Comune

GENOVA

Provincia

GENOVA

Titolo del progetto

REALIZZAZIONE DEL NUOVO IMPIANTO DI DEPURAZIONE AREA CENTRALE DI GENOVA - D.A.C.

Livello di progettazione	Settore di business	Disciplina
D - DEFINITIVO	I2 - DEPURAZIONE	GEN - GENERALE

Numero	Titolo	Scala
RT - 001-01	RELAZIONE GENERALE	

ID Progetto	Titolo sintetico (nome file di stampa)	Codifica WBS
2016GESI0025-00	2016GESI0025-00-D-I2-GEN-RT-001-01.pdf	C10I2-L058-01-0004

Rev.	Data	Descrizione	Redatto	Controllato	Approvato
01	Aprile 2018	Emissione per integrazione	AS	CP	CC
00	Dicembre 2017	Emissione	AS	CP	CC

Redatto:

ing. Angelo Schiavone - LS

Verificato:

ing. Cosimo Parabita - IRETI

Approvato:

ing. Claudio Casale - 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 : S.P. 95 per Castelnuovo Scrivia - 15057 Tortona (AL)
cod.fisc e P.IVA n° 01791490343 pec:ireti@pec.ireti.it

LS INGEGNERIA s.r.l.s
Via Dante Alighieri n.11
74015 Martina Franca (TA)
lsingegneria@pec.it
C.fisc.-P.IVA 03000270735

PROGETTISTA :

Ing. Angelo Schiavone iscritto all'ordine degli ingegneri di Torino con n. 4310

Ing. ANGELO SCHIAVONE n. 4310

INDICE

1. PREMESSA 5

2. L'ATTUALE SISTEMA DEPURATIVO DELLA CITTÀ DI GENOVA 6

3. I DATI A BASE DELLA PROGETTAZIONE – ANALISI DELLA DOMANDA 11

3.1. Qualità dell'effluente allo scarico 13

3.2. Normativa di Riferimento 14

4. GLI OBIETTIVI DELL'AZIONE PROGETTUALE 16

5. SOLUZIONE PROGETTUALE 17

5.1. Linea Acque 17

5.1.1. Arrivo dei liquami e pretrattamenti 18
5.1.2. Trattamento primario 19
5.1.3. Trattamento biologico MBR 20
5.1.4. Rimozione del fosforo 26
5.1.5. Acqua di servizio 26
5.1.6. Scarico 27

5.2. Linea fanghi 28

5.2.1. Arrivo dei fanghi e condizionamento chimico degli stessi 28
5.2.2. Ispessimento dinamico e accumulo 29
5.2.3. Digestione anaerobica e idrolisi termica 31
5.2.4. Il processo di idrolisi termica 33
5.2.5. Applicazione dell'idrolisi termica a monte della digestione 34
5.2.6. Applicazione dell'idrolisi termica a valle della digestione 36
5.2.7. Varianti del sistema di idrolisi termica 39
5.2.8. La soluzione adottata per il DAC 40
5.2.9. Motore a combustione per la produzione di energia elettrica e calore (CHP) 44
5.2.10. Controllo delle emissioni 45
5.2.11. Tempo di messa in esercizio dell'impianto 47
5.2.12. Caldaia 47
5.2.13. Torcia per la combustione di emergenza del biogas 48
5.2.14. Disidratazione meccanica 48
5.2.15. Stoccaggio fanghi 49

5.3. Sistema di Trattamento delle Emissioni Odorigene 50

5.3.1. Riferimenti normativi 50
5.3.2. Composti odorigeni presenti nei depuratori 52
5.3.3. Soluzioni per il trattamento delle emissioni odorigene del nuovo impianto 53

5.4. Impianto elettrico 55

5.4.1. Sistema di automazione dell'impianto 55

5.5. Locali tecnici di servizio 56

5.5.1. Protezione antincendio e sicurezza nei luoghi di lavoro 58

5.6. Sistemazione dell'area 59

5.7. Gestione delle acque meteoriche 59
5.8. Trattamento dei bottini 59
6. OPERE EDILI – ASPETTI STRUTTURALI 61
6.1. Tipologia dei manufatti 61
6.2. Parametri progettuali relativi alla sismicità del sito 61
6.3. Descrizione opere strutturali dei principali comparti 62
6.3.1. Comparto pretrattamenti primari 62
6.3.2. Comparto trattamento biologico e MBR 64
6.3.3. Fabbricato Fanghi 67
6.3.4. Digestore anaerobica 69
6.4. SITUAZIONE FONDAZIONALE: 71
7. RISPONDENZA AL PROGETTO PRELIMINARE E EVENTUALI PRESCRIZIONI DETTATE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI PRELIMINARE 73
8. SICUREZZA, FUNZIONALITA' ED ECONOMIA DI GESTIONE 74
8.1. Criteri per garantire la sicurezza 74
8.1.1. Riferimenti normativi 74
8.2. Criteri di riferimento per la progettazione degli ambienti di lavoro 75
8.2.1. Aperture di accesso 75
8.2.2. Sistemi di lock-out (isolamento del sistema) 76
8.2.3. Procedura di tag-out (segnalazione delle aree) 76
8.2.4. Ventilazione 76
8.2.5. Rischio di incendio o esplosione 76
9. INTERFERENZE RETI AEREE E SOTTERRANEE E IL PROGETTO PER LA RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE 77
10. CONNESSIONE DELL'OPERA CON LE STRUTTURE ESTERNE 79
10.1. Idoneità delle reti esterne dei servizi a soddisfare le esigenze connesse all'esercizio dell'impianto 79
10.1.1. Fognatura interna 79
10.1.2. Rete gas 79
10.1.3. Rete antincendio 79
10.1.4. Rete acqua potabile 79
10.1.5. Rete acqua servizi 80
11. ANALISI DELLA GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO E DI RISULTA 81
12. ACCESSIBILITA', UTILIZZO E MANUTENZIONE DELLE OPERE 82
13. FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO 83
13.1. Disponibilita delle aree 83

13.2. Aspetti geologici, idrologici e geomorfologici....84
13.3. Indagini sismiche....84
13.4. Indagini archeologiche preliminari....84
13.5. Vincoli di natura urbanistica....85
13.5.1. Localizzazione dell'impianto rispetto ai vincoli e le norme del PRGC....85
13.5.2. E.N.A.C. - Aeroporto di Genova - mappe di vincolo – Limitazioni relative agli ostacoli e pericoli alla navigazione aerea D.Lgs n.151 del 15/03/2006....86
13.6. Superamento delle barriere architettoniche....86
13.7. Autorizzazioni....87
13.8. Bonifica Bellica....87
14. STIMA SOMMARIA DELLE OPERE....88
15. CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE....89
16. BILANCIO DI GESTIONE....90
16.1. Personale....90
16.2. Energia elettrica....91
16.2.1. Calcolo del consumo energetico dell'impianto....92
16.3. I reattivi....93
16.4. I materiali....93
16.5. Manutenzione straordinaria....94
17. CRITERI ED ELABORATI CHE COMPORRANNO IL PROGETTO ESECUTIVO....98
17.1. Elaborati costituenti il progetto esecutivo....98
17.2. Revisione del cronoprogramma....98

1. PREMESSA

L'odierno sistema depurativo della città di Genova si compone di numerosi impianti caratterizzati da una distribuzione sul territorio comunale fortemente condizionata dalla peculiare conformazione urbanistica e morfologica locale.

Alcuni di tali siti di trattamento sono stati nel tempo completamente inglobati all'interno del tessuto urbano, con la conseguente impossibilità di procedere ad ulteriori potenziamenti degli stessi per far fronte alle mutate esigenze di servizio e con il contestuale instaurarsi di negative pressioni sulla componente antropica delle aree circostanti.

È dunque chiaro come la presenza di diversi impianti, l'ubicazione stessa di questi ultimi e la naturale obsolescenza delle infrastrutture comportino una serie di criticità gestionali e funzionali che possono essere superate solo attraverso una generale riorganizzazione dell'intero sistema di depurazione cittadino.

In quest'ottica, il Gestore del Servizio Idrico Integrato, IRETI, ha predisposto uno Studio di Fattibilità per la realizzazione di un **nuovo Depuratore dell'Area Centrale di Genova** (nel seguito, D.A.C.). che sorgerà, conformemente al Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.), nell'area delle dismesse acciaierie ILVA di Cornigliano e comprenderà una linea acque in grado di trattare i reflui generati dal bacino drenante della Val Polcevera (oggi conferiti all'omonimo impianto, ormai incompatibile con il contesto urbanistico locale).

Il D.A.C. potrà inoltre ricevere i fanghi prodotti dall'intero sistema depurativo genovese, semplificandone la gestione e rendendo disponibili per eventuali potenziamenti degli altri impianti le aree delle relative linee fanghi (che saranno progressivamente dismesse).

La realizzazione del nuovo impianto D.A.C. è considerata intervento strategico del Piano degli Interventi del Programma approvato dal Consiglio Metropolitano alla fine di giugno 2016.

Lo Studio di Fattibilità Tecnica ed Economica del D.A.C., redatto da IRETI SpA, è stato presentato in Conferenza preliminare dei Servizi (CDS) in data 30/07/2016.

IRETI SpA ha successivamente conferito l'incarico alla LS Ingegneria srls per la redazione della progettazione definitiva dell'impianto D.A.C.. Il responsabile per il coordinamento delle prestazioni specialistiche incaricato è l'ing. Angelo Schiavone, iscritto all'Ordine degli Ingegneri della provincia di Torino al n. 4310. L'ing Federico Gatti ha sviluppato il modello del processo biologico; gli ingg. Santina Aiassa e Nicola Lamanna hanno curato gli aspetti idraulici, l'arch Emanuela Quartuccio gli aspetti ambientali, l'ing Giuseppe Lamanna le strutture in c.a, l'ing Francesco Lamanna le soluzioni impiantistiche.

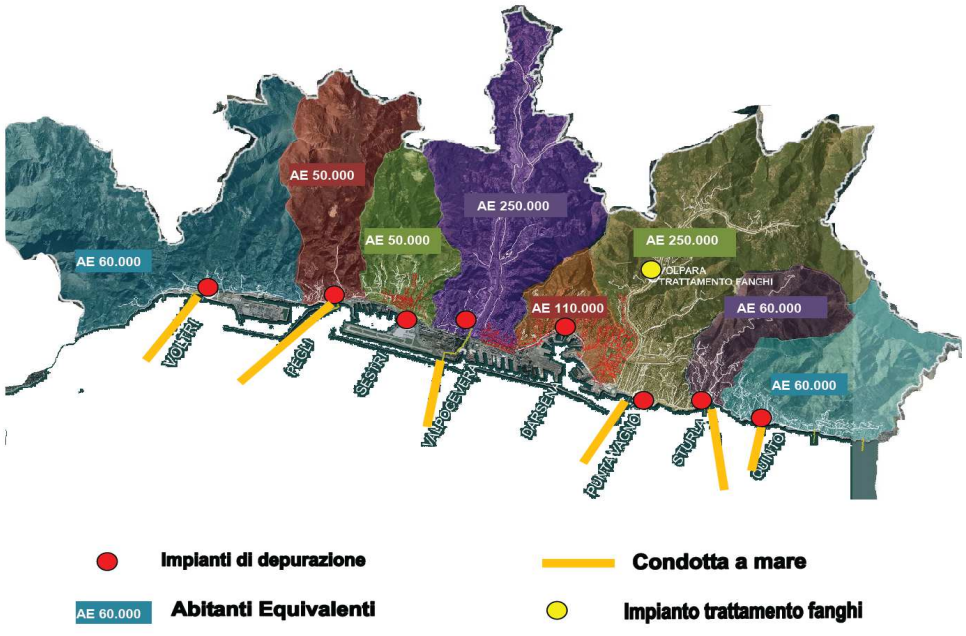
La presente Relazione Generale del Progetto Definitivo descrive le scelte progettuali inerenti alla realizzazione del futuro depuratore dell'Area Centrale della città di Genova ed è sviluppata in conformità all'art. 25 del DPR 207/2010 e s.m.i..

2. L'ATTUALE SISTEMA DEPURATIVO DELLA CITTÀ DI GENOVA

Il sistema depurativo dell'area genovese è composto da diversi impianti distribuiti sul territorio, generalmente lungo la costa. Tale configurazione è frutto del progressivo sviluppo urbanistico e della morfologia locale caratterizzata da più bacini drenanti paralleli.

Nel dettaglio, nel territorio del comune di Genova si possono individuare i seguenti bacini di utenza, ciascuno servito da uno specifico depuratore:

Bacino drenante	Carico inquinante del bacino [A.E.]
Voltri	60'000
Pegli	50'000
Sestri Ponente	50'000
Valpolcevera	250'000[1]
Darsena	110'000
Punta Vagno	250'000
Sturla	60'000
Quinto	60'000

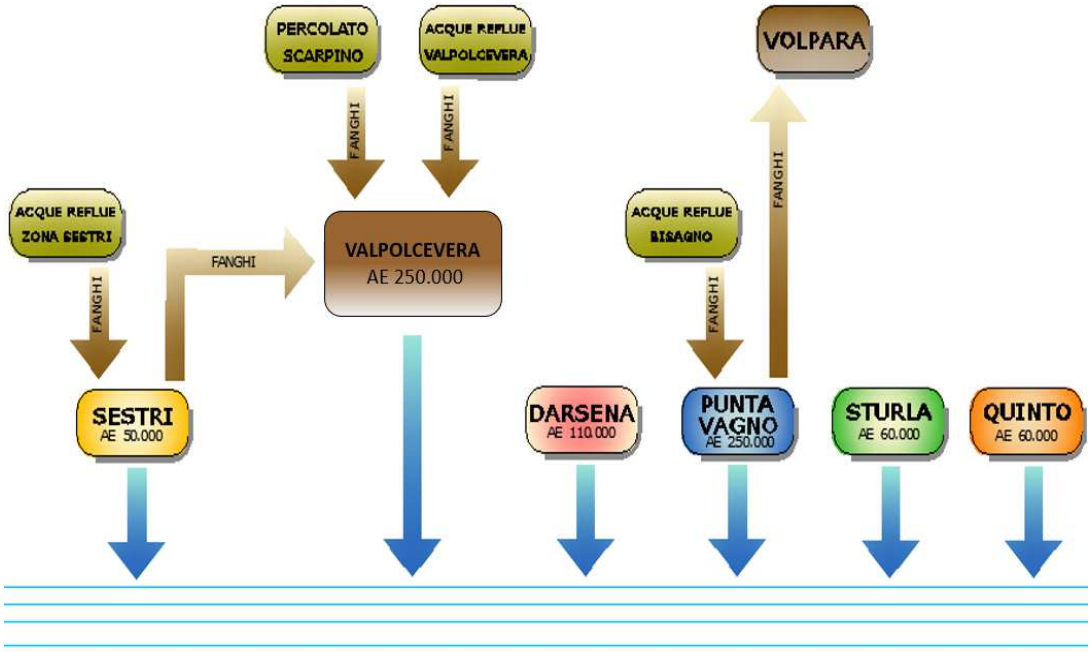


Alcuni dei suddetti impianti sono stati nel tempo conglobati nel tessuto urbano così che oggi la presenza degli stessi non sempre è sostenibile in zone fortemente antropizzate, spesso anche a destinazione residenziale.

[1] Il carico attualmente trattato dal depuratore di Valpolcevera assomma a circa 160'000 A.E.

Un'altra conseguenza del suddetto conglobamento degli impianti nei quartieri cittadini è l'assenza di spazi utili ad adeguamenti o potenziamenti delle filiere depurative nell'ottica di garantire migliori prestazioni e di minimizzare gli impatti sull'ambiente circostante.

L'insufficienza delle aree che caratterizza in modo generalizzato i depuratori esistenti è altresì evidente nel caso degli impianti di Sestri Ponente e Punta Vagno che, sprovvisti di linee di trattamento dei fanghi, trasferiscono questi ultimi per mezzo di fangodotti rispettivamente agli impianti di Valpolcevera e Volpara. Quest'ultimo è dedicato esclusivamente al trattamento dei fanghi prodotti dall'impianto di Punta Vagno.



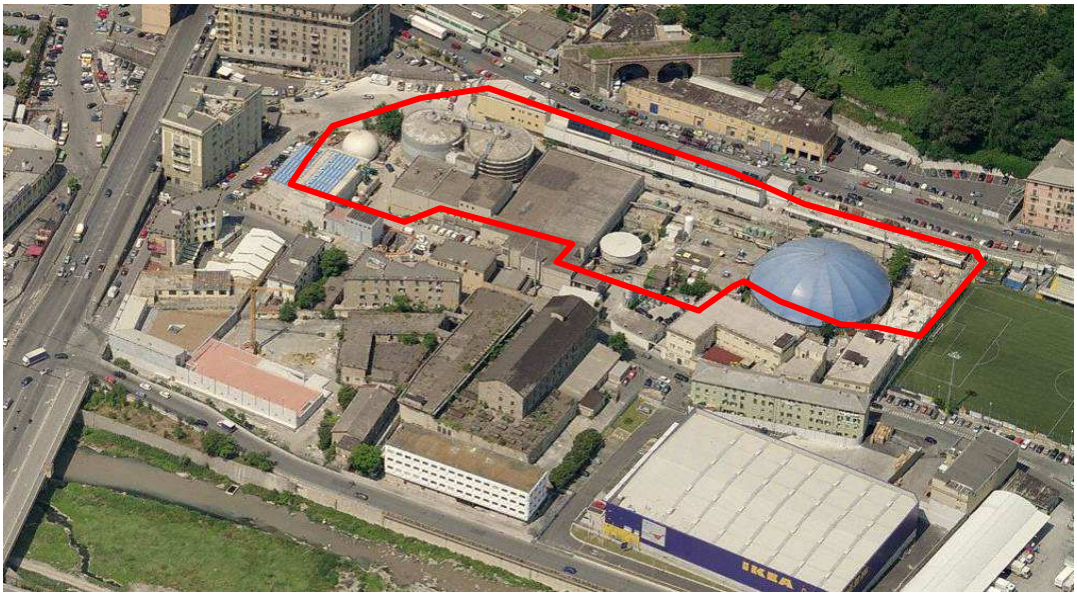
Schema dell'odierna organizzazione del sistema depurativo dell'area metropolitana di Genova

Proprio gli impianti di Valpolcevera e Volpara rappresentano le situazioni più critiche sotto il profilo ambientale. Il primo, costruito negli anni '80 nella delegazione di Cornigliano per il trattamento dei soli reflui industriali dell'area e successivamente utilizzato per soddisfare le esigenze depurative di parte dell'abitato, è stretto tra edifici residenziali e commerciali, senza alcuna possibilità di ulteriori espansioni o di introduzione di sistemi più efficienti atti a superare gli attuali limiti prestazionali.

Analoghe considerazioni possono riferirsi all'impianto di Volpara, anch'esso prossimo alle abitazioni.

In definitiva, le odierne criticità del sistema depurativo genovese non riguardano in genere il livello qualitativo delle acque scaricate (che rispettano i limiti di legge) ma sostanzialmente l'impatto sulla popolazione delle strutture impiantistiche, ormai totalmente inserite in contesti residenziali e commerciali.

Inoltre, occorre considerare che gli impianti citati sono caratterizzati da una generale obsolescenza, essendo ormai giunti al termine della propria vita utile.



Vista dell'impianto di Valpolcevera

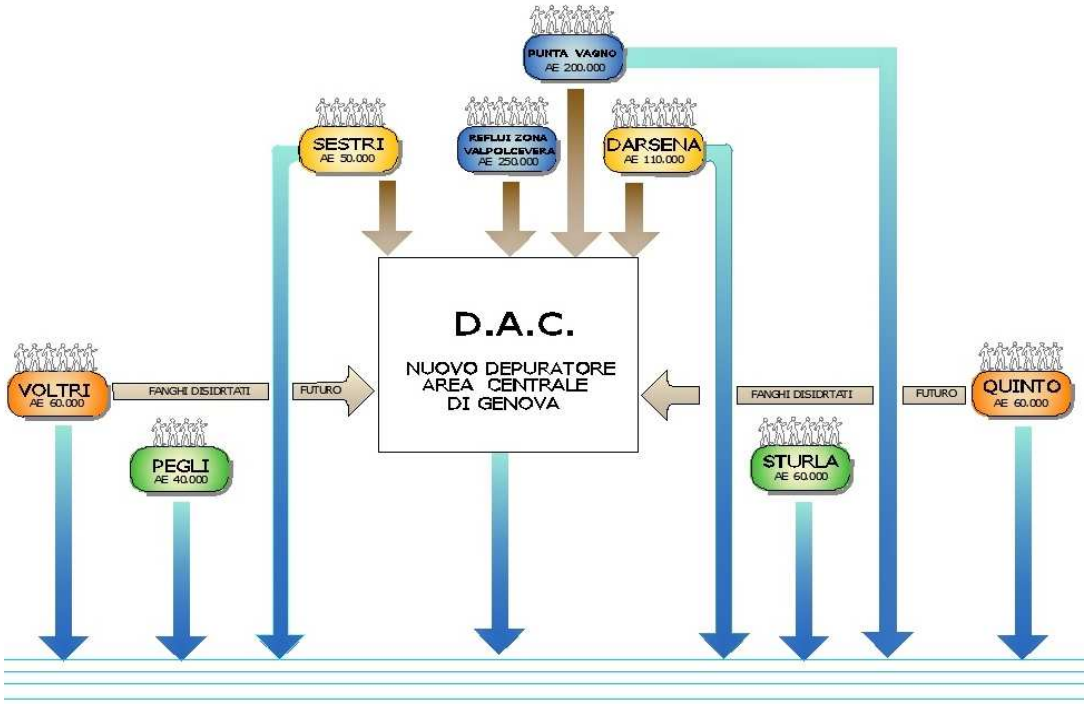


Vista dell'impianto di Volpara

Tutto ciò premesso, è emersa la necessità di dismettere, gli impianti di Volpara e Valpolcevera e di sostituire gli stessi con un nuovo polo depurativo cui saranno conferiti una quota dei reflui urbani e tutti i fanghi generati dai depuratori cittadini (oltre a Valpolcevera, anche Punta Vagno, Darsena e Sestri Ponente).

Gli impianti esistenti di Punta Vagno, Darsena e Sestri Ponente saranno quindi destinati al solo trattamento acque.

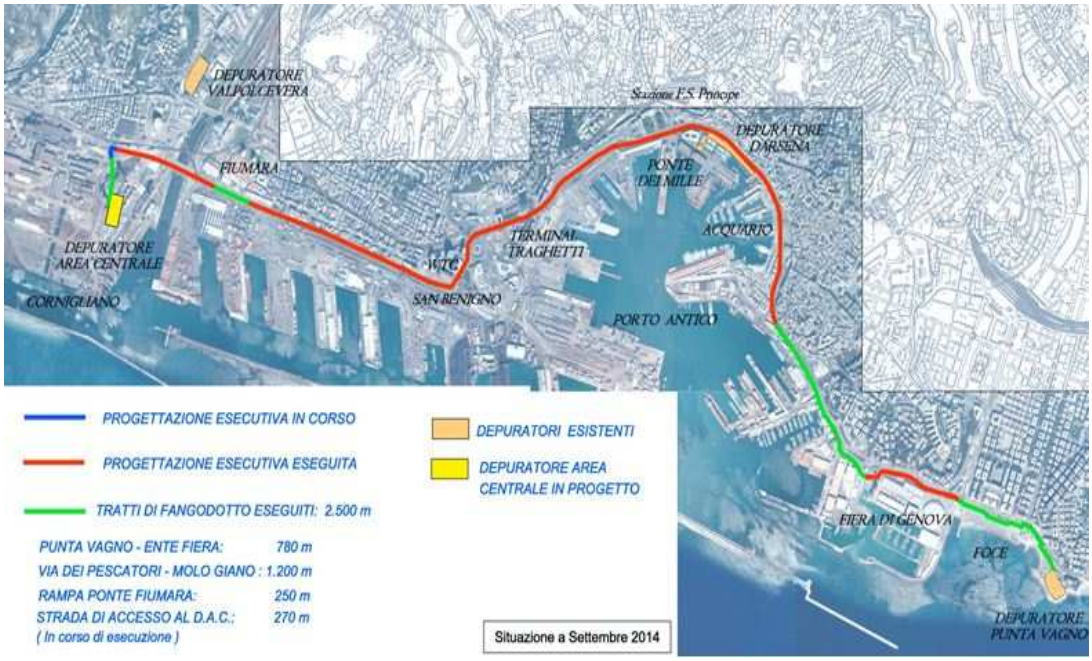
L'attuazione delle previsioni progettuali sopra riassunte richiede la preliminare costruzione di una serie di infrastrutture necessarie al convogliamento di reflui e fanghi dagli odierni siti di trattamento al D.A.C.



Schema dell'organizzazione prevista per il sistema depurativo dell'area Genovese

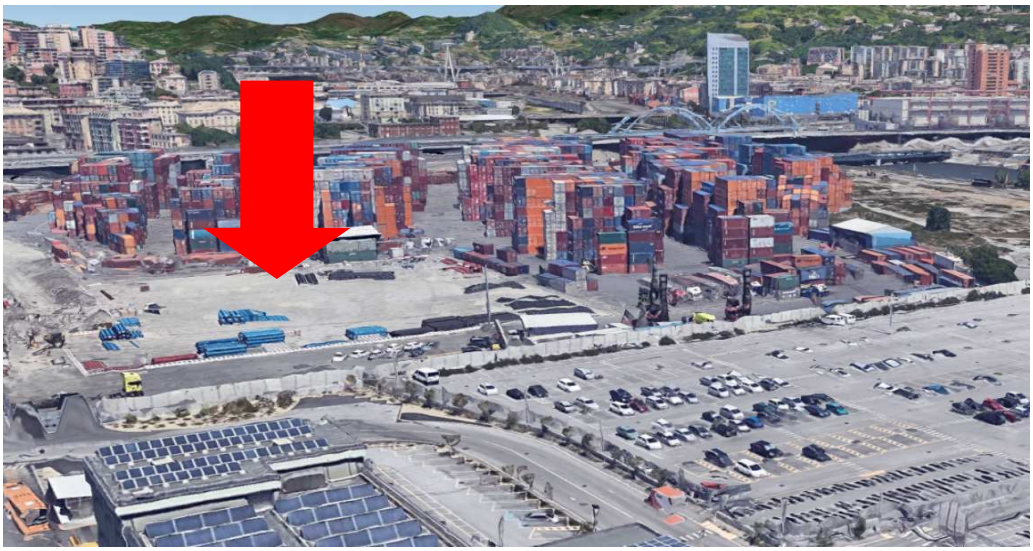
Per quanto riguarda i fanghi, dette infrastrutture, costituite da fangodotti, sono in avanzato stato di realizzazione.

