluido di lavaggio ricircolato in sommità al fine di realizzare un elevato rapporto istantaneo massa liquido – massa gas.

La bassa velocità di attraversamento del gas permette elevati tempi di contatto e ridotte perdite di carico. Il funzionamento del desolforatore è in continuo con costante rinnovo e sfioro del liquido di lavaggio. A tale scopo si prevede una pompa dosatrice a portata regolabile, con prelievo della soluzione da un serbatoio d'accumulo e passaggio in linea sulla mandata dell'elettropompa di ricircolo. Di seguito le caratteristiche dell'unità:

<b>DEPURATORE BIOGAS</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero apparecchiature	-	1
Tag apparecchiatura	-	ABS5001
Capacità di depurazione	Nm <sup>3</sup> /h	60
Consumo di acqua	l/h	120
Dimensioni	m	1,2 x 2,0 x 3,75
Potenza unitaria installata	kW	1


*Tabella 86: Caratteristiche tecniche dell'unità di trattamento del biogas*

#### **4.3 TRATTAMENTO RIFIUTI AI SENSI DELL'ART.110 COMMA 3 DEL D.LGS. 152/06**

La configurazione di progetto del nuovo impianto di trattamento di rifiuti compatibili con il processo di depurazione prevede una linea dedicata al trattamento della frazione più pesante ed una linea dedicata al trattamento della frazione più leggera dei rifiuti conferiti (codici E.E.R. 20 03 04 e 20 03 06). I rifiuti citati verranno conferiti in impianto tramite autobotti separate e debitamente autorizzate.

##### **4.3.1 TRATTAMENTO FRAZIONE PESANTE RIFIUTI**

Le autobotti in arrivo in impianto scaricano i rifiuti più pesanti all'interno della vasca di accumulo. All'interno della vasca è presente un canale dotato di n. 1 griglia grossolana, SN7001, che serve per drenare la vasca in caso di accumulo di liquido al suo interno oltre un certo limite; il materiale raccolto durante la fase di pulizia viene convogliato in un apposito cassone mediante n. 1 convogliatore a coclea, SW7001. Un sistema di prelievo e movimentazione dei solidi con benna (GR7001) preleva il materiale accumulato in vasca e lo avvia alla prima apparecchiatura della filiera di trattamento, la tramoggia di ricezione HOP7001. La coclea di cui è provvista la tramoggia, SW7002, disposta sul fondo, convoglia i solidi verso il vaglio a tamburo rotante SN7002 dove avviene la separazione delle sabbie e delle sostanze organiche dai solidi grossolani (materiale di sopravaglio). Il tamburo è costituito da una lamiera forata che consente il passaggio di sabbie e ghiaia, aventi granulometria inferiore alla luce di passaggio, e trattiene tutto il resto (sopravaglio).

	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	97	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

Il materiale di sopravaglio separato viene convogliato verso la bocca di scarico per l'invio al sistema di lavaggio SW7003: qui viene lavato in maniera intensiva con acqua e aria in modo da separare la frazione leggera residua in esso contenuta dai solidi grossolani; il sistema include una soffiante per la fornitura di aria (CK7001).


Una volta lavato, il materiale di sopravaglio viene scaricato in una coclea di asporto che lo convoglia in un apposito cassone. Le sostanze organiche e le sabbie che hanno attraversato il vaglio a tamburo rotante, insieme all'acqua, si raccolgono in una tramoggia e da qui proseguono per caduta in un pozzetto entro cui sono installate n. 3 pompe (PM7001A/B/C), in configurazione 2+1R: le pompe PM7001A/B inviano la miscela acqua-sabbie ai classificatori SPR7001A/B, mentre la PM7001C funziona da scorta comune per entrambe.

Il liquame contenente le sabbie è introdotto in ciascun classificatore attraverso una camera spiroidale e subito in successione attraverso un calice COANDA. Si genera in tal modo una corrente radiale che consente al liquame di sfruttare una precisa fluidodinamica e di ottenere la separazione dei corpi pesanti nel minor spazio e tempo possibile. Le sabbie si depositano sul fondo del contenitore costituito da una piastra forata da cui è immessa l'acqua di lavaggio in direzione ascensionale che, con l'ausilio di un mescolatore, investe completamente il letto delle sabbie e lo lava, trasportando le sostanze organiche (di densità minore rispetto alle sabbie) verso l'alto. Mentre una parte del materiale organico stramazza entro una canalina/skimmer posta nell'estremità superiore del classificatore da cui viene espulso per caduta insieme alle acque, la rimanente frazione organica, che per le sue caratteristiche (dimensioni e peso specifico) staziona a circa metà del cono del classificatore, viene espulsa tramite azionamento (apertura) di una valvola motorizzata. Le acque di lavaggio espulse vengono inviate in un pozzetto dedicato, entro cui sono installate n. 3 pompe: le pompe PM7002A/B rilanciano verso l'ingresso dell'impianto di depurazione mentre la pompa PM7003 serve per mantenere il livello all'interno del pozzetto di accumulo sabbie.

