Città Metropolitana di Genova

Comune

GENOVA

Provincia

GENOVA

Titolo del progetto

Depuratore di Punta Vagno – Ammodernamento impianto – Revamping impianto – Comune di Genova

Livello di progettazione	Settore di business	Disciplina
PF	I2 - DEPURAZIONE	IMP

Numero	Titolo	Scala
RT-001	Relazioni tecnica e di processo e calcolo degli impianti	---

ID Progetto	Titolo sintetico (nome file di stampa)	Codifica WBS
2022GESI0044-00		C75I2-A004-07-0003

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
01	12/2023	Adeguamento normativo		AP	AC
00	08/2022	Emissione Progetto Definitivo		AP	AC

Redatto:

Dott. Ing. ANDREA CHIOVELLI ORDINE INGEGNERI ROMA N. 19826

Ing. Andrea Chiovelli

Verificato:

Ing. Valentina Querci

Approvato:

PROJECT MANAGER
geom. Francesco Gaglio

Geom. Francesco Gaglio

IRETI

Funzione Ingegneria e Realizzazioni
IRETI.S.p.A - Società con socio unico IREN S.p.A
Sottoposta a direzione e coordinamento di IREN S.p.A
Sede legale : Via Piacenza, 54 - 16138 Genova (GE)
cod.fisc n° 01791490343 e P.IVA n° IT 02863660359
pec:ireti@pec.ireti.it

RTP

cooprogetti

MANDATARIA:
COOPROGETTI Soc. Coop.
Via della Piaggiola, 152, 06024 Gubbio (PG) - Italia
Cod. fisc. e P.IVA n°00424850543 - Pec: cooprogetti@pec.it
MANDANTI:
VIA Ingegneria s.r.l.
ACS International Engineering s.r.l.
Arch. Mario Gallarati
Ing. Enrico Gallarati

COOPROGETTI Soc. Coop.
IL PRESIDENTE
Ing. Alessandro Placucci

INDICE

1 PREMESSA 2

2 GENERALITÀ E REQUISITI TECNICI E PRESTAZIONALI DELLE NUOVE OPERE 3

2.1 I CARICHI DI PROGETTO 3

2.1.1 Carichi idraulici 3

2.1.2 Carichi inquinanti 7

2.1.3 Qualità degli effluenti dell'impianto 11

3 LA FILIERA DI TRATTAMENTO 14

3.1 STATO DI FATTO 14

3.2 STATO DI PROGETTO 15

4 CALCOLI E VERIFICHE DI PROCESSO 17

4.1 ARRIVO DEI LIQUAMI E BY-PASS GENERALE DELL'IMPIANTO 17

4.2 GRIGLIATURA GROSSOLANA, SOLLEVAMENTO PRINCIPALE E GRIGLIATURA FINE 19

4.3 DISSABBIATURA 21

4.4 CHIARIFICAZIONE ACCELERATA 24

4.5 EQUALIZZAZIONE 27

4.6 SFIORO DEI SOVRAFFLUSSI IDRAULICI 29

4.7 TRATTAMENTO BIOLOGICO MBR 29

4.7.1 Verifiche di processo del comparto biologico 38

4.8 IL RILANCIO A MARE DELL'EFFLUENTE 40

5 CALCOLI IDRAULICI 40

1 PREMESSA

La presente Relazione espone nel dettaglio i principi di dimensionamento ed i risultati di calcolo che soggiacciono alle scelte progettuali inerenti ai lavori di adeguamento e potenziamento del depuratore di Punta Vagno nel Comune di Genova.

Come ampiamente argomentato nella Relazione Generale (cui pertanto si rimanda per maggiori dettagli), gli interventi oggetto della presente progettazione sono volti ad una revisione globale del depuratore in esame per risolverne le odierne criticità legate all'obsolescenza di molte componenti tecnologiche e per adeguarne la capacità di trattamento ai carichi inquinanti ed idraulici in arrivo dalla fognatura urbana, tenendo anche conto di eventuali incrementi futuri di questi ultimi.

L'impianto esistente, a servizio dell'area orientale del Comune di Genova, dispone dei comparti di trattamento della sola linea acque, mentre i fanghi prodotti nel processo vengono pompati all'impianto di Volpara.

Gli interventi in progetto riguarderanno pertanto il rinnovamento della suddetta linea acque. Per i fanghi, il più generale progetto di riorganizzazione del sistema fognario-depurativo della città di Genova prevede che gli stessi siano conferiti al nuovo Depuratore Area Centrale (D.A.C.) in fase di progettazione, una volta dismesso il citato impianto di Volpara.

Venendo ora alla specifica soluzione progettuale individuata nei precedenti livelli di progettazione per il depuratore di Punta Vagno, questa può essere così riassunta:

- demolizione e ricostruzione ex novo dei pretrattamenti meccanici (grigliatura grossolana e fine, dissabbiatura);
- introduzione di una nuova sezione di chiarificazione accelerata mediante installazione di filtri rotativi a tela;
- conversione di due dei sedimentatori primari in vasche di equalizzazione;
- conversione dei reparti di ossidazione biologica e sedimentazione finale in reattori biologici a membrane (MBR) con separazione dei fanghi attivi dall'effluente finale mediante membrane di ultrafiltrazione ed implementazione dello schema di processo di predenitrificazione-nitrificazione;
- generale risanamento di tutte le componenti tecnologiche ammalorate.

I suddetti interventi comporteranno la demolizione e la ricostruzione di alcune strutture all'interno dell'area dell'impianto, di cui saranno comunque preservate le opere di copertura e mascheramento visivo che garantiscono un ottimo inserimento ambientale del sito di trattamento.

Il complesso delle lavorazioni previste dalla presente progettazione permetterà di assicurare, con adeguati margini di sicurezza, il trattamento di un carico inquinante pari a 250.000 A.E. su base BOD_5 con effluente conforme ai requisiti delle tabb. 1 e 3 dell'Allegato V alla Parte III del D.Lgs. 152/06.

2 GENERALITÀ E REQUISITI TECNICI E PRESTAZIONALI DELLE NUOVE OPERE

Come già anticipato, l'impianto in esame opererà esclusivamente il trattamento dei liquami in arrivo dalla locale fognatura urbana e sarà articolato nei reparti della sola linea acque. I fanghi prodotti dal processo depurativo (fanghi primari e fanghi biologici di supero) saranno inviati al trattamento presso altri siti (l'impianto di Volpara, come avviene nelle odierne modalità di esercizio, o il nuovo D.A.C. una volta completata la realizzazione di quest'ultimo e la contestuale dismissione del sito di Volpara).

Ciò premesso, i principali requisiti tecnici da considerare nella progettazione delle nuove opere possono così riassumersi:

- **per il trattamento dei liquami**:
  - le sezioni impiantistiche dovranno essere dimensionate per assicurare la depurazione di tutti i reflui in arrivo dalla fognatura ed ammessi al trattamento, in tempo asciutto ed in tempo di pioggia, tenendo conto anche di possibili evoluzioni nella configurazione della rete fognaria (nuovi allacciamenti);
  - lo scarico dovrà rispettare i limiti prescritti per il recapito in acque superficiali dei reflui trattati;
  - si dovrà prevedere la possibilità di recuperare una quota dell'effluente liquido depurato ai fini della produzione di acqua tecnica utile al processo;
- **per la gestione dei fanghi:**
  - si dovrà perseguire il contenimento della quantità di fanghi prodotti;
  - il flusso complessivo di fanghi dovrà avere caratteristiche di concentrazione della sostanza secca tali da risultare compatibili con il pompaggio verso gli impianti di trattamento;
- **in generale:**
  - gli effluenti solidi, liquidi ed aeriformi dovranno risultare conformi alle normative vigenti e si dovranno minimizzare i possibili impatti sulla popolazione con l'adozione delle tecnologie e degli accorgimenti costruttivi più moderni ed efficienti oggi disponibili;
  - la scelta delle soluzioni tecnologiche utili al raggiungimento degli obiettivi sin qui esposti dovrà necessariamente tenere conto dei ridotti spazi disponibili, condizionati anche dalla necessità di preservare la sovrastruttura di copertura dell'impianto, essenziale per il mantenimento degli odierni livelli di impatto visivo. In quest'ottica saranno quindi privilegiate installazioni compatte.

Ciò premesso, nei successivi paragrafi saranno quantificati in primo luogo i flussi di materia in ingresso all'impianto e gli obiettivi di qualità per gli effluenti.

2.1 I carichi di progetto

I dati a base della presente progettazione sono stati ricavati a partire dalle risultanze del monitoraggio pluriennale condotto da IRETI relativamente ai carichi inquinanti trattati. I valori così ricavati sono stati ulteriormente corretti alla luce delle indicazioni di letteratura per ottenere valutazioni più cautelative e scevre delle incertezze e delle imprecisioni inevitabilmente connesse alle misure in campo.

2.1.1 Carichi idraulici

La rete fognaria in arrivo al depuratore di Punta Vagno è di tipo separativo.

L'analisi delle portate in ingresso all'impianto è stata effettuata sulla base delle risultanze di diversi progetti e Studi di Fattibilità di Mediterranea delle Acque S.p.A nonché sulla scorta dei dati gestionali di IRETI e della recente campagna di monitoraggio condotta per conto del Gestore dall'ATI BM Tecnologie Industriali S.r.l. – Idrostudi S.r.l. nel periodo Novembre 2020 – Gennaio 2021.

Lo Studio di Fattibilità per la ristrutturazione del Depuratore di Genova – Punta Vagno di Mediterranea delle Acque, redatto nel Luglio 2008 dalla divisione SASTER, riporta che, in base alle misurazioni di dettaglio dell'anno 2006-2007, la portata media annua si attestava intorno ai 460 l/s (1.660 m^3/h ovvero 39.800 m^3/d).

I dati forniti dalla Committenza risultano essere i più recenti ed affidabili per stimare le portate in ingresso, nonostante in alcuni casi si rilevino valori anomali presumibilmente dovuti ad errori del misuratore.

È stata dunque analizzata statisticamente la serie temporale di misure di portata in ingresso all'impianto, dal Gennaio 2015 al Gennaio 2019, di cui si riportano di seguito i valori della media (μ) e della deviazione standard (σ).

Portata in ingresso (m^3/d)	
σ	**8.121**
μ	**36.826**
μ-3σ	**12.464**
μ+3σ	**61.189**

Tab. 1 – Risultati analisi statistica serie portate SENZA correzione anomalie

La serie in esame è stata depurata dai valori ritenuti statisticamente anomali (esterni all'intervallo [μ-3σ, μ+3σ]), per ricavare parametri statistici più significativi.

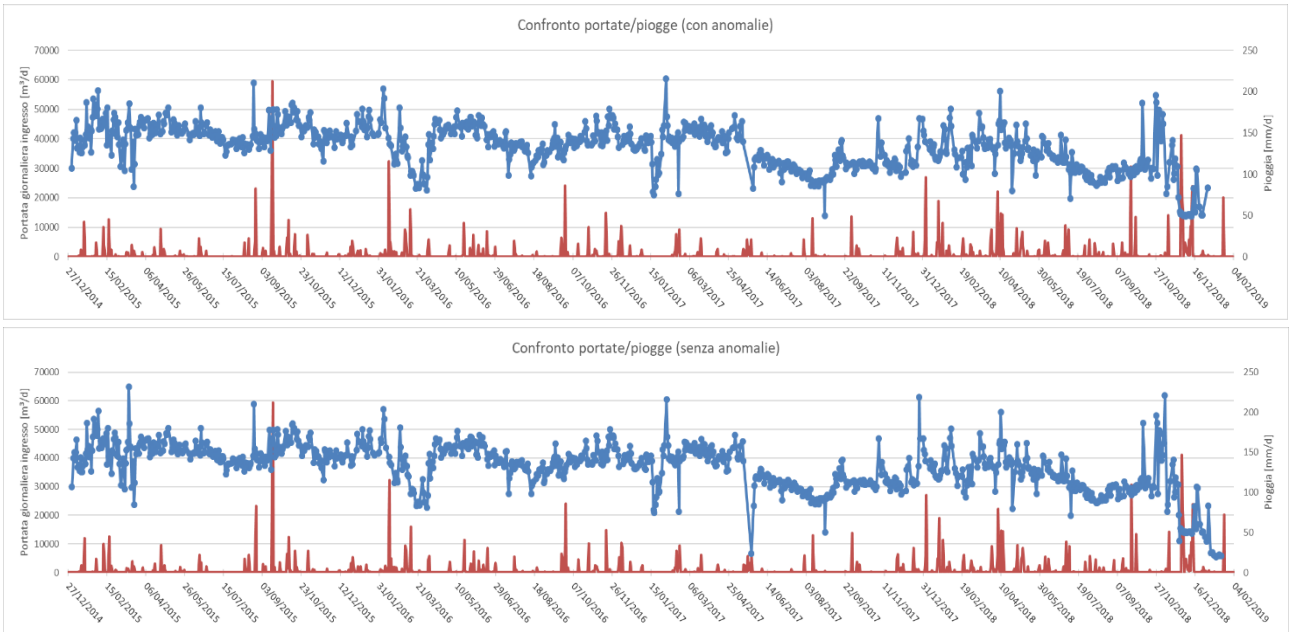
Portata in ingresso (m^3/d)	
σ	**7.411**
μ	**37.092**

Tab. 2 – Risultati analisi statistica serie portate CON correzione anomalie

Al fine di valutare l'incidenza delle infiltrazioni di acque bianche sulla portata influente in caso di eventi di pioggia, sono stati correlati i dati di portata disponibili con i dati di precipitazione della stazione pluviometrica di Genova – Staglieno.