Relativamente allo scarico in mare dell'effluente della linea acque, è già disponibile localmente una condotta sottomarina costruita allo scopo dal Comune di Genova.

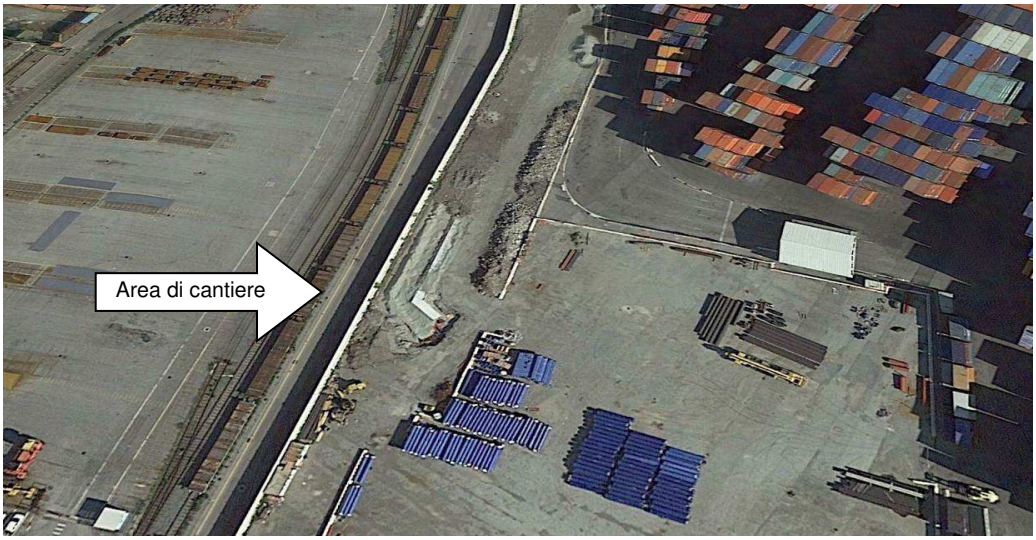


Schema di sintesi della situazione attuale degli interventi e stato di avanzamento

Vista dell'area di realizzazione del nuovo impianto DAC



Il cantiere di costruzione delle condotte di alimentazione del D.A.C.





Viste dell'area di cantiere per la costruzione delle condotte

3. I DATI A BASE DELLA PROGETTAZIONE – ANALISI DELLA DOMANDA

Ai fini della presente progettazione, per la linea acque del nuovo depuratore è stato considerato in primo luogo l'apporto dei reflui fognari attualmente convogliati all'impianto di Valpolcevera (di cui si prevede la dismissione una volta completato il D.A.C.): sulla scorta dei dati disponibili, il carico inquinante in esame è stato quantificato in circa 160'000÷180'000 A.E.. Tale dato è stato tuttavia elevato in questa sede a 250'000 A.E. affinché le nuove opere possano far fronte ad eventuali variazioni dell'assetto dell'infrastruttura fognaria (con collettamento al D.A.C. di ulteriori reflui derivanti da sottobacini attualmente non allacciati all'impianto di Valpolcevera).

La seguente tabella riassume i dati posti a base della progettazione della linea acque.

Parametro (ingresso all'impianto)	**U.d.m.**	**Valore**
Carico equivalente (su base BOD_5)	**A.E.**	**250'000**
Portata media	m^3/d	51'680
	m^3/h	2'153
Portata di punta nera	m^3/h	4'306
Portata massima in tempo di pioggia	m^3/h	10'767
Carico medio di COD influente	kg/d	30'000
Concentrazione media di COD influente	mg/l	580,5
Carico medio di BOD_5 influente	kg/d	15'000
Concentrazione media di BOD_5 influente	mg/l	290,2
Carico medio di SST	kg/d	20'000
Concentrazione media di SST influente	mg/l	387,0
Carico medio di N-NH_4 influente	kg/d	1'800
Concentrazione media di N-NH_4 influente	mg/l	34,8
Carico medio di N-NO_3 influente	kg/d	50,4
Concentrazione media di N-NO_3 influente	mg/l	1,0
Carico medio di TKN influente	kg/d	3'000
Concentrazione media di TKN influente	mg/l	58,0
Carico medio di P_{tot} influente	kg/d	500
Concentrazione media di P_{tot} influente	mg/l	9,7
Carico medio di cloruri influente	kg/d	18'088
Concentrazione media di cloruri influente	mg/l	350,0

I carichi inquinanti ed idraulici relativi agli apporti della Val Polcevera, riferiti in questo caso ad una situazione di esercizio futura, sono stati calcolati sulla base dei normali parametri di letteratura.

Per quel che concerne le portate idrauliche, si assume che la massima portata che potrà essere ricevuta all'impianto in tempo di pioggia risulti pari al quintuplo di quella media di tempo secco.

Tale massima portata sarà sottoposta agli ordinari pretrattamenti meccanici a valle dei quali solamente una frazione di refluo non superiore al triplo della portata media di tempo asciutto sarà alimentata ai successivi trattamenti primari e biologici. Il volume liquido in eccesso sarà scolmato grazie ad un apposito sfioratore che ne permetterà il diretto invio allo scarico.

Preme sottolineare che, in tempo di pioggia, per eventi meteorici determinanti l'afflusso di portate superiori a 3 Qm, si fa l'ipotesi che i carichi inquinanti si mantengano sostanzialmente pari a quelli di tempo asciutto e che agli stessi si possa applicare un fattore di diluizione corrispondente al rapporto tra la portata 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.

Come sarà dettagliatamente illustrato nella Relazione Tecnica allegata, il dimensionamento della linea acque terrà anche opportunamente conto del carico derivante dalle acque di drenaggio della linea fanghi. Per quanto riguarda quest'ultima, come anticipato, essa dovrà trattare l'intera produzione di fanghi associata ai depuratori cittadini esistenti (Punta Vagno, Darsena e Sestri Ponente).

In tal caso, si può fare utilmente riferimento alle elaborazioni del Gestore (basate su dati analitici integrati da indicazioni di letteratura), non essendo previsti incrementi significativi del quantitativo globale di fanghi rispetto alla situazione attuale: eventuali riorganizzazioni della rete fognaria o spostamenti interni della popolazione non altereranno infatti la produzione complessiva.

Ciò premesso, le odierne produzioni di fanghi (riportate nella seguente tabella e disaggregate rispetto ai diversi bacini di utenza) costituiscono la base per la progettazione della pertinente linea di trattamento del D.A.C.

IMPIANTO	Carico		Concentrazione	Portata
	[kgSST/d]	[tSST/y]	[%]	[m^3/d]
Valpolcevera	17'280	6'307	1%	1'728
Punta Vagno	14'400	5'256	1%	1'440
Darsena	7'920	2'891	1%	792
Sestri	3'600	1'314	1%	360
TOTALE	**43'200**	**15'768**	**-**	**4'320**

Con un modesto arrotondamento a favore di sicurezza si possono ottenere i seguenti valori progettuali:

IMPIANTO	Carico		Concentrazione fango	Portata
	[kgSST/d]	[tSST/y]	[%]	[m^3/d]
Valpolcevera	18'000	6'570	1%	1'800
Punta Vagno	15'000	5'475	1%	1'500
Darsena	8'250	3'011	1%	825
Sestri Ponente	3'750	1'369	1%	375
TOTALE	**45'000**	**16'425**	**-**	**4'500**

In quest'ottica, benché l'impianto venga in primo luogo dimensionato per ricevere 45'000 kg SST/d, il lay-out dello stesso è stato concepito in modo tale da consentire futuri incrementi della potenzialità di trattamento.

3.1. Qualità dell'effluente allo scarico

L'effluente dell'impianto dovrà risultare conforme ai seguenti limiti emissivi:

- tab. 1 Allegato 5 del D.Lgs 152/06 per BOD_5, COD e SST;
- tab. 3 Allegato 5 del D.Lgs. 152/06 per i rimanenti parametri;
- 5000 UFC/100ml in termini di Escherichia Coli.

I suddetti limiti sono sintetizzati nella seguente tabella:

Parametro	Conc. 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
E. coli	5000 UFC/100 ml	-	All. 5

È stata inoltre prevista la possibilità che parte dell'effluente possa essere destinata al riutilizzo per usi tecnici o antincendio all'interno del D.A.C.

Per molte applicazioni (pretrattamento fanghi, disidratazione, etc.) sarà in generale sufficiente che detta frazione dell'effluente sia conforme ai limiti suddetti.

Come si vedrà meglio nel seguito, l'impianto è stato tuttavia progettato (in termini di volumetrie dei comparti, dotazioni elettromeccaniche e flessibilità operativa) affinché con opportune modalità gestionali, almeno un'aliquota o la totalità del refluo depurato (a seconda delle effettive condizioni di alimentazione) presenti una qualità conforme ai requisiti stabiliti dal D.M. 185/03[2].

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

Una più elevata qualità dell'effluente rispetto a quanto strettamente richiesto dalla disciplina per lo scarico in acque superficiali risulta comunque 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[3]).

3.2. Normativa di Riferimento

La progettazione delle nuove opere descritte nella presente Relazione sarà condotta nel rispetto dei vigenti strumenti normativi e di pianificazione territoriale di seguito elencati:

- D.Lgs 81/2008 e s.m.i.;
- Direttiva 91/271/CE;
- Direttiva 2000/60/CE;
- D.Lgs 152/2006 e s.m.i;
- Piano Urbanistico Comunale (P.U.C.), approvato con D.P.G.R. n° 44 del 10 Marzo 2000, confermato con Deliberazione della Giunta Regionale n° 1304 del 5 Novembre 2010 e s.m.i.;

[2] Fa eccezione il contenuto di cloruri, relativamente elevato nel refluo grezzo, su cui i trattamenti previsti in progetto non hanno effetto. Qualora in futuro se ne ravvisasse la necessità, si potrà comunque provvedere all'installazione di specifiche unità impiantistiche (per esempio, sistemi di nanofiltrazione) per abbattere i cloruri almeno su una frazione dell'effluente depurato.

[3] 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.

- D.M. 11/03/88, “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno, delle terre e delle opere di fondazione”;
- D.P.R. 13 giugno 2017, n. 120, Regolamento recante la disciplina semplificata della gestione delle terre e rocce da scavo, ai sensi dell’art. 8 del D.L. 12 settembre 2014, n. 133, convertito, con modificazioni, dalla L. 11 novembre 2014, n. 164, in vigore dal 22 agosto 2017, Il D.P.R. abroga sia il D.M. n. 161/12, che l’art. 184-bis, comma 2-bis del D.L.vo 152/06, nonché gli artt. 41, c. 2 e 41-bis del D.L. 69/13.
- D.M. 24/11/1984 “Norme di sicurezza antincendio per il trasporto, la distribuzione, l’accumulo e l’utilizzazione del gas naturale”
- Nuovo codice degli appalti D.Lgs. 50/2016;
- D.P.R. 207/2010 e s.m.i;
- “Piano di Tutela delle Acque” (PTA) della Regione Liguria approvato con D.C.R. 32/09 e s.m.i. (aggiornamento di cui alla deliberazione del Consiglio regionale n.11 del 29 marzo 2016) e relative Norme di Attuazione;
- L.R. 16 agosto 1995, n.43 “Norme in materia di valorizzazione delle risorse idriche e tutela delle acque dall’inquinamento”;
- “Guida alla progettazione dei sistemi di collettamento e depurazione delle acque reflue urbane” redatta dall’Agenzia Nazione per la Protezione dell’Ambiente di concerto con il Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare;
- Piano dell’Ambito Territoriale Ottimale della Provincia di Genova, approvato il 7 agosto 2009;
- Deliberazione 4 febbraio 1977 del Comitato Interministeriale per la Tutela delle Acque dall’inquinamento in materia di costruzione di impianti di depurazione;
- “Stato della depurazione nei Comuni dell’ATO Provincia di Genova”;
- Decisione di Giunta della Seduta del 03/12/2008 N. d’ordine: 141/2008 Oggetto: depuratore centrale;
- Scheda PAR FAS 2007-2013 Programma Attuativo fondo aree sottoutilizzate 2007-2013 Regione Liguria D.C.R. 7 del 26/03/2009, presa d’atto del programma attuativo regionale (PAR) FAS 2007-2013.

4. GLI OBIETTIVI DELL'AZIONE PROGETTUALE

Come si è visto, la realizzazione del nuovo impianto D.A.C. è funzionale al perseguimento dei seguenti obiettivi:

- assicurare una migliore vivibilità dei quartieri cittadini esposti ai negativi impatti di alcuni degli esistenti depuratori attraverso la dismissione di questi ultimi;
- garantire l'adeguato trattamento dei carichi inquinanti (attuali e futuri) associati ai reflui ed ai fanghi generati dall'area urbana genovese mediante l'impiego di moderne tecnologie e soluzioni processistiche;
- incrementare la produzione di biogas ottenuta dalla digestione anaerobica dei fanghi e consentirne l'utilizzo per la produzione combinata di energia elettrica e calore (il che permetterà di migliorare il bilancio energetico relativo all'esercizio del depuratore, assicurando significative economie di gestione);
- contenere e trattare efficacemente le emissioni odorigene (in particolare quelle derivanti dalla linea fanghi) in conformità al D.Lgs 152/06;
- disporre di un'infrastruttura depurativa flessibile ed ampliabile in futuro grazie ad un'organica concezione dell'intera filiera depurativa e ad un'attenta pianificazione progettuale;
- facilitare la gestione e la manutenzione delle opere.

Ciò premesso, il nuovo impianto sorgerà a Cornigliano, nell'area industriale ex ILVA, sulla destra idrografica del torrente Polcevera e si comporrà di due linee di trattamento:

- la linea acque, che riceverà i reflui del bacino drenante della Val Polcevera;
- la linea fanghi, che potrà trattare tutti i fanghi prodotti dai depuratori cittadini (Valpolcevera, Punta Vagno, Darsena e Sestri Ponente).

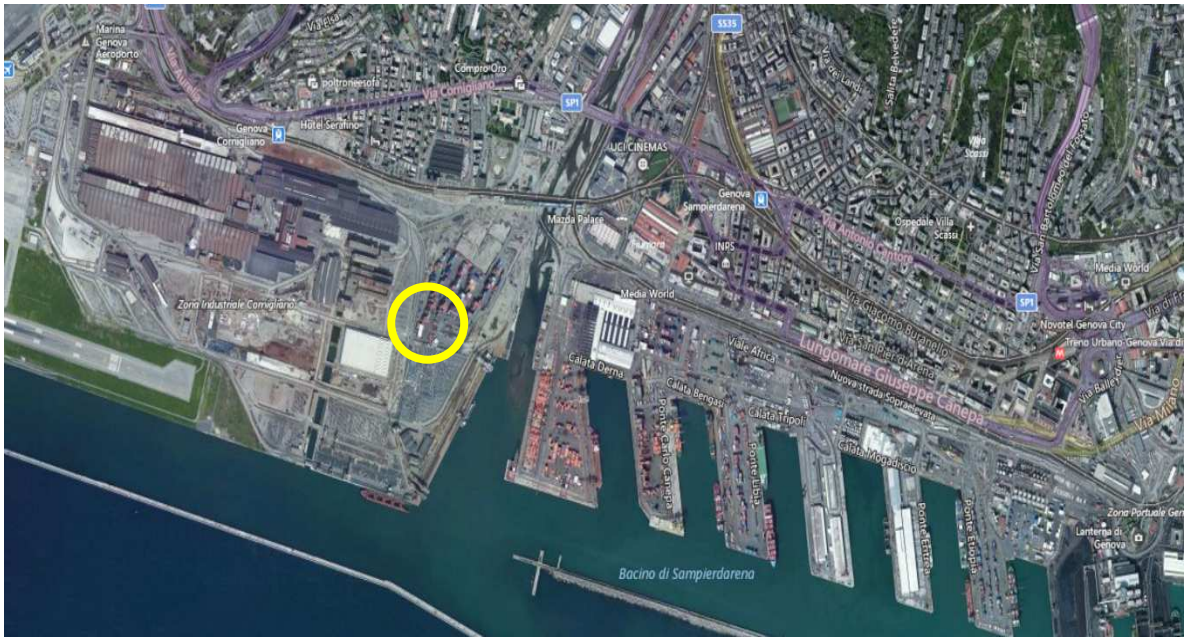


Immagine aerea dell'area di intervento

5. SOLUZIONE PROGETTUALE

Nello Studio di Fattibilità, redatto nell'anno 2016 e successivamente presentato alla Conferenza dei servizi, sono state elaborate ed analizzate differenti soluzioni tecniche sia per la linea acque sia per la linea fanghi del nuovo impianto D.A.C., con lo scopo di individuare tra esse quella ottimale sotto i seguenti profili:

- **impatto ambientale:**
  - minimizzazione degli impatti sull'ambiente (in termini di emissioni nelle acque superficiali ed in atmosfera) e sulla componente antropica (con particolare riferimento al trattamento delle emissioni odorigene ed all'inserimento architettonico delle nuove opere);
  - minimizzazione delle interferenze con l'area portuale ed aeroportuale circostante;
  - razionalizzazione della distribuzione planimetrica dei manufatti all'interno del sito individuato, di estensione assai limitata in rapporto alla potenzialità di trattamento da garantire;
- **impatto economico-finanziario:**
  - contenimento dei costi di costruzione dell'impianto;
  - minimizzazione dei costi gestionali.

L'analisi delle alternative progettuali in termini di processi depurativi applicabili e di lay-out planimetrico dell'impianto, ampiamente sviluppata nel citato Studio di Fattibilità e nella presente fase della progettazione, ha condotto alla definizione della soluzione impiantistica per la linea acque e la linea fanghi del D.A.C. riportata nello schema a blocchi e dettagliatamente descritta nel seguito in riferimento ai singoli comparti di trattamento.

5.1. Linea Acque

I reflui del bacino di Valpolcevera (considerando non solo quelli ad oggi convogliati all'impianto di Cornigliano ma anche quelli associati all'eventuale allacciamento di ulteriori rami della rete fognaria) giungeranno al nuovo sito depurativo attraverso condotte con funzionamento in pressione.

Detti reflui saranno quindi sottoposti alla seguente filiera di trattamento:

- arrivo dei liquami (reflui del bacino di Valpolcevera);
- pretrattamenti (grigliatura, dissabbiatura, disoleazione);
- sfioro dei sovrafflussi idraulici in tempo di pioggia (diversione verso lo scarico dei volumi idrici eccedenti il triplo della portata media di tempo secco);
- immissione delle acque di drenaggio della linea fanghi;
- trattamento primario mediante filtri rotativi a tela (RBF);

- trattamento biologico MBR (reattori a biomassa sospesa per l'ossidazione del substrato carbonioso e per la rimozione biologica dell'azoto seguiti da una sezione di ultrafiltrazione a membrane) con contestuale defosfatazione chimica (se necessaria);
- parziale accumulo dell'effluente depurato (per il riutilizzo o le operazioni di controlavaggio delle membrane) o convogliamento dello stesso alla vasca di alimentazione delle condotte di scarico;
- rilancio al recapito finale (mare o torrente Polcevera).

5.1.1. Arrivo dei liquami e pretrattamenti

I reflui della Val Polcevera (per una portata media complessiva di 2'153 m^3/h) saranno alimentati all'impianto D.A.C. attraverso un collettore in pressione. Detto collettore emergerà all'interno di un apposito edificio tecnico dove il refluo sarà ripartito alle diverse linee di pretrattamento.

Queste saranno costituite da tre griglie a nastro forato con luce filtrante 6 mm seguite da quattro dissabbiatori-disoleatori longitudinali aerati (realizzati in opera) che consentiranno, nel loro insieme, la rimozione dei corpi solidi grossolani nonché degli olii e dei grassi. Le sezioni di trattamento suddette saranno in grado di ricevere una portata massima di 10'767 m^3/h, corrispondente alla portata massima in tempo di pioggia (quintuplo della portata media di tempo asciutto). Le griglie a nastro forato sono state selezionate in virtù dell'elevata capacità idraulica e di ingombri relativamente contenuti. Esse saranno corredate di un sistema di trasporto del grigliato (costituito da una canaletta metallica in cui verrà flussata un'aliquota dello stesso refluo grigliato) che convoglierà il materiale grossolano ad un compattatore (al fine di ridurre l'umidità ed il volume del rifiuto da smaltire).

Per quel che concerne i dissabbiatori, si è optato per una costruzione in opera degli stessi al fine di ottenere una configurazione idraulica che minimizzasse le perdite di carico del comparto. La conformazione dei bacini (a flusso longitudinale) costituisce una scelta pressoché obbligata in considerazione delle elevate portate da trattare mentre l'adozione di sistemi sommersi di rimozione delle sabbie permette di risolvere l'interferenza con la copertura delle vasche. Le sabbie raccolte sul fondo dei dissabbiatori saranno inviate ad un classificatore-lavatore per un'efficiente riduzione del contenuto di sostanze organiche. Gli olii e le altre sostanze flottanti raccolte sulla superficie dei dissabbiatori saranno pompate ad un serbatoio di accumulo da cui potranno essere avviate allo smaltimento.

A valle dei pretrattamenti, uno scolmatore consentirà il transito verso i successivi reparti delle portate non superiori al triplo della portata media di tempo asciutto (6.460 m^3/h) mentre le aliquote di refluo in eccesso saranno inviate direttamente alla vasca di alimentazione delle condotte di scarico. Superato il suddetto sfioro, i reflui in arrivo dalla fognatura saranno uniti ai dreni della linea fanghi e saranno convogliati al successivo trattamento primario.

Tra lo scarico della dissabbiatura-disoleatura ed il suddetto scolmatore sarà ricavato un collegamento con una delle linee del comparto biologico (descritto nel seguito) che potrà

essere eventualmente utilizzata come accumulo di emergenza dei reflui o come vasca di equalizzazione.

L'edificio tecnico ospitante i pretrattamenti ed il trattamento primario sarà costituito da una struttura in calcestruzzo armato prefabbricato la quale accoglierà al proprio interno le vasche, i canali e le strutture di sostegno (realizzati in c.a. gettato in opera). Il manufatto si svilupperà su due livelli: quello superiore sarà collocato in prossimità della sommità dei bacini e delle canalizzazioni, consentendo così l'ispezione degli stessi, la regolazione delle apparecchiature e la manovra degli organi di intercettazione; quello inferiore ospiterà una serie di macchinari accessori (pompe, compressori, etc.) a servizio dei vari reparti. I locali destinati ai diversi trattamenti saranno provvisti dei necessari sistemi di ventilazione forzata e di convogliamento dell'aria esausta al relativo sistema di deodorizzazione. Sempre al fine di evitare la diffusione di effluvi molesti e di agevolare la captazione degli stessi attraverso il suddetto apparato di deodorizzazione, tutte le vasche ed i canali saranno interamente chiusi mediante coperture fisse o rimuovibili.

Le macchine più rumorose (compressori) saranno poi provviste di cabine di insonorizzazione a tutela della salute degli addetti.

Per quanto riguarda i rifiuti prodotti dal comparto pretrattamenti (grigliato e sabbie), l'edificio ospiterà all'interno di locali compartimentati e deodorizzati i relativi cassoni di accumulo che, attraverso idonee aperture verso l'esterno, potranno essere agevolmente allontanati tramite autocarri. I dreni prodotti dalla compattazione del grigliato e dal lavaggio delle sabbie saranno convogliati ad un apposito pozzetto da cui, uniti alle acque di drenaggio generate dalla linea fanghi, saranno avviati nuovamente alla linea acque.

Per quel che concerne i materiali impiegati, tenuto conto dell'elevato contenuto di cloruri nei reflui e dell'esposizione ad un ambiente marino, le strutture saranno realizzate in calcestruzzo armato con classe di esposizione XC2, XA1, XS1 mentre gli elementi tecnici in carpenteria metallica a contatto con i liquami saranno in generale realizzati in acciaio inox AISI 316L (o materiali con caratteristiche equivalenti o superiori).

5.1.2. Trattamento primario

Il trattamento primario, ospitato all'interno dell'edificio tecnico descritto al punto precedente, sarà costituito da una batteria di filtri rotativi a tela (RBF) dimensionati per trattare una portata massima di 6.642 m^3/h (somma della portata in tempo di pioggia ammessa all'ossidazione biologica e della portata di dreni della linea fanghi).

Tali dispositivi 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.

Oltre ad un più razionale utilizzo dei ridotti spazi disponibili, la particolare tecnologia adottata consente di installare i dispositivi all'interno di un locale tecnico chiuso (i macchinari sono a loro volta interamente chiusi, garantendo un ambiente di lavoro sicuro

ed accettabile per gli addetti – fermi restando i periodici ricambi dell'aria con convogliamento della stessa al sistema di trattamento.

È quindi evidente che, analogamente ai pretrattamenti, la soluzione selezionata assicura una protezione doppia rispetto alla possibile liberazione di odori nell'atmosfera.

Il fango prodotto dai suddetti filtri primari risulta poi caratterizzato non solo da una migliore degradabilità nell'ottica della successiva digestione anaerobica e da un più elevato potenziale metanigeno ma anche da un maggiore addensamento (dell'ordine del 5% di sostanza secca) che ne permette l'invio direttamente alla stabilizzazione (previo accumulo in un apposito bacino), evitando il preispessimento dinamico[4] (descritto nel seguito).

Per quanto riguarda le caratteristiche costruttive dei filtri, sono disponibili sul mercato diverse opzioni tecnologiche che differiscono sostanzialmente per le modalità con cui viene attuata il distacco del materiale filtrato e la pulizia delle tele e (con insufflazione di aria o con spazzole ed il lavaggio con acqua calda o con soluzioni detergenti ad alta pressione), a parità di prestazioni depurative e ingombri.