Le sabbie recuperate, dopo aver perso l'organico, giungono alla base della coclea classificatrice. Quest'ultima, comandata da sensori di densità, provvede, una volta che lo strato di sabbie ha raggiunto lo spessore determinato in fase di taratura dell'impianto, all'asportazione e alla disidratazione per gocciolamento, fino allo scarico in apposito cassone. Questo processo consente di ottenere sabbie con un contenuto di sostanze organiche  $\leq 3\%$  e con un'umidità residua dell'ordine del 10-12%. Le sabbie così recuperate potranno essere smaltite come rifiuto (E.E.R. 19 08 02) oppure, previa caratterizzazione e relativa autorizzazione, potranno essere riutilizzate nell'ambito di attività edili e di manutenzione di HERA S.p.A. quali:

- formazione di sottofondi stradali;
- letti di posa per condotte interrate;
- riempimento controllato degli scavi al fine di ridurre i cedimenti;
- aggregato per produzione di conglomerati bituminosi;
- aggregato per produzione di conglomerati cementizi;
- aggregati per rinfiando di tubazioni;
- produzione di conglomerati per l'edilizia;
- sottofondi per rilevati stradali.

La frazione leggera del sopravaglio, recuperata mediante lavaggio intensivo con acqua e aria, viene inviata ad una pressa compattatrice, SW7004, costituita da un sistema di coclee monostadio a lenta rotazione e con adduzione di acqua in pressione. Il materiale compattato viene scaricato in

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	98	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

un cassone dedicato mentre l'acqua di compattazione viene inviata nel pozzetto di accumulo della miscela acqua-sabbie provenienti dal vaglio SN7002.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle opere/apparecchiature costituenti la sezione di trattamento rifiuti più pesanti del nuovo impianto:

<b>VASCA DI ACCUMULO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero vasche	-	1
Volume	m <sup>3</sup>	140 circa
Dimensioni	m	10 x 4 x 3,5 (H)


*Tabella 87: Caratteristiche tecniche della vasca di accumulo della frazione più pesante*

<b>GRIGLIATURA VASCA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero griglie	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	SN7001
Tipologia	-	Sub-verticale a barre
Spaziatura barre	mm	10
Portata griglia	m <sup>3</sup> /h	Variabile
Larghezza griglia	mm	1.000
Inclinazione	°	75
Larghezza canale	mm	1.000
Altezza canale	mm	2.500
Profondità canale (da piano campagna)	mm	-1.300
Altezza di scarico (da fondo canale)	mm	3.600
Potenza complessiva installata	kW	1,85

*Tabella 88: Caratteristiche tecniche griglia in vasca di accumulo materiale conferito*

<b>SISTEMA DI SOLLEVAMENTO CON BENNA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero apparecchiature	-	1
Tag apparecchiatura	-	GR7001
Velocità di sollevamento	m/min	20
Velocità di scorrimento carro	m/min	20
Velocità di scorrimento ponte	m/min	60
Potenza motori di sollevamento	kW	18,5
Potenza motore traslaz. carro	kW	2 x 0,22
Potenza motore traslaz. ponte	kW	2 x 0,75
Potenza motore benna	kW	15

*Tabella 89: Caratteristiche tecniche del sistema di sollevamento con benna*

 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	99	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<b>TRAMOGGIA DI RICEZIONE CON COCLEA</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero apparecchiature	-	1
Tag tramoggia / coclea	-	HOP7001 / SW7002
Volume	m <sup>3</sup>	6
Lunghezza tramoggia	m	3,7
Larghezza tramoggia	m	2,4
Diametro coclea	m	0,355
Lunghezza coclea	m	4,0
Potenza unitaria installata	kW	1,5


*Tabella 90: Caratteristiche tecniche della tramoggia di ricezione con coclea*

<b>VAGLIO A TAMBURO ROTANTE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero apparecchiature	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	SN7002
Portata di sostanza solida trattabile	m <sup>3</sup> /h	4
Spaziatura	mm	10
Altezza	m	3,4
Lunghezza	m	4,6
Larghezza	m	2,2
Diametro tamburo	m	1,65
Potenza unitaria installata	kW	4