I grafici seguenti riportano la comparazione tra la serie della portata giornaliera in ingresso al depuratore (in blu) e le altezze giornaliere di pioggia registrate dalla stazione pluviometrica in esame (in rosso).

Considerando i dati relativi all'anno 2015, in quanto maggiormente affidabili sotto il profilo statistico, è possibile evidenziare che, anche per picchi giornalieri di 212 mm di pioggia, nel periodo analizzato gli incrementi di portata ascrivibili ad infiltrazioni di acque bianche in fognatura sono generalmente contenuti.



L'ultima campagna di monitoraggio relativa al periodo Novembre 2020 – Gennaio 2021 ha riscontrato una portata media di tempo secco in ingresso all'impianto pari a circa 458,5 l/s, valore in sostanziale accordo con i precedenti studi sopra richiamati.

Si ritiene pertanto che, per quel che concerne la portata media in arrivo al depuratore in tempo secco il valore di **40.000 m³/d** possa ritenersi adeguatamente rappresentativo delle odierne condizioni di esercizio.

Nella tabella seguente si riportano i dati ISTAT più recenti relativi agli abitanti di Genova suddivisi in base al bacino drenante di competenza: per ognuno degli agglomerati cittadini è stato quindi individuato il relativo carico inquinante in termini di abitanti equivalenti (A.E.).

Come è possibile notare, al depuratore di Punta Vagno è oggi attribuibile un carico contaminante complessivo da trattare (associato all'insieme di abitanti residenti e fluttuanti, delle attività alberghiere e di quelle industriali) di circa **200.000 A.E.**

Tenuto conto della suddetta portata media giornaliera di 40.000 m³/d e di un coefficiente di afflusso in fognatura pari a 0,8, è possibile ricavare una dotazione idrica pari a 250 litri/abitante equivalente/giorno, valore coerente con i dati di letteratura.

	DATI ISTAT								
	P1	A3	A7						
Agglomerato Genova	Popolazione residente - totale	Abitazioni vuote e abitazioni occupate solo da persone non residenti	Abitazioni occupate solo da persone non residenti	Componenti abitazioni vuote (Come da regolamento TARI 1 componente per case vuote)	Componenti non residenti (Come da regolamento TARI 2 componenti per case occupate da non residenti)	Totale occupanti abitazioni	Posti letto alberghi + affittacamere + bed & brekfast	Industriali	Totale AE
Sturla	40.359	2.926	74	2.852	148	43.360	96	117	43.573
Punta Vagno	188.429	9.181	88	9.093	176	197.698	246	2.440	200.384
Darsena	101.570	7.402	39	7.363	78	109.011	8.402	863	118.276
Valpolcevera	140.555	7.426	20	7.406	40	148.001	1.994	7.655	157.650
Sestri P.	46.570	2.447	12	2.435	24	49.030	1.700	638	51.368
Pegli	18.898	1.126	1	1.125	2	20.025	422	60	20.507
Prà - Voltri	38.582	1.640	3	1.637	6	40.225	250	21	40.496
Totale	574.963	32.149	237	31.912	474	607.349	13.110	11.794	632.253

Tab. 3 – Abitanti equivalenti di competenza depuratori dell'area genovese

Come già detto, il progetto di adeguamento dell'impianto contempla anche la possibilità di un aumento del quantitativo di reflui trattabili, nell'ipotesi di conferirvi in futuro anche il carico inquinante attualmente afferente al depuratore di Sturla (quantificato in oltre 40.000 A.E.).

In tali condizioni di alimentazione, l'impianto di Punta Vagno riceverebbe una portata media di liquami in ingresso pari a **50.000 m³/d,** corrispondente ad un carico, in termini di abitanti equivalenti, pari a 250.000 A.E.

Sempre dai dati delle successive campagne di monitoraggio, è possibile quantificare il coefficiente di punta oraria, ovvero il rapporto tra la portata massima giornaliera e quella media di tempo asciutto: esso è risultato pari a circa 1,51, da cui derivano, allo stato attuale (carico di 200.000 A.E.), portate di punta di circa 2.517 m³/h e, nella configurazione di progetto (carico di 250.000 A.E.), portate di punta di circa 3.145 m³/h.

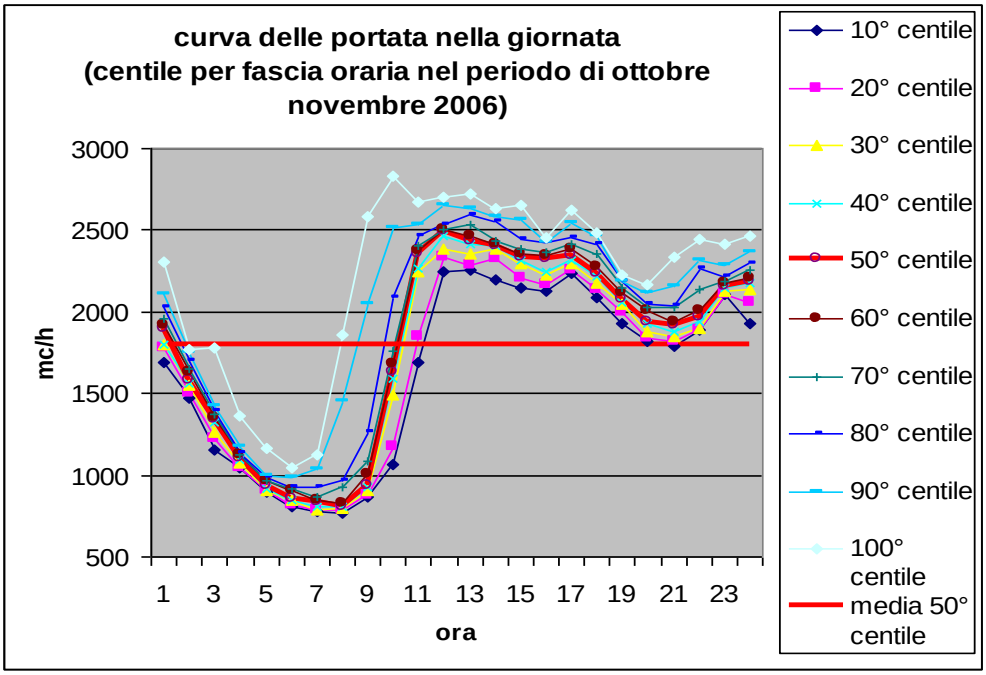


Fig. 1 – Andamento orario delle portate in ingresso al depuratore

Infine, per quel che concerne le massime portate riscontrabili in ingresso all'impianto in tempo di pioggia, nonostante come già ribadito la rete fognaria sia di tipo separativo, in corrispondenza di eventi meteorici particolarmente gravosi sono stati osservati anche valori compresi tra 3.750÷5.000 m³/h.

Al riguardo, si deve rilevare che la rete fognaria è prossima all'impianto per cui le punte idrauliche (in tempo asciutto così come in tempo di pioggia) non sono significativamente attenuate dall'effetto di invaso nel complesso delle canalizzazioni.

Per le successive verifiche, si assumerà pertanto che la portata massima ammessa al trattamento in tempo di pioggia sia pari a 6.250 m³/h (150.000 m³/d). I volumi di reflui eccedenti tale soglia saranno scolmati a monte dell'impianto e saranno inviati allo scarico in mare previa grigliatura grossolana.

Preme sottolineare che, in corrispondenza dell'afflusso della portata massima ascrivibile ad eventi meteorici, si fa l'ipotesi che i carichi inquinanti medi si mantengano sostanzialmente analoghi a quelli di tempo asciutto e che agli stessi si possa applicare un fattore di diluizione pari al rapporto tra la portata in tempo di pioggia e quella media di tempo secco. Le concentrazioni del refluo in tempo di pioggia saranno pertanto ridotte del medesimo fattore rispetto a quelle di tempo asciutto.

2.1.2 Carichi inquinanti

Per la determinazione dei valori di concentrazione degli inquinanti è possibile far riferimento alle analisi del refluo in ingresso all'impianto (a monte della grigliatura grossolana) fornite da IRETI.

Per le finalità del presente progetto, si è ritenuto opportuno utilizzare dati misurati ed effettivamente riferibili all'impianto in questione, in modo da ottenere una valutazione più realistica possibile dei contaminanti in arrivo dalla fognatura.

I dati considerati sono relativi ad una serie di misure dei parametri inquinanti in ingresso quali azoto, fosforo, BOD_5, COD e SST, in un periodo temporale compreso tra Gennaio 2015 e Gennaio 2019.

VALORI IN INGRESSO (LIQUAME A MONTE GRIGLIE GROSS.)	**Azoto totale mg/l**	**Fosforo totale mg/l**	**Rich. biochimica di O_2 (BOD) mg/l**	**Rich. chimica di O_2 (COD) mg/l**	**Saggio di tossicità acuta %**	**Solidi sospesi totali (SST) mg/l**
25° percentile	47	6	158	415	9	208
50° percentile	**56**	**8**	**221**	**558**	**55**	**290**
75° percentile	84	10	399	1022	93	543

Tab. 4 – Concentrazioni in ingresso – serie storica 2015/2019

I suddetti valori sono stati confermati anche dalla campagna di monitoraggio condotta nel periodo Novembre 2020 – Gennaio 2021 nel corso della quale sono stati registrati, mediante strumentazioni in campo, i valori di concentrazione di COD e SST in un nodo della rete fognaria immediatamente a monte dell'impianto di Punta Vagno, ricavando i seguenti risultati.

Parametro	**COD [mg/l]**	**SST [mg/l]**
5° percentile	368	51
50° percentile	568	137
95° percentile	746	237
media	562	140

A partire dai valori medi di concentrazione in ingresso di COD, SST, azoto e fosforo, opportunamente corretti alla luce dei dati di letteratura[1], sono stati dunque stimati i relativi carichi inquinanti, tenuto conto che, nella configurazione di progetto, l'impianto dovrà essere in grado di ricevere e trattare adeguatamente una portata media di 50.000 m^3/d ed un carico inquinante su base BOD_5 di 250.000 A.E.

Il dettaglio dei suddetti carichi inquinanti (rispetto alle condizioni di alimentazione odierne ed a quelle future) viene riassunto nelle tabelle seguenti:

[1] La correzione si rende necessaria in quanto le concentrazioni medie calcolate sulla base dei dati di monitoraggio possono essere alterate da fenomeni di sedimentazione lungo la rete fognaria (che incidono sulla componente particolata dei contaminanti – il che si ripercuote in particolare sui valori di COD e BOD_5), da fenomeni di diluizione in tempo di pioggia, da incertezze e imprecisioni dei metodi di analisi, etc.

Parametro (ingresso all'impianto) – Condizioni di alimentazione odierne	**U.d.m.**	**VALORE**
Carico equivalente (su base BOD_5)	**A.E.**	**200.000**
Portata media (Qm_attuale)	**m^3/d**	**40.000**
	m^3/h	**1.666,67**
Portata di punta nera (Qpn_attuale)	**m^3/h**	**2.516,67**
Portata massima in tempo di pioggia (presenza di infiltrazioni acque parassite) (3 Qm_attuale)	**m^3/h**	**5.000,00**
Carico medio di COD influente	kg/d	24.000
Concentrazione media di COD influente	mg/l	600
Carico medio di BOD_5 influente	kg/d	12.000
Concentrazione media di BOD_5 influente	mg/l	300
Carico medio di SST	kg/d	15.600
Concentrazione media di SST influente	mg/l	390
Carico medio di TKN influente	kg/d	2.400
Concentrazione media di TKN influente	mg/l	60
Carico medio di P_{tot} influente	kg/d	400
Concentrazione media di P_{tot} influente	mg/l	10

Tab. 5 – Stima dei carichi inquinanti in ingresso all'impianto di Punta Vagno – portate di refluo odierne

Parametro (ingresso all'impianto) – Condizioni di alimentazione di progetto	**U.d.m.**	**VALORE**
Carico equivalente (su base BOD_5)	**A.E.**	**250.000**
Portata media (Qm)	**m^3/d**	**50.000**
	m^3/h	**2.083,33**
Portata di punta nera (Qpn)	**m^3/h**	**3.145,83**
Portata massima in tempo di pioggia (presenza di infiltrazioni acque parassite) (3 Qm)	**m^3/h**	**6.250,00**
Carico medio di COD influente	kg/d	30.000
Concentrazione media di COD influente	mg/l	600

Carico medio di BOD_5 influente	kg/d	15.000
Concentrazione media di BOD_5 influente	mg/l	300
Carico medio di SST	kg/d	19.500
Concentrazione media di SST influente	mg/l	390
Carico medio di TKN influente	kg/d	3.000
Concentrazione media di TKN influente	mg/l	60
Carico medio di P_{tot} influente	kg/d	500
Concentrazione media di P_{tot} influente	mg/l	10

Tab. 6 – Stima dei carichi inquinanti in ingresso all'impianto di Punta Vagno – potenzialità di progetto

Come già anticipato, i fanghi prodotti dall'impianto di Punta Vagno, nella configurazione definitiva del sistema fognario depurativo di Genova (associata all'entrata in servizio del D.A.C. ed alla dismissione di altri impianti esistenti, tra cui quello di Volpara), saranno trattati presso il già citato D.A.C. Tale impianto è stato progettato per ricevere i dreni prodotti da detto trattamento.