Il fango primario sarà sottoposto a grigliatura al fine di trattenere gli eventuali corpi solidi grossolani o non degradabili (plastica, fibre, capelli, etc.) che possono provocare l'usura ed il malfunzionamento dei dispositivi meccanici (tra cui, in particolare, i sistemi di agitazione dei digestori) e che possono depositarsi nei reattori e nelle tubazioni.

Allo scopo, sulla mandata dei fanghi alla vasca di accumulo, sarà inserita una griglia sotto pressione costituita da un dispositivo tubolare con installazione in linea e funzionamento continuo.

Al fine di rendere più agevole un eventuale riutilizzo dei fanghi primari, come si vedrà meglio nel capitolo relativo alla linea fanghi, questi ultimi potranno essere alimentati ad un digestore dedicato. In caso contrario, essi verranno miscelati con gli altri fanghi generati dalla linea acque o in arrivo dagli altri depuratori genovesi.

5.1.3. Trattamento biologico MBR

I reflui sottoposti a trattamento primario saranno quindi inviati al comparto biologico, che è dimensionato per ricevere una portata massima in tempo di pioggia di 6.642 m^3/h.

Tale comparto sarà 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.

[4] Attraverso appositi collegamenti idraulici sarà comunque possibile inviare anche il fango primario al preispessimento dinamico.

I processi biologici impiegati ed i relativi schemi gestionali applicabili saranno quindi concettualmente identici a quelli generalmente implementati presso i comuni impianti di depurazione a biomasse sospese; l'introduzione delle membrane comporta tuttavia alcuni importanti benefici per un sito, come quello in esame, in cui occorra minimizzare gli ingombri planimetrici dei manufatti:

- a parità di portata trattata, la sezione di ultrafiltrazione presenta un'occupazione di aree sensibilmente ridotta rispetto ai corrispondenti bacini di sedimentazione finale;

- la filtrazione su membrane permette di mantenere nei reattori biologici concentrazioni di biomassa decisamente superiori a quelle normalmente adottate per i processi a fanghi attivi tradizionali (anche tre volte superiori), il che consente di diminuire significativamente i volumi di reazione richiesti. I sistemi a fanghi attivi convenzionali trovano infatti proprio nella sedimentazione finale una limitazione alla massima concentrazione di solidi sospesi ammissibile nei reattori: al di sopra di tale valore massimo di concentrazione, i sedimentatori non riescono più ad ispessire ed a trattenere i fanghi in ingresso, rilasciandoli nell'effluente, con conseguente deterioramento generale della qualità dello stesso;

- il meccanismo di separazione dei solidi dall'effluente mediante ultrafiltrazione risulta intrinsecamente più stabile rispetto a variazioni della portata di alimentazione, a differenza di quanto avviene per i sedimentatori finali in cui il letto di fango può essere destabilizzato da fluttuazioni del carico idraulico in ingresso.

Gli aspetti prestazionali sopra evidenziati consentono pertanto di condurre il dimensionamento dei reattori biologici in presenza di concentrazioni massime di solidi sospesi nelle vasche dell'ordine di 8-10 kg SS/m^3, con una drastica riduzione dei volumi rispetto ad un omologo processo a fanghi attivi convenzionale.

Nel caso specifico, il comparto biologico sarà costituito da una sezione di ossidazione a fanghi attivi di volumetria complessiva pari a 13'950 m^3, seguita da una sezione di ultrafiltrazione su membrane che opererà la separazione della biomassa dall'effluente trattato. Il comparto ossidativo sarà organizzato su cinque linee parallele, alimentate da un ripartitore di portata in cui giungeranno le condotte di scarico dei filtri primari.

OSSIDAZIONE BIOLOGICA

Parametro	Udm	Valore
Numero linee del comparto	n	5
Dimensioni utili di ciascuna vasca di denitrificazio	m	18,45 x 8,00 x 6,62 (h)
Dimensioni utili di ciascuna vasca di nitrificazione	m	34,85 x 8,00 x 6,50 (h)
Volume utile di ciascuna vasca di denitrificazione (totale)	m^3	978 (4'890)
Volume utile di ciascuna vasca di nitrificazione (totale)	m^3	1'812 (9'060)
Volume utile di ciascun bacino (totale)	m^3	2'790 (13'950)

Per quanto riguarda lo specifico schema di processo, il reparto sarà predisposto per essere alternativamente gestito secondo il tradizionale processo MLE (Modified Ludzack Ettinger) o con una logica di aerazione intermittente applicata all'intero volume di reazione.

Nella prima modalità operativa, ciascuna linea di trattamento riceverà i reflui in un primo bacino mantenuto in condizioni anossiche dove avverrà la denitrificazione (ovvero la trasformazione dei nitrati in azoto molecolare); i liquami passeranno quindi ad una seconda zona 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.

Nella seconda modalità operativa, disponendo di sistemi di aerazione e miscelazione installati in entrambi i sottobacini di ciascuna linea del comparto, sarà possibile alternare, nelle medesime vasche, condizioni aerobiche ed anossiche con ciclico sviluppo dei processi di nitrificazione e denitrificazione.

In tal caso, il ricircolo interno dall'ultrafiltrazione, sempre presente, avrà la sola funzione di mantenere la concentrazione di biomassa nei reattori ai valori prestabiliti.

In entrambe le configurazioni di esercizio, saranno inoltre degradati, senza significative differenze, gli altri principali contaminanti (COD, BOD_5, P in primis).

Come si vedrà meglio nel seguito, i due processi sopra descritti permetteranno di garantire una qualità dell'effluente conforme agli obiettivi di qualità per lo scarico in acque superficiali.

La differenza sostanziale tra i due schemi di funzionamento risiede nel fatto che, nel primo, la ripartizione dei volumi anossici ed aerobici è evidentemente fissa e presuppone una conoscenza precisa dei quantitativi di azoto da trattare e del rapporto COD/TKN nel refluo.

Ciò considerato, il funzionamento ad aerazione intermittente presenta i seguenti vantaggi:

- in primo luogo, qualora le caratteristiche dei reflui e dei dreni della linea fanghi nel reale esercizio dovessero risultare difformi rispetto alle previsioni progettuali, il sistema potrà automaticamente adattarsi a differenti condizioni operative semplicemente variando l'ampiezza e l'intensità delle fasi di aerazione;

- i limiti stabiliti per lo scarico dell'effluente depurato non risultano particolarmente restrittivi, pertanto può essere utile bilanciare i processi di nitrificazione e denitrificazione nell'ottica di limitare l'ossidazione dell'azoto, contenendo contestualmente i consumi energetici.

Di converso, l'alternanza di fasi anossiche ed aerobiche propria del processo ad aerazione intermittente determina una qualità dell'effluente ciclicamente variabile che può risultare

più difficilmente compatibile con un eventuale riutilizzo della risorsa idrica (in funzione ovviamente dei requisiti qualitativi stabiliti allo scopo).

Il processo MLE, più stabile nel tempo, consente invece di raggiungere, nelle condizioni di alimentazione ipotizzate in progetto, una qualità dell'effluente finale potenzialmente conforme al D.M. 185/03[5].

Occorre infine sottolineare che, ai fini del recupero di una frazione dello scarico, un ulteriore margine di sicurezza funzionale sarà garantito dalla possibilità di ripartire la portata in ingresso al comparto biologico in modo asimmetrico sulle diverse linee che lo compongono: si potrà quindi alimentare una linea con una portata ridotta, incrementandone le rese depurative, e distribuire il restante volume di refluo sulle altre linee (fermo restando il rispetto di una qualità dello scarico in acque superficiali conforme ai limiti di legge).

La miscela aerata contenuta nei bacini di ossidazione sarà convogliata, per mezzo di apposite pompe, alla sezione di ultrafiltrazione. Quest'ultima sarà organizzata su dieci linee parallele attrezzate con membrane a fogli di fibre cave supportate in PVDF con una porosità nominale non superiore a 0,04 µm.

Le membrane sono infatti disponibili sul mercato in varie configurazioni:

- moduli a fibre cave: essi impiegano membrane cilindriche (diametro di pochi mm), con flusso del refluo dall'esterno verso l'interno. Le fibre presentano lunghezze di 2,0-2,5 m e sono fissate ad una o ad entrambe le estremità senza essere tese, il che ne permette una più agevole pulizia (operata generalmente con insufflazione di aria alla base);

- moduli a pannelli piani: la superficie filtrante è costituita da pannelli disposti verticalmente, con spaziatura dell'ordine di 10 mm e flusso del refluo dall'esterno verso l'interno. Anche in questo caso, le membrane sono mantenute pulite con insufflazione di aria alla loro base;

- moduli a membrane tubolari: le membrane sono alloggiate entro condotti cilindrici o prismatici che si raccordano, alle estremità, a piastre tubiere attraverso le quali è immesso il refluo ed è scaricato il liquido filtrato. L'alimentazione avviene all'interno dei tubi e l'effluente si raccoglie in un mantello esterno. Solo una piccola parte della portata di refluo in ingresso riesce ad attraversare le membrane, il che richiede un elevato ricircolo della miscela aerata che contribuisce anche alla pulizia della superficie filtrante.

Nell'ambito del trattamento di reflui urbani caratterizzati da portate significative (come nel caso in esame), la maggiore facilità di pulizia ed i più contenuti costi di investimento e manutenzione hanno orientato la scelta dei progettisti verso i sistemi a fibre cave. Le membrane disponibili sul mercato hanno tutte raggiunto una maturità di produzione che li

[5] Come già rilevato, i trattamenti previsti non incidono sulla concentrazione di cloruri che risulterà, nell'effluente, sostanzialmente pari a quella del refluo in ingresso (circa 350 mg/l) e quindi superiore al valore limite di 250 mg/l indicato dal D.M. 185/03.

rende affidabili nel tempo. E' del tutto evidente che è sicuramente possibile ipotizzare soluzioni diverse in grado di coniugare le esigenze derivanti dallo spazio limitato con quelle proprie del processo. Più nel dettaglio, stante la necessità di minimizzare gli ingombri planimetrici, per la sezione di ultrafiltrazione del D.A.C. sono state selezionate membrane a fibre cave supportate, assemblate in fogli, in cui ogni fibra cava è unita lungo il proprio asse longitudinale alle fibre adiacenti, formando appunto dei fogli. Grazie a tale accorgimento, le membrane uniscono ai vantaggi delle fibre cave quelli delle membrane piane, massimizzando la densità di impaccamento (superficie di filtrazione rapportata al volume occupato). Nel caso del D.A.C., ciò si traduce nella possibilità di quasi dimezzare la superficie planimetrica occupata dalle vasche di ultrafiltrazione.

Le dimensioni complessive del comparto biologico MBR presentano comunque margini per ulteriori espansioni del reparto di ultrafiltrazione così come per l'installazione di differenti tipologie di membrane a fibra cava attraverso riorganizzazioni interne dei volumi disponibili.

SEZIONE DI ULTRAFILTRAZIONE A MEMBRANE

Parametro	Udm	Valore
Numero linee	-	10
Dimensioni utili dei bacini di alloggiamento	m	2,90 x 8,75 x 3,00 (h)
Volume utile del singolo bacino (totale)	m^3	76 (761)
Portata media complessiva da filtrare	m^3/h	2'286
Portata massima complessiva da filtrare	m^3/h	6'642
Superficie filtrante per singola linea (totale)	m^2	13'941 (139'405)
Flusso specifico medio (massimo)	$l/m^2/h$	16 (48)

Ciò premesso, coerentemente con la logica di funzionamento precedentemente descritta per i reparti di ossidazione, la miscela aerata potrà essere distribuita uniformemente su tutte le linee oppure un treno di filtrazione potrà essere separato dagli altri e dedicato alla linea del comparto biologico eventualmente destinata alla produzione di un effluente di più elevata qualità.

Una quota del refluo pari alla portata in ingresso al comparto biologico sarà filtrata attraverso le membrane (il cosiddetto permeato) così da separarne le sostanze di dimensioni superiori a quelle dei pori delle membrane stesse.

Tali sostanze (compresi i fanghi biologici) saranno invece trattenute nelle vasche di alloggiamento, determinando un aumento della concentrazione dei solidi sospesi.

L'estrazione del permeato potrà essere attuata per mezzo di eiettori pneumatici che consentiranno l'innesco del sifone costituito dalle tubazioni di scarico e la successiva instaurazione di un flusso a gravità che sfrutterà il salto tra la superficie dell'acqua nelle vasche delle membrane ed il bacino di alimentazione delle condotte di scarico (si vedano per maggiori dettagli i successivi paragrafi).

Saranno anche disponibili pompe volumetriche reversibili che si attiveranno qualora il suddetto salto di quota non risulti sufficiente e che saranno anche utilizzate per il controlavaggio delle membrane.

La portata non estratta attraverso le membrane costituirà il ricircolo della miscela aerata verso le vasche di ossidazione, necessario a mantenere all'interno di queste ultime la voluta concentrazione di fanghi (concentrazione che verrà regolata, oltre che con il citato ricircolo, anche per mezzo dello spurgo dei fanghi di supero).

Il flusso in esame sarà sfiorato, alla sommità dei bacini di alloggiamento delle membrane, all'interno di un canale ripartitore da cui si dipartiranno le tubazioni di adduzione del ricircolo all'estremità di monte dei reattori ossidativi.

Detto ricircolo della miscela aerata risulta generalmente di notevole entità (anche pari a quattro volte la portata media di alimentazione): per le suddette pompe di caricamento della sezione di ultrafiltrazione sono quindi state selezionate pompe ad elica, ottimali per il convogliamento di grandi portate in corrispondenza di basse prevalenze.

Il comparto MBR sarà completato con i necessari apparati di aerazione e miscelazione dei reattori biologici, rispettivamente costituiti da reti di diffusori a bolle fini installate sul fondo dei bacini (alimentate da appositi compressori) e da elettromiscelatori sommersi: la possibilità di attuare il processo ad aerazione intermittente nell'intero volume di reazione impone inoltre che tali dotazioni siano presenti indifferentemente nei compartimenti che, nello schema MLE, sono dedicati alla denitrificazione ed alla nitrificazione.

Più nel dettaglio, i diffusori a bolle fini sono stati preferiti alle altre tecnologie disponibili sul mercato in quanto rappresentano la soluzione caratterizzata dai migliori rendimenti di aerazione e dai minori consumi energetici.

Per l'agitazione del refluo sono stati selezionati dispositivi ad asse orizzontale ad alta efficienza scartando l'ipotesi di macchine ad asse verticale (queste ultime risultano non ottimali in rapporto al prevalente sviluppo longitudinale dei reattori – che richiederebbe un maggior numero di miscelatori verticali -, ai più alti consumi energetici ed alla negativa interazione con i diffusori d'aerazione installati sul fondo dei bacini).

La pulizia delle membrane sarà operata tramite insufflazione di aria alla base delle stesse (air-scouring) o con il controlavaggio, addizionato periodicamente con acido citrico o con ipoclorito di sodio. Allo scopo, saranno quindi installati specifici compressori d'aerazione e sistemi di stoccaggio e dosaggio dei suddetti reagenti chimici (come già detto, il controlavaggio sarà attuato mediante le pompe volumetriche reversibili utilizzabili anche per l'estrazione del permeato).

L'effluente depurato sarà in parte inviato direttamente allo scarico, in parte potrà essere accumulato all'interno di bacini di stoccaggio (saranno disponibili bacini separati per l'effluente trattato ai fini dell'eventuale riuso - compresa l'alimentazione della rete antincendio - e per quello conforme ai limiti per lo scarico in acque superficiali). Tali bacini di accumulo dell'effluente depurato forniranno anche l'acqua necessaria per le operazioni di controlavaggio.

Le vasche di ossidazione, in considerazione delle caratteristiche del refluo e dell'ambiente marino circostante, saranno realizzate in calcestruzzo armato con classe di esposizione XC2, XA1, XS1. I bacini, ancorché non costituiscano normalmente una significativa fonte di emissioni odorifere moleste, saranno comunque integralmente coperti.

Le membrane di ultrafiltrazione, così come le apparecchiature di processo (compressori, pompe, etc.) non immerse nei reattori ossidativi, saranno alloggiate all'interno di un apposito edificio tecnico. Tale edificio apparterrà alla medesima tipologia costruttiva di quello dedicato ai pretrattamenti e sarà costituito da una struttura in calcestruzzo armato prefabbricato al cui interno saranno realizzate, con calcestruzzo armato gettato in opera, le diverse vasche ed i relativi elementi di sostegno. L'edificio sarà articolato su due livelli principali: uno inferiore che accoglierà le pompe di ricircolo della miscela aerata, di controlavaggio e di estrazione dei fanghi di supero; uno superiore dove saranno collocati i compressori di aerazione del comparto biologico e di pulizia delle membrane e da cui si accederà alle passerelle di ispezione di queste ultime. Due distinti carroponti permetteranno la movimentazione dei compressori e delle cassette di membrane.

Gli elementi tecnici in carpenteria metallica a contatto con i liquami saranno in generale realizzati in acciaio inox AISI 316L (o materiali con caratteristiche equivalenti o superiori).

5.1.4. Rimozione del fosforo

Per quel che concerne il fosforo, le concentrazioni di tale contaminante nel refluo grezzo sono prossime al limite allo scarico previsto dalla Tab. 3 dell'Allegato V alla Parte III del D.Lgs. 152/06. Nell'ipotesi di scarico in acque superficiali, la rimozione del fosforo associata alla sola sintesi cellulare permette di raggiungere concentrazioni nell'effluente inferiori al suddetto limite senza necessità di ulteriori trattamenti.

Per migliorare le caratteristiche dello scarico ai fini di un ipotetico riutilizzo della risorsa idrica o per far fronte ad incrementi del carico di fosforo legati in particolare alla qualità delle acque di drenaggio della linea fanghi (attualmente non conoscibile), il comparto biologico sarà comunque attrezzato per il dosaggio di agenti chimici defosfatanti (tipicamente sali metallici, per esempio policloruro di alluminio) in coprecipitazione. Detto sistema di dosaggio sarà costituito da un serbatoio di stoccaggio del reagente e da apposite pompe dosatrici.

5.1.5. Acqua di servizio

Come già detto, l'elevata qualità dell'effluente[6] della linea acque ne permetterà il riutilizzo come acqua di processo (per le sezioni di grigliatura, filtrazione, ispessimento, disidratazione, etc.) in quantità superiori ad almeno 200 m^3/h, ampiamente compatibili con il fabbisogno idrico interno dell'impianto stimato in circa 120 m^3/h.

L'acqua destinata al riutilizzo interno, accumulata in uno dei suddetti bacini di stoccaggio, alimenterà il circuito dell'acqua tecnica dell'impianto. Detto circuito sarà costituito da

[6] Potenzialmente conforme al D.M. 185/03 (ammettendo una deroga sui cloruri).

apposite pompe di rilancio dell'acqua depurata e da un gruppo autoclave per il mantenimento della pressione della linea.

5.1.6. Scarico

In tempo secco (per portate inferiori a 2 Qm), i reflui trattati, in virtù delle elevate prestazioni depurative dell'impianto, potranno essere indifferentemente avviati allo scarico direttamente al Torrente Polcevera (per mezzo di una nuova tubazione DN1200, funzionante a superficie libera) o in mare (attraverso l'esistente condotta sottomarina). Allo scopo sarà prevista l'interconnessione tra la vasca di alimentazione della condotta sottomarina e lo scarico nel Polcevera, nell'ottica di una più ampia flessibilità gestionale.

In tempo di pioggia, al crescere delle portate, i liquami in uscita dalla sezione di ultrafiltrazione (di migliore qualità) saranno preferenzialmente inviati allo scarico nel Polcevera; quelli scolmati dallo sfioro a monte del trattamento primario in tempo di pioggia (per una portata massima di 2 Qm, ovvero 4'307 m^3/h) saranno invece normalmente smaltiti attraverso la condotta di scarico sottomarina.

In tempo secco, lo scarico dei liquami trattati (nel Polcevera o in mare) potrà avvenire a gravità. Per quanto riguarda lo scarico in mare, al crescere della portata, aumenterà il livello idrico nel bacino di accumulo fino ad un valore massimo in corrispondenza del quale saranno attivate apposite pompe di rilancio in grado di erogare anche le massime portate in tempo di pioggia (assunte, come già detto, pari a 2 Qm).

È stata altresì valutata l'ipotesi di una diversa ripartizione delle portate di scarico attribuite al recapito nel Polcevera o in mare. In particolare, si è ipotizzato di inviare in mare, attraverso la condotta sottomarina, le portate fino a 3 Qm e di avviare al Polcevera, in tempo di pioggia, le portate comprese tra 3 Qm e 5 Qm. Tale approccio alla gestione dello scarico è stato tuttavia scartato in quanto assai più oneroso sotto il profilo energetico: come anticipato, al crescere delle portate, queste sono smaltibili dalla condotta sottomarina solo tramite l'intervento di una stazione di sollevamento. Il transito di portate pari a 3 Qm attraverso la condotta sottomarina richiederebbe un impegno di potenza elettrica dello stesso ordine di grandezza di quello associato all'intera linea acque come evidenziato nella seguente tabella.

Parametro	**U.d.m.**	**Valore**
Rilancio a mare di portata pari a 2 Qm		
Portata massima	m^3/h	3'407
Prevalenza richiesta	m	22
Potenza assorbita	**kW**	**375**
Rilancio a mare di portata pari a 3 Qm		
Portata massima	m^3/h	6'642
Prevalenza richiesta	m	53
Potenza assorbita	**kW**	**1'600**

È evidente quindi che la soluzione adottata (limitazione delle portate convogliate dalla condotta sottomarina a 2 Qm) appare preferibile rispetto alla seconda alternativa considerata sia in termini economici sia in termini ambientali (i minori consumi energetici si traducono anche in minori emissioni di CO_2).

5.2. Linea fanghi

Sulla base dei requisiti ambientali, tecnici e gestionali precedentemente esposti, la filiera di processo della linea fanghi del nuovo depuratore dell'Area Centrale di Genova risulterà così articolata:

- arrivo dei fanghi (generati dalla linea acque sopra descritta o conferiti dagli altri impianti di depurazione cittadini mediante fangodotti);
- vasche di contatto e controllo, per l'eventuale dosaggio di idrossido di sodio e di cloruro ferrico, utili rispettivamente alla regolazione del pH ed al contrasto alla formazione di acido solfidrico nel successivo processo di stabilizzazione anaerobica;
- preispessimento dinamico;
- digestione anaerobica dei fanghi;
- sistema di idrolisi termica;
- sistemi di pretrattamento del biogas;
- sistemi di produzione di energia elettrica e calore mediante la combustione del biogas;
- accumulo del biogas prodotto dalla digestione anaerobica all'interno di un apposito gasometro;
- torcia per la combustione del biogas non utilizzato (in caso di fermo straordinario dei sistemi di cogenerazione e riscaldamento);
- disidratazione meccanica dei fanghi per mezzo di estrattori centrifughi;
- accumulo del fango disidratato.

Per quanto riguarda le acque di drenaggio generate dalla linea fanghi, esse saranno inviate alla linea acque (a valle dello sfioro delle portate di pioggia), dove si uniranno ai reflui della Val Polcevera.

Nei successivi paragrafi si riporta una dettagliata descrizione dei singoli comparti sopra elencati.

5.2.1. Arrivo dei fanghi e condizionamento chimico degli stessi

I fanghi degli altri depuratori cittadini (trasportati dai fangodotti) e quelli generati dallo stesso D.A.C. saranno inviati a quattro linee di condizionamento chimico, aventi la

funzione di omogeneizzare la portata e di permettere il dosaggio di reagenti chimici volti ad ottimizzare il successivo processo di digestione.

I fanghi in ingresso potranno infatti presentare caratteristiche chimico-fisiche variabili nel tempo ed in funzione degli impianti di provenienza. Inoltre, una correzione del pH mediante idrossido di sodio si rende necessaria per il prevedibile instaurarsi di processi di fermentazione dei fanghi (con conseguente acidificazione degli stessi) nelle tubazioni di adduzione all'impianto.

Assieme alla soda, si potrà dosare cloruro ferrico che, oltre a stabilizzare il fango ed a facilitare la successiva fase di ispessimento, favorisce l'abbattimento dell'idrogeno solforato nei digestori: il ferro causa infatti la precipitazione dello zolfo e previene la produzione dell'acido solfidrico.

La soluzione appena descritta per la precipitazione chimica dello zolfo è stata selezionata in considerazione dei buoni risultati ottenuti nell'ambito delle esperienze effettuate in Italia. Inoltre, essa si caratterizza per il contenuto costo impiantistico e gestionale e per la semplicità esecutiva ed operativa: l'impiego del cloruro ferrico evita infatti l'installazione di un desolforatore sulla linea biogas, al quale si associano maggiori oneri in termini di consumo di reagenti e di manutenzione.

Come già detto, il comparto sarà strutturato su quattro linee di miscelazione e contatto: ciascuna linea sarà costituita da una vasca avente un volume unitario pari a circa 27 m^3 e sarà provvista di sistemi di miscelazione e strumenti di controllo del pH e della concentrazione di SST.

I reagenti chimici saranno stoccati all'interno di serbatoi cilindrici ad asse verticale, dotati di vasca di contenimento integrata nella struttura dei serbatoi stessi e corredati delle necessarie pompe dosatrici.

5.2.2. Ispessimento dinamico e accumulo

Per incrementare la concentrazione del fango in ingresso alla digestione anaerobica, sarà realizzato un comparto di ispessimento dinamico: allo scopo saranno installati quattro dispositivi elettromeccanici operanti in parallelo, ognuno alimentato con il fango condizionato chimicamente.

I macchinari in esame saranno installati all'interno di un edificio tecnico dedicato alla linea fanghi e, in particolare, all'ispessimento ed alla disidratazione. Nello specifico, il manufatto presenterà due piani, fuori terra: gli ispessitori saranno collocati al primo piano e potranno così scaricare il fango trattato direttamente all'interno di apposite vasche di accumulo ricavate al piano inferiore, piano terra. Di qui i fanghi saranno avviati alla digestione anaerobica (descritta ai paragrafi successivi).

Analizzando nel dettaglio la sezione in esame, prima dell'ingresso negli ispessitori, il fango transiterà all'interno di un serbatoio di miscelazione in cui avrà luogo il contatto con una soluzione di polielettrolita al fine di migliorare la successiva separazione della fase liquida da quella solida, aumentando il contenuto di sostanza secca ottenibile con il trattamento.