*Tabella 91: Caratteristiche tecniche del vaglio a tamburo rotante*

<b>SISTEMA DI LAVAGGIO SOPRAVAGLIO</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero apparecchiature	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	SW7003
Diametro coclea	m	0,355
Inclinazione	°	19
Lunghezza totale lungo asse macchina	m	5,2
Lunghezza di ingombro	m	4,95
Larghezza totale di ingombro	m	0,75
Altezza totale di ingombro	m	1,9
Dimensione tramoggia di carico	m	0,53 x 0,55
Potenza unitaria installata	kW	1,5

*Tabella 92: Caratteristiche tecniche del sistema di lavaggi del sopravaglio*

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	100	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<b>SOFFIANTE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero macchine	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	CK7001
Portata aria	Nm <sup>3</sup> /h	26
Potenza unitaria installata	kW	1,1

*Tabella 93: Caratteristiche tecniche della soffiante al servizio del sistema di lavaggio sopravaglio*


<b>PRESSA COMPATTATRICE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero macchine	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	SW7004
Lunghezza	m	1,8
Larghezza	m	0,5
Grado di compattazione	-	30 – 40% SS
Potenza unitaria installata	kW	4

*Tabella 94: Caratteristiche tecniche della pressa compattatrice*

<b>CLASSIFICATORI – LAVATORI SABBIE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero classificatori	-	2
Tag apparecchiatura/e	-	SPR7001A/B
Portata nominale	l/s	16
Grado di separazione sabbie	-	95%
Grado di riduzione organico	-	97%
Altezza totale ingombro	m	4,3
Lunghezza totale ingombro	m	7,9
Larghezza totale ingombro	m	2,1
Diametro trogolo coclea	m	0,5
Potenza totale installata	kW	9,5

*Tabella 95: Caratteristiche tecniche dei classificatori – lavatori delle sabbie*

<b>POMPE SOLLEVAMENTO MISCELA ACQUA-SABBIE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Configurazione di sollevamento	-	2+1R
Tag apparecchiatura/e	-	PM7001A/B/C
Tipologia	-	Centrifuga verticale cantilever
Portata unitaria sollevata	m <sup>3</sup> /h	60

 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	101	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<b>POMPE SOLLEVAMENTO MISCELA ACQUA-SABBIE</b>		
Prevalenza totale	m	7,2
Potenza unitaria installata	kW	5,5

*Tabella 96: Caratteristiche tecniche delle pompe di sollevamento della miscela acqua-sabbie*

<b>POMPE RILANCIO IN TESTA IMPIANTO</b>		
Parametro	u.m.	Valore
Configurazione di sollevamento	-	1+1R
Tag apparecchiatura/e	-	PM7002A/B
Tipologia	-	Centrifuga sommergibile
Portata unitaria sollevata	m <sup>3</sup> /h	100
Prevalenza totale	m	2,45
Potenza unitaria installata	kW	1,6

*Tabella 97: Caratteristiche tecniche delle pompe di rilancio in testa impianto*

<b>POMPE RICIRCOLO A POZZETTO ACCUMULO SABBIE</b>		
Parametro	u.m.	Valore
Configurazione di sollevamento	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	PM7003
Tipologia	-	Centrifuga sommergibile
Portata unitaria sollevata	m <sup>3</sup> /h	40
Prevalenza totale	m	1,86
Potenza unitaria installata	kW	1,5

*Tabella 98: Caratteristiche tecniche delle pompe di ricircolo al pozzetto di accumulo sabbie*

#### 4.3.2 TRATTAMENTO FRAZIONE LEGGERA RIFIUTI


La sezione di trattamento dei rifiuti più leggeri è costituita da n. 1 vaglio a tamburo rotante (SN7003), n. 1 pressa compattatrice (SW7005) e n. 1 classificatore delle sabbie (SPR7002).

L'autobotte in arrivo viene collegata al tamburo SN7003 tramite una tubazione dedicata provvista di attacco Perrot e di valvola motorizzata. Tale valvola preserva l'impianto da situazioni di eventuale sovraccarico; infatti, se il refluo viene scaricato troppo velocemente un'apposita sonda di livello disposta all'interno del tamburo invia un comando di chiusura alla valvola che blocca lo scarico. Quest'ultimo verrà ripristinato automaticamente quando la situazione si sarà normalizzata.

Il tamburo rotante è costituito da una lamiera in acciaio inossidabile, forata e con spaziatura di 10 mm che consente di trattenere il materiale grossolano (ovvero di dimensione superiore alla luce di filtrazione) presente nei rifiuti conferiti.

Grazie alla presenza nel tamburo di un'elica interna, il materiale grigliato viene inviato verso lo scarico. Durante la fase di asporto, una serie di ugelli (distribuiti lungo la barra di lavaggio esterna) permette di eseguire il lavaggio grossolano del materiale separato nonché il controlavaggio delle spaziature del tamburo. Le sostanze grossolane, una volta lavate, vengono inviate alla fase



 Società del Gruppo Hera	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	102	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

successiva di compattazione (SW7005) con lavaggio del grigliato, costituita da un sistema con coclea monostadio a lenta rotazione e con adduzione di acqua in pressione.