In una situazione gestionale transitoria, i fanghi dell'impianto potrebbero essere tuttavia inviati ancora al depuratore di Volpara, che restituirebbe i suddetti dreni al sito di Punta Vagno attraverso la fognatura urbana.

In sede di analisi delle prestazioni depurative, si è pertanto valutato anche l'impatto sul processo di tali dreni: essi si sommeranno ai carichi inquinanti indicati per la situazione di alimentazione attuale o di breve-medio termine determinando condizioni di esercizio intermedie tra quelle odierne e quelle di progetto.

Per questo ulteriore flusso di materia sono state assunte concentrazioni in ingresso tipiche di impianti della potenzialità in esame. Particolare rilevanza assume il parametro azoto ammoniacale ($N\text{-}NH_4$) che, nel dreno prodotto dalla digestione e dalla disidratazione dei fanghi, presenta livelli di concentrazione elevati.

La portata dei dreni assunta per le verifiche di processo è stata calcolata considerando una produzione di fanghi dell'ordine di 16.000 kg SS/d.

Come anticipato, i carichi idraulici ed inquinanti sotto riportati saranno sommati a quelli convogliati nel breve-medio termine (bacino servito di 200.000 A.E.) tramite la fognatura nell'ambito degli specifici scenari di analisi descritti nel seguito.

Parametro (ingresso all'impianto) – DRENI DA TRATTAMENTO FANGHI	**U.d.m.**	**VALORE**
Portata media	**m^3/d**	**1.600**
	m^3/h	**66,7**
Carico medio di COD	kg/d	1.600
Concentrazione media COD	mg/l	1.000

Carico medio di BOD_5	kg/d	800
Concentrazione media BOD_5	mg/l	500
Carico medio di SST	kg/d	800
Concentrazione media di SST	mg/l	500
Carico medio di TKN	kg/d	680
Concentrazione media di TKN	mg/l	425
Carico medio di $N\text{-}NH_4$	kg/d	640
Concentrazione media di $N\text{-}NH_4$	mg/l	400
Carico medio di P	kg/d	160
Concentrazione media di P	mg/l	100

Le caratteristiche quantitative e qualitative dei reflui sopra sintetizzate costituiscono i dati di progetto per le verifiche di processo e per la definizione degli interventi di adeguamento e di potenziamento dell'impianto.

2.1.3 Qualità degli effluenti dell'impianto

L'impianto produrrà effluenti liquidi, solidi ed aeriformi.

I primi sono rappresentati dai reflui e dai dreni in ingresso alla linea acque e da questa depurati in vista del recapito finale in acque superficiali o di un parziale riutilizzo della risorsa idrica.

La seguente tabella riassume i valori dei principali parametri qualitativi dell'effluente liquido dell'impianto di Punta Vagno nell'attuale configurazione e nelle odierne condizioni di funzionamento.

VALORI IN USCITA	**Azoto ammoniacale mg/l**	**Azoto nitrico mg/l**	**Azoto nitroso mg/l**	**Fosforo totale mg/l**	**Rich. biochimica di O_2 (BOD) mg/l**	**Abbattimento BOD %**	**Rich. chimica di O_2 (COD) mg/l**	**Abbattimento COD %**	**Solidi sospesi totali (SST) mg/l**	**Abbattimento Solidi sospesi totali (SST) %**
25° percentile	13	0	0	3	6	93	39	87	9	92
50° percentile	**26**	**1**	**1**	**3**	**10**	**96**	**52**	**92**	**14**	**96**
75° percentile	34	5	1	3	13	98	62	96	20	98

Tab. 7 – Concentrazioni in uscita – serie storica 2015/2019

Dall'analisi dei dati è possibile confermare che, nonostante l'obsolescenza delle apparecchiature elettromeccaniche, nelle presenti condizioni di alimentazione, il ciclo di trattamento della linea acque possa essere ritenuto ancora funzionale, in quanto le concentrazioni allo scarico e gli abbattimenti per BOD_5, COD ed SST rispettano i limiti

normativi. Come già precedentemente evidenziato, non è operato l'abbattimento dell'azoto che infatti si ritrova in concentrazioni relativamente elevate allo scarico.

La progettazione dell'adeguamento dell'impianto di Punta Vagno sarà condotta in modo da garantire l'osservanza dei limiti stabiliti dalle Tabelle 1 e 3 dell'Allegato V alla Parte III del D.Lgs 152/06 (recapito in acque superficiali), di seguito sinteticamente riassunti:

Parametro	Concentrazione limite [mg/l]	Riduzione (%)	Tab. rif. (D. Lgs 152/06)
BOD_5	≤ 25	80	TAB 1
COD	≤ 125	75	TAB 1
SST	≤ 35	90	TAB 1
Azoto ammoniacale (NH_4^+)	≤ 15	-	TAB 3
Azoto nitrico (N)	≤ 20	-	TAB 3
Fosforo totale	≤ 10	-	TAB 3

Gli interventi in progetto contemplano quindi anche l'abbattimento dell'azoto.

Una più elevata qualità dell'effluente rispetto a quanto strettamente richiesto dalla disciplina per lo scarico in acque superficiali risulta infatti opportuna sia nell'ottica di una minimizzazione dell'impatto ambientale sia per assicurare condizioni ottimali di funzionamento per la particolare tecnologia adottata per il trattamento secondario della linea acque (ossidazione biologica seguita da ultrafiltrazione a membrane[2]).

Inoltre, nel medio termine si potranno ragionevolmente scongiurare ulteriori interventi di adeguamento legati ad eventuali evoluzioni normative in senso più restrittivo.

Per quel che riguarda l'aliquota di refluo da destinare ad un possibile riutilizzo a fini tecnici od antincendio all'interno dell'impianto, per molte applicazioni sarà in generale sufficiente che essa risulti conforme ai limiti suddetti.

Come si vedrà meglio nel seguito, l'impianto potrà comunque essere esercito affinché il refluo depurato (a seconda delle effettive condizioni di alimentazione ed in condizioni climatiche favorevoli) presenti una qualità conforme ai requisiti stabiliti dal D.M. 185/03 e riportati nella successiva tabella.

[2] Un regolare ed efficiente esercizio delle membrane di ultrafiltrazione richiede che il trattamento biologico sia progettato per garantire, in ingresso alle membrane stesse, ridotte concentrazioni di BOD_5 e NH_4^+. Ciò si traduce nell'assicurare un minimo tempo di residenza cellulare alle biomasse impiegate nel processo depurativo e, quindi, nel disporre di un corrispondente volume di reazione.

Parametro	Concentrazione limite [mg/l]
BOD_5	≤ 20
COD	≤ 100
SST	≤ 10
Azoto ammoniacale (NH_4^+)	≤ 2
Azoto nitrico (N)	-
Azoto totale (N)	≤ 15
Fosforo totale	≤ 2
E. coli	10* UFC/100 ml - 100** UFC/100 ml
* 80% dei campioni; ** valore puntuale massimo	

Le emissioni gassose sono principalmente rappresentate dall'aria esausta dei locali tecnici e dei serbatoi contenenti liquami e fanghi.

La qualità dei suddetti effluenti è disciplinata in generale dal D.Lgs 152/06 e s.m.i. che costituisce il principale riferimento per la presente progettazione, accanto alle normative regionali e locali ed agli strumenti di pianificazione territoriale ed ambientale specificamente applicabili.

Laddove per alcuni aspetti (emissioni odorigene in primis) non siano forniti valori limite per il contesto tecnologico ed ambientale in esame, si è fatto riferimento alle norme vigenti in altre Regioni (si veda per maggiori dettagli la Relazione Generale).

Per quel che concerne i flussi di materiali solidi prodotti dall'impianto, alcuni (sabbie, grigliati, etc.) saranno smaltiti conformemente alla vigente disciplina relativa ai rifiuti; i fanghi (primari e biologici) saranno invece inviati al trattamento presso altri impianti (tramite fangodotti).

3 LA FILIERA DI TRATTAMENTO

3.1 Stato di fatto

Di seguito si riporta la planimetria dell'impianto nella sua configurazione attuale. Sono evidenziati i principali comparti.

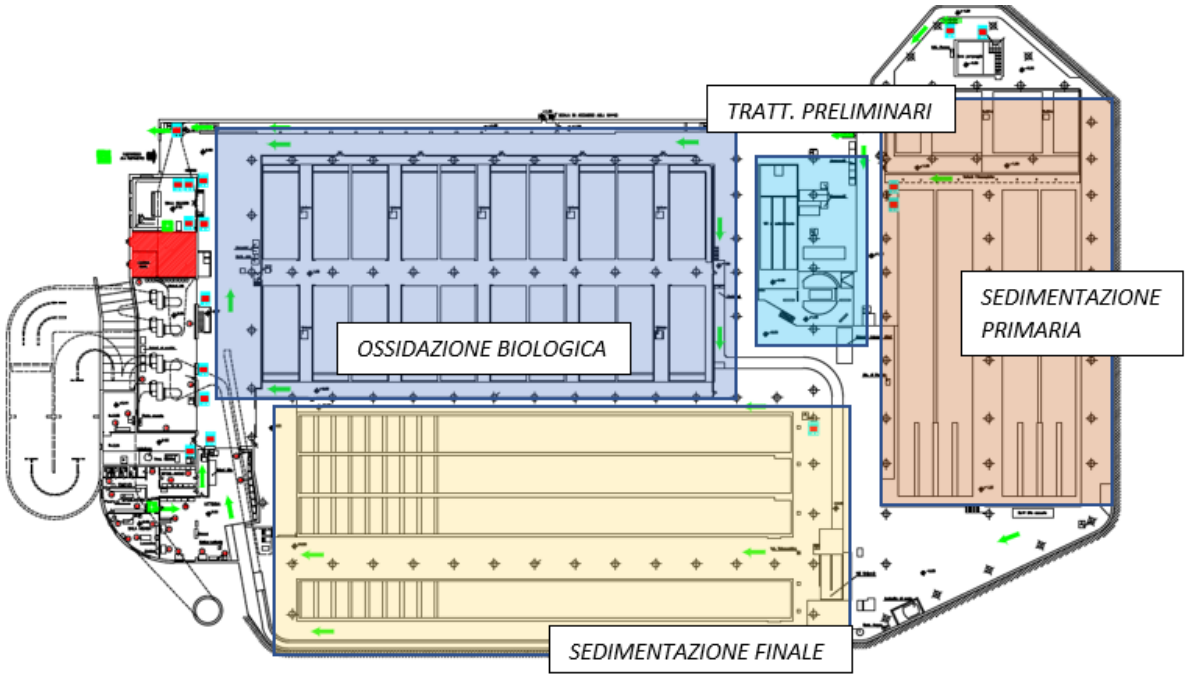


Fig. 2 – Planimetria dell'impianto di Punta Vagno con indicazione dei principali comparti (stato di fatto)

La filiera dell'impianto di trattamento è così strutturata:

a. arrivo del refluo;
b. sfioro delle portate eccedenti la capacità idraulica dell'impianto (in tempo di pioggia);
c. sezione di grigliatura (operata da due dispositivi con luci filtranti di 20 mm);
d. sollevamento iniziale mediante coclee;
e. dissabbiatura (attuata con dissabbiatore tipo "Pista");
f. grigliatura fine (tre griglie a gradini);
g. sfioro delle acque di pioggia;
h. pre-aerazione con turbine superficiali;
i. sedimentazione primaria, attuata all'interno di quattro vasche rettangolari attrezzate con ponti raschiatori va-e-vieni;
j. ossidazione biologica, articolata in dieci vasche a pianta quadrata (in cui l'aerazione è effettuata con turbine superficiali);
k. sedimentazione finale, operata all'interno di quattro vasche rettangolari con rimozione del fango mediante raschiatori a catena;
l. ricircolo del fango biologico (dalla sedimentazione finale al comparto di ossidazione) tramite coclee;
m. accumulo del refluo depurato e scarico in mare mediante condotta sottomarina;

n. rilancio del fango di supero all'impianto di digestione anaerobica di Volpara.