La preparazione del polielettrolita sarà attuata da un'apposita stazione di miscelazione. Il polipreparatore opererà in automatico la dissoluzione del polielettrolita in emulsione.

Come già precisato in precedenza, i fanghi primari prodotti dai filtri RBF della linea acque, essendo caratterizzati da una concentrazione di sostanza secca dell'ordine del 5%, potranno essere convogliati direttamente alla digestione anaerobica, senza essere normalmente sottoposti all'ispessimento dinamico. Sarà comunque assicurata la possibilità di trattare anche detti fanghi primari nella sezione di pre-ispessimento dinamico appena descritta.

Giova a questo punto porre in risalto un accorgimento progettuale comune a tutti i reparti della linea fanghi (dall'ispessimento dinamico fino alla disidratazione).

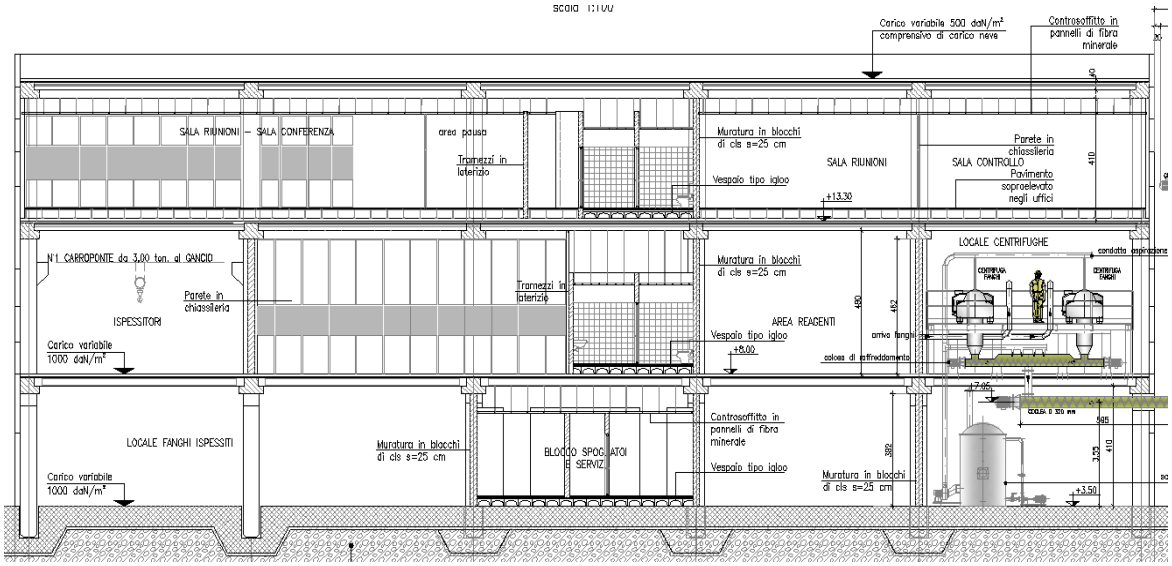
Al fine di consentire una separazione dei fanghi primari del D.A.C. dagli altri fanghi (fanghi misti in arrivo dai depuratori cittadini e fanghi di supero biologici dell'impianto in progetto), ogni sezione di trattamento sarà organizzata su più linee delle quali una risulterà sezionabile dalle altre così da poter ricevere unicamente gli stessi fanghi primari.

Se ritenuto opportuno in fase di gestione ordinaria dell'impianto, saranno così disponibili due filiere di processo distinte rispettivamente dedicate ai fanghi primari ed ai fanghi misti.

In alternativa, si potranno miscelare tutti i flussi di fanghi sopra citati procedendo ad una ripartizione uniforme della portata complessiva sulle diverse linee di trattamento.

Analogamente ai manufatti previsti per la linea acque, anche l'edificio tecnico della linea fanghi sarà costituito da una struttura in calcestruzzo armato prefabbricato. Le vasche interne di accumulo dei fanghi saranno invece realizzate in calcestruzzo armato gettato in opera. L'edificio, oltre ai comparti di pretrattamento e disidratazione, ospiterà anche i servizi igienici e gli uffici del personale addetto alla gestione posti al secondo piano fuori terra.

Carroponti posizionati in corrispondenza degli ispessitori e delle centrifughe consentiranno l'agevole movimentazione dei macchinari.



I locali destinati ai diversi trattamenti saranno provvisti dei necessari sistemi di ventilazione forzata e di convogliamento dell'aria esausta al relativo sistema di deodorizzazione.

Sempre al fine di evitare la diffusione di odori e di agevolare la captazione degli stessi attraverso il suddetto apparato di deodorizzazione, le vasche di accumulo dei fanghi così come gli ispessitori e le centrifughe saranno interamente chiusi attraverso coperture fisse o rimuovibili.

I dreni prodotti dalla linea fanghi saranno convogliati ad un apposito pozzetto da cui, uniti agli altri dreni dell'impianto, saranno avviati alla linea acque.

Per quanto riguarda i materiali impiegati, tenuto conto dell'elevato contenuto di cloruri nei reflui e dell'esposizione ad un ambiente marino, le strutture saranno realizzate in calcestruzzo armato con classe di esposizione XC2, XS1 mentre gli elementi tecnici in carpenteria metallica a contatto con i liquami saranno in generale realizzati in acciaio inox AISI 316L (o materiali con caratteristiche equivalenti o superiori).

5.2.3. Digestione anaerobica e idrolisi termica

Considerata la potenzialità dell'impianto D.A.C., la digestione anaerobica rappresenta la soluzione più affidabile ed economicamente sostenibile per la stabilizzazione dei fanghi.

La degradazione anaerobica della sostanza organica, oltre ad assicurare la stabilità biologica del fango in uscita, consente infatti un rilevante recupero energetico: il biogas prodotto nel processo permetterà la generazione di energia e calore in quantità sufficienti a soddisfare parte dei fabbisogni energetici del depuratore.

Lo schema di impianto attualmente più diffuso è la digestione a singolo stadio ad alto carico: esso costituisce il coronamento di un lungo percorso evolutivo iniziato con i digestori freddi di primo Novecento e proseguito con i digestori a doppio stadio con reattore primario riscaldato.

In passato, il dimensionamento veniva effettuato con carichi del fango dell'ordine di 1,5-2,2kg SS/m^3d mentre la concentrazione media nel digestore dei solidi volatili era usualmente mantenuta intorno al 2%. Tali parametri operativi risultavano funzionali al controllo degli effetti tossici generati da concentrazioni elevate di ammoniaca nel fango stesso.

Con la diffusione dei digestori ad alto carico per sottoprodotti agricoli o per la frazione organica da raccolta differenziata, si è registrata un'importante evoluzione sia dei sistemi di agitazione, contribuendo a realizzare le condizioni ottimali di reattore completamente miscelato, sia della comprensione e del controllo della cinetica del processo e dei meccanismi biologici anaerobici, così da assicurare la corretta gestione delle fasi di idrolisi, fermentazione e metanogenesi.

Per le finalità del presente progetto sono stati utilizzati i criteri di dimensionamento normalmente impiegati per una digestione anaerobica mesofila. Tale processo è stato integrato con altri elementi impiantistici in modo da creare un sistema di stabilizzazione avanzata volto a migliorare ulteriormente le condizioni operative del D.A.C.

Per incrementare l'efficienza del trattamento è infatti necessario aumentare il tempo di residenza cellulare preservando nel contempo l'equilibrio tra le cinetiche delle fasi acidogena e metanigena.

A tale scopo, l'ispessimento del fango in ingresso al digestore è stato sperimentato con positivi risultati da molti anni.

Gli iniziali ostacoli ad un'ampia diffusione di tale tecnologia legati alla mancanza di apparecchiature (pompe ed agitatori) con caratteristiche idonee a movimentare il fango ed a miscelarlo nel digestore sono stati ormai superati grazie alla disponibilità sul mercato di un'ampia gamma di prodotti specificatamente studiati.

L'ispessimento del fango a monte del processo non è comunque sufficiente, da solo, a garantire un'elevata età del fango poiché, senza ricircolo nel digestore, il tempo di residenza cellulare SRT risulta sempre coincidente con il tempo di residenza idraulica HRT, a sua volta funzione del volume dei reattori.

Per conseguire prestazioni depurative superiori, un'alternativa alla costruzione di un maggior numero di digestori (con conseguente incremento dell'occupazione di area) consiste nell'implementazione di uno dei sistemi di digestione avanzata oggi disponibili, quali in particolare la digestione con ricircolo interno e l'idrolisi termica.

Sulla scorta delle analisi condotte ai precedenti livelli di progettazione, al fine di massimizzare le prestazioni della linea fanghi del nuovo impianto DAC di Genova in progetto (in termini di riduzione di SSV, produzione di biogas e disidratabilità del fango in uscita dal comparto), si è optato per l'implementazione di un processo di digestione anaerobica seguito da idrolisi termica.

Le motivazioni che hanno portato ad effettuare questa scelta di trattamento verranno ampiamente descritte e giustificate nel seguito.

Nell'ambito del presente paragrafo verrà descritto approfonditamente il processo di idrolisi termica, con evidenza delle differenti configurazioni impiantistiche proposte per la sua implementazione.

Nonostante il processo di idrolisi termica venga applicato a valle della digestione anaerobica, si è ritenuto opportuno trattare i due processi parallelamente nella stessa sezione in quanto l'idrolisi termica influenza notevolmente le prestazioni del processo di digestione.

L'idrolisi termica è ampiamente diffusa nei paesi nordici ed è sviluppata secondo processi brevettati che sono condensati in unità compatte di diverse potenzialità e richiedono una modesta superficie, la quale viene ampiamente compensata dalla riduzione dei volumi di digestione e dei volumi di fango da conferire a smaltimento.

L'idrolisi termica può essere effettuata tramite un'apposita unità compatta,eventualmente suddivisa su più unità in parallelo. Esistono infatti in commercio moduli preassemblati che possono essere inseriti senza particolari criticità all'interno del ciclo di trattamento.

Questi moduli sono caratterizzati da notevole semplicità di installazione in quanto necessitano solamente dei collegamenti dell'alimentazione (fango e vapore in ingresso) e degli scarichi (fango trattato, gas prodotto e condensato) e possono essere pre collaudati in fabbrica migliorando l'affidabilità complessiva.

In particolare nel seguito si focalizzerà l'attenzione sui processi brevettati per l'idrolisi termica, valutati idonei per incrementare la performance dell'impianto in questione.

Tale tecnologia è sviluppata anche da importanti compagnie leader nel settore della depurazione che, con alcune variazioni allo schema, assicurano risultati confrontabili (Solid stream della Cambi, Exelys® della VEOLIA etc)

Per semplicità di trattazione si farà dunque principalmente riferimento alla tecnologia Solid stream, per la maggior disponibilità di dati, ritenendo comunque equivalente ogni sistema che possa dare le stesse prestazioni e garanzie.

Una ulteriore tecnologia di digestione avanzata consiste nell'applicare un ricircolo interno del fango: quest'ultimo viene infatti sottoposto ad addensamento (per l'aumento del contenuto di sostanza secca) per poi essere nuovamente immesso all'interno dei digestori.

In tal modo, l'efficienza della stabilizzazione può essere notevolmente incrementata rispetto ad un processo tradizionale senza ricircolo.

Tale alternativa può essere semplicemente attuata attraverso l'inserimento di appositi circuiti di ricircolo interno dei fanghi, incrementando la concentrazione di SST nei bacini, e innalzando, così, il valore dell'età del fango (SRT) a parità di volume di reazione (in assenza del ricircolo, l'età del fango coincide infatti con il tempo di ritenzione idraulica).

L'effetto ottenibile in termini di rese depurative è equivalente a quello riscontrabile con un incremento del volume dei reattori.

Tale sistema è compatibile con l'idrolisi termica dopo la digestione anaerobica potendo, semplicemente utilizzare il sistema di prede nitrificazione per addensare il fango da rinviare al digestore in alternativa all'utilizzo della idrolisi termica.

5.2.4. Il processo di idrolisi termica

La fase di idrolisi avviene prioritariamente all'interno dei convenzionali digestori anaerobici, e condiziona notevolmente le successive fasi di acidogenesi e metanogesi.

Nel processo di idrolisi le componenti organiche vengono infatti frazionate e sciolte nell'acqua grazie alla rottura delle strutture cellulari del fango stesso: i composti derivanti

dal processo (soprattutto acidi organici) vengono trasformati in biogas nelle successive fasi di digestione.

La fase di idrolisi può essere accelerata mediante processi di disintegrazione che possono essere condotti per via meccanica, termica o chimica.

Il processo di idrolisi termica sfrutta le variazioni di temperatura e pressione operativa all'interno di appositi reattori, al fine di favorire la disintegrazione delle componenti organiche.

Tale processo può essere applicato secondo due differenti modalità, a seconda della tipologia di impianto e in particolare degli obiettivi che si vogliono raggiungere tramite la sua implementazione:

- a monte della digestione anaerobica, se la priorità è quella di aumentare le prestazioni del comparto di digestione;
- a valle della digestione anaerobica, se la priorità è quella di privilegiare la disidratabilità del fango e ridurne notevolmente il volume in uscita dalla linea.

5.2.5. Applicazione dell'idrolisi termica a monte della digestione

L'idrolisi termica applicata a monte della digestione produce, in alimentazione al digestore, una quantità di substrato solubile maggiore di quella che è normalmente raggiunta all'interno di un digestore tradizionale.

La digestione metanigena si dimostra dunque più veloce e produce una quantità maggiore di biogas.

Il fango sottoposto ad idrolisi termica subisce una riduzione della viscosità, consentendo l'alimentazione del successivo comparto di digestione con un flusso caratterizzato da concentrazioni di sostanza secca pari al 10-12 %.

Inoltre, l'idrolisi, incrementando la solubilità del fango, assicura un aumento della velocità delle reazioni biologiche di degradazione della materia organica e di produzione di metano, con un abbattimento del tempo di permanenza minimo del fango nei digestori (15 giorni contro gli usuali 18-21 gg).

La combinazione dei due fattori, decremento della viscosità del fango e diminuzione del tempo di permanenza, consente una drastica riduzione del volume richiesto per la digestione o, analogamente, permette di trattare un maggior quantitativo di fango all'interno di un dato volume di reazione.

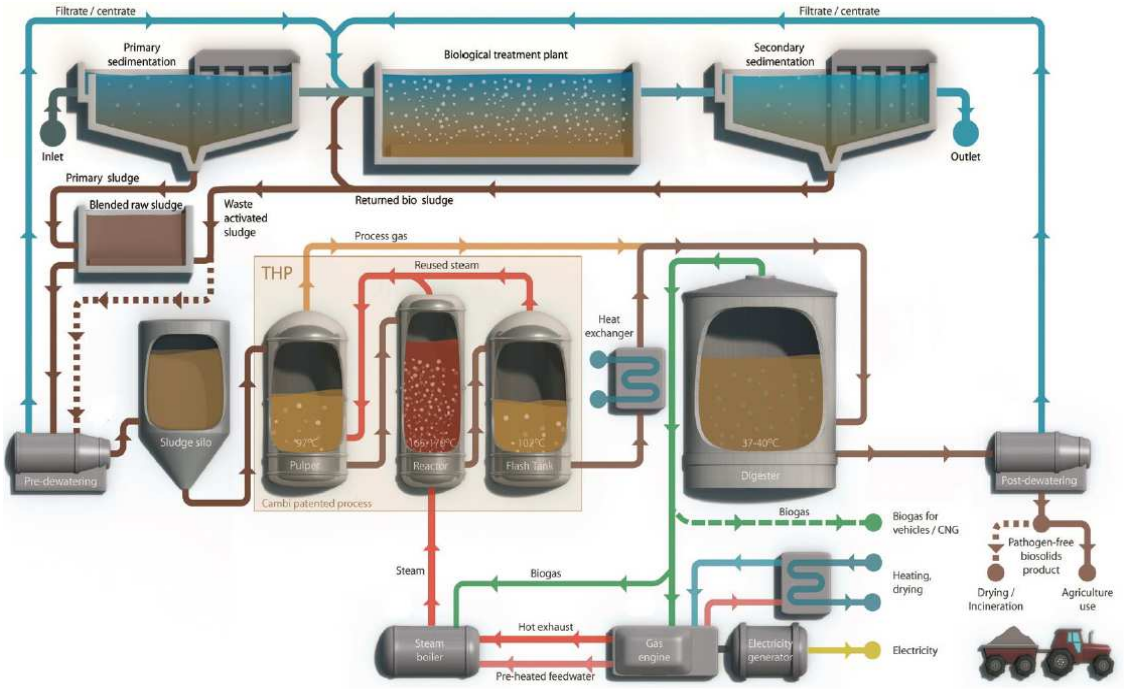
Nel processo brevettato THP® (*Thermal Hydrolisis Process*) per l'idrolisi termica a monte della digestione, i fanghi vengono riscaldati ad una temperatura di 170°C alla pressione di 8 bar per un tempo di circa 45 minuti.

Il processo viene realizzato in una unità modulare compatta composta da differenti reattori in serie, che sviluppa le fasi descritte precedentemente.

Lo schema di una linea di trattamento fanghi con l'inserimento del processo THP® può essere di seguito riassunto:

- pre-disidratazione e stoccaggio del fango;
- riscaldamento del fango nel pulper;
- idrolisi termica nel reattore;
- raffreddamento del fango idrolizzato;
- digestione anaerobica;
- disidratazione finale del fango digerito.

La successiva immagine evidenzia la collocazione del sistema brevettato THP® all'interno di un impianto di trattamento convenzionale, a monte della digestione anaerobica dei fanghi.



Nella fase di pre-disidratazione, il fango è disidratato fino ad ottenere una percentuale di secco variabile tra il 15% e il 20%.

Il fango disidratato è quindi inviato al silo di stoccaggio per il successivo pompaggio al pulper, serbatoio in cui viene pre - riscaldato e miscelato con acqua calda e vapore riciclato dai reattori e dal serbatoio flash.

Il fango riscaldato è quindi pompato nel reattore dove avviene l'idrolisi ad alta pressione ed alta temperatura. Il riscaldamento avviene tramite l'iniezione diretta di vapore alla temperatura di 170°C e alla pressione di 8-12 bar per un tempo di circa 30- 45 minuti, determinando la solubilizzazione dei composti organici.

In seguito all'idrolisi, il fango è inviato al serbatoio flash, in cui la pressione e la temperatura del fango idrolizzato diminuiscono a causa del flussaggio del vapore al pulper.

Da ultimo viene quindi avviato ad uno scambiatore di calore per riportare la sua temperatura a quella corretta per l'invio alla digestione mesofila (che non necessiterà più di ulteriore riscaldamento attraverso gli scambiatori di calore).

La concentrazione del fango viene in questa fase corretta affinché sia compresa tra il 10 e il 12% di sostanza secca.

L'energia rilasciata dallo scambiatore è usata per scaldare le acque che devono essere fornite allo stadio del pulper e come acqua d'alimentazione per il generatore di vapore.

Il fango idrolizzato viene dunque inviato ad un digestore convenzionale, ove viene stabilizzato anaerobicamente e successivamente recapitato alla disidratazione finale tramite la quale si possono ottenere valori di concentrazione in secco fino al 40%.

5.2.6. Applicazione dell'idrolisi termica a valle della digestione

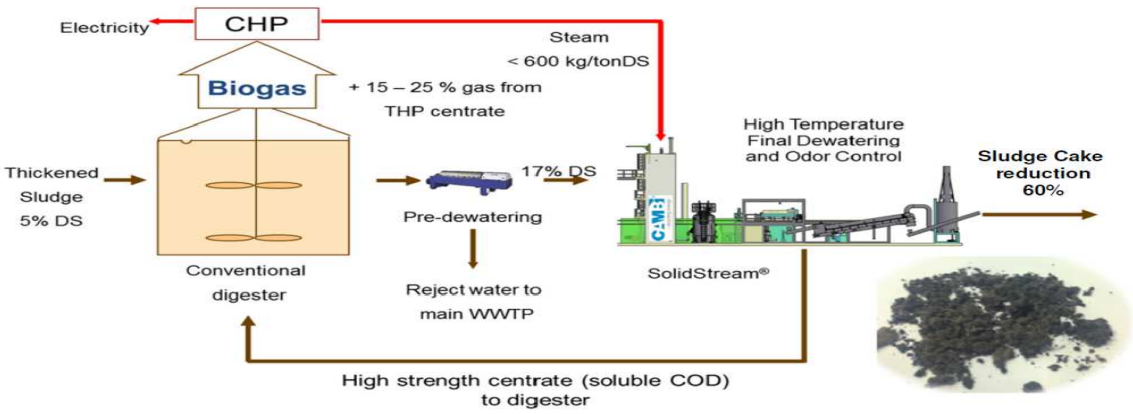
L'applicazione dell'idrolisi termica a valle della digestione è finalizzata ad ottenere concentrazioni di secco più elevate nel fango in uscita dal trattamento, con conseguente riduzione del volume di fango da smaltire e dei relativi costi associati.

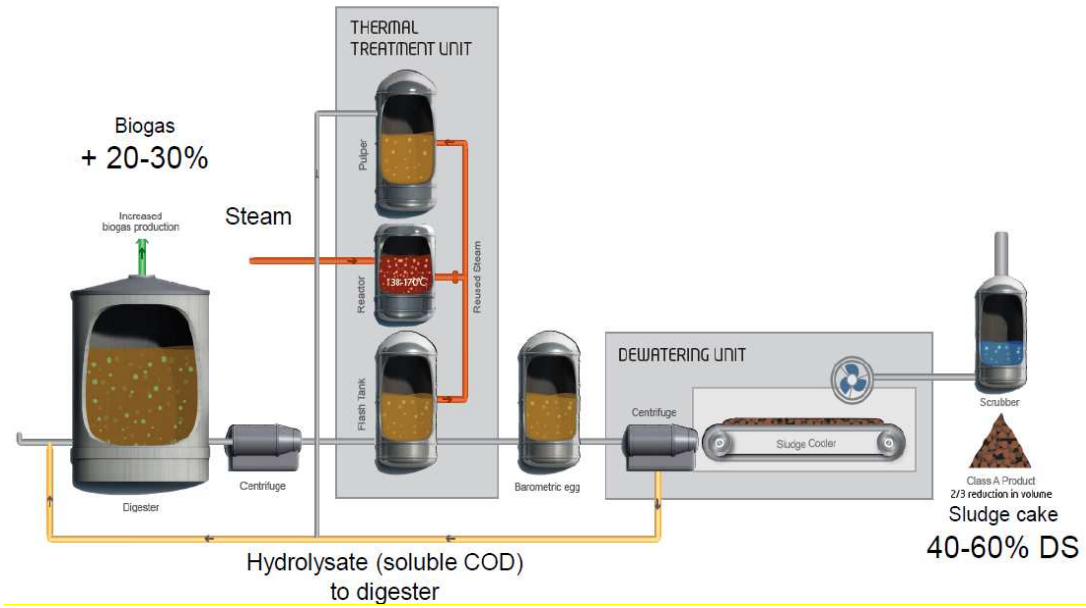
La concentrazione di secco in uscita dai processi di digestione convenzionale è pari a circa il 22-27%; aumentando tale concentrazione, il volume di acqua e i costi associati allo smaltimento del fango disidratato possono essere significativamente ridotti.

Il fango risulta essere molto più facilmente ed efficacemente disidratabile a causa del rilascio dell'acqua intra-cellulare e alla elevata temperatura alla quale avviene la disidratazione meccanica finale.

Il fango digerito viene alimentato all'unità di idrolisi termica e successivamente ad un apposito comparto di disidratazione finale.

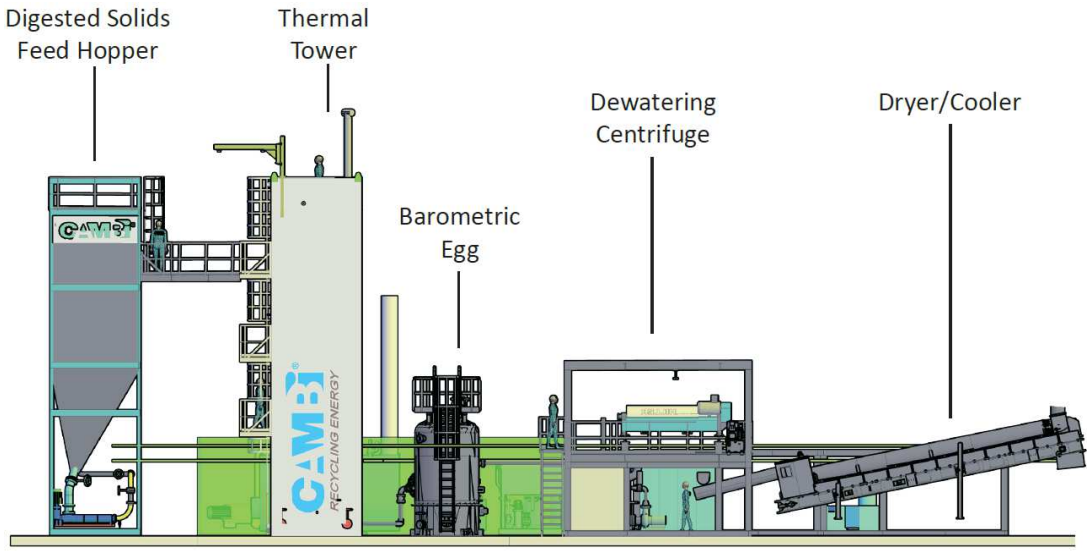
Lo schema di processo viene sintetizzato nelle immagini a seguire.





Il sistema si compone delle seguenti sezioni, schematizzate nella figura:

- Sistema di alimentazione al pulper (*Digested solids feed hopper*);
- Unità di trattamento termico (*Thermal Tower*);
- Sistema di alimentazione alla centrifugazione finale (*Barometric egg*);
- Centrifugazione finale (*Dewatering Centrifuge*);
- Sistema di raffreddamento del fango in uscita (*Dryer/Cooler*).



Il fango digerito per via anaerobica subisce inizialmente una pre-disidratazione meccanica al fine di ottenere una concentrazione in secco pari al 16%, successivamente viene trasferito in un silo e trasferito all'unità di trattamento termico.