Le sostanze organiche e le sabbie che hanno attraversato le spaziature del vaglio, insieme all'acqua, si raccolgono in una tramoggia posta nella parte inferiore della macchina e da qui vengono scaricate per gravità nel pozzetto di raccolta sabbie dedicato. In questo pozzetto è installata una pompa, PM7004, che invia la miscela acqua-sabbie recuperata al classificatore SPR7002. Il liquame è introdotto nella macchina attraverso una camera spiroidale e successivamente attraversa un calice COANDA. Si genera una corrente radiale che consente al liquame di sfruttare una precisa fluidodinamica e di ottenere la separazione dei corpi pesanti nel minor spazio possibile. Le sabbie si depositano sul fondo del contenitore costituito da una lastra forata; qui viene immessa acqua di lavaggio dal basso verso l'alto che, con l'ausilio di un agitatore lento, investe completamente il letto delle sabbie e lo lava, trasportando le sostanze organiche che, essendo di densità minore rispetto alle sabbie, si muovono verso l'alto. Mentre una parte del materiale organico stramazza insieme alle acque e fuoriesce dall'impianto, l'organico separato che si deposita sopra il letto di sabbia è scaricato separatamente tramite azionamento di una valvola motorizzata. Le sabbie, dopo aver perso l'organico, passano attraverso il foro centrale e giungono alla base della coclea. Quest'ultima, comandata da sensori di densità, provvede, una volta che lo strato di sabbie ha raggiunto lo spessore determinato in fase di taratura, all'asportazione e alla disidratazione per gocciolamento fino allo scarico in apposito cassone. Tali sabbie potranno essere inviate a smaltimento o riutilizzate come già descritto nel caso delle sabbie recuperate nell'impianto di trattamento della frazione pesante.

L'acqua recuperata dal classificatore viene inviata al pozzetto di rilancio finale da cui poi viene rilanciata verso l'ingresso dell'impianto di depurazione.

Si riportano di seguito le caratteristiche delle apparecchiature costituenti la sezione di trattamento della fase leggera dell'impianto:

<b>VAGLIO A TAMBURO ROTANTE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero apparecchiature	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	SN7003
Quantità oraria di sostanze solide	m <sup>3</sup> /h	1,5
Spaziatura	mm	10
Altezza	m	3,1
Lunghezza	m	2,4
Larghezza	m	1,5
Diametro tamburo	m	1,2
Potenza unitaria installata	kW	3

*Tabella 99: Caratteristiche tecniche del vaglio a tamburo rotante*

 <small>Società del Gruppo Hera</small>	<b>RELAZIONE DI CALCOLO DEL PROCESSO</b>				
	N° COMMESSA (JOB N°)	ID DOC. (DOC. ID)	REV.	N° FG. (SH. N.)	DI (LAST)
	12400705873 - 12000367716		1	103	103
<b>POTENZIAMENTO DEPURATORE RAVENNA 2° STRALCIO: 1° LOTTO – 2° LOTTO – NUOVO IMPIANTO CADITOIE</b>					

<b>PRESSA COMPATTATRICE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero macchine	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	SW7005
Portata nominale in grigliato	m <sup>3</sup> /h	4
Lunghezza	m	1,8
Larghezza	m	0,5
Grado di compattazione	-	30 – 40% SS
Potenza unitaria installata	kW	4

*Tabella 100: Caratteristiche tecniche della pressa compattatrice*

<b>CLASSIFICATORE – LAVATORE SABBIE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Numero classificatori	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	SPR7002
Portata nominale	l/s	16
Grado di separazione sabbie	-	95%
Grado di riduzione organico	-	97%
Altezza totale ingombro	m	3,2
Lunghezza totale ingombro	m	4,7
Larghezza totale ingombro	m	2,4
Diametro trogolo coclea	m	0,35
Potenza totale installata	kW	1,65

*Tabella 101: Caratteristiche tecniche dei classificatori – lavatori delle sabbie*

<b>POMPA SOLLEVAMENTO MISCELA ACQUA-SABBIE</b>		
<b>Parametro</b>	<b>u.m.</b>	<b>Valore</b>
Configurazione di sollevamento	-	1
Tag apparecchiatura/e	-	PM7004
Tipologia	-	Centrifuga verticale cantilever
Portata unitaria sollevata	m <sup>3</sup> /h	60
Prevalenza totale	m	7,2
Potenza unitaria installata	kW	5,5

*Tabella 102: Caratteristiche tecniche della pompa di sollevamento della miscela acqua-sabbie*