Come già detto, non viene attuato un trattamento di denitrificazione in quanto lo scarico dell'impianto è autorizzato in base ai limiti imposti dalla Tabella 1 dell'Allegato 5 del D.Lgs 152/06.

Si evidenzia inoltre che la legge regionale n. 43 del 16/08/1995 – Norme in materia di valorizzazione delle risorse idriche e di tutela delle acque dall'inquinamento –, all'art. 23 "Scarichi delle pubbliche fognature nelle acque di transizione e nel mare", non prescrive limiti specifici sull'azoto.

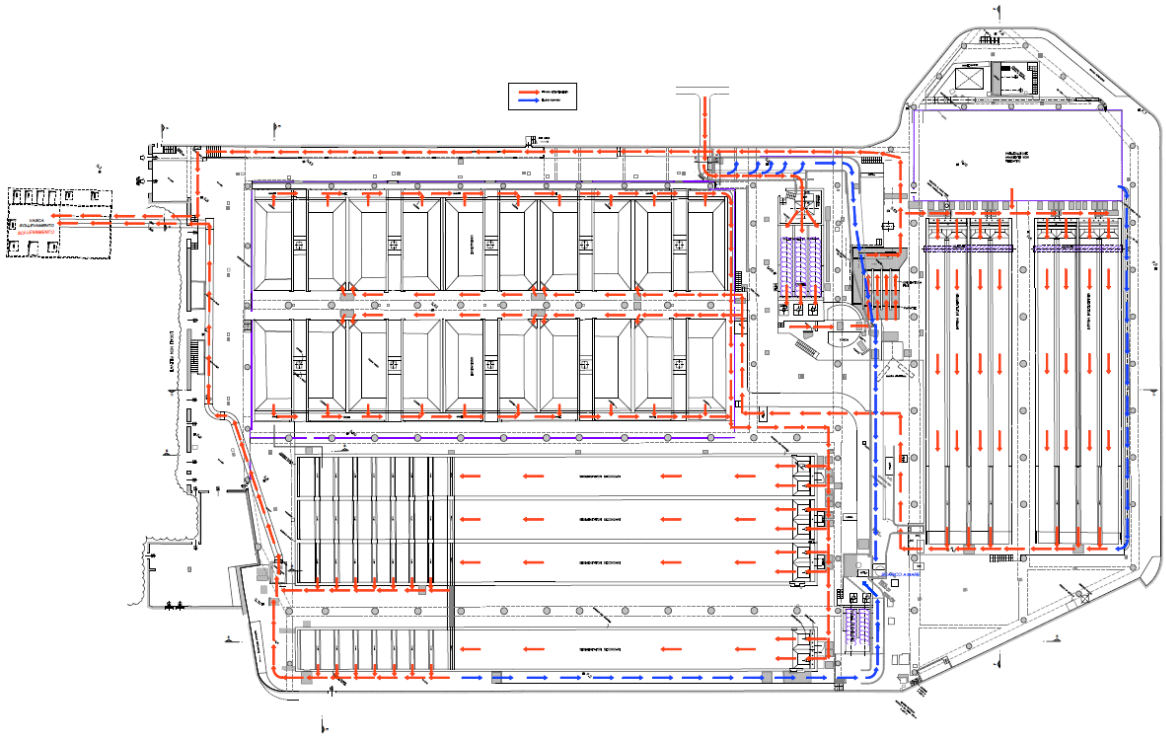


Fig. 3 – Planimetria dell'impianto con evidenziati i flussi di trattamento (stato di fatto)

3.2 Stato di progetto

Come anticipato, sulla scorta dei precedenti studi, l'esigenza di risolvere le criticità funzionali odierne e di assicurare il trattamento, con adeguati margini di sicurezza, dei carichi inquinanti generati dal bacino di utenza servito (anche tenuto conto di possibili future espansioni dello stesso), ha portato a selezionare una soluzione di generale rinnovamento e potenziamento del sito depurativo in esame che può così riassumersi:

- demolizione e ricostruzione ex novo dei pretrattamenti meccanici (grigliatura fine e dissabbiatura). I nuovi manufatti saranno realizzati in corrispondenza dell'attuale preareazione e di parte della sedimentazione primaria. Le modifiche introdotte al lay-out della sezione impiantistica in esame richiederanno anche la ricostruzione del sollevamento iniziale e consentiranno una generale riduzione degli ingombri planimetrici a fronte di un incremento della potenzialità di trattamento delle singole unità di processo;
- introduzione di una nuova sezione di chiarificazione accelerata mediante installazione di filtri rotativi a tela (in sostituzione di due delle quattro linee di sedimentazione primaria);

- conversione delle restanti due linee di sedimentazione primaria in vasche di equalizzazione;
- conversione dei reparti di ossidazione biologica e sedimentazione finale in reattori biologici a membrane (MBR) con separazione dei fanghi attivi dall'effluente finale mediante membrane di ultrafiltrazione ed implementazione dello schema di processo di predenitrificazione-nitrificazione;
- generale risanamento di tutte le componenti tecnologiche ammalorate.

Il progetto prevede quindi una filiera di trattamento così articolata:

a. arrivo del refluo;
b. sfioro delle portate eccedenti la capacità idraulica dell'impianto in tempo di pioggia (3 Qm) e grigliatura grossolana dei flussi scolmati;
c. grigliatura grossolana (due linee);
d. sollevamento con pompe idrovore;
e. grigliatura fine (tre linee);
f. dissabbiatura (due linee);
g. chiarificazione accelerata (dodici linee);
h. trattamento biologico con configurazione predenitrificazione – nitrificazione (due linee – quattro linee per parte della nitrificazione);
i. ultrafiltrazione su membrane (sette treni);
j. rilancio del refluo depurato allo scarico a mare mediante condotta sottomarina.

Per i fanghi prodotti dalla sedimentazione primaria e secondaria si prevedono le seguenti fasi di trattamento:

a. accumulo;
b. rilancio al Depuratore d'Area Centrale (DAC) mediante fangodotto.

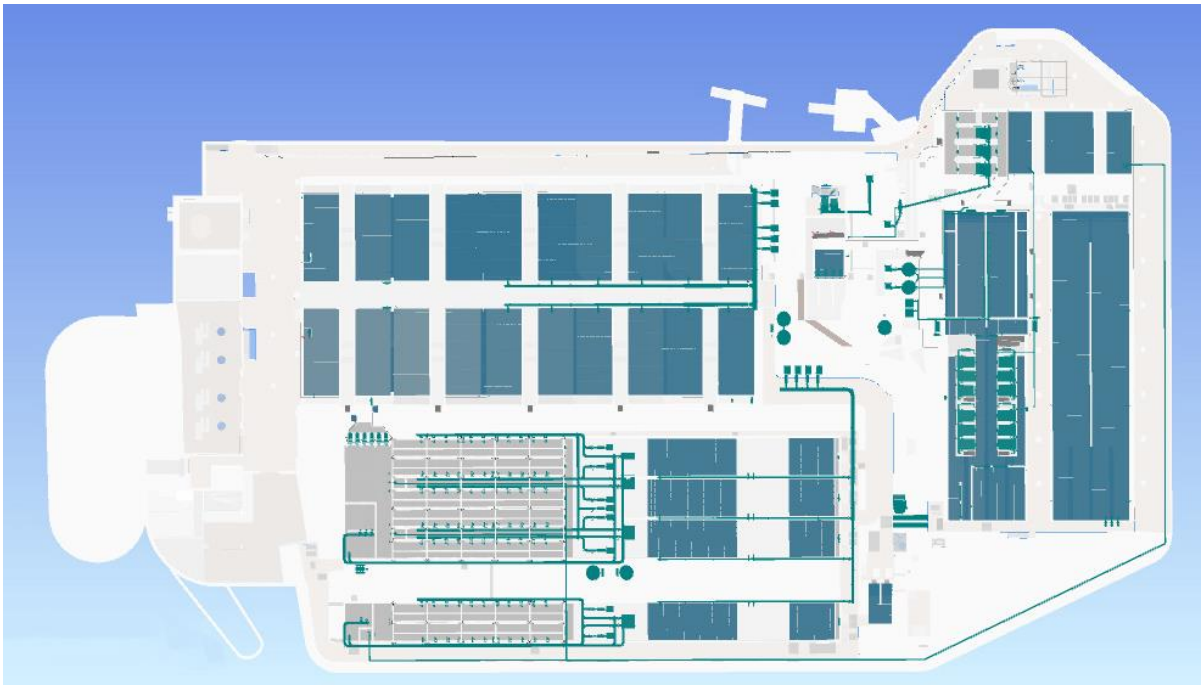


Fig. 4 – Planimetria dell'impianto di Punta Vagno a progetto

4 CALCOLI E VERIFICHE DI PROCESSO

Nei successivi paragrafi saranno analizzati nel dettaglio i singoli reparti impiantistici, illustrando le verifiche di processo che hanno condotto al dimensionamento degli stessi.

4.1 Arrivo dei liquami e by-pass generale dell'impianto

Come già detto, il depuratore di Punta Vagno tratterà i reflui generati da un bacino drenante che comprende la regione orientale dell'abitato di Genova. Nel dettaglio, il sistema fognario afferente all'impianto è di tipo separativo: la rete di raccolta delle acque nere ha uno sviluppo totale di circa 180 km e copre un bacino delimitato ad Est dal promontorio di Boccadasse e ad Ovest dalla collina di Carignano mentre a Nord, lungo la vallata del Bisagno, lo stesso si estende oltre i confini del Comune di Genova per raccogliere parte dei reflui di Bargagli e Davagna.

Parametro (ingresso all'impianto) – Condizioni di alimentazione di progetto	**U.d.m.**	**VALORE**
Carico equivalente (su base BOD_5)	**A.E.**	**250.000**
Portata media (Qm)	**m^3/d**	**50.000**
	m^3/h	**2.083,33**
Portata di punta nera (Qpn)	**m^3/h**	**3.145,83**
Portata massima in tempo di pioggia (presenza di infiltrazioni acque parassite) (3 Qm)	**m^3/h**	**6.250,00**
Carico medio di COD influente	kg/d	30.000
Concentrazione media di COD influente	mg/l	600
Carico medio di BOD_5 influente	kg/d	15.000
Concentrazione media di BOD_5 influente	mg/l	300
Carico medio di SST	kg/d	19.500
Concentrazione media di SST influente	mg/l	390
Carico medio di TKN influente	kg/d	3.000
Concentrazione media di TKN influente	mg/l	60
Carico medio di P_{tot} influente	kg/d	500
Concentrazione media di P_{tot} influente	mg/l	10

Tab. 8 – Stima dei carichi inquinanti in ingresso all'impianto di Punta Vagno – potenzialità di progetto

Come precedentemente osservato, oltre alle acque nere, è stata tuttavia riscontrata la presenza di infiltrazioni di acque meteoriche (anche rilevanti, in occasione di intensi eventi atmosferici). Si possono pertanto registrare periodicamente afflussi di portate anche sensibilmente superiori agli ordinari picchi giornalieri di tempo asciutto.

Per questo motivo, anche nella nuova configurazione progettuale, sarà mantenuto uno scolmatore allo sbocco della fognatura, così da proteggere l'impianto contro l'eventuale afflusso di portate eccedenti quella massima ammessa al trattamento, stabilita in 6.250 m^3/h. Il medesimo scolmatore potrà inoltre essere utilizzato per il by-pass dell'impianto in casi eccezionali (manutenzioni straordinarie, situazioni emergenziali, etc.)

Le acque sfiorate saranno comunque sottoposte a grigliatura mediante una griglia grossolana con le seguenti caratteristiche:

GRIGLIATURA BY-PASS (GME03-08A)

Parametro	U.d.m.	Valore
Tipologia	-	Verticale a barre
Numero dispositivi	-	1
Luce filtrante	mm	20
Portata di progetto della singola griglia (totale)	m^3/h	6.250,0
Angolo di installazione	°	75
Larghezza canale	m	1,9
Profondità canale	m	2,90
Potenza installata (totale)	kW	1,1
Altezza d'acqua minima a valle della griglia (portata di progetto)	m	1,44
Perdita di carico alla portata di progetto	cm	11

Il refluo grigliato sarà inviato allo scarico in mare mediante le esistenti condotte DN800 (per portate dell'ordine di 1,5 Qm) e DN1300 (per portate superiori a 1,5 Qm).

4.2 Grigliatura grossolana, sollevamento principale e grigliatura fine

Superato lo scolmatore di testa dell'impianto, i reflui saranno alimentati alla sezione di grigliatura grossolana, costituita da due dispositivi operanti in parallelo, con luci filtranti di 20 mm.

I nuovi dispositivi saranno collocati in corrispondenza di quelli esistenti.