L'unità di trattamento termico realizza le tre fasi consecutive in differenti reattori secondo lo stesso schema illustrato per l'idrolisi a monte della digestione :

- Pre-riscaldamento del fango nel pulper;
- Idrolisi termica nel reattore;
- Decremento della temperatura e della pressione nel serbatoio di flash.

All'interno del pulper il fango viene pre-riscaldato ad una temperatura compresa tra 90 – 100°C, attraverso l'utilizzo del vapore ricircolato dal serbatoio di flash.

Durante il processo di idrolisi, condotto a temperatura di 165°C e pressione di 6 bar, le strutture cellulari del fango vengono disintegrate e disciolte nell'acqua. Il fango passa al successivo serbatoio flash, in cui subisce un rapido decremento della pressione e si realizza il trasferimento del vapore al pulper.

Dal serbatoio di flash, il fango è trasferito ad un serbatoio (*barometric egg*), che funge da alimentazione per il successivo comparto di disidratazione finale. La regolazione della pressione all'interno del serbatoio favorisce l'alimentazione continua del fango alla centrifugazione finale, senza necessità di ulteriori apparati di sollevamento.

La successiva disidratazione del fango avviene ad alta temperatura, fattore che ne migliora notevolmente le prestazioni.

Tale miglioramento è infatti riconducibile ad un aumento della compressibilità del fango e ad una diminuzione della viscosità dell'acqua conseguenti all'esercizio a temperatura più alta. In questo modo, i solidi possono essere più facilmente ed efficacemente separati dell'acqua.

Il centrato proveniente dalla centrifugazione finale ha un elevato contenuto di sostanze volatili facilmente digeribili, che vengono ricircolate al digestore anaerobico, incrementando così la percentuale dei solidi volatili abbattuti in sede di digestione e la conseguente produzione di biogas, di circa 15 – 25% rispetto ad un sistema di digestione convenzionale.

Il centrato ad alta temperatura, inviato al digestore, fornisce calore aggiuntivo per il riscaldamento del digestore stesso.

Il fango disidratato, prima di essere conferito allo smaltimento finale, viene raffreddato fino a raggiungere una temperatura di 30 – 60°C. Il risultato finale è un fango di classe A[7] completamente stabilizzato, con una concentrazione di secco compresa tra 40 – 60%.

I gas derivanti dal processo sono potenziali fonti di emissioni odorigene e sono principalmente composti da mercaptani, ammine ed acido solfidrico.

[7] EPA 40 CFR Part 503 Biosolids Rule – Thermally Treated Biosolids – exceptional Quality (EQ) Table 2.4 – no restriction – all type of land.

Tali gas vengono inviati al digestore attraverso appositi sistemi di convogliamento per essere sottoposti ad una degradazione biologica. Le emissioni provenienti dal sistema di centrifugazione finale vengono invece inviate ad apposito scrubber ad umido, dove vengono trattate e conseguentemente abbattute.

5.2.7. Varianti del sistema di idrolisi termica

La tecnologia di idrolisi termica è stata sviluppata, come visto, da importanti compagnie leader nel settore del trattamento delle acque che, con alcune variazioni agli schemi di processo presentati precedentemente, assicurano comunque risultati confrontabili.

Per completezza di trattazione, nell'ambito del progetto sono state inoltre considerate differenti soluzioni, quali i due differenti schemi di processo:

- Bio Thelys®, che opera in modalità batch;
- Exelys®, che opera in modalità continua.

Nel primo schema, il fango subisce una iniziale disidratazione, a seguito della quale viene alimentato ad un reattore di idrolisi termica in modalità batch in cui viene immesso vapore in condizioni di pressione compresa tra 6-8 bar e temperatura 165°C, per un tempo di circa 30 minuti.

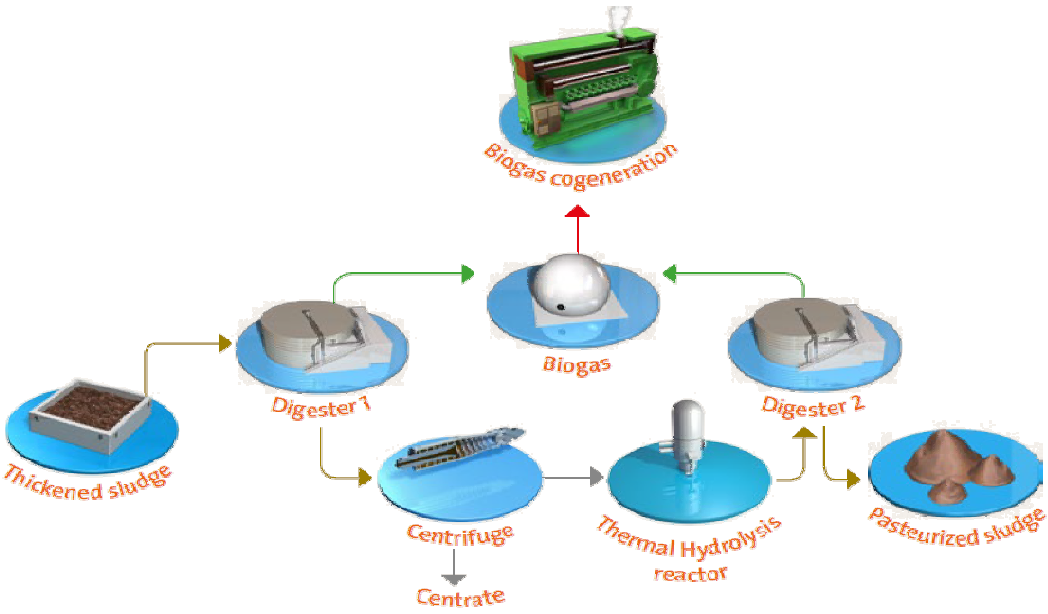
Nel secondo schema, il processo di idrolisi termica avviene in modalità continua con un tasso di alimentazione al reattore che varia in tempo reale, a seconda della portata di fango in ingresso.

L'unità di idrolisi termica opera a condizioni di temperatura di 165°C, pressione 6-8 bar e tempo di residenza di circa 30 minuti. Il sistema è gestito da una logica di controllo a PLC che modula il flusso di vapore al variare del flusso di fango in ingresso.

Entrambe le modalità di processo possono essere esercite secondo due differenti configurazioni:

- Idrolisi termica a monte della digestione (configurazione lisi/digestione LD o lisi parziale/digestione, Partial LD);
- Idrolisi termica a valle della digestione con configurazione digestione/lisi/digestione DLD®.

In particolare la configurazione DLD si differenzia dai processi descritti nei precedenti paragrafi poiché prevede l'utilizzo di due fasi successive di digestione, intervallate dalla fase di idrolisi termica.



Il processo di idrolisi termica viene applicato al fango proveniente dal primo digestore. Il fango idrolizzato viene successivamente raffreddato e diluito prima di essere alimentato ad un secondo digestore.

Il principale vantaggio dell'applicazione di questo schema deriva dall'abbattimento delle emissioni odorigene del fango idrolizzato attraverso la realizzazione della seconda digestione.

I punti di contatto con il solidstream sono sostanzialmente la digestione del centrato che nel SolidStream® viene effettuato nello stesso digestore da cui è stato prelevato il fango , per il DLD®, la digestione del centrato avviene in un digestore separato.

5.2.8. La soluzione adottata per il DAC

Il processo di idrolisi termica a valle della digestione è stato valutato come il più idoneo per l'impianto DAC, in quanto si vuole privilegiare la disidratabilità dei fanghi piuttosto che l'ottimizzazione del comparto di digestione previsto in progetto, di volumetria complessiva pari a 20.000 m^3.

Si può perseguire in tal modo una elevata flessibilità di esercizio e una significativa riduzione dei costi di gestione potendo assicurare un aumento della produzione del biogas e una importante riduzione dei costi di smaltimento.

Lo smaltimento finale del fango rappresenta, all'attualità e per il futuro, l'impegno economico e gestionale più importante per la gestione dei depuratori.

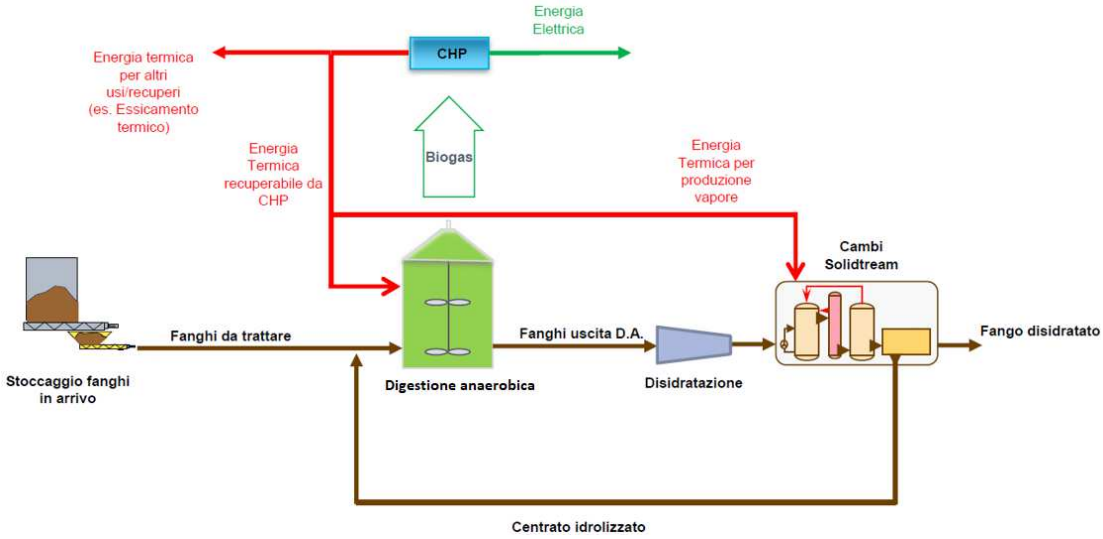
Le forti limitazioni imposte da molte Regioni per lo smaltimento in agricoltura dei fanghi da depurazione di acque reflue urbane hanno provocato un consistente aumento della domanda in impianti di compostaggio, inceneritori e discariche tale da determinare una tensione sui costi di smaltimento passati da 40 €/ton a 180€/ton.

Sicuramente il mercato reagirà con offerte di nuovi impianti, resta tuttavia la necessità di smaltire fango igienizzato e soprattutto con un minor contenuto di acqua. Tutti questi obiettivi possono essere raggiunti attraverso il potenziamento della digestione con l'idrolisi termica a valle della digestione.

Tramite tale processo è possibile infatti ottenere concentrazioni in secco del 40% in uscita dalla linea fanghi, con una significativa riduzione del volume di fango disidratato da conferire a smaltimento.

La produzione di biogas in seguito all'inserimento dell'unità di idrolisi termica risulta inoltre essere significativamente superiore rispetto alla configurazione della digestione classica, di circa il 15-25%.

Lo schema di trattamento previsto per il comparto digestione anerobica – idrolisi termica si configurerà come rappresentato nell'immagine e nello schema a blocchi successivi e viene descritto dettagliatamente nella Relazione Tecnica.



Ciò premesso, il comparto di digestione anaerobica in esame è stato dimensionato affinché, in corrispondenza dell'afflusso dei carichi di progetto, risulti in grado di trattare gli stessi con un processo mesofilo a medio-alto carico, soluzione che assicura ottime prestazioni a fronte di ingombri relativamente contenuti.

Nel dettaglio, saranno pertanto realizzati quattro digestori anaerobici monostadio, operanti in parallelo, ciascuno caratterizzato da un volume utile di 5'000 m^3 (per un totale di 20'000 m^3 di volume di reazione).

DIGESTORI ANAEROBICI (DIG 601 A÷D)

Parametro	U.d.m.	Valore
Numero unità	-	4
Dimensioni utili	m	18,7 (Φ) x 18,3 (h)
Volume utile del singolo digestore (totale)	m^3	5'000 (20'000)
Materiale	-	Acciaio vetrificato

Ogni digestore sarà attrezzato con un agitatore di tipo verticale a due pale, soluzione quest'ultima che è stata ritenuta la più idonea a garantire l'omogeneizzazione del fango all'interno dei reattori (in termini di composizione e temperatura), anche in presenza di elevate concentrazioni di solidi sospesi.

Un'adeguata miscelazione risulta infatti fondamentale per assicurare la regolare conduzione del processo e per incrementare la produzione di biogas. La massimizzazione dell'efficienza di miscelazione e, conseguentemente, della generale efficienza del processo è stata inoltre perseguita ottimizzando la geometria dei reattori. Al riguardo, la letteratura tecnica individua nel rapporto altezza/diametro un parametro di primaria importanza per una corretta progettazione: questo rapporto deve essere compreso tra 0,85 e 1,00.

Dal punto di vista della configurazione geometrica, i reattori possono avere fondo e copertura piani o conici; per quanto riguarda la copertura superiore, è consigliato adottare la forma conica in quanto essa agevola il convogliamento del gas prodotto durante il processo di digestione.

I digestori saranno inoltre riscaldati attraverso scambiatori di calore installati direttamente all'interno dei reattori: tale soluzione comporta infatti una notevole semplificazione impiantistica ed un contenimento degli ingombri delle apparecchiature, non essendo più necessari gli scambiatori esterni ed i relativi circuiti idraulici di ricircolo dei fanghi.

Per quel che concerne i materiali da costruzione, i digestori saranno costituiti da una platea in calcestruzzo armato con classe di esposizione XC2, XA1, XS1 e da una struttura in elevazione realizzata in pannelli di acciaio vetrificato.

Questi ultimi sono prodotti secondo un particolare processo che prevede la copertura degli stessi con uno smalto in polvere che, portato alla temperatura di 860°C, si fonde con il metallo sottostante (vetrificazione). Il risultato è una lastra metallica con una finitura superficiale altamente resistente e chimicamente inerte.

Le strutture in elevazione dei digestori saranno verificate da parte del produttore dell'involucro in acciaio vetrificato rispetto alle azioni statiche e dinamiche, in conformità alle norme DIN18800, EN15282, DIN4149, Eurocodice 8 e AWWA D103/09 oltre alle norme nazionali applicabili. L'impiego dei pannelli in acciaio vetrificato è stato preferito rispetto alle tradizionali tecniche costruttive in virtù dei seguenti aspetti:

- migliore tenuta idraulica rispetto alle strutture in calcestruzzo che possono presentare fessurazioni dovute al ritiro o in corrispondenza dei giunti ai nodi pareti-fondazioni o pareti-copertura;
- elevata resistenza alla corrosione e grande durabilità;
- possibilità di inserire nuove tubazioni, bocchelli, aperture di ispezione, etc. con la semplice sostituzione di alcuni pannelli;
- facilità di trasporto degli elementi componenti;
- rapidità di installazione.

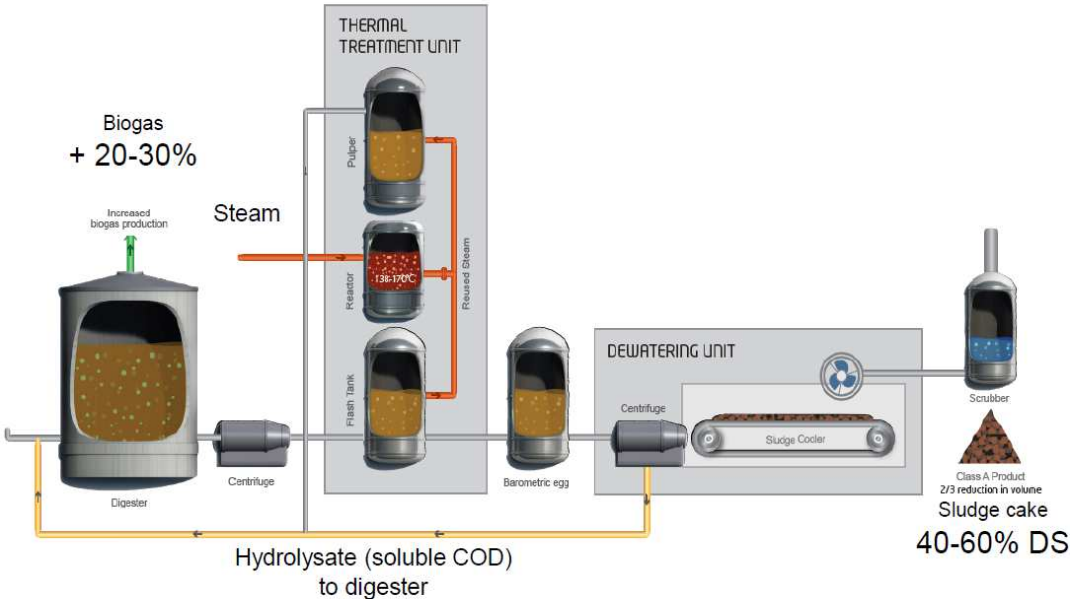
In prossimità dei digestori saranno collocate le apparecchiature destinate al trattamento del biogas prodotto ed un gasometro a tripla membrana di capacità pari a 2'500 m^3.

Nell'ottica del contenimento degli ingombri planimetrici dei manufatti, la cupola gasometrica sarà installata al di sopra di un serbatoio in acciaio vetrificato (con platea di fondazione in calcestruzzo armato in classe di esposizione XC2, XA1, XS1) che sarà destinato all'accumulo dei fanghi digeriti, per eventuale by-pass dell'idrolisi.

I fanghi in uscita dai digestori subiranno prioritariamente un trattamento di pre-disidratazione al fine di ottenere una concentrazione in secco pari al 16%. Un apposito sistema di sollevamento a coclee orizzontali permetterà di alimentare il fango all'unità di trattamento ad idrolisi termica (TTU), composta dai seguenti reattori posti in serie:

- reattore pulper, in cui avviene il preriscaldamento del fango attraverso il vapore ricircolato dall'ultima sezione di trattamento (reattore di flash);
- reattore di idrolisi termica, in cui avviene il riscaldamento del fango fino al raggiungimento della temperatura operativa di idrolisi mediante iniezione di vapore prodotto da una caldaia. In esso, il fango viene mantenuto alla temperatura operativa (tra 150° e 170°) ed in pressione per il tempo di ciclo (20 – 30 minuti), per poi essere inviato al reattore di flash;
- reattore di flash, in cui il fango subisce un rapido decremento della pressione consentendo la liberazione e il trasferimento del vapore al pulper;
- sistema di alimentazione alla centrifugazione finale (barometric egg).

Lo schema concettuale del processo di idrolisi termica viene presentato nella seguente figura, in cui si evidenzia l'unità di trattamento termico posizionata a valle del digestore e composta dai reattori descritti precedentemente.



Il fango ancora caldo in uscita dall'unità di trattamento termico viene successivamente alimentato alla sezione di disidratazione, in cui l'elevata temperatura del fango stesso consente un notevole incremento delle prestazioni del comparto, fino a raggiungere concentrazioni in secco in uscita dell'ordine del 40%.

Tale comparto sarà descritto approfonditamente nel paragrafo dedicato alla disidratazione finale.

5.2.9. Motore a combustione per la produzione di energia elettrica e calore (CHP)

La valorizzazione energetica del biogas prodotto dal processo di digestione sarà resa possibile mediante l'installazione di un apparato di cogenerazione per la produzione combinata di energia elettrica e calore (motore CHP).

La prima sopperirà a parte dei fabbisogni interni dell'impianto mentre il secondo sarà utilizzato per mantenere un'adeguata temperatura di processo nei reattori anaerobici (35-38 °C), attraverso il circuito di scambio termico sopra citato.

Il suddetto sistema di cogenerazione sarà costituito da due moduli in allestimento package outdoor, comprensivi di sistema per il recupero di calore e la produzione di acqua calda e vapore.

Un modulo sarà sufficiente per la combustione del biogas prodotto dall'impianto; il secondo modulo sarà utilizzato come riserva al fine di garantire, in ogni condizione di esercizio, il consumo completo del biogas riducendo al minimo l'utilizzo della torcia[8].

I motori per la produzione combinata di energia e calore hanno raggiunto una elevata affidabilità. È necessario tuttavia assicurare agli stessi una corretta manutenzione per mantenerne costanti l'efficienza prestazionale e la qualità delle emissioni.

Le specifiche allegate descrivono dettagliatamente l'impianto di cogenerazione a servizio del D.A.C. (comprensivo di sistema di analisi dei fumi e di sistema di monitoraggio delle emissioni).

La selezione del dispositivo in esame ha tenuto conto non solo delle prestazioni del motore e del relativo costo di investimento, ma anche dei costi di gestione e manutenzione riferiti alla vita utile dell'impianto.

Considerando un periodo di 12 anni, i costi complessivi di gestione e manutenzione risultano anche superiori al costo di investimento: la manutenzione deve infatti essere assicurata ad intervalli prefissati (10.000 – 20.000 – 30.000 ore) con interventi di revisione e sostituzione di alcuni componenti, il cui costo è crescente al passare degli anni.

[8] La torcia entrerà in funzione in condizioni emergenziali, in caso di limitazioni della capacità di ricevimento del biogas da parte del cogeneratore o della caldaia (per guasti o manutenzioni) ed alla saturazione del volume di accumulo del gasometro.

In considerazione della rilevanza ambientale e gestionale che il comparto riveste, le apparecchiature dovranno essere corredate di una garanzia di affidabilità, definita in termini di numero di ore di marcia dell'impianto (al netto dei fermi per manutenzione programmata).

Per motori forniti da primarie case costruttrici, la suddetta affidabilità può essere stimata intorno al 97 – 98% del tempo di esercizio (la manutenzione straordinaria non programmata incide pertanto per non più del 2-3% del tempo di esercizio).

Per quel che concerne gli aspetti autorizzativi, l'impianto di cogenerazione rientra tra le attività in deroga di cui all'articolo 272, comma 1 del D.lgs. 152/06, elencate nell'Allegato IV alla parte V dello stesso decreto[9].

Come meglio analizzato negli specifici elaborati allegati, si prevede una rumorosità residua di 70 dB(A) a un metro di distanza dai container. Tale livello sonoro può essere assicurato installando silenziatori sulla presa d'aria e sull'espulsione della sala motore.

Dalla cogenerazione si prevede di recuperare circa 1.000 kWt complessivi di vapore alla pressione di 12 bar per l'esercizio del sistema di idrolisi. Per armonizzare la domanda dell'impianto di idrolisi e la produzione di vapore si potrà integrare la caldaia con bruciatore diretto a biogas o metano ed eventualmente prevedere serbatoi di accumulo del vapore per lo smorzamento delle punte. Saranno anche disponibili circa 150 kWt complessivi di acqua calda a bassa temperatura (mandata 40°C, ritorno 35°C).

A corredo dei due moduli di cogenerazione sarà realizzata una cabina elettrica MT, in una struttura simile a quella dei motori, nella quale saranno installati il quadro MT ed il trasformatore ausiliari.

L'impianto di cogenerazione sarà totalmente indipendente dal resto del depuratore e produrrà al proprio interno l'aria compressa per il funzionamento degli strumenti pneumatici.

5.2.10. Controllo delle emissioni

Prendendo in considerazione i criteri ambientali di limitazione delle emissioni (NOx e CO), sono state adottate specifiche misure che consentono di ottenere la seguente qualità dei fumi in uscita dal camino:

[9] "Impianti di combustione, compresi i gruppi elettrogeni e i gruppi elettrogeni di cogenerazione, ubicati all'interno di impianti di smaltimento dei rifiuti, alimentati da gas di discarica, gas residuati dai processi di depurazione e biogas, di potenza termica nominale non superiore a 3 MW, se l'attività di recupero è soggetta alle procedure autorizzative semplificate previste dalla parte quarta del presente decreto e tali procedure sono state espletate."

Parametri	U.d.m.	Valore
CO (riferito al 5% O_2)	mg/Nm^3	< 350
NOx (riferito al 5% O_2)	mg/Nm^3	< 140
PM 10	mg/Nm^3	< 10
PM 2,5	mg/Nm^3	< 5

In particolare, per assicurare il mantenimento di una stabile qualità delle emissioni è necessario installare sul canale fumi, fra lo scarico del motore e l'ingresso della caldaia a recupero, un sistema SCR (riduzione ossidativa catalitica) con iniezione di urea (per il controllo degli ossidi di azoto) ed un sistema di ossidazione catalitica (per il controllo dell'ossido di carbonio), entrambi annoverati tra le migliori tecnologie disponibili.

Il catalizzatore del processo SCR è costituito da un letto catalitico del tipo a nido d'ape, in ossido di metallo (zeolite) poroso (pori di grandezza variabile tra i 3 e i 10 Angstrom), caratterizzato da una superficie di contatto superiore ai 140 m^2 per grammo di materiale.

All'interno di tale letto catalitico avviene la riduzione selettiva catalitica degli ossidi di azoto (NO_x) in acqua (H_2O) e azoto (N_2), grazie all'utilizzo come reagente di una soluzione di urea (NH_2-CO-NH_2) che ricopre il ruolo di precursore (per decomposizione termica dei fumi) dell'ammoniaca (NH_3).

Le reazioni chimiche che hanno luogo sono riportate di seguito:

$$4\ NO + 4\ NH_3 + O_2 \rightarrow 4\ N_2 + 6\ H_2O$$

$$6\ NO_2 + 8\ NH_3 \rightarrow 7\ N_2 + 12\ H_2O$$

In un primo stadio, gli ossidi di azoto e l'urea nei fumi vengono adsorbiti sul letto catalitico.

Le forze elettrostatiche all'interno dei micro-pori della zeolite consentono di ridurre l'energia di attivazione del processo di riduzione, cosicché le reazioni chimiche degli ossidi di azoto possano avvenire con temperatura dei fumi tra 320° e 480°C.

In un secondo stadio, i prodotti delle reazioni (azoto e acqua) vengono espulsi dai pori e rilasciati nei fumi ormai depurati.

A valle dello scarico del motore viene installato un ulteriore letto catalitico a forte potere ossidante, per la conversione del monossido di carbonio CO in anidride carbonica CO_2 ed acqua H_2O.

Il catalizzatore è costituito da un substrato corrugato in acciaio inox sul quale è deposto un film poroso di allumina, impregnato con metalli nobili, quali il platino Pt e il palladio Pd.

La temperatura dei fumi non deve essere inferiore a 400°C.

Le reazioni chimiche che si svolgono all'interno del letto catalitico ossidante sono le seguenti:

- conversione del monossido di carbonio:

$$CO + ½\ O_2 \rightarrow CO_2$$

- conversione degli incombusti:

$$C_xH_y + (X + Y/4)\ O_2 \rightarrow X\ CO_2 + Y/2\ H_2O$$

$$C_xH_yO_z + (X + Y/4 – Z/2)\ O_2 \rightarrow X\ CO_2 + Y/2\ H_2O$$

Al fine di monitorare le emissioni in atmosfera del motore endotermico, sarà installato un sistema di analisi fumi in continuo, per misurare CO, NOx e O_2, con tecnica estrattiva.

Il sistema permetterà di inoltre di determinare la temperatura dei fumi, la portata di biogas e la potenza elettrica generata dall'alternatore.

Le misure di concentrazione delle emissioni saranno realizzate mediante analizzatori certificati da ente accreditato. I dati acquisiti verranno trattati e registrati ai sensi di quanto previsto dall'Allegato VI alla Parte Quinta del D.Lgs. 152/06.

5.2.11. Tempo di messa in esercizio dell'impianto

Ai fini della determinazione dei periodi di messa in esercizio e di messa a regime dell'impianto ex art. 269 comma 5 del D.Lgs. 152/06, si precisa quanto segue:

- messa in esercizio e conseguente messa a regime del motore a gas e della caldaia a recupero: 30 giorni a partire dalla data di messa a regime della sezione di digestione anaerobica e di disponibilità di biogas nel gasometro (con comunicazione di preavviso da parte del Gestore con 15 giorni di anticipo ex art. 269 comma 5 D.Lgs. 152/06). Al termine di tale periodo l'impianto sarà a regime;
- al termine delle fasi di messa in esercizio e messa a regime, l'impianto sarà fatto funzionare regolarmente con produzione di energia elettrica ed acqua calda ed emetterà emissioni in atmosfera nel pieno rispetto dei limiti imposti dal provvedimento autorizzativo.

5.2.12. Caldaia

Per sostenere il fabbisogno di energia termica dell'impianto si prevede, in abbinamento al cogeneratore, una caldaia per la produzione di vapore con funzionamento "dual-fuel" a biogas-metano. Il bilancio termico è riportato nella relazione tecnica e le caratteristiche del sistema nelle specifiche tecniche.

In base a quanto indicato dalla Parte Quinta del D.Lgs. 152/06 ed in particolare dal Titolo III, art. 294, comma 1, essendo le potenze al focolare inferiori a 6 MW, non è necessaria l'installazione di un sistema automatico di analisi e monitoraggio delle emissioni.

La caldaia sarà alloggiata all'interno di un apposito locale tecnico realizzato con struttura in calcestruzzo armato e tamponamenti in pannelli prefabbricati.

5.2.13. Torcia per la combustione di emergenza del biogas

Qualora il biogas generato dalla stabilizzazione anaerobica non possa essere inviato ai sistemi di produzione di energia (nell'eventualità di fermi o manutenzioni degli stessi), esso sarà convogliato al gasometro e quindi alla torcia di combustione.

Quest'ultima sarà conforme alle più recenti norme tecniche e garantirà una combustione completa ed efficiente del gas, evitando la liberazione in atmosfera di composti pericolosi per l'ambiente o la salute umana. In ogni caso, il carattere eccezionale dell'attivazione della torcia ne rende assolutamente trascurabile l'impatto sulla qualità dell'aria.

5.2.14. Disidratazione meccanica

I fanghi in uscita dall'unità di idrolisi termica saranno convogliati, mediante apposito sollevamento, al comparto di disidratazione meccanica. Scopo di tale sezione è l'ulteriore riduzione del contenuto di acqua presente nel fango. Ciò permette da un lato di diminuire i volumi di materia da inviare allo smaltimento, dall'altro di abbattere la putrescibilità ed il potenziale odorigeno dei fanghi.

La disidratazione sarà operata da quattro centrifughe a tamburo rotante, completamente indipendenti, in grado di trattare una portata massima complessiva pari a circa 4'800 kgSS/h, garantendo una concentrazione di secco nel fango non inferiore al 25%, che aumenterà attraverso l'implementazione del processo di idrolisi termica a circa il 40% di secco.

Ogni linea di disidratazione sarà equipaggiata con un misuratore di portata in ingresso che consentirà il monitoraggio della quantità di fango trattato.

La disidratazione del fango avviene ad alta temperatura, fattore che ne migliora notevolmente le prestazioni.

Tale miglioramento è infatti riconducibile ad un aumento della compressibilità del fango e ad una diminuzione della viscosità dell'acqua conseguenti all'esercizio a temperatura più alta. In questo modo, i solidi possono essere più facilmente ed efficacemente separati dell'acqua.

Sebbene il processo di idrolisi termica garantisca un miglioramento della disidratabilità dei fanghi tale da non richiedere l'aggiunta di additivi chimici, o comunque una notevole

riduzione del loro quantitativo, le centrifughe saranno comunque cautelativamente corredate di due stazioni di preparazione del polielettrolita, dotati di quattro pompe di dosaggio a servizio dell'intero comparto, anche per assicurare la disidratazione con l'impianto di idrolisi in by pass.

I polipreparatori in progetto opereranno automaticamente la dissoluzione di polielettrolita in emulsione.

Il centrato derivante dalla centrifugazione ha un elevato contenuto di sostanze volatili (cattura 75%) facilmente digeribili, che saranno ricircolate al digestore anaerobico, incrementando così la percentuale dei solidi volatili abbattuti in sede di digestione e la conseguente produzione di biogas, di circa 15 % rispetto ad un sistema di digestione convenzionale.

Il fango disidratato, prima di essere inviato ai silos per lo stoccaggio in attesa dello smaltimento finale, sarà raffreddato fino a raggiungere temperature comprese tra 30 – 60° attraverso una apposita coclea di raffreddamento. Le emissioni odorigene saranno aspirate e convogliate ad uno scrubber ad umido, in cui verranno trattate e abbattute per assicurare concentrazione nell'emissioni nei limiti di legge.

Il sistema di disidratazione in progetto sarà ubicato all'interno dell'edificio tecnico che ospiterà anche il preispessimento dei fanghi (si veda per maggiori dettagli lo specifico paragrafo della presente relazione). Le centrifughe saranno installate al piano primo, per consentire lo scarico del fango disidratato direttamente al sistema di convogliamento ai silos di accumulo.

5.2.15. Stoccaggio fanghi

Per garantire un'elevata flessibilità del sistema ed agevolare lo smaltimento del fango disidratato, quest'ultimo sarà temporaneamente accumulato all'interno di due silos in carpenteria metallica posti all'esterno dell'edificio tecnico della linea fanghi.

Il sistema di caricamento dei silos sarà costituito da una apposita coclea verticale. I collettori di alimentazione dei silos saranno dotati di valvole motorizzate che permetteranno il caricamento di un serbatoio alla volta.

Appositi sensori informeranno il sistema di controllo dell'effettivo volume di stoccaggio residuo, in considerazione del quale lo stesso sistema di controllo stabilirà dove inviare il fango disidratato.

Durante lo scarico del fango sui camion per l'invio allo smaltimento finale, un sistema a telaio slittante posto sul fondo dei silos convoglierà il fango verso la bocca di ingresso delle coclee di trasporto garantendo un flusso costante ed omogeneo.

5.3. Sistema di Trattamento delle Emissioni Odorigene

Il nuovo impianto D.A.C. oggetto della presente progettazione si collocherà all'interno di un contesto fortemente antropizzato caratterizzato dalla presenza di attività produttive o commerciali e di zone residenziali.

È dunque di fondamentale importanza garantire il contenimento delle emissioni odorifere affinché le stesse non possano generare negativi impatti sui recettori circostanti (luoghi di lavoro, abitazioni, etc.).

5.3.1. Riferimenti normativi

Ai sensi dell'art.269 del D.Lgs 152/06 s.m.i. la linea fanghi del DAC sarà soggetta ad Autorizzazione alle emissioni in atmosfera. Tale autorizzazione disciplinerà:

a) per le emissioni che risultano tecnicamente convogliabili, le modalità di captazione e di convogliamento;

b) per le emissioni convogliate o di cui è stato disposto il convogliamento:

- i valori limite di emissione, le prescrizioni, i metodi di campionamento e di analisi;
- i criteri per la valutazione della conformità dei valori misurati ai valori limite e la periodicità dei controlli di competenza del gestore;

c) per le emissioni diffuse, apposite prescrizioni finalizzate ad assicurarne il contenimento.

L'allegato I alla Parte V del suddetto Decreto Legislativo stabilisce valori limite per le emissioni in atmosfera. Tali valori sono tuttavia assai superiori alla soglia di percezione olfattiva e quindi, di fatto, la norma non prescrive limiti in relazione al potere odorigeno delle emissioni.

Inoltre, le indicazioni del Decreto, se possono applicarsi facilmente ad emissioni convogliate, più difficilmente possono riferirsi a sorgenti diffuse quali si riscontrano invece negli impianti di depurazione e di trattamento fanghi.

Per quanto riguarda la legislazione regionale, la Liguria non si è ancora dotata di una specifica disciplina in materia di emissioni odorigene. In assenza quindi di strumenti normativi specificatamente applicabili al caso in esame, si può fare riferimento alle Leggi Regionali, ispirate dagli stessi principi ed approvate da altre Regioni italiane, tra le quali:

- d.G.R. n.12764 del 16/04/2003 della Regione Lombardia (impianti di compostaggio, limite alle emissioni odorigene 300 ouE/m3);
- d.G.R. n. 709 del 22/04/2002 della Regione Basilicata (impianti di compostaggio, limite alle emissioni odorigene 300 ouE/m3);

- L.R. n.7 del 22/01/1999 della Regione Puglia (emissioni da sansifici, limiti per sostanze con basso livello olfattivo – emissioni puntuali – e divieto di emissioni diffuse per serbatoi, vasche, etc.);
- d.G.R. n.400 del 26/05/2004 della Regione Abruzzo (impianti di trattamento rifiuti urbani, limite alle emissioni odorigene 300 ou_E/m^3).

La L.R. n.7/1999 e s.m.i. della Regione Puglia, in particolare, oltre ad individuare le massime concentrazioni ammissibili di sostanze odorifere per le emissioni convogliate, definisce anche i valori massimi ammissibili delle emissioni odorifere delle aziende poste a meno di 2000 metri dal perimetro urbano, relativamente alle emissioni diffuse, stabilendo, al comma B) dell'art. 1, che "sono vietate le emissioni dirette in atmosfera con livello olfattivo maggiore di 0,01 ppm derivanti da vasche, serbatoi aperti, stoccaggi in cumuli, etc".

Le Linee Guida della Regione Lombardia (d.G.R. 15/02/2012) prescrivono inoltre che, per impianti di depurazione con potenzialità superiore a 15'000 A.E. (come nel caso del D.A.C.), i seguenti comparti siano confinati e si provveda al convogliamento ed al trattamento delle relative emissioni:

- arrivo dei liquami;
- pretrattamenti (grigliatura, dissabbiatura, disoleatura);
- sedimentazione primaria;
- ispessimento fanghi;
- trattamenti meccanici dei fanghi (disidratazione);

Per quanto riguarda gli impianti di digestione anaerobica, le stesse Linee Guida prescrivono che debbano essere impedite emissioni diffuse ed emissioni fuggitive.

In definitiva, gli strumenti legislativi nazionali e regionali oggi vigenti forniscono una serie di prescrizioni in relazione alle strategie di contenimento degli odori, alle concentrazioni limite delle varie sostanze emesse in atmosfera nonché ai valori massimi ammissibili per le emissioni odorigene (benché questi ultimi, essendo stabiliti da altre Regioni, costituiscano un riferimento e non un vincolo per il depuratore in esame).

Altri parametri di interesse per la valutazione delle emissioni in atmosfera sono rappresentati dalla soglia limite TLV (Threshold Limit Value), dalla soglia di percezione assoluta ATC (Absolute Threshold Concentration) e dalla soglia di percezione OT (Odor Threshold).

Il TLV rappresenta la massima concentrazione a cui un lavoratore può essere esposto durante la vita lavorativa (convenzionalmente 8 ore al giorno, 5 giorni alla settimana e 50 settimane l'anno) senza incorrere in effetti patogeni.

La soglia di percezione olfattiva ATC è definita come la soglia di percezione assoluta o di rilevabilità e rappresenta la concentrazione a cui è certa la rilevabilità dell'odore (corrisponde alla soglia di riconoscimento del 100% del gruppo di soggetti umani selezionati).

Convenzionalmente all'OT si attribuisce invece il significato di livello di concentrazione in corrispondenza del quale il 50% del gruppo di soggetti selezionati riferisce di percepire l'odore in esame.

Poiché i rapporti TLV/ATC e TLV/OT sono generalmente superiori all'unità, l'odore sarà percepito prima che possa produrre effetti tossici.

5.3.2. Composti odorigeni presenti nei depuratori

Le Linee Guida della Regione Lombardia, utilizzate come riferimento anche in altre regioni, identificano le possibili fonti di emissioni odorifere di un impianto di depurazione ed i principali inquinanti associati alle stesse.

Attività considerata	Fasi del processo e fonti emissive	Inquinanti odorigeni
Trattamento reflui liquidi	Arrivo e sollevamento refluo urbano e scarico bottini o autobotti	- solfuro di idrogeno; - ammoniaca; - composti organici contenti zolfo; - composti organici ridotti dello zolfo; - ammine; - indolo e scatolo; - acidi grassi volatili; - altri composti organici.
	Pretrattamenti	
	Sedimentazione primaria	
	Ossidazione biologica	
	Nitrificazione	
	Denitrificazione	
	Sedimentazione secondaria	
	Trattamenti finali	
Trattamento fanghi e produzione di energia	Ispessimento	
	Trattamenti meccanici (nastro/filtro pressatura, centrifugazione)	
	Trattamenti termici (essiccazione)	
	Digestione anaerobica	
	Adduzione trattamento biogas	

Le soglie di percettibilità ed i livelli ammissibili di esposizione negli ambienti di lavoro per i composti odorigeni riscontrabili negli impianti di depurazione sono riportati nella tabella seguente (Fonte: Metodi di misura delle emissioni olfattive, a cura di APAT Agenzia per la Protezione dell'Ambiente e per i servizi Tecnici).

	Soglia di percettibilità ATC (mg/m³)	TLV (mg/m³)	ATC/TLV
Solforati			
Idrogeno solforato	0,00066	14 4,7	E -05
Metilmercaptano	0,0042	1	0,0042
Etilmercaptano	0,0025	1,25	0,002
Dimetilsolfuro	0,0025	-	-
Azotati			
Ammoniaca	33	18	1,8333
Metilammina	0,027	12	0,00225
Dimetilammina	0,085	18	0,004722
Trimetilammina	0,0005	24	2,8 E -05
Piridina	0,067	15	0,004467
Aldeidi			
Formaldeide	1,2	3	0,4
Acetaldeide	0,38	180	0,00211
Acroleina	0,49	0,25	1,96
Chetoni			
Acetone	240	2400	0,1
Metiletilchetone	29	590	0,04915
Acidi organici			
Acido acetico	2,5	25	0,1
Acido butirrico	0,004	-	-

I composti solforati sono le sostanze più frequentemente rilevate in presenza di condizioni anaerobiche nell'acqua o nei rifiuti.

Tra essi il composto più diffuso è sicuramente l'idrogeno solforato (H_2S). Altri composti solforati causa di emissioni odorifere sono i solfuri organici (in particolare dimetilsolfuro, dietilsolfuro) ed i mercaptani (le cui forme più diffuse sono i metil-mercaptani e gli etil-mercaptani), questi ultimi rilevabili anche a concentrazioni molto basse.

Il composto azotato più comunemente riscontrabile è l'ammoniaca, gas incolore dal caratteristico odore estremamente pungente, particolarmente legato al problema del trattamento dei fanghi. Le ammine, associate sia ai reflui sia ai rifiuti, sono fonte di odori nauseabondi.

I dati sopra riportati avvalorano le considerazioni sviluppate ai paragrafi precedenti in merito al fatto che, per molti composti di interesse (come i mercaptani) il livello di percezione umano è migliaia di volte inferiore rispetto alle concentrazioni limite associate a condizioni di tossicità.

Gli odori vengono quindi avvertiti dalla popolazione per concentrazioni assai minori rispetto a quelle individuate da molti strumenti normativi a tutela della salute.

5.3.3. Soluzioni per il trattamento delle emissioni odorigene del nuovo impianto

In base alle prescrizioni ed alle indicazioni normative disponibili, la progettazione del nuovo impianto è stata informata ai seguenti principi:

- assenza di sorgenti diffuse: tutti i locali tecnici, i serbatoi ed i macchinari destinati a ricevere o trattare fanghi o reflui saranno coperti e chiusi. L'aria all'interno dei suddetti locali tecnici sarà ricambiata frequentemente a tutela della salute e del comfort degli operatori. I volumi liberi alla sommità di vasche e serbatoi saranno invece mantenuti in depressione con aspirazione dell'aria presente. Le emissioni così generate saranno convogliate ad appositi sistemi di trattamento;

- trattamento delle emissioni convogliate: i flussi di aria esausta o maleodorante saranno convogliati ad una stazione di trattamento che garantirà emissioni odorigene in atmosfera inferiori a 300 ou_E/m^3.

I suddetti criteri progettuali si concretizzeranno nell'installazione di un sistema di aspirazione dell'aria esausta e di un sistema di deodorizzazione costituito da scrubber a secco.

Detti dispositivi saranno costituiti da serbatoi cilindrici riempiti con un mezzo filtrante attraverso il quale viene fatta fluire l'aria da trattare. Il mezzo filtrante sarà costituito da strati di diversa composizione:

- componente A: carbone attivo minerale (attivato termicamente ed estruso) con funzione adsorbente;

- componente B: sferoidi porosi formati da allumina ed altri leganti impregnati con permanganato di potassio al fine di ottenere un'azione combinata di adsorbimento, assorbimento ed ossidazione chimica;

- componente C: carbone attivo minerale (attivato termicamente ed estruso) con funzione adsorbente.

Detto mezzo filtrante è idoneo all'abbattimento di mercaptani, idrocarburi, acido solfidrico, ossidi di zolfo e altri composti organici con emissioni odorigene in uscita al camino inferiori a 300 ouE/m^3.

L'utilizzo di scrubber a secco è ampiamente diffuso negli impianti gestiti da IRETI e, nel tempo, ha sostituito gli altri trattamenti originariamente impiegati.

L'efficienza di rimozione degli inquinanti è molto elevata e si attesta su valori prossimi al 100% anche per quanto riguarda l'abbattimento dei composti organici, quali gli idrocarburi, che i sistemi ad umido non sono in grado di trattare.

Questo tipo di composti non è infatti solubile in acqua se non in piccolissime quantità (circa il 10%) e non è eliminabile per via chimica. La tecnologia a secco può invece depurare tali emissioni per via fisica grazie alla combinazione di carbone attivo ed allumina.

L'adsorbimento (che è il processo con cui vengono catturati gli idrocarburi) è infatti un fenomeno prevalentemente fisico, in cui le molecole delle sostanze adsorbite vengono trattenute sul substrato solido da forze di Van der Waals.

La soluzione a secco è stata inoltre preferita in quanto, a parità di portata trattata, lo spazio occupato dagli scrubber è inferiore rispetto a quello necessario per un'equivalente torre ad umido, aspetto di fondamentale importanza per il D.A.C. (le cui caratteristiche sono state in generale fortemente condizionate dai ridotti spazi disponibili).

Le unità di trattamento saranno posizionate nei locali tecnici o sui tetti dei rispettivi fabbricati poiché non richiedono manutenzione ordinaria se si escludono i controlli periodici del mezzo filtrante mediante campionamenti ed analisi di laboratorio. La sostituzione del letto filtrante esaurito può essere attuata con frequenza programmabile.

I flussi delle emissioni puntuali dei singoli scrubber saranno raccolti da collettori generali e convogliati a due camini per l'edificio pretrattamenti della linea acque e a due camini per l'edificio tecnico della linea fanghi (in totale quattro camini per tutto l'impianto).

Come già anticipato precedentemente, le emissioni odorigene provenienti dalla sezione di raffreddamento del fango disidratato saranno aspirate e convogliate ad apposito scrubber ad umido, che ne consentirà l'abbattimento.

5.4. Impianto elettrico

A servizio del nuovo depuratore in progetto sarà realizzato un apposito impianto elettrico costituito dai seguenti elementi:

- una cabina elettrica per la trasformazione dell'alimentazione da media a bassa tensione;
- un power center per l'alimentazione del complesso delle utenze;
- quadri di potenza e automazione a servizio degli edifici tecnici della linea acque e della linea fanghi;
- un gruppo elettrogeno per l'alimentazione delle utenze privilegiate;
- impianti di rifasamento locale per i diversi manufatti;
- impianti di distribuzione, illuminazione, prese, F.M. e messa a terra per i nuovi edifici.

Per una più dettagliata descrizione degli interventi, si rimanda agli specifici elaborati allegati.

5.4.1. Sistema di automazione dell'impianto

L'impianto sarà dotato di sistemi di controllo ed automazione tali da assicurare non solo l'ottimale funzionamento dei macchinari ma anche la regolazione del regime operativo di questi ultimi in modo coerente con le necessità gestionali del depuratore nel suo complesso.

In particolare:

- la sezione dei pretrattamenti sarà provvista di sistemi per la quantificazione delle portate in ingresso al depuratore, di quelle scolmate in tempo di pioggia e di quelle transitanti verso i successivi comparti di trattamento. La sinergia tra i suddetti sistemi di monitoraggio e specifiche paratoie di regolazione consentirà inoltre una più efficiente limitazione delle portate da avviare ai reparti biologici, evitandone indesiderati sovraccarichi;

- per il comparto biologico, le strumentazioni analitiche saranno adeguate, nel numero e nella dislocazione, alla gestione automatizzata dei principali parametri operativi necessari alla corretta conduzione dei processi previsti (MLE o aerazione intermittente). Nel dettaglio, il sistema di supervisione dell'impianto opererà un controllo dinamico dell'aerazione per ciascuna delle linee del comparto biologico misurando le concentrazioni di ossigeno disciolto, ammoniaca e nitrati, il pH, la temperatura ed il potenziale Redox. Tali dati saranno rilevati pressoché in continuo e, attraverso l'elaborazione degli stessi con opportuni algoritmi, verranno restituiti in output tramite segnale Modbus TCP/IP:

- il valore dinamico ed ottimale di ossigeno per regolare al meglio la fase di nitrificazione di ognuna delle sei linee di trattamento;

- la temporizzazione dello spegnimento delle soffianti (nel processo di aerazione intermittente), per ottimizzare la fase di denitrificazione di ognuna delle linee del comparto.

- la linea fanghi sarà attrezzata con strumenti per la misura in linea delle portate di fango, delle relative concentrazioni di SST e dei principali parametri di processo (pH, temperatura, etc.) così da ottimizzare il dosaggio dei reagenti (polielettrolita, cloruro ferrico, idrossido di sodio) e monitorare le condizioni di esercizio della digestione anaerobica.

In generale, per le diverse stazioni di trattamento, i segnali degli strumenti di analisi e monitoraggio in ingresso ai PLC di automazione, così come quelli in uscita da questi ultimi e destinati alla gestione delle singole utenze, saranno trasmessi via Ethernet e mediante protocolli di comunicazione MODBUS TCP/IP.

I suddetti PLC conterranno i controllori di processo (CPU), le schede I/O (per l'acquisizione dei segnali delle pertinenti utenze) ed uno switch di rete (per l'acquisizione in Ethernet dei segnali degli strumenti analogici).

Sul fronte di ciascun quadro PLC sarà installato un pannello operatore del tipo ad incasso da 10" per la visualizzazione grafica del processo e di tutti i parametri controllati, per l'impostazione dei set-point e per il comando dei vari attuatori.

I quadri remoti I/O conterranno, oltre alle schede I/O per l'acquisizione dei segnali delle utenze, una scheda di comunicazione Modbus TCP/IP ed uno switch di rete per l'acquisizione in Ethernet dei segnali degli strumenti analogici. Analogamente, saranno localmente installati switch di rete a servizio degli strumenti analitici (per l'acquisizione in Ethernet dei segnali degli strumenti analogici).

Il già citato sistema di automazione, controllo e supervisione dell'intero depuratore sarà del tipo ad intelligenza distribuita, aperto e direttamente interfacciabile con apparecchiature di case costruttrici diverse.

5.5. Locali tecnici di servizio

Come si è detto, alcune sezioni di trattamento della linea acque e della linea fanghi saranno contenute all'interno di edifici tecnici. Detti edifici comprenderanno anche i locali ad uso del personale di gestione dell'impianto.

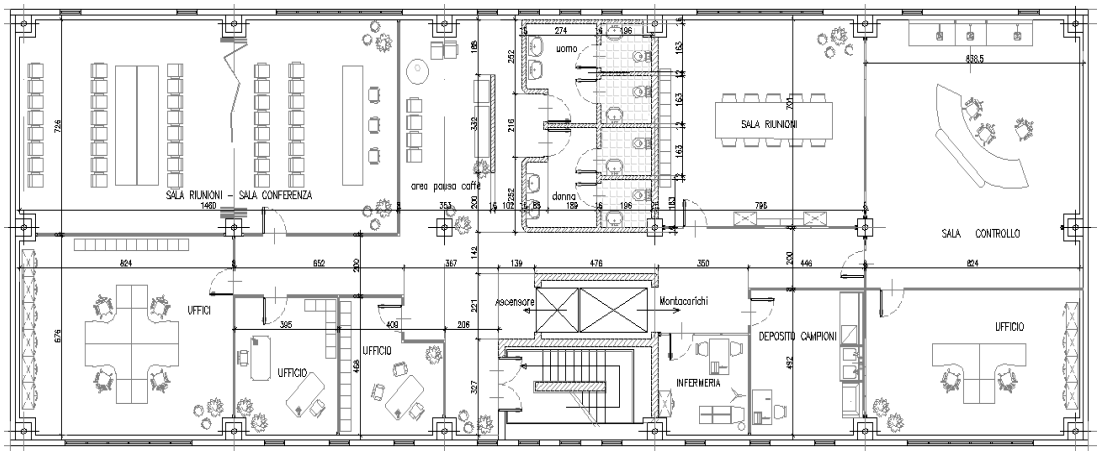
I locali saranno riscaldati e raffrescati e sarà garantito adeguato ricambio di aria attraverso il sistema di estrazione e condizionamento illustrato negli elaborati grafici, saranno dotati di serramenti realizzati in lega leggera di alluminio, con vetri a camera a bassa emissività.