GRIGLIATURA GROSSOLANA (GME01-03A; GME02-03A)

Parametro	U.d.m.	Valore
Tipologia	-	Verticale a barre
Numero dispositivi	-	2
Luce filtrante	mm	20
Portata di progetto della singola griglia (totale)	m^3/h	3.125,0 (6.250,0)
Angolo di installazione	°	75
Larghezza canale	m	1,10
Profondità canale	m	2,43
Potenza installata (totale)	kW	1,1
Altezza d'acqua minima a valle della griglia (portata di progetto)	m	1,44
Perdita di carico alla portata di progetto	cm	10

La produzione media di grigliato grezzo è stata quantificata in circa 1,0÷2,0 m^3/d.

I reflui grigliati saranno quindi inviati ai successivi trattamenti attraverso una nuova stazione di sollevamento che sostituirà le odierne coclee. Il reparto, caratterizzato da ingombri ridotti, sarà attrezzato con quattro pompe idrovore aventi le seguenti caratteristiche:

POMPE SOLLEVAMENTO PRINCIPALE (PCS01-03B; PCS02-03B; PCS03-03B, PCS04-03B)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi	-	3+1R
Tipologia	-	Idrovora
Installazione	-	Sommerse, in tubo contenitore
Tipologia fluido	-	Refluo grigliato (20 mm)
Portata di progetto del singolo dispositivo (totale)	m^3/h	2.083,3 (6.250,0)
Prevalenza (di cui geodetica)	m	4,87 (3,93)
Potenza nominale motore	kW	50
Avviamento/regolazione	-	Inverter

I liquami saranno quindi sottoposti a grigliatura fine. Allo scopo, saranno installate tre griglie a nastro forato (luci filtranti circolari di diametro 3,5 mm) operanti in parallelo. Tali griglie saranno collocate in appositi canali che verranno realizzati sfruttando parte del volume dell'attuale vasca di pre-aerazione. Al fine di mantenere un'adeguata velocità di deflusso dei reflui nei canali di alloggiamento dei dispositivi, le griglie saranno attivate sequenzialmente al crescere della portata da trattare.

GRIGLIATURA FINE (GME04-09A; GME05-09A; GME06-09A)

Parametro	U.d.m.	Valore
Tipologia	-	Nastro forato
Numero dispositivi	-	3
Luce filtrante (diametro)	mm	3,5
Portata di progetto della singola griglia (totale)	m^3/h	2.083,3 (6.250,0)
Angolo di installazione	°	60
Larghezza canale	m	1,80
Profondità canale	m	1,80
Potenza installata (totale)	kW	2,25
Altezza d'acqua minima a valle della griglia (portata di progetto)	m	0,89
Perdita di carico alla portata di progetto	cm	30

La produzione media di grigliato grezzo è stata quantificata in circa 6÷12 m^3/d, volumi che potranno essere pressoché dimezzati (circa 3÷6 m^3/d) con l'installazione di un compattatore con lavaggio del grigliato.

PRESSA CON LAVAGGIO DEL GRIGLIATO (COG01-09A)

Parametro	U.d.m.	Valore
Portata di progetto (grigliato)	m^3/h	1,5÷2,5
Portata massima di grigliato	m^3/h	4
Grado di compattazione del grigliato	%SS	35÷40
Riduzione media del peso del grigliato	%	50÷70
Potenza installata complessiva	kW	2,2

I canali convoglianti i liquami alle sezioni sopra descritte saranno coperti al fine di contenere la diffusione di odori molesti all'interno del depuratore, garantendo un maggiore comfort ambientale agli operatori.

4.3 Dissabbiatura

Il refluo grigliato sarà quindi alimentato alla sezione di dissabbiatura-disoleatura.

Essa sarà composta da due dissabbiatori-disoleatori longitudinali aerati provvisti dei necessari sistemi di insufflazione dell'aria e di raccolta delle sabbie e degli olii. Le seguenti tabelle riassumono i dati di dimensionamento dei manufatti e delle principali dotazioni elettromeccaniche.

COMPARTO DI DISSABBIATURA

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero di linee	-	2
Lunghezza interna bacini	m	18,40
Larghezza interna bacini	m	4,35
Profondità utile media bacini	m	3,60
Volume utile del singolo bacino	m^3	286,0
Superficie utile di sedimentazione del singolo bacino	m^2	80,0
Sezione trasversale del singolo bacino	m^2	15,7
Portata media di tempo secco in ingresso al comparto	m^3/h	2.083,33
Portata di punta in tempo secco in ingresso al comparto	m^3/h	3.145,83
Portata massima in ingresso al comparto ($3Q_m$)	m^3/h	6.250,00
Tempo di ritenzione alla portata di punta in tempo secco	min	10,9 (>10÷15)*
Tempo di ritenzione alla portata massima	min	5,5 (>4)*
Carico idraulico massimo	m/h	39,3 (<50)*
Velocità assiale massima	cm/s	5,5 (<10)*
Portata d'aria della singola linea	Nm^3/h	420 (@30°C, RH 70%)

Portata d'aria specifica (riferita al volume di vasca)	$Nm^3/h/m^3$	1,5 (1÷2)*

*Tra parentesi, sono riportati i valori dei diversi parametri consigliati dalla letteratura tecnica di settore.

COMPRESSORI AERAZIONE DISSABBIATURA (M12.01-04A; M12.02-04A)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi	-	1+1R
Tipologia	-	Volumetrici a lobi
Modalità operativa	-	Aerazione continua
Portata d'aria massima singolo dispositivo	Nm3/h	840 (@ 30°C RH 70%)
Pressione differenziale	mbar	370
Potenza nominale del motore	kW	15
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

RETE AERAZIONE DISSABBIATURA (DIFF01-04A; DIFF02-04B)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero bacini	-	2
Numero reti per bacino (totali)	-	1 (2)
Dimensioni utili del vano aerato	m	17,00 x 4,35 x 3,60 (h)
Tipologia diffusori	-	Tubolari a bolle grosse
Modalità operativa	-	Aerazione continua
Portata d'aria per singola rete	Nm^3/h	420 (@30°C, RH 70%)
Numero di diffusori per rete (totali)	-	24 (48)
Portata specifica di ciascun diffusore	$Nm^3/h/diff.$	17,5

CARROPONTE A CATENA CON SISTEMA DI RIMOZIONE OLII E GRASSI DISSABBIATURA (CRP01-04A; CRP02-04B)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero linee	-	2
Lunghezza zona deposito sabbie (singola linea)	m	17,00
Larghezza zona deposito sabbie (singola linea)	m	4,35
Potenza installata del motore elettrico	kW	0,25
Numero schiumatori a galleggiante per linea (totali)	-	1 (2)
Larghezza zona di raccolta olii (singola linea)	m	1,6
Potenza installata del motore elettrico pompa surnatanti (singola linea)	kW	2,4

Portata pompa surnatanti (singola linea)	m^3/h	15
Prevalenza pompa surnatanti	m	20

POMPE DI ESTRAZIONE DELLE SABBIE (PCS05-04A; PCS06-04B)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi per bacino (totali)	-	1 (2)
Tipologia	-	Elettropompe centrifughe
Installazione	-	Sommerse
Tipologia fluido	-	Miscela acqua/sabbie
Portata di progetto del singolo dispositivo	m^3/h	28,8
Prevalenza	m	4,6
Potenza nominale motore	kW	1,5
Avviamento	-	Diretto

Le sabbie estratte dai dissabbiatori saranno convogliate a due classificatori-lavatori con le seguenti caratteristiche:

CLASSIFICATORE SABBIE (CL01-04E; CL02-04E)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi	-	2
Portata di progetto	l/s	16
Grado di separazione sabbia con granulometria >0,2 mm	%	> 95
Contenuto organico della sabbia separata	%	< 3
Capacità di asporto sabbie	t/h	1,5
Potenza installata complessiva	kW	1,65

Per quanto attiene alla produzione di sabbie, essa può quantificarsi in circa 1 t/d o 365 t/anno (a valle della classificazione e del lavaggio). Gli olii e le altre sostanze flottanti raccolte dalla superficie dei dissabbiatori saranno convogliati ad un apposito serbatoio di accumulo dal quale potranno essere avviati allo smaltimento.

SERBATOIO ACCUMULO OLII (S01-04A)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero serbatoi di stoccaggio	-	1
Dimensioni del singolo serbatoio	m	2,25 (Φ) x 3,1 (h)
Volume utile del serbatoio	m^3	10

4.4 Chiarificazione accelerata

Il refluo fognario pretrattato sarà quindi inviato al trattamento primario. Quest'ultimo, ai fini della minimizzazione degli ingombri planimetrici, sarà operato per mezzo di filtri rotativi a tela (RBF), dispositivi che permettono infatti di conseguire rese di abbattimento confrontabili o anche superiori a quelle dei normali sedimentatori primari, a fronte tuttavia di un'occupazione di area inferiore di circa il 90% rispetto ai sistemi tradizionali.

Nel dettaglio, il nuovo reparto sarà costituito da 12 unità di trattamento sulle quali saranno distribuiti i liquami: ogni modulo sarà dotato di una robusta tela filtrante in polietilene (con apertura delle maglie pari a 0,350 mm) e di un sistema di pulizia della tela. Il refluo, alimentato al di sopra della tela, l'attraverserà e depositerà sulla sua superficie il materiale solido in sospensione. Il refluo chiarificato abbandonerà quindi il comparto mentre le sostanze trattenute saranno trasportate, con il lento movimento della tela, ad un punto di raccolta. Come già detto, le rese di abbattimento dei principali contaminanti sono analoghe a quelle dei normali sedimentatori primari e possono essere anche incrementate, se necessario, mediante il dosaggio di polielettroliti.

I canali di alimentazione ed i vani di alloggiamento dei filtri a tela saranno ricavati all'interno di due delle attuali vasche di sedimentazione primaria.

La seguente tabella riassume i principali parametri dimensionali e prestazionali assunti per il comparto in esame.

CHIARIFICAZIONE ACCELERATA (FIL01-04H; FIL02-04H; FIL03-04H; FIL04-04H; FIL05-04H; FIL06-04H; FIL07-04I; FIL08-04I; FIL09-04I; FIL10-04I; FIL11-04I; FIL12-04I)

Parametro	U.d.m.	Valore
Portata media di progetto del reparto	m^3/h	2.083,3
Portata massima di progetto del reparto	m^3/h	6.250,0
Concentrazione SST massima in ingresso	mg/l	800
Numero unità di filtrazione	-	12
Ulteriori accessori	-	Coclee estrazione fanghi e pompe acqua di lavaggio
Rimozione SST alla portata media	%	40,0 (50,0)*
Rimozione BOD_5 alla portata media	%	23,2 (29,0)*
Rimozione COD alla portata media	%	24,4 (30,5)*
Rimozione TKN alla portata media	%	11,3 (14,2)*
Rimozione P alla portata media	%	15,8 (19,8)*
*Valori ottenibili con dosaggio di agenti flocculanti		

STAZIONE DI PREPARAZIONE E DOSAGGIO POLIELETTROLITA (POL01-04F; POL02-04F + PD01-04H; PD02-04I)

Parametro	U.d.m.	Valore
Portata massima di soluzione preparata	l/h	3.000
Fabbisogno minimo di acqua di diluizione	m^3/h	3,5

Portata massima pompa dosaggio polielettrolita concentrato	l/h	120
Potenza installata	kW	3
Numero pompe dosaggio polielettrolita	-	2
Tipologia	-	A monovite eccentrica
Portata	l/h	500 – 3.500 l/h
Pressione mandata	bar	1
Potenza installata	kW	1,5
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

Sulla base dei rendimenti di rimozione previsti per i principali contaminanti, è possibile determinare le caratteristiche del refluo in uscita dal comparto, il quale costituirà a sua volta l'alimentazione del successivo trattamento biologico MBR.

Parametro (uscita dal trattamento primario)	U.d.m.	Valore
Portata media	m^3/d	50.000
	m^3/h	2.083,3
Portata di punta nera	m^3/h	3.145,0
Portata massima in tempo di pioggia	m^3/h	6.250,0
Carico medio di COD effluente	kg/d	22.680
Concentrazione media di COD effluente	mg/l	453,6
Carico medio di BOD_5 effluente	kg/d	11.523
Concentrazione media di BOD_5 effluente	mg/l	230,5
Carico medio di SST effluente	kg/d	11.700
Concentrazione media di SST effluente	mg/l	234,0
Carico medio di N-NH_4 effluente	kg/d	1.840
Concentrazione media di N-NH_4 effluente	mg/l	36,8
Carico medio di TKN effluente	kg/d	2.660
Concentrazione media di TKN effluente	mg/l	53,2
Carico medio di P_{tot} effluente	kg/d	421
Concentrazione media di P_{tot} effluente	mg/l	8,4

Il comparto genererà una portata di fanghi primari così quantificata:

Parametro	U.d.m.	Valore
Concentrazione dei fanghi estratti (SST)	kg/m^3	10
Produzione di fanghi (SST)	kg/d	7.800
Portata fanghi primari	m^3/d	780

POMPE DI RILANCIO FANGHI PRIMARI (MHP01-04H; MHP02-04H; MHP03-04I; MHP04-04I)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi	-	4
Tipologia	-	A monovite eccentrica
Installazione	-	In camera asciutta
Tipologia fluido	-	Fanghi primari (1 %)
Portata di progetto del singolo dispositivo	m^3/h	20
Prevalenza	m	10
Potenza nominale del motore	kW	4
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

I fanghi primari saranno miscelati con i fanghi di supero biologico all'interno di un'apposita vasca di accumulo ricavata nell'odierna pre-aerazione. Di qui, il flusso complessivo dei fanghi prodotti dall'impianto (con un tenore di sostanza secca dell'1% circa) sarà rilanciato, attraverso un apposito fangodotto, alla linea fanghi dell'impianto di Volpara (nell'immediato) o all'impianto centralizzato DAC (una volta realizzato), ove verrà adeguatamente trattato.

ELETTROMISCELATORI ACCUMULO FANGHI (MS23-10B; MS24-10B)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero vasche	-	1
Dimensioni utili della singola vasca	m	10,0 x 19,8 x 3,6 (h)
Tipologia fluido	-	Fanghi misti (1 %)
Numero dispositivi	-	2
Tipologia	-	Ad asse orizzontale
Spinta di reazione	N	490
Velocità di rotazione	rpm	705
Numero di pale	-	3
Diametro elica	mm	368
Potenza nominale	kW	2,5
Avviamento/regolazione	-	Diretto

Al riguardo, si precisa che il rilancio dei fanghi ad altro sito di trattamento sarà attuato mediante le pompe esistenti considerato che le stesse sono state recentemente sostituite e che, nel breve e medio periodo, non si prevede un incremento del quantitativo di fanghi prodotti dal depuratore di Punta Vagno (quantitativo che potrebbe anche essere lievemente inferiore all'attuale in virtù del maggior tempo di residenza cellulare che caratterizzerà il nuovo comparto biologico).

4.5 Equalizzazione

I restanti volumi dell'attuale sedimentazione primaria non interessati dall'inserimento dei pretrattamenti meccanici descritti ai paragrafi precedenti saranno convertiti in vasche di equalizzazione: tali vasche potranno accumulare temporaneamente le quote di portata eccedenti quella media di tempo secco, al fine di assicurare al comparto biologico un regime operativo il più possibile costante. Inoltre, le suddette vasche di equalizzazione potranno offrire un volume di invaso nell'ipotesi di limitazioni della capacità di trattamento dei reparti a valle in occasione di interventi manutentivi.

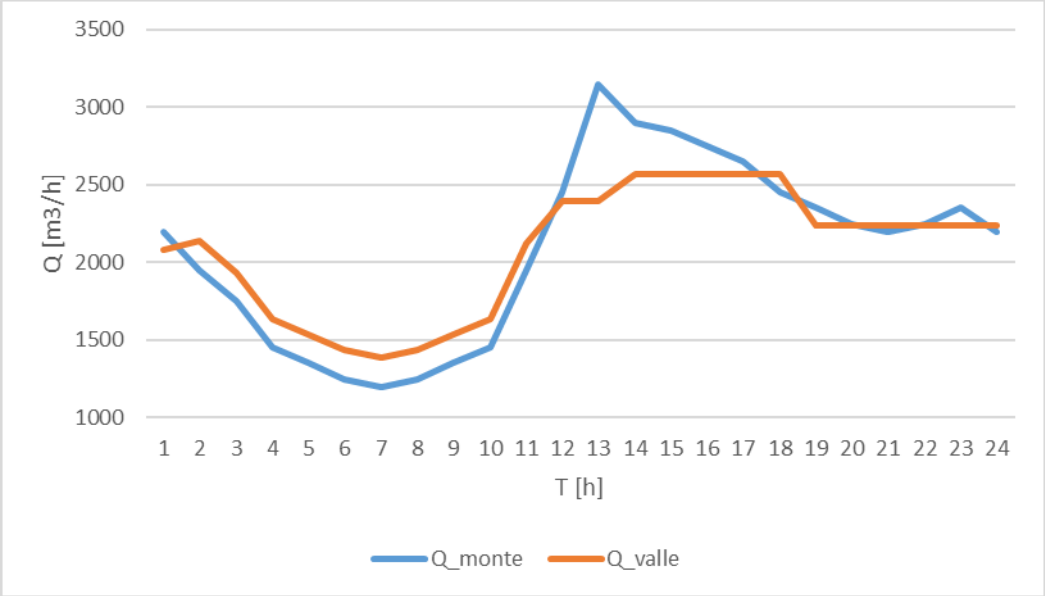


Fig. 5 – Andamento delle portate a monte ed a valle dell'equalizzazione. È evidente la laminazione del picco di portata che da 1,51 Qm si riduce a circa 1,25 Qm.

Il comparto di equalizzazione sarà alimentato mediante apposite paratoie a stramazzo installate sul canale di adduzione del refluo dai filtri a tela al successivo trattamento biologico ed asservite alla misura delle portate in uscita dalla dissabbiatura e dalle paratoie stesse. Al crescere delle portate in arrivo, il progressivo abbassamento delle paratoie determinerà l'invio di maggiori portate ai bacini di equalizzazione.

EQUALIZZAZIONE (EX SEDIMENTAZIONE PRIMARIA)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero bacini	-	2+1
Dimensioni utili dei bacini	m	2 x (49,8 x 6,25 x 3,40 (h)) + (8,30 x 9,30 x 3,40 (h))
Volume utile dei bacini (totale)	m	2 x 1.058 + 262 (2.379)

I liquami accumulati nei bacini saranno rilanciati con gradualità alla linea acque mediante apposite pompe.

POMPA DI SVUOTAMENTO DELL'EQUALIZZAZIONE (PC01-04T; PC02-04T; PC03-04T)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi	-	2+1R
Tipologia	-	Elettropompe centrifughe
Installazione	-	Sommerse
Tipologia fluido	-	Refluo chiarificato
Portata di progetto del singolo dispositivo (totale)	m^3/h	450 (900)
Prevalenza (di cui geodetica)	m	3,70 (2,70)
Potenza nominale motore	kW	9
Avviamento	-	Con inverter

ELETTROMISCELATORI EQUALIZZAZIONE (MS01-04Q; MS02-04Q; MS03-04R; MS04-04R; MS05-04R; MS06-04R; MS07-04S; MS08-04S; MS09-04S; MS10-04S)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero vasche	-	2+1
Dimensioni utili della singola vasca	m	2 x (49,8 x 6,25 x 3,40 (h)) + (8,30 x 9,30 x 3,40 (h))
Tipologia fluido	-	Refluo chiarificato
Numero dispositivi per vasca (totali)	-	2 x 4 + 2 (10)
Tipologia	-	Ad asse orizzontale
Spinta di reazione	N	256
Velocità di rotazione	rpm	156
Numero di pale	-	3
Diametro elica	mm	580
Potenza nominale	kW	1,5
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

4.6 Sfioro dei sovrafflussi idraulici

Come già detto, in tempo di pioggia all'impianto potrà giungere una portata massima di 6.250 m^3/h, corrispondente al triplo della portata media di tempo secco (3 Qm). Di questo volume di refluo, non più di 4.167 m^3/h (2 Qm) saranno ammessi ai successivi trattamenti. Il volume idrico eccedente tale quantità sarà scolmato direttamente verso la condotta sottomarina di scarico.

La suddetta diversione dei sovrafflussi idraulici sarà operata attraverso uno sfioratori collocati a valle della sezione di chiarificazione primaria. Anche in questo caso, la regolazione della portata sfiorata sarà operata da paratoie motorizzate installate sul canale di adduzione del refluo al trattamento biologico ed asservite alla misura delle portate in uscita dalla dissabbiatura e dallo scolmatore stesso. Al crescere delle portate in arrivo, il progressivo abbassamento delle paratoie determinerà la diversione di maggiori portate verso lo scarico.

4.7 Trattamento biologico MBR

I reflui transitanti a valle dello sfioratore sopra descritto, sottoposti ai pretrattamenti ed al trattamento primario, saranno infine alimentati al comparto biologico. Quest'ultimo sarà di tipo MBR (reattore biologico a membrane): esso sarà quindi strutturato come un normale reparto di ossidazione a fanghi attivi (operante la rimozione del substrato carbonioso e dell'azoto) con la differenza sostanziale che la separazione della biomassa sospesa dall'effluente finale sarà attuata, anziché mediante i tradizionali sedimentatori, attraverso la filtrazione della miscela aerata su apposite membrane a fogli di fibre cave supportate in PVDF con una porosità nominale non superiore a 0,04 µm.

Per quanto riguarda lo specifico schema di processo, il reparto di ossidazione biologica sarà predisposto per essere gestito secondo il tradizionale processo MLE (Modified Ludzack Ettinger): esso riceverà i reflui in una prima sezione mantenuta in condizioni anossiche dove avverrà la denitrificazione (ovvero la trasformazione dei nitrati in azoto molecolare); i liquami passeranno quindi ad una seconda regione aerobica dove sarà attuata la nitrificazione (ossidazione dell'azoto ammoniacale a nitrato). I nitrati generati nel secondo stadio saranno alimentati al primo attraverso il ricircolo proveniente dalla sezione di ultrafiltrazione (di cui si tratterà nel seguito). Nel compartimento aerobico la miscelazione dei fanghi sarà assicurata dalla turbolenza associata all'aerazione; in quello anossico, saranno attivi appositi miscelatori sommersi.

Attraverso le diverse zone (anossiche ed aerobiche) saranno inoltre degradati gli altri principali contaminanti (COD, BOD_5 e P in primis).

Come anticipato, i volumi del nuovo comparto biologico MBR saranno ricavati attraverso la riconversione degli odierni reparti di ossidazione e di sedimentazione finale. Nel dettaglio, quattro delle dieci vasche a pianta quadrata attualmente utilizzate per l'ossidazione verranno trasformate in un comparto di denitrificazione articolato su due linee parallele.

Il refluo passerà quindi ad una prima sezione aerobica (sempre suddivisa su due linee parallele), costituita dalle rimanenti sei vasche dell'odierno comparto biologico. Di qui, attraverso canali a superficie libera, la miscela aerata sarà trasferita ad una seconda sezione aerobica, articolata su quattro linee parallele e ricavata sfruttando parte del volume degli attuali sedimentatori secondari. I nitrati generati nello stadio aerobico saranno alimentati a quello anossico sopra descritto attraverso il ricircolo proveniente dalla sezione di ultrafiltrazione.

La tabella seguente riassume le volumetrie del comparto biologico in progetto.

COMPARTO BIOLOGICO

Parametro	U.d.m.	Valore
Denitrificazione (ex ossidazione biologica)		
Numero bacini di denitrificazione	-	4
Dimensioni utili di ciascuna vasca di denitrificazione	m	14,00 x 14,00 x 4,09 (h)
Volume utile della singola vasca di denitrificazione (totale)	m^3	801,64 (3.206,6)
Nitrificazione (ex ossidazione biologica)		
Numero bacini di nitrificazione	-	6
Dimensioni utili di ciascuna vasca di nitrificazione	m	14,00 x 14,00 x 4,05 (h)
Volume utile della singola vasca di nitrificazione (totale)	m^3	793,8 (4.762,8)
Nitrificazione (ex sedimentazione finale)		
Numero bacini di nitrificazione	-	4
Dimensioni utili di ciascuna vasca di nitrificazione	m	42,70 x 6,00 x 3,47 (h)
Volume utile della singola vasca di nitrificazione (totale)	m^3	889,0 (3.556,1)
Dimensioni utili canale ripartitore a valle della nitrificazione	m	25,16 x 1,30 x 3,12 (h)
Volume utile canale ripartitore a valle della nitrificazione	m^3	102,0
Vasche alloggiamento membrane (ex sedimentazione finale)		
Numero vasche alloggiamento membrane	-	7
Dimensioni utili di ciascuna vasca alloggiamento membrane	m	27,00 x 2,74 x 3,09 (h)
Volume utile della singola vasca alloggiamento membrane (totale)	m^3	228,6 (1.600,2)
Vano ricircolo miscela aerata (ex sedimentazione finale)		
Dimensioni utili vano ricircolo miscela aerata	m	122,3 (sup.) x 2,83 (h)
Volume utile vano ricircolo miscela aerata	m^3	346,1
Volumi complessivi		
Totale volumi anossici	m^3	3.206,6
Totale volumi aerobici	m^3	10.367,2
Totale volume comparto biologico	m^3	13.573,8

Il comparto di denitrificazione sarà attrezzato con appositi miscelatori sommersi, aventi le caratteristiche riportate in tabella.