L'altezza interna dei locali sarà non inferiore a 2,70 m, la superficie complessiva prevista tiene conto della presenza di 4 operatori a turno e di uffici predisposti per il capo impianto e la sala controllo.

La scelta progettuale è fondata sull'assunzione che presso l'impianto non vi siano altri operatori e la manutenzione venga assicurata con personale specializzato di IRETI da altre sedi.

Una diversa organizzazione della gestione volta a valorizzare la posizione baricentrica e importanza dell'impianto potrebbe richiedere maggiori superfici che possono essere assicurate realizzando un piano aggiuntivo nel fabbricato ispessimento.

Il terzo piano, secondo fuori terra, sarà adibito a uffici di direzione e operativi, sale riunioni e sala controllo oltree ai locali di servizio come bagni, infermeria, e locale deposito campioni. Questo intervento consentirà di liberare superfici ai piani inferiori che potranno essere utilizzate per l' inserimento di sistemi di trattamento aria in posizioni più accessibili per la manutenzione e il controllo.



Il volume aggiuntivo è in tutto compatibile con i sistemi e gli schemi strutturali progettati, inoltre rispetta i vincoli urbanistici sull'area.

Conformemente alla normativa nazionale, i suddetti ambienti di lavoro presenteranno un rapporto aero-illuminante pari a 1/8 (ovvero le finestre avranno una superficie vetrata apribile maggiore a 1/8 della superficie calpestabile) in modo da consentire illuminazione e ventilazione adeguate.

Anche bagni e spogliatoi saranno caratterizzati da un rapporto aero-illuminante di 1/8 e potranno così beneficiare di illuminazione ed aerazione naturali. Le pareti avranno un rivestimento impermeabile lavabile e disinfettabile per un'altezza minima di 2 metri.

I servizi igienici saranno collegati con un impianto idrico di acqua potabile interno, allacciato alla rete dell'acquedotto. Le acque nere saranno inviate alla linea acque dell'impianto, attraverso il pozzetto dreni.

5.5.1. Protezione antincendio e sicurezza nei luoghi di lavoro

I locali al secondo piano fuori terra del fabbricato sono destinati all'attività di gestione, uffici, pertanto soggetta alla normativa circa la sicurezza nei luoghi di lavoro e dunque alla redazione dei piani e programmi relativi al Documento sulla sicurezza di cui al D. Lgs.81/08.

La progettazione, ha tenuto conto del successivo sviluppo dei piani di emergenza e relativi percorsi di esodo nei luoghi di lavoro, seguendo le caratteristiche e i requisiti richiesti dal decreto legislativo, più compiutamente, nell'allegato III del DM 10-3-98 (Criteri generali di sicurezza antincendio e per la gestione dell'emergenza nei luoghi di lavoro).

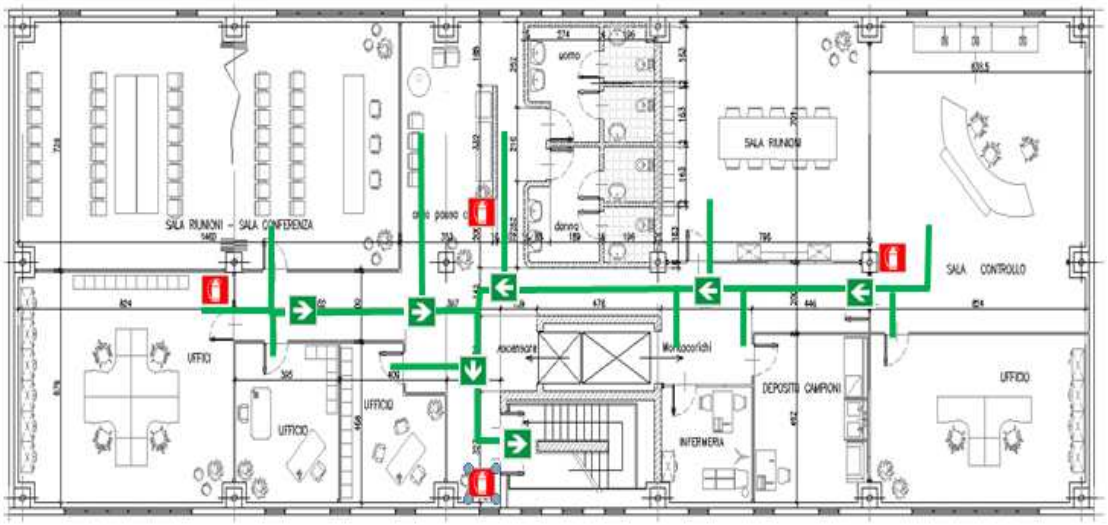
La lunghezza massima del sistema delle vie di uscita è stabilita dalla norma sopra citata, per la quale ogni luogo di lavoro deve disporre di vie di uscita alternative, ad eccezione di quelli di piccole dimensioni o dei locali a rischio di incendio medio o basso, dove saranno presenti al massimo 10 – 15 addetti, si assume che la lunghezza totale del percorso non potrà superare i limiti imposti ossia i 30 e 45 metri nel caso di una sola uscita, con un tempo massimo di evacuazione di 3-5 minuti.

La larghezza delle uscite e delle vie di emergenza è, di conseguenza proporzionale. La definizione della misure precise, non è indicata da una normativa specifica di riferimento, pertanto si considera il DM 10 marzo 1998, il quale riporta uno schema che relaziona il numero di uscite con la larghezza delle stesse e le relative vie di esodo è il seguente:

- fino a 50 persone 1 modulo largo almeno 0,80 m

Il sistema d'esodo sarà facilmente riconosciuto ed impiegato dagli occupanti grazie ad apposita segnaletica di sicurezza, che indicherà il percorso senza ostacoli al deflusso che consente alle persone che occupano gli uffici di raggiungere un luogo sicuro, che sarà individuato in una zona all'aperto al piano terra.

Le scale saranno normalmente protette dagli effetti di un incendio tramite strutture resistenti al fuoco e porte resistenti al fuoco munite di dispositivo di autochiusura.



5.6. Sistemazione dell'area

Nelle aree comprese tra i diversi manufatti saranno realizzati piazzali dotati di pavimentazioni bituminose. Essi saranno inoltre provvisti di sistemi di raccolta delle acque meteoriche o di lavaggio delle superfici che permetteranno di convogliare le stesse alla linea acque.

In generale la sistemazione dell'area impiantistica manterrà le stesse caratteristiche dell'area industriale circostante, come rilevabile dalla vista di inserimento sotto riportata.

5.7. Gestione delle acque meteoriche

Ai fini dello smaltimento delle acque meteoriche e di lavaggio raccolte dalle superfici impermeabili dell'impianto, sono stati previsti i seguenti accorgimenti:

- le acque meteoriche derivanti dalle coperture saranno convogliate direttamente alla condotta di scarico nel torrente Polcevera;
- le acque di prima pioggia (primi 40 m^3 di precipitazione) derivanti dal dilavamento dei piazzali saranno invece destinate ad una stazione di sollevamento che le rilancerà alla linea acque. Tale stazione di sollevamento potrà sostituirsi a quella di rilancio dei dreni (mediante un'apposita interconnessione idraulica) in caso di avaria o manutenzione delle pompe di quest'ultima.

All'arresto delle pompe di rilancio delle acque di prima pioggia, le acque di seconda pioggia saranno scaricate a gravità nella condotta recapitante al torrente Polcevera.

5.8. Trattamento dei bottini

Il progetto prevede la realizzazione di unità adibita al trattamento bottini strutturata come descritto nel seguito.

A. Zona accettazione bottini - L'impianto è costituito da un contenitore con portello di ispezione a tenuta, munito di valvola motorizzata e attacco rapido per le autobotti, così come di flange per il collegamento delle tubazioni di mandata e scarico. All'interno è installata una speciale griglia a cestello con pettine rotante che ha una spaziatura di 6 mm e che ha la capacità, grazie alla particolare configurazione delle lamelle che costituiscono la gabbia filtrante e del corpo griglia, di trattenere, lavare, compattare e scaricare entro un apposito cassone, tutte le sostanze solide grossolane. Il contenimento di tutte le apparecchiature in cofani chiusi, il lavaggio del grigliato, e la compattazione dello stesso prima dello scarico, evitano inoltre qualsiasi possibilità di spandimenti di liquami e/o cattivi odori.

B. Zona di scarico solidi - E' costituita da un'area dalla quale le botti hanno la possibilità di scaricare, a portello aperto, i solidi di più svariata natura, provenienti dal fondo degli spurghi di fosse settiche e/o pozzi neri (stracci, sassi, notevoli quantità di sabbie), dalla pulizia di fossi. Lo scarico avviene in una tramoggia in acciaio inox. La presenza di una coclea all'interno della tramoggia consente, quindi, che tutto il materiale in essa presente sia convogliato verso il vaglio a tamburo rotante per essere sottoposto alla prima fase di trattamento dei solidi grossolani.

C. Classificazione dei solidi grossolani - Tale fase è realizzata per mezzo di un vaglio a tamburo rotante che permette di ricevere tutti i solidi dalla coclea di cui sopra, di lavarli dalle sabbie, dai fanghi e dai microsospesi in essi presenti, e di scaricarli, perfettamente sgrondati, per mezzo di una coclea di trasporto, in un apposito cassone. Tutto il materiale con dimensioni inferiori alla spaziatura della maglia del tamburo sarà, viceversa, raccolto da un'apposita tramoggia integrata nel tamburo e, per caduta, procederà verso un apposito pozzetto da cui, tramite speciale pompa per liquidi abrasivi, sarà inviato in testa all'impianto.

6. OPERE EDILI – ASPETTI STRUTTURALI

6.1. *Tipologia dei manufatti*

Le geometrie dei vari comparti sono principalmente condizionate dall'utilizzo, trattandosi di opere a servizio di un impianto di depurazione. Non si sono tuttavia tralasciate considerazioni in merito ai vincoli ambientali ed all'esigenza di uniformare, per quanto possibile, le tipologie prescelte per conseguire un uniforme aspetto architettonico.

Già in fase di progettazione preliminare si è scelto di utilizzare per gli edifici strutture prefabbricate in calcestruzzo anziché in carpenteria metallica, per motivi legati alla durabilità (ed alla manutenzione) ed anche per considerazioni economiche.

L'area sulla quale sorgerà l'impianto non è soggetto a particolari requisiti che possano influenzare gli aspetti edili e strutturali, solo una piccola porzione della superficie globale rientra all'interno di un'area denominata AUC II, oggetto di intervento di bonifica che ha comportato la completa asportazione dei rifiuti interrati fino alla profondità di 2 metri dal piano campagna ed il ritombamento con terreni conformi o con frantumato. Il certificato di avvenuta bonifica rilasciato dalla Provincia di Genova con Provvedimento Dirigenziale n° 4212 del 02/08/2012 pone alcune prescrizioni quali:

- presenza di area pavimentata;
- in caso di costruzione di edifici produttivi, rapporto tra volume dello spazio confinato e superficie dell'area di infiltrazione = 2,7; spessore della soletta di base 15 cm; calcestruzzo rispondente a particolari requisiti sui contenuti volumetrici di aria e acqua.

Nella progettazione delle opere si è tenuto conto di queste prescrizioni.

Nell'area sono inoltre state rilevate due gallerie interrate, non più in uso, una condotta sottomarina ed un canale da mantenere in esercizio per quanto possibile; si è tenuto conto di queste preesistenze nello studio planimetrico dell'impianto.

6.2. *Parametri progettuali relativi alla sismicità del sito*

Come risulta dalla "Relazione geologica e di modellazione sismica" il territorio genovese è interessato da una sismicità di livello medio-basso; con il recente D.G.R. n° 216 del 17/03/2017 il Comune di Genova è stato classificato in zona 3 (precedentemente, zona 4).

Nel D.G.R. n° 1384/2003 ELENCO B "Categorie di edifici e di opere infrastrutturali di competenza regionale che possono assumere rilevanza in relazione alle conseguenze di un eventuale collasso" sono riportati gli impianti di depurazione

Conseguentemente, dal D.M. 14/01/2008 "Norme tecniche per le costruzioni" si ricavano i parametri:

- tipo di costruzione: **3** - opere infrastrutturali di importanza strategica – vita nominale V_N = 100 anni
  - classe d'uso: IV - costruzioni con funzioni strategiche importanti – CU = 2,0
  - periodo di riferimento per l'azione sismica: VR = VN □ CU = 200 anni
  - categoria del suolo da relazione geologica: C
  - categoria topografica: T1

Con queste assunzioni sono stati ricavati i parametri sismici necessari per lo sviluppo dei calcoli, riportati nella tabella 8 della relazione di modellazione sismica.

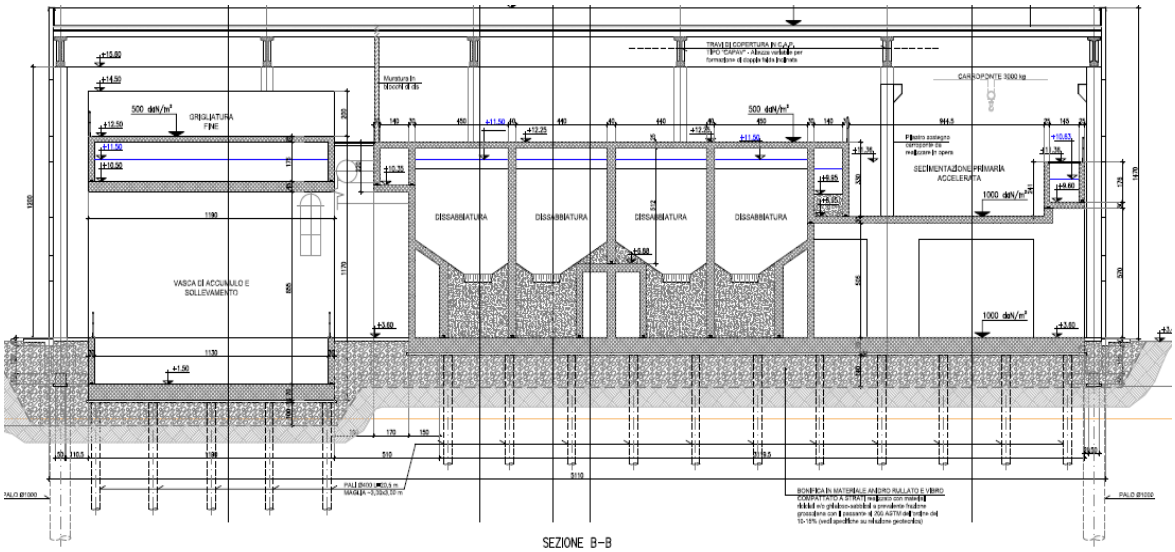
Tutte le strutture vengono calcolate per gli stati limite ultimo (SLV, comportamento strutturale dissipativo tenendo conto della non linearità di comportamento per classe di duttilità B – bassa) e di esercizio (SLD per la verifica degli spostamenti, SLE per le verifiche in esercizio). Si realizzano strutture iperstatiche, caratterizzate per quanto possibile da regolarità in pianta ed in altezza.

Le distanze tra strutture contigue sono tali da evitare fenomeni di martellamento. Per gli edifici si utilizzeranno nella determinazione dell'azione sismica i metodi di analisi lineare dinamica (analisi modale con spettro di risposta).

6.3. *Descrizione opere strutturali dei principali comparti*

6.3.1. Comparto pretrattamenti primari

Le funzioni di grigliatura, dissabbiatura, sedimentazione primaria accelerata si sviluppano in una serie di vasche di geometria articolata, contenute all'interno di un fabbricato prefabbricato in calcestruzzo di dimensioni planimetriche 51 metri x 23 metri ed altezza 15 metri circa, avente funzione di copertura e riparo e strutturalmente indipendente dalle vasche.



SEZIONE B-B

I manufatti principali sono:

- vasca innesco sifone e sollevamento, dimensioni 10,9 m x 9,5 m h = 8,6 m (piano interrato);
- tre canali grigliatura, dimensioni 2,4 m x 1,9 m (piano primo);
- soletta copertura grigliatura per appoggi attrezzature 11,9 m x 15,8 m (piano secondo);
- solette quadri 6 m x 5,6 m (piano primo e piano secondo);
- quattro vasche dissabbiatura aventi dimensioni 5 m x 21 m h = 8,7 m (piano terra);
- copertura dissabbiatura realizzata con due strisce da 3 m e 2 due strisce da 2 m (piano primo);
- vasca fanghi primari, dimensione 7 m x 7,3 m h = 5 m (piano terra);
- soletta sedimentatori per appoggi attrezzature 9 m x 21 m (piano primo).

La struttura portante del fabbricato è composta da:

- plinti gettati in opera con bicchiere, su palo di diametro 100 cm;
- pilastri prefabbricati 70 x 70 cm e 60 x 70 cm;
- travi prefabbricate ad altezza variabile in copertura, con lunghezza 22 m circa;
- tegoli prefabbricati in copertura, con lunghezza 10 m circa;
- tamponamento in pannelli prefabbricati in C.A. di tipo orizzontale, fissati ai pilastri.

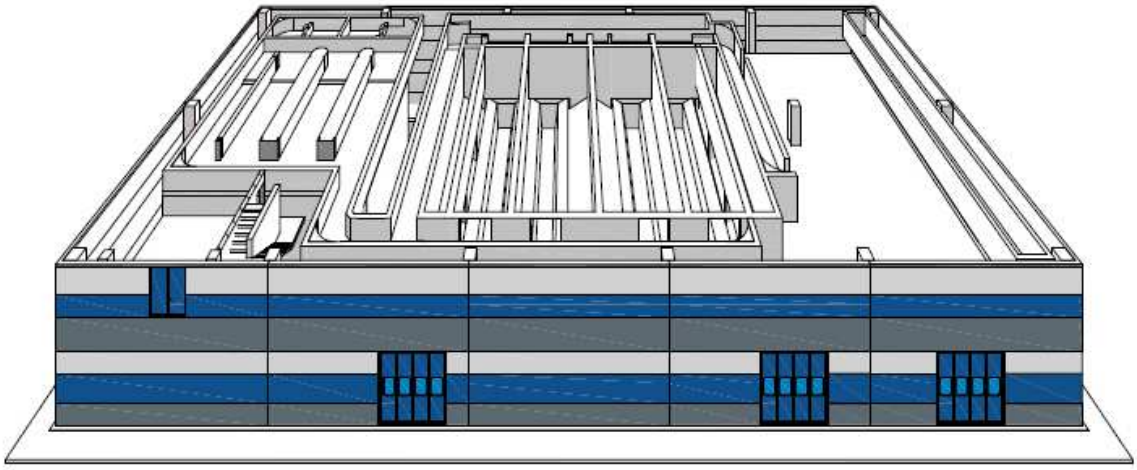
La struttura portante delle vasche è composta da:

- platea di spessore 70 cm;
- muri di spessore vario (50 cm, 40 cm, 30 cm e 25 cm);
- solette di spessore vario (45 cm, 30 cm e 25 cm)
- pilastri di sezione varia (50 cm x 50 cm, 30 cm x 40 cm e 30 cm x 30 cm);
- travi ribassate per rinforzo solette di sezione varia (30 x 55 cm, 40 cm x 130 cm);
- canalette di vario genere realizzate con elementi spessi 25 cm o 30 cm.

Le fondazioni e le strutture delle vasche vengono progettate per le classi di esposizione:

- XC2 – ambiente bagnato, raramente asciutto
- XA1 – ambiente debolmente aggressivo

- XS1 – esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare prevedendo quindi l'utilizzo di un calcestruzzo classe C 32/40, con massimo rapporto a/c pari a 0,50 e minimo contenuto di cemento pari a 340 kg/m^3. Classe di consistenza S4, dimensione massima inerti 20 mm, copriferro minimo 3,5 cm.



Schema struttura fabbricato pretrattamenti

Per i prefabbricati si utilizzano calcestruzzi della classe di resistenza C 45/55 per le strutture, realizzati con cemento Portland classe 52,5 R, e calcestruzzi C 28/35 per i tamponamenti.

I sovraccarichi variabili applicati sono:

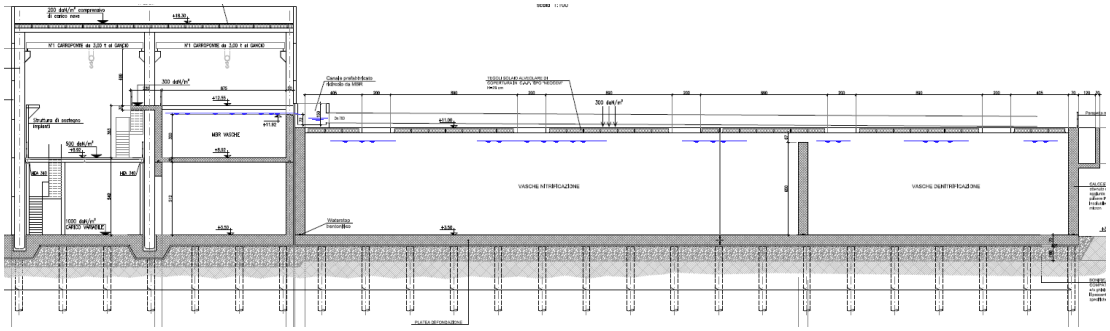
- 1000 daN/m^2 pavimento piano terreno
- 1000 daN m^2 soletta sedimentatori (primo piano)
- 500 daN/ m^2 solette grigliatura (primo e secondo piano)
- 500 daN/ m^2 solette dissabbiatura (secondo piano)
- 200 daN/ m^2 copertura (neve compresa).

6.3.2. Comparto trattamento biologico e MBR

è costituito da 5 coppie di vasche con dimensioni 34,7 m x 8 m e 18,3 m x 8 m aventi altezza 7,5 m e da un fabbricato adiacente ma strutturalmente indipendente. Le vasche più lunghe hanno un giunto strutturale.

Il fabbricato ha struttura in C.A. prefabbricata e alcuni pilastri gettati in opera sulla sommità delle vasche, con dimensioni planimetriche 30 m x 44 m e altezza 16 m circa, contiene alcune vasche per le attività di filtrazione ed un soppalco metallico. Nelle due campate longitudinali sono previsti dei carriponte con portata 3000 daN.

La fondazione del fabbricato e degli oggetti contenuti è comune ed è una platea con dei ringrossi in corrispondenza dei bicchieri per i pilastri prefabbricati.



Gli oggetti principali sono:

- due vasche accumulo permeato, dimensioni 8,8 m x 4,6 m e 9,6 m x 4,6 m h = 8,8 m (piano terra);
- dodici vasche MBR, dimensioni 8,8 m x 2,8 m h = 3,4 m circa (piano primo);
- soletta copertura accumulo e passerelle di manutenzione (piano secondo);
- soppalco compressori in struttura metallica.

La struttura portante delle vasche biologico è composta da:

- platea di spessore 70 cm;
- muri di spessore 70 cm;
- copertura in tegoli prefabbricati in C.A.P.

La struttura portante del fabbricato è composta da:

- platea di spessore 70 cm;
- pilastri prefabbricati 60 cm x 70 cm e gettati in opera con sezioni varie;
- travi prefabbricate in copertura, con lunghezza 9,5 m e 10 m circa;
- copertura in tegoli prefabbricati in C.A.P.;
- tamponamento in pannelli prefabbricati in C.A. di tipo orizzontale, fissati ai pilastri.

La struttura portante delle vasche accumulo è composta da:

- platea di spessore 70 cm;
- muri di spessore 50 cm;
- solette copertura di spessore 25 cm.

La struttura portante delle vasche MBR è composta da:

- platea di spessore 70 cm;
- muri di spessore 50 cm e setti sezione 50 cm x 100 cm;
- soletta fondo di spessore 30 cm;
- pareti di spessore 30 cm;
- passerelle fra le vasche di spessore 25 cm;
- passerella longitudinale di accesso di spessore 30 cm.

La struttura portante del soppalco compressori è composta da:

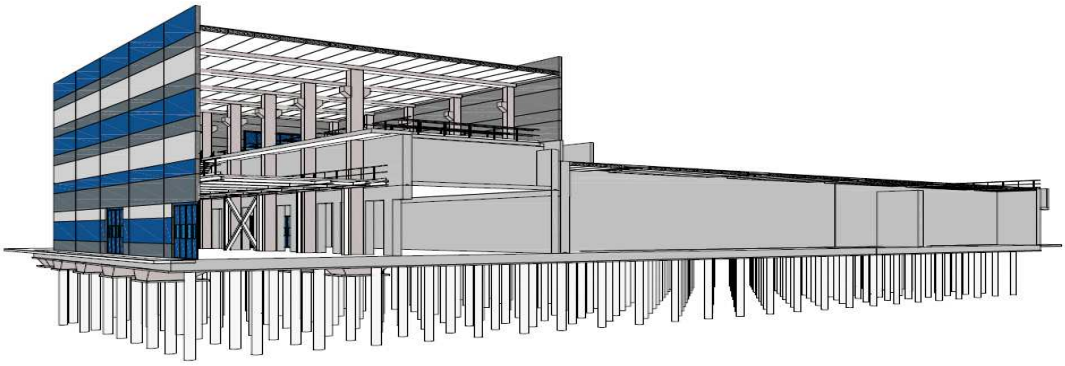
- platea di spessore 70 cm;
- telai trasversali realizzati con profilo HEA240;
- travi longitudinali ed intermedie con profilo HEA340;
- controvento di piano realizzato con corrente IPE200 e crociere L80x8;
- controventatura con crociere realizzate con UPN 240;
- piano di calpestio in grigliato metallico.

Le possibili classi di esposizione sono:

- XC2 – ambiente bagnato, raramente asciutto
- XA1 – ambiente debolmente aggressivo
- XS1 – esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare con calcestruzzo classe C 32/40 con le caratteristiche già indicate in precedenza per i getti in opera e C 45/55 per i prefabbricati.

I sovraccarichi variabili adottati sono:

- 1000 daN/ m^2 pavimento piano terreno
- 300 daN/ m^2 soletta copertura vasche
- 500 daN/ m^2 soletta soppalco compressori
- 200 daN/ m^2 solaio copertura (con neve).



Schema struttura fabbricato trattamento biologico MBR

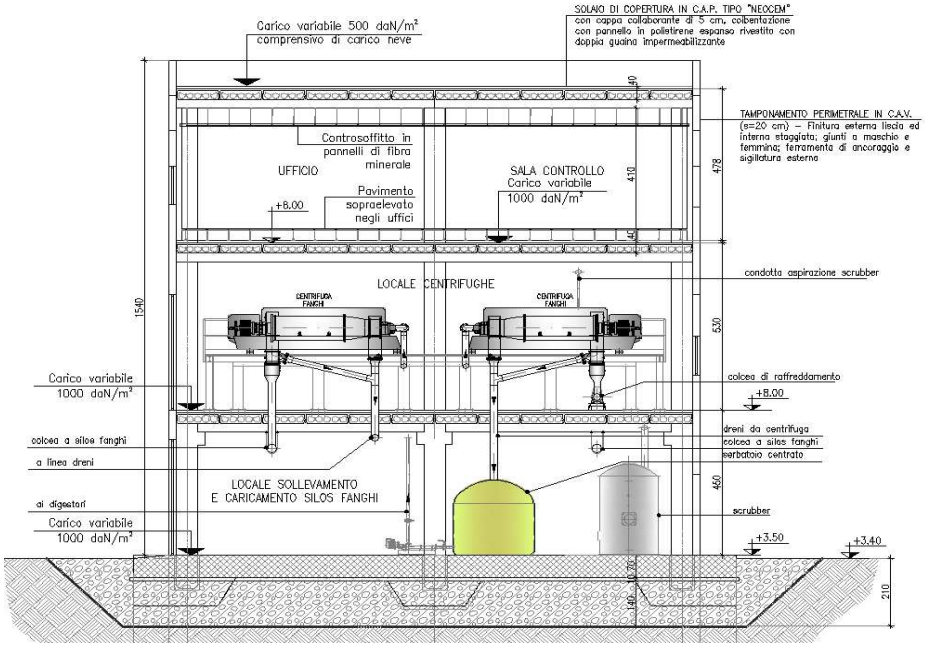
Tutte le opere in calcestruzzo a contatto con l'acqua (platee di fondo, pareti perimetrali) saranno realizzate in modo da garantire una totale tenuta idraulica, impedendo ai liquidi contenuti di fluire verso l'ambiente esterno, mediante l'adozione di calcestruzzo correttamente progettato nelle riprese di costruzione, giunzione, campitura di fessurazione programmata. La profondità media di penetrazione di acqua (UNI-EN 12390-8) è prevista pari a 50 millimetri.

6.3.3. Fabbricato Fanghi

Nell'area degli ispessitori è previsto un carroponte con portata 3000 daN.

La struttura portante del fabbricato è composta da:

- platea di spessore 70 cm;
- pilastri prefabbricati 60 x 60 cm;
- travi prefabbricate 1° piano, con lunghezza 7 m circa;
- solaio 1° piano (fuori terra) in tegoli prefabbricati in C.A.P;
- travi prefabbricate 2° piano (fuori terra) , con lunghezza 7 m circa;
- solaio 2° piano in tegoli prefabbricati in C.A.P;
- travi prefabbricate in copertura, con lunghezza 7 m circa;
- copertura in tegoli prefabbricati in C.A.P;
- tamponamenti interni realizzati con muratura intelaiata in blocchi di cls sp. 25 cm;
- tamponamento in pannelli prefabbricati in C.A. di tipo orizzontale, fissati ai pilastri.



Le classi di esposizione adottate sono:

- XC2 – ambiente bagnato, raramente asciutto

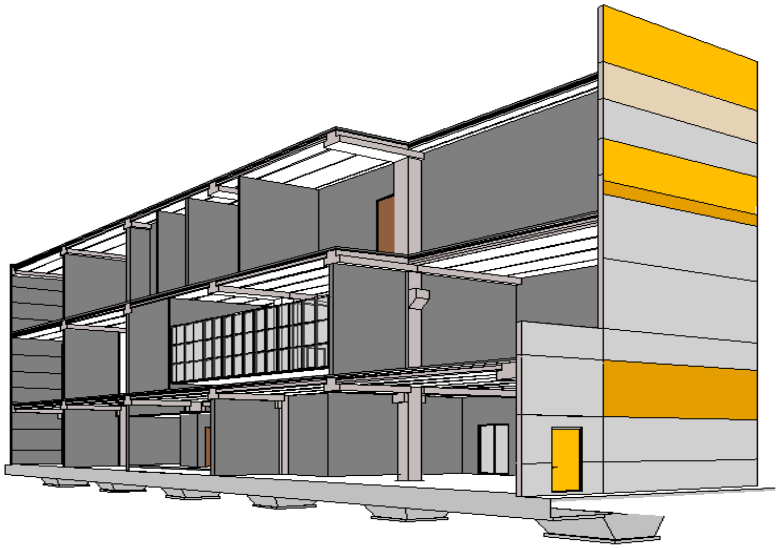
- XS1 – esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare con utilizzo di un calcestruzzo classe C 32/40 con le caratteristiche indicate in precedenza.

I sovraccarichi variabili adottati sono:

- 600 daN/m^2 piano terreno
- 600 daN/m^2 1° piano
- 300 daN/m^2 2° piano
- 400 daN/m^2 copertura.

Le strutture portanti sono costituite da telai in calcestruzzo armato poggianti su una platea di fondazione. Dall'analisi dei carichi agenti risultano dimensioni di 60cm x 60 cm per i pilastri, disposti su tre allineamenti di 6 pilastri ciascuno con interassi 7,50 metri; le travi fuori spessore avranno indicativamente dimensioni pari a 0,60 m x 0,55 m.

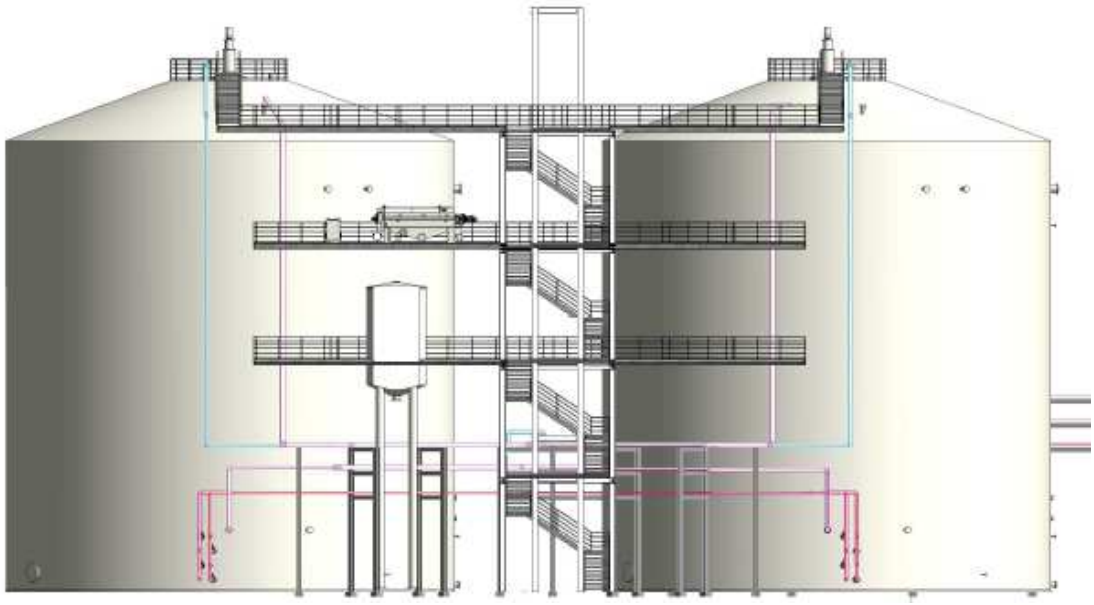
Gli orizzontamenti saranno realizzati con elementi prefabbricati in pannelli alveolari di c.a.p., idonei a sostenere gli elevati sovraccarichi variabili previsti (1000 daN/m^2) su luci di 7,5 metri con uno spessore dell'elemento prefabbricato di 26,5 cm, integrato con una soletta in calcestruzzo armato di spessore 5 cm.



Si realizzano impalcati monolitici con funzione di piano rigido per la ripartizione delle forze orizzontali di natura sismica sui pilastri, si prevedono quindi adeguate connessioni del solaio alle travi con getti armati integrativi sulle testate, collegamenti tra i pannelli di solaio adiacenti ed incatenamento perimetrale per assorbire le sollecitazioni di trazione derivanti dal comportamento a diaframma.

6.3.4. Digestore anaerobica

I serbatoi cilindrici sono realizzati con pannelli in acciaio vetrificato, collegati alla platea di fondazione in calcestruzzo con un sistema di chiusura a scanalature che consente, unitamente al previsto sistema di sigillatura degli angoli, di ottenere l'ermeticità del giunto.



Il comparto comprende:

- quattro digestori anaerobici con diametro 18 metri circa ed altezza 18,80 metri oltre alla copertura, disposti intorno ad una struttura metallica di collegamento con tre pianerottoli, ascensore e scala centrale di accesso;
- un gasometro di diametro 18 metri circa ed altezza 8 metri circa oltre alla copertura.

La struttura portante dei digestori è composta da:

- platea di spessore 100 cm su pali diametro 80 cm;
- serbatoio cilindrico con pareti metalliche di vario spessore.

La struttura portante del gasometro è composta da:

- platea di spessore 70 cm su pali diametro 50 cm;
- serbatoio cilindrico con pareti metalliche di vario spessore.

La struttura portante delle passerelle metalliche (portata utile 300 daN/m^2), con scala e montacarichi, è composta da:

- plinto di fondazione del nucleo scala su pali diametro 80 cm;
- montacarichi con colonne in profilo HEB240, traversi HEB200 e diagonali HEA160;

- colonne scale e passerelle con profili HEB340 e HEB280;
- travi di piano con profili IPE220, HEB200, HEA240 e HEA260;
- crociere di controvento di piano con profili UPN80.

Le fondazioni, platea su palificata, vengono dimensionate per le classi di esposizione:

- XC2 – ambiente bagnato, raramente asciutto
- XA1 – ambiente debolmente aggressivo
- XS1 – esposto alla salsedine marina ma non direttamente in contatto con l'acqua di mare e quindi con calcestruzzo di classe C 32/40.

Tipologia delle strutture di fondazione

Valutazioni in merito alla caratterizzazione geotecnica ed alla conseguente scelta fondazionale eranogià riportate nel progetto preliminare; le soluzioni ipotizzate vengono confermate e dimensionate inbase alla relazione geotecnica dell'ing. Umberto CROCE allegata al presente progetto definitivo.

Sulla base delle indicazioni geognostiche eseguite nel 2015 (dott. geologo Giuseppe Genovese) e delle nuove indagini integrative recentemente effettuate (n° 4 sondaggi a carotaggio continuo, n° 14 prove penetrometriche dinamiche continue, n° 1 prova down – hole) si conferma che "l'area interessata dall'intervento in progetto risulta a tutti gli effetti stabile ed è caratterizzata dalla presenza di materiali di origine antropica di spessore compreso tra 10 e 12 metri, in ricoprimento di depositi sabbiosi di origine marina"; nello stato di riporto esistono "diffuse e articolate strutture di calcestruzzo armato – travi, plinti, vasche, ecc. e materiali di riporto eterogenei e spesso grossolani" (relazione geologica, Studio ALFA).

La stratigrafia ricavata dall'ing. CROCE riporta:

- STRATO R1 (da piano 0,00 a quota -7,00 m): materiali grossolani di riporto integrati da terreni limoso-sabbiosi
- STRATO R2 (da 7,00 a -11,50 m): idem, con migliori caratteristiche meccaniche
- STRATO A (da -11,50 m a – 16,50 m): sabbia e limo con ghiaia, caratteristiche meccaniche scadenti
- STRATO B1 (da – 16,50 m a -19,00 m): sabbia e limo con ghiaia in tracce, caratteristiche medie
- STRATO B2 (da -19,00 m a -24,50 m): idem, caratteristiche inferiori allo strato precedente
- STRATO C (da -24,50 m) Strati da argilla limosa in matrice sabbiosa ed argilla con ciottoli, molto compatti.

Sulla base di questa stratigrafia sono stati ricavati i parametri geotecnici di riferimento, quali l'angolo di attrito di calcolo (da 25° a 32° procedendo dall'alto in basso). L'acqua di

falda è stata riscontrata a quote comprese tra – 2,80 m e – 3,50 m, valore di calcolo – 2,00 m.

6.4. *SITUAZIONE FONDAZIONALE:*

In sintesi, allo stato attuale delle conoscenze acquisite e considerando la tipologia e l'utilizzo di manufatti, si ritiene che la soluzione più idonea consista, per tutti i manufatti, nella realizzazione di fondazioni a platea.

- Come indicato nella relazione geotecnica, poiché il sedime fondazionale risulta costituito da terreno di riporto fortemente eterogeneo, si prevede, prima della realizzazione delle strutture fondazionali, la predisposizione di un adeguato strato di sottofondo mediante l'asportazione del terreno di riporto e la sua sostituzione con un orizzonte di bonifica in materiale anidro rullato e compattato di altezza pari ad almeno 1,0 m. Le modalità di realizzazione del riporto strutturale, la tipologia di materiale (inerte a prevalente frazione grossolana con il passante al 200 ASTM dell'ordine del 10-15%) ed i criteri di accettazione del riporto, con esecuzione di prove su piastra, sono dettagliatamente descritti nella relazione geotecnica.

- Sono poi stati valutati, in funzione dei carichi trasmessi dalle strutture, i valori di cedimento sulle platee superficiali; per l'EDIFICIO FANGHI – ispessimento e disidratazione il cedimento massimo calcolato, pari a 2,2 cm, rientra nei limiti di accettazione previsti (2,5 cm) e quindi si ipotizza la realizzazione di una fondazione superficiale a platea. Per gli altri comparti esaminati (vasche del comparto pretrattamenti primari, vasche del comparto trattamento biologico, edificio MBR) sotto i carichi di esercizio si sviluppano cedimenti elevati, giudicati non ammissibili. Si ritiene conveniente, in termini costi – benefici, utilizzare dei pali di piccolo diametro con la funzione di riduttori del cedimento, ripartendo quindi i carichi da sopportare in parte sui pali ed in parte sulla platea. Si sono valutati pali di diametro 40 cm (utilizzati per le vasche del comparto pretrattamenti, lunghezza 20,5 metri) e pali di diametro 50 cm (utilizzati per il comparto biologico ed MBR, lunghezza 21 metri).

- Per le fondazioni a plinto dell'edificio del comparto pretrattamenti, edificio prefabbricato indipendente dalle vasche realizzate al suo interno, si è previsto l'utilizzo di pali di portata di diametro 100 cm (monopalo sotto ogni plinto, lunghezza 25 metri).

- Per le fondazioni dei silos dei digestori anaerobici, l'impronta di carico del singolo silo è di circa 21 metri. Data l'entità della pressione prevista sul terreno pari a circa 2,2 daN/cm^2 a fronte di una pressione ammissibile Cd = 0,75 daN/cm^2, la scelta del tipo di fondazione ricade sui pali di fondazione, collegati da una platea di cemento armato di sommità. Considerato il tipo di terreno (presenza del riporto superficiale), si è del parere che il tipo di palo più adatto sia il palo trivellato a elica continua, con

fase di getto a partire dal basso, attraverso l'asta cava dell'utensile di scavo. Tale tipologia di palo garantisce omogeneità di getto e minimo disturbo del terreno.

- Il progetto del singolo palo viene svolto attraverso la definizione della sua lunghezza e del suo diametro. Il diametro del palo cui ci si riferisce è pari a 80 cm, mentre la lunghezza viene determinata in base alla portata ammissibile necessaria. In ogni caso la lunghezza considerata è compresa tra 24 e 28 metri, in modo da ottenere valori di portata alla base discreti e superfici di attrito sufficientemente estese.

- Analoghe considerazioni vengono adattate nel dimensionamento delle fondazioni di edifici minori, basamenti di serbatoi, plinti del pipe-rack, utilizzando rispettivamente:
    - fondazioni superficiali, per carichi con pressione unitaria inferiore al valore Cd = 0,75 daN/cm^2;
    - fondazioni con pali riduttori di cedimento, per carichi medi.

7. RISPONDENZA AL PROGETTO PRELIMINARE E EVENTUALI PRESCRIZIONI DETTATE IN SEDE DI CONFERENZA DEI SERVIZI PRELIMINARE

Il giorno 29 luglio 2016 presso la Citta' Metropolitana di Genova si è svolta la seduta della Conferenza di Servizi Preliminare, ai sensi dell'articolo 14 Bis della Legge 241/90, relativa al Progetto Depuratore Area Centrale Di Genova, per l'esame del progetto preliminare dell'impianto dell'Area Centrale Genovese.

Nel corso della conferenza è stato ribadito che il DAC è un intervento strategico approvato dal Consiglio Metropolitano in via definitiva il 29 di giugno 2016, e che l'area del depuratore è sito di realizzazione di un intervento strategico già deliberato dall'Ente di Governo dell'Ambito pertanto non dovrebbe essere oggetto di modifica a favore di altro intervento.

Il presente progetto definitivo, rispetto al progetto preliminare presentato nella CdS preliminare, porta qualche modifica al lay-out dell'impianto di trattamento ma rispetta i contenuti, la filiera di trattamento e le soluzioni impiantistiche precedentemente attuate.

Nella fase di sviluppo del progetto definitivo è stata recepita l'esigenza del gestore di disporre di un digestore aggiuntivo rispetto allo studio di fattibilità come fattore di sicurezza per la gestione di possibili emergenze o per la manutenzione dei sistemi.

Tale previsione, come ampiamente argomentato eccede le esigenze di processo e non confligge con la realizzazione di sistemi avanzati di digestione (ricircolo interno, idrolisi termica), potendo utilizzare i volumi di digestori eccedenti le necessità di processo, come volumi di equalizzazione dell'affluente o riserve nelle fasi di manutenzione.

Per una maggiore protezione ambientale è stato previsto un cogeneratore aggiuntivo in grado di assicurare, con maggiore affidabilità, la continuità del servizio e limitare l'utilizzo della torcia.

8. SICUREZZA, FUNZIONALITA' ED ECONOMIA DI GESTIONE

8.1. Criteri per garantire la sicurezza

La sicurezza dell'impianto deve essere garantita sia in fase di realizzazione delle opere sia in fase di gestione dell'impianto. Gli aspetti legati alla esecuzione delle opere sono affrontati con maggiore dettaglio nel Piano di Sicurezza e Coordinamento allegato al presente progetto.

Per quanto riguarda l'aspetto progettuale della sicurezza, coerentemente con l'attuale livello di progettazione, sono state considerate tutte le misure previste dalla legge e tutti gli accorgimenti volti ad assicurare un'efficace e sicura manutenibilità nel tempo.

Considerate le caratteristiche dei manufatti in esame e la natura dei fluidi accumulati in essi, particolare attenzione è stata posta all'individuazione ed alla progettazione di quegli ambienti che la normativa definisce "sospetti di inquinamento o confinati".

Con il termine "ambiente confinato" si intende un luogo circoscritto, totalmente o parzialmente chiuso, che non è stato progettato e costruito per essere occupato da persone, né destinato normalmente ad esserlo, ma che occasionalmente può essere impegnato per l'esecuzione di interventi lavorativi quali l'ispezione, la manutenzione, la riparazione, la pulizia o l'installazione di dispositivi tecnologici. Il determinarsi di situazioni pericolose per la sicurezza di chi accede all'interno di un ambiente confinato può derivare da:

- conformazione e/o localizzazione della struttura;
- entrata e uscita difficoltose per ubicazione, dimensione e modalità;
- insufficienza della ventilazione naturale;
- materiali, sostanze, prodotti contenuti nel manufatto (all'origine o per trasformazioni successive);
- tipologia delle attrezzature che vengono utilizzate;
- natura del lavoro che viene effettuato.

La progettazione esecutiva di dettaglio delle strutture contenenti o destinate al trattamento di liquami, fanghi e biogas è stata sviluppata secondo la normativa in vigore.

8.1.1. Riferimenti normativi

L'art. 66 del D.Lgs. n. 81/2008 ('Lavori in ambienti sospetti di inquinamento') e il D.P.R. 14 n. 177/2011 (Regolamento recante norme per la qualificazione delle imprese e dei lavoratori autonomi operanti in ambienti sospetti di inquinamento o confinanti, a norma dell'articolo 6, comma 8, lettera g), del decreto legislativo 9 aprile 2008, n. 81 specifica l'obbligo di accertamento delle condizioni di qualità dell'aria negli ambienti a rischio

prima di consentire l'accesso ai lavoratori e prescrive altresì l'obbligo del risanamento dell'atmosfera mediante ventilazione o altri mezzi idonei.

Un altro riferimento significativo è rappresentato dell'articolo 121 del medesimo Decreto: *"Presenza di gas negli scavi 1. Quando si eseguono lavori entro pozzi, fogne, cunicoli, camini e fosse in genere, devono essere adottate idonee misure contro i pericoli derivanti dalla presenza di gas o vapori tossici, asfissianti, infiammabili o esplosivi, specie in rapporto alla natura geologica del terreno o alla vicinanza di fabbriche, depositi, raffinerie, stazioni di compressione e di decompressione, metanodotti e condutture di gas, che possono dar luogo ad infiltrazione di sostanze pericolose…"*

Il comma 4, in particolare, prescrive un'adeguata aerazione del luogo: *"Quando si sia accertata la presenza di gas infiammabili o esplosivi, deve provvedersi alla bonifica dell'ambiente mediante idonea ventilazione; deve inoltre vietarsi, anche dopo la bonifica, se siano da temere emanazioni di gas pericolosi, l'uso di apparecchi a fiamma, di corpi incandescenti e di apparecchi comunque suscettibili di provocare fiamme o surriscaldamenti atti ad incendiare il gas […]"*

L'allegato IV del D.Lgs. n. 81/2008 prescrive quali debbano essere i requisiti dei luoghi di lavoro. Al comma 1 dell'art. 3 si afferma che *"le tubazioni, le canalizzazioni e i recipienti, quali vasche, serbatoi e simili, in cui debbano entrare lavoratori per operazioni di controllo, riparazione, manutenzione o per altri motivi dipendenti dall'esercizio dell'impianto o dell'apparecchio, devono essere provvisti di aperture di accesso aventi dimensioni tali da poter consentire l'agevole recupero di un lavoratore privo di sensi […]"*.

Per quanto riguarda il rischio di incendio ed esplosione si farà riferimento, oltre che al D.Lgs. n. 81/2008, alla normativa ATEX.

8.2. *Criteri di riferimento per la progettazione degli ambienti di lavoro*

Si riporta di seguito una sintetica disamina dei principali accorgimenti progettuali adottati nell'ambito della presente progettazione in relazione ad alcuni specifici elementi tecnici di fondamentale rilevanza per l'eliminazione o la riduzione dei rischi derivanti da ambienti confinati o sospetti di inquinamento.

8.2.1. Aperture di accesso

Le aperture di accesso a luoghi confinati avranno dimensioni tali da poter consentire l'agevole recupero di un lavoratore privo di sensi (art. 66 del D. Lgs. 81/08; punto 3.1 allegato IV).

L'accesso a tali aperture sarà garantito in maniera agevole al fine di assicurare la sicurezza in fase di utilizzo. Saranno quindi previsti spazi di accesso, passerelle, scale e grigliati, sufficientemente ampi.

8.2.2. Sistemi di lock-out (isolamento del sistema)

Saranno disponibili valvole, paratoie ed altri dispositivi in grado di sezionare completamente ed efficacemente le tubazioni o i canali comunicanti con ciascuna vasca o serbatoio per cui si possa prevedere l'accesso da parte di lavoratori. In ogni caso, sarà garantita a questi ultimi la possibilità di accesso ad ambienti completamente isolabili dal resto dell'impianto.

8.2.3. Procedura di tag-out (segnalazione delle aree)

I luoghi o i manufatti configurabili come ambienti confinati o sospetti di inquinamento saranno segnalati con apposita cartellonistica. Le valvole di innesto sui manufatti suddetti saranno dotate di segnalatori visivi di chiusura delle stesse che avvisino gli operatori della lavorazione in corso.

8.2.4. Ventilazione

Gli ambienti confinati potenzialmente inquinati da sostanze asfissianti devono essere ventilati prima dell'accesso (punto 3.2.1 allegato IV del D. Lgs. 81/08), assicurando indicativamente almeno 3 ricambi d'aria completi.

Nel caso particolare dei digestori, il metano, componente principale del biogas generato nel processo di stabilizzazione anaerobica, tenderà, essendo più leggero dell'aria, ad accumularsi nella parte alta dei reattori.

L'accesso principale a tali manufatti andrà quindi realizzato nella parte bassa, consentendo, con un secondo accesso superiore, l'eliminazione del gas. La distanza tra i due accessi suddetti garantirà una completa aerazione naturale del manufatto.

Sarà in ogni caso onere del Gestore dotarsi di un aeratore in modo da poter eventualmente aumentare l'apporto di aria internamente al manufatto.

8.2.5. Rischio di incendio o esplosione

La presenza di biogas all'interno e, eventualmente, all'esterno del digestore anaerobico e degli impianti a servizio di quest'ultimo determina un potenziale rischio di esplosione e/o incendio.

Per questo motivo, la presente progettazione ha fatto riferimento, per i digestori e la linea di trattamento ed utilizzo del biogas, alla Direttiva 94/9/CE – ATEX ed alla norma EN 60079-10 (CEI 31-30), norme in materia di prodotti destinati ad essere utilizzati in atmosfere potenzialmente esplosive e il D. Lgs 3/2/2016 (distanze di sicurezza).

Le aree di intervento sono state classificate a seconda del rischio di esplosione e, per ognuna, sono stati adottati gli accorgimenti previsti dalla normativa di settore, procedendo in primo luogo alla selezione di apparecchiature compatibili con l'installazione in aree potenzialmente caratterizzate da atmosfere esplosive.

9. INTERFERENZE RETI AEREE E SOTTERRANEE E IL PROGETTO PER LA RISOLUZIONE DELLE INTERFERENZE