ELETTROMISCELATORI DENITRIFICAZIONE (MS11-05B; MS12-05B; MS13-05C; MS14-05C; MS15-05D; MS16-05D; MS17-05E; MS18-05E; MS19-05F; MS20-05F; MS21-05G; MS22-05G)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero vasche	-	4 + 2
Dimensioni utili della singola vasca	m	14,00 x 14,00 x 4,09 (h)
Tipologia fluido	-	Miscela aerata (0,6 ÷ 1,0 %)
Numero dispositivi per vasca (totali)	-	2 (8) + 2 (4)
Tipologia	-	Ad asse orizzontale
Spinta di reazione	N	492
Velocità di rotazione	rpm	216
Numero di pale	-	3
Diametro elica	mm	580
Potenza nominale	kW	1,5
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

I miscelatori **MS19-05F; MS20-05F; MS21-05G; MS22-05G** saranno installati nelle vasche di ossidazione, 05G e 05F, per consentire un eventuale conversione della stessa a denitrificazione.

L'aria di processo sarà fornita da compressori che alimenteranno le reti di aerazione ed i diffusori, i quali saranno installati sul fondo delle vasche di ossidazione/nitrificazione.

Considerata la conformazione del reparto di nitrificazione e la maggiore richiesta di ossigeno nei bacini di monte, si prevede una distribuzione dei diffusori a densità differenziata, maggiore all'ingresso e minore all'uscita del comparto.

SISTEMA DI DIFFUSIONE DELL'ARIA VASCHE EX OSSIDAZIONE (DIFF03-05F; DIFF04-05G; DIFF05-05H; DIFF06-05I; DIFF07-05L; DIFF08-05M)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero bacini	-	6
Dimensioni utili del singolo bacino	m	14,00 x 14,00 x 4,05 (h)
Tipologia diffusori	-	A disco, bolle fini
Modalità operativa	-	Aerazione continua
Numero sottoreti per singolo bacino (totali)	-	2 (12)
Numero diffusori per singolo bacino (totali)	-	960 (5.760)
Portata d'ossigeno (SOTR) complessiva	kg O_2/h	1.100 ÷ 2.600
Efficienza di trasferimento in condizioni standard (SOTE) nel campo operativo	%	≥ 23,7

SISTEMA DI DIFFUSIONE DELL'ARIA VASCHE EX SEDIMENTAZIONE
(DIFF09-06B; DIFF10-06C; DIFF11-06D; DIFF12-06E)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero bacini	-	4
Dimensioni utili del singolo bacino	m	42,70 x 6,00 x 3,47 (h)
Tipologia diffusori	-	A disco, bolle fini
Modalità operativa	-	Aerazione continua
Numero sottoreti per singolo bacino (totali)	-	3 (12)
Numero diffusori per singolo bacino (totali)	-	720 (2.880)
Portata d'ossigeno (SOTR) complessiva	kg O_2/h	290 ÷ 1.000
Efficienza di trasferimento in condizioni standard (SOTE) nel campo operativo	%	≥ 20,1

COMPRESSORI AERAZIONE VASCHE EX OSSIDAZIONE
(M12.03-05F; M12.04-05F; M12.05-05G; M12.06-05G; M12.07-05G)

Parametro	U.d.m.	Valore
Portata d'aria richiesta	Nm^3/h	13.096 ÷ 36.632 (@ 35°C RH 90%)
Numero dispositivi	-	4+1R
Tipologia	-	Turbocompressori
Modalità operativa	-	Aerazione continua
Portata d'aria massima singolo dispositivo (totale)	Nm^3/h	7.398 (36.990) (@ 35°C RH 90%)
Pressione differenziale	mbar	500
Potenza assorbita all'albero	kW	132,0
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

COMPRESSORI AERAZIONE VASCHE EX SEDIMENTAZIONE
(M12.08-06B; M12.09-06C; M12.10-06D; M12.11-06E)

Parametro	U.d.m.	Valore
Portata d'aria richiesta	Nm^3/h	3.688 ÷ 16.610 (@ 35°C RH 90%)
Numero dispositivi	-	3+1R
Tipologia	-	Turbocompressori
Modalità operativa	-	Aerazione continua
Portata d'aria massima singolo dispositivo (totale)	Nm^3/h	6.249 (18.747) (@ 35°C RH 90%)

Pressione differenziale	mbar	500
Potenza assorbita all'albero	kW	106,6
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

Per quanto riguarda la rimozione del fosforo, il contributo dell'attività biosintetica appare sufficiente a garantire il rispetto del limite di concentrazione stabilito per il recapito in mare dalla tabella 3 dell'Allegato V alla Parte III del D.Lgs 152/06. Qualora fosse necessario rispettare i limiti per l'eventuale riutilizzo o si dovesse far fronte all'afflusso di carichi di fosforo maggiori rispetto a quelli ipotizzati, si potrà provvedere al dosaggio di sali metallici (per esempio, policloruro di alluminio) all'interno dei bacini di ossidazione, in coprecipitazione. Allo scopo, saranno installati un serbatoio di stoccaggio dei reagenti e le relative pompe dosatrici.

SISTEMA STOCCAGGIO E DOSAGGIO AGENTI DEFOSFATANTI
(S02-05A; S03-05A + PD03-05A; PD04-05A; PD05-05A)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero pompe dosatrici	-	2+1R
Tipologia	-	A membrana
Tipologia fluido	-	Soluzione commerciale PACl
Portata	l/h	50 – 340
Pressione operativa massima	bar	5
Potenza installata	kW	0,37
Avviamento	-	Diretto
Numero serbatoi di stoccaggio	-	2
Dimensioni del singolo serbatoio	m	2,25 (Φ) x 3,1 (h)
Volume utile di ciascun serbatoio	m^3	10

La miscela aerata sarà quindi convogliata alla sezione di ultrafiltrazione, ricavata riconvertendo la parte terminale degli odierni sedimentatori finali: qui una portata sostanzialmente pari a quella in ingresso sarà filtrata attraverso le membrane, le quali tratterranno nelle relative vasche di alloggiamento le biomasse ed i solidi in sospensione nella miscela aerata.

Ne consegue che, a monte delle membrane, la concentrazione di solidi risulterà maggiore rispetto a quella dei reattori biologici.

Onde contenere tale concentrazione entro valori accettabili per assicurare il regolare funzionamento delle membrane e allo stesso tempo mantenere la voluta concentrazione della biomassa in ossidazione (altrimenti dilavata dal refluo grezzo in ingresso), si provvederà ad un ricircolo della miscela concentrata nei bacini di ultrafiltrazione (il cosiddetto retentato) in testa al comparto biologico.

Nei riguardi del comparto di ossidazione biologica, tale ricircolo ha dunque la medesima funzione del ricircolo fanghi dai sedimentatori nei processi a fanghi attivi convenzionali.

La portata convogliata all'ossidazione, calcolata sulla base di un bilancio di massa associato al mantenimento di concentrazioni di 8-9 kg SS/m^3 nel comparto biologico e di 10-12 kg SS/m^3 nei bacini di ultrafiltrazione, assume normalmente valori elevati, dell'ordine di 3÷4 volte la portata del refluo in ingresso.

Tutto ciò premesso, il circuito idraulico della sezione di ultrafiltrazione sarà così impostato:

- la miscela aerata sarà convogliata dall'ossidazione alle vasche di ultrafiltrazione per gravità e sarà distribuita a sette treni di filtrazione, alloggiati all'interno di un ugual numero di bacini. L'apparato di ultrafiltrazione presenterà quindi le seguenti caratteristiche:

SEZIONE DI ULTRAFILTRAZIONE A MEMBRANE
(MBR01-06G; MBR02-06H; MBR03-06I; MBR04-06L; MBR05-06M; MBR06-06N; MBR07-06O)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero treni	-	7
Dimensioni utili dei bacini di alloggiamento	m	27,00 x 2,74 x 3,09 (h)
Volume utile del singolo bacino (totale)	m^3	228,6 (1.600,2)
Portata media complessiva da filtrare	m^3/h	2.083,3
Portata massima complessiva da filtrare*	m^3/h	4.166,7
Superficie filtrante per singolo treno (totale)	m^2	19.524 (136.671)
Superficie filtrante installabile per singolo treno (totale)	m^2	22.900 (160.306)
Flusso specifico medio (massimo)	l/m^2/h	15,2 (30,5)

* per 3 giorni consecutivi o per 1 giorno con un treno fuori servizio.

- dalle membrane sarà estratto l'effluente depurato (il cosiddetto permeato). L'estrazione avverrà per mezzo di apposite pompe volumetriche, che verranno utilizzate anche per le operazioni di controlavaggio, invertendone il senso di rotazione e spillando direttamente dal collettore di mandata alle vasche:

POMPE ESTR. PERMEATO(PCS15-06G; PCS16-06G; PCS17-06H; PCS18-06H; PCS19-06I; PCS20-06I; PCS21-06L; PCS22-06L; PCS23-06M; PCS24-06M; PCS25-06N; PCS26-06N; PCS27-06O; PCS28-06O)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero linee	-	7
Numero dispositivi per linea (totali)	-	2 (14)
Tipologia	-	Volumetriche (a lobi reversibili)
Installazione	-	In camera asciutta
Tipologia fluido	-	Effluente depurato (valle UF)
Portata di progetto del singolo dispositivo	m^3/h	133,1 ÷ 428
Prevalenza	m	10
NPSH disponibile	m	2,8
Potenza nominale motore	kW	22

Avviamento/regolazione	-	Con inverter

– la portata destinata al ricircolo dei fanghi in testa al comparto biologico sarà sfiorata dalla sommità dei bacini di ultrafiltrazione e sarà conferita, per gravità, ad un canale di raccolta: di qui, la portata sarà alimentata ad una stazione di sollevamento attrezzata con apposite pompe idrovore.

POMPE RICIRCOLO MISCELA AERATA
(PCS09-06Q; PCS10-06Q; PCS11-06Q; PCS12-06Q; PCS13-06Q; PCS14-06Q)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi	-	6
Tipologia	-	Idrovora
Installazione	-	Sommerse, in tubo contenitore
Tipologia fluido	-	Miscela aerata (0,6 ÷ 1,0 %)
Portata di progetto del singolo dispositivo (totale)	m^3/h	2.083,33 (12.500)
Prevalenza (di cui geodetica)	m	3,6 (3,1)
Potenza nominale motore	kW	35
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

Oltre alle dotazioni sopra descritte, la sezione di ultrafiltrazione sarà completata dalle apparecchiature necessarie alla pulizia delle membrane. Quest'ultima operazione sarà infatti operata secondo le modalità di seguito elencate:

– mediante il cosiddetto *air-scouring*, ovvero la pulizia della superficie esterna delle membrane attuata tramite l'insufflazione di aria alla base degli elementi filtranti: la turbolenza generata dalle bolle d'aria nella loro risalita verso la superficie provoca il distacco e la risospensione dei solidi accumulatisi sulla superficie delle membrane. Allo scopo, saranno installati appositi compressori, distinti da quelli richiesti per l'aerazione del comparto biologico:

COMPRESSORI PULIZIA MEMBRANE (MS12.01-06G; MS12.02-06H; MS12.03-06I; MS12.04-06L; MS12.05-06M; MS12.06-06N; MS12.07-06O; MS12.08-06O)

Parametro	U.d.m.	Valore
Portata d'aria complessiva (minima)	Nm^3/h	10.094 (@ 30°C RH 90%)
Portata d'aria complessiva (massima)	Nm^3/h	32.900 (@ 30°C RH 90%)
Numero dispositivi	-	7+1R
Tipologia	-	Turbosoffiante
Modalità operativa	-	Protocollo aerazione membrane
Portata d'aria massima singolo dispositivo (totale)	Nm^3/h	4.700 (32.900) (@ 30°C RH 90%)
Pressione differenziale	mbar	400
Potenza assorbita all'albero	kW	65,6
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

Come anticipato, occorre al riguardo osservare che le significative portate d'aria immesse nelle vasche di contenimento delle membrane per la pulizia di queste ultime contribuiscono ad innalzare l'ossigeno disciolto nella miscela aerata che viene ricircolata in testa al comparto biologico. Tale apporto di ossigeno è stato considerato nelle successive analisi di processo.

- Il controlavaggio è operato ciclicamente, per pochi secondi, intervallato alle normali fasi di estrazione del permeato, con dosaggio di reagenti chimici. In particolare, si distingue:
  - la pulizia di mantenimento (o MC, maintenance cleaning) che consiste in un controlavaggio con permeato additivato con reagenti chimici (alternativamente ipoclorito di sodio e acido citrico, a seconda del tipo di incrostazioni da rimuovere) avente durata di alcune decine di minuti ed effettuato, indicativamente, una o due volte a settimana;
  - la pulizia chimica straordinaria (o RC, recovery cleaning), attuata poche volte nell'arco dell'anno; essa richiede che le vasche di alloggiamento delle membrane siano completamente svuotate del fango e riempite con le soluzioni di lavaggio (per esempio, un primo trattamento con una soluzione di ipoclorito di sodio ed un secondo con una soluzione di acido citrico) per una durata complessiva di circa 8-12 ore.

Le operazioni descritte ai punti precedenti comportano la messa fuori servizio di una linea di filtrazione: la portata normalmente trattata da quest'ultima sarà quindi distribuita sulle altre linee disponibili grazie all'interconnessione dei sistemi di alimentazione.

SISTEMA STOCCAGGIO E DOSAGGIO ACIDO CITRICO (S05-06F+ M406.4-06F; M406.5-06F; M406.6-06F)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero pompe dosatrici	-	2+1R
Tipologia	-	A membrana
Tipologia fluido	-	Soluzione commerciale acido citrico
Portata	l/h	600 ÷ 1.600
Pressione operativa massima	bar	4
Potenza installata	kW	0,75
Avviamento	-	Diretto
Numero serbatoi di stoccaggio	-	1
Dimensioni del singolo serbatoio	m	2,25 (Φ) x 3,10 (h)
Volume utile di ciascun serbatoio	m^3	10,0

SISTEMA STOCCAGGIO E DOSAGGIO IPOCLORITO DI SODIO (S04-06F+ M406.1-06F; M406.2-06F; M406.3-06F)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero pompe dosatrici	-	2+1R
Tipologia	-	A membrana

Tipologia fluido	-	Soluzione commerciale ipoclorito di sodio
Portata	l/h	300 ÷ 2.300
Pressione operativa massima	bar	4
Potenza installata	kW	1,1
Avviamento	-	Diretto
Numero serbatoi di stoccaggio	-	1
Dimensioni del singolo serbatoio	m	2,25 (Φ) x 3,1 (h)
Volume utile di ciascun serbatoio	m^3	10

Per agevolare le operazioni di pulizia sopra descritte il comparto sarà inoltre provvisto di un volume di accumulo del permeato. Un compartimento di tale bacino potrà anche essere impiegato per lo stoccaggio dell'effluente depurato in vista di un possibile riutilizzo.

Dalle vasche di alloggiamento delle membrane sarà inoltre estratto il fango di supero, al fine di mantenere la concentrazione di biomassa nei reattori attorno al valore desiderato.

Ogni linea del comparto MBR sarà attrezzata con strumentazioni di misura dell'ossigeno disciolto, dell'ammoniaca, dei nitrati, del pH, del potenziale di ossidoriduzione e dei livelli nelle vasche di ossidazione e di ultrafiltrazione. I segnali delle suddette sonde permetteranno la gestione completamente automatica dell'aerazione, dei ricircoli e della filtrazione.

POMPE ESTRAZIONE FANGHI DI SUPERO (PCS29-06T; PCS30-06T; PCS31-06T)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi	-	3
Tipologia	-	Centrifughe
Installazione	-	In camera asciutta
Tipologia fluido	-	Fango di supero (0,9÷1,2 %)
Portata di progetto del singolo dispositivo (totale)	m^3/h	120 (360)
Prevalenza (di cui geodetica)	m	9,5 (7,0)
Potenza nominale motore	kW	7,5
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

POMPE ACQUA SERVIZI (PCS32-06S; PCS33-06S; PCS34-06S)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi	-	2+1R
Tipologia	-	Centrifughe verticali
Installazione	-	In camera asciutta
Tipologia fluido	-	Effluente depurato (valle UF)

Portata di progetto del singolo dispositivo	m^3/h	60
Prevalenza	bar	7
Potenza nominale motore	kW	18,5
Avviamento/regolazione	-	Diretto

4.7.1 Verifiche di processo del comparto biologico

Le prestazioni del comparto biologico sono state verificate attraverso apposite simulazioni di processo condotte con il software BioWin, il quale implementa i modelli ASM1, ASM2 e ASM3 dell'IWA (International Water Association).

In particolare, sono stati considerati i seguenti scenari:

- **scenari 1, 2 e 3**: carico di progetto (corrispondente a 250.000 A.E.), funzionamento con schema MLE, varie temperature del refluo e dell'aria, assenza di defosfatazione chimica;
- **scenari 4, 5 e 6**: carico di progetto (corrispondente a 250.000 A.E.), funzionamento con schema MLE, varie temperature del refluo e dell'aria, con defosfatazione chimica;
- **scenari 7, 8 e 9**: situazione transitoria in cui al carico odierno (corrispondente a 200.000 A.E.) si aggiunge il contributo dei dreni generati dal trattamento fanghi presso altro impianto, funzionamento con schema MLE, varie temperature del refluo e dell'aria, con defosfatazione chimica.

	Parametro	u.d.m.	Scenario 1	Scenario 2	Scenario 3	Scenario 4	Scenario 5	Scenario 6	Scenario 7	Scenario 8	Scenario 9
	Schema di processo	-	M.L.E.	M.L.E.	M.L.E.	M.L.E.	M.L.E.	M.L.E.	M.L.E.	M.L.E.	M.L.E.
Dati geometrici	**Volume complessivo del comparto biologico**	m^3	13573.8	13573.8	13573.8	13573.8	13573.8	13573.8	13573.8	13573.8	13573.8
	Volume anossico comparto biologico	m^3	3206.6	3206.6	3206.6	3206.6	3206.6	3206.6	3206.6	3206.6	3206.6
	Volume aerobico comparto biologico	m^3	10367.2	10367.2	10367.2	10367.2	10367.2	10367.2	10367.2	10367.2	10367.2
	Profondità utile dei bacini	m	4.1 - 3.5	4.1 - 3.5	4.1 - 3.5	4.1 - 3.5	4.1 - 3.5	4.1 - 3.5	4.1 - 3.5	4.1 - 3.5	4.1 - 3.5
Condizioni di alimentazione	**Portata media**	m^3/d	50000	50000	50000	50000	50000	50000	41600	41600	41600
		m^3/h	2083.3	2083.3	2083.3	2083.3	2083.3	2083.3	1733.3	2166.7	1733.3
	Portata massima	m^3/h	6250.0	6250.0	6250.0	6250.0	6250.0	6250.0	6250.0	6250.0	6250.0
	BOD_5	mg/l	230.5	230.5	230.5	230.5	230.5	230.5	236.2	236.2	236.2
	COD totale	mg/l	453.6	453.6	453.6	453.6	453.6	453.6	464.5	464.5	464.5
	Azoto totale (N)	mg/l	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	53.2	67.3	67.3	67.3
	Fosforo totale (P)	mg/l	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	8.4	11.8	11.8	11.8
	Solidi sospesi totali (SST)	mg/l	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	234.0	237.1	237.1	237.1
Condizioni operative	Temperatura del refluo	°C	12	20	25	12	20	25	12	20	25
	Temperatura dell'aria	°C	5	20	35	5	20	35	5	20	35
	Portata ricircolo miscela aerata a UF	m^3/d	250000	250000	250000	250000	250000	250000	210000	210000	210000
	Portata di estrazione fanghi di supero	m^3/d	935	850	800	1050	935	900	800	700	670
	Ampiezza del ciclo di aerazione	h	24	24	24	24	24	24	24	24	24
	Frazione aerobica del ciclo di aerazione	%	100	100	100	100	100	100	100	100	100
	Dosaggio di agente defosfatante	mg Al/l	0.0	0.0	0.0	5.5	6.9	7.3	0.0	1.0	1.4
	Concentrazione media di SST nei reattori biologici	mg/l	9437	8723	8470	9445	9270	8976	9170	8969	8720
	Concentrazione di SST nelle vasche UF	mg/l	11765	10874	10559	11770	11553	11186	11430	11182	10871
	Produzione di fanghi di supero (SST)	kg/d	11001	9243	8447	12358	10802	10068	9144	7828	7283
	Età del fango (SRT)	d	12	13	14	11	12	12	14	16	17
Caratteristiche dell'effluente dalla UF	**BOD_5**	mg/l	**1.4**	**1.2**	**1.2**	**1.3**	**1.2**	**1.2**	**1.3**	**1.1**	**1.1**
	COD totale	mg/l	**44.5**	**44.5**	**44.7**	**44.3**	**44.3**	**44.4**	**44.5**	**44.5**	**44.6**
	Azoto totale (N)	mg/l	**10.4**	**10.7**	**11.0**	**10.5**	**10.7**	**11.0**	**18.2**	**18.1**	**18.5**
	Azoto nitrico ($N\text{-}NO_3$)	mg/l	9.5	9.9	10.1	9.4	9.9	10.1	17.5	17.4	17.6
	Azoto ammoniacale ($N\text{-}NH_4$)	mg/l	**0.2**	**0.1**	**0.0**	**0.4**	**0.1**	**0.1**	**0.1**	**0.0**	**0.0**
	Fosforo totale (P)	mg/l	**6.4**	**7.3**	**7.7**	**2.0**	**1.9**	**2.0**	**10.0**	**9.8**	**9.8**
	Solidi sospesi totali (SST)	mg/l	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**	**3.0**
Aerazione del comparto biologico	Set-point di ossigeno nei reattori (aerazione attiva)	mg/l	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0	2.0
	Fabbisogno medio di ossigeno (AOR)	kg/d	**15499**	**17724**	**18597**	**15077**	**17558**	**18453**	**15554**	**17261**	**17834**
	Fabbisogno di ossigeno (AOR) condizioni di punta	kg/h	875	988	1024	846	984	1018	877	962	964
	Fabbisogno medio di ossigeno c.s. (SOR)	kg/d	**41696**	**45583**	**46919**	**40591**	**47372**	**48664**	**40875**	**45359**	**45987**
	Fabbisogno di ossigeno c.s. (SOR) condizioni di punta	kg/h	2353.4	2541.5	2582.3	2276.9	2655.0	2683.7	2305.9	2527.9	2485.5
	Resa trasferimento ossigeno (SOTE) - portata media	%	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0	27.0
	Resa trasferimento ossigeno (SOTE) - portata massima	%	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0	23.0
	Portata d'aria media giornaliera	Nm^3/h	**21449**	**23448**	**24135**	**20880**	**24369**	**25033**	**21026**	**23333**	**23656**
	Portata d'aria massima (in condizioni di punta)	Nm^3/h	**34107**	**36834**	**37425**	**32999**	**38479**	**38894**	**33419**	**36636**	**36022**
	Consumi energetici medi per l'aerazione	kWh/d	**14156**	**15476**	**15929**	**13781**	**16083**	**16522**	**13877**	**15400**	**15613**

Riferimenti per gli obiettivi di qualità dello scarico

	Tabb. 1 e 3 All. 5 Parte III D.Lgs. 152/06		D.M. 185/03
Parametro	**Concentrazione [mg/l]**	**Riduzione**	**Concentrazione [mg/l]**
BOD_5	≤ 25	80	≤ 20
COD	≤ 125	75	≤ 100
SST	≤ 35	90	≤ 10
Azoto ammoniacale (NH_4^+)	≤ 15	-	≤ 2
Azoto nitrico (N)	≤ 20	-	-
Azoto totale (N)	-	-	≤ 15
Fosforo totale	≤ 10	-	≤ 2

Dall'analisi effettuata si osserva che i limiti allo scarico del D.Lgs. 152/06 sono rispettati con ampio margine di sicurezza. Inoltre, operando la defosfatazione chimica (per abbattere la concentrazione di fosforo al di sotto dei 2 mg/l), si può notare come la qualità dell'effluente possa risultare potenzialmente conforme ai requisiti stabiliti dal D.M. 185/03 per il riutilizzo della risorsa idrica. In tal caso, un'aliquota dell'effluente potrà essere recuperata ed impiegata per alimentare i circuiti tecnici interni all'impianto o la rete antincendio.

4.8 Il rilancio a mare dell'effluente

L'effluente depurato, al netto della quota eventualmente destinata al riutilizzo presso l'impianto, sarà conferito ad una apposita vasca di accumulo (esistente) da cui, per mezzo di apposite pompe, sarà rilanciato allo scarico in mare attraverso l'esistente condotta sottomarina. Alla suddetta vasca di accumulo saranno convogliate anche le portate di pioggia sfiorate a valle della chiarificazione primaria.

La stazione di rilancio a mare vedrà l'afflusso di maggiori portate rispetto alla situazione attuale, il che richiederà la sostituzione delle pompe con nuovi dispositivi con le seguenti caratteristiche tecniche:

POMPE ALIMENTAZIONE CONDOTTA SOTTOMARINA (PCS35-07B; PCS36-07B; PCS37-07B; PCS38-07B)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero dispositivi	-	3+1R
Tipologia	-	Centrifughe
Installazione	-	Sommerse
Tipologia fluido	-	Refluo trattato
Portata di progetto del singolo dispositivo (totale)	m^3/h	2.110 (6.250)
Prevalenza*	m	16,8
Potenza nominale motore	kW	180,00
Avviamento/regolazione	-	Con inverter

* alla portata totale dell'impianto, con tre pompe funzionanti in parallelo

5 CALCOLI IDRAULICI

Per i dettagli dei calcoli idraulici in base ai quali sono state definite le caratteristiche degli impianti descritti ai paragrafi precedenti (pompe, compressori, tubazioni, etc.), si rimanda alla specifica relazione allegata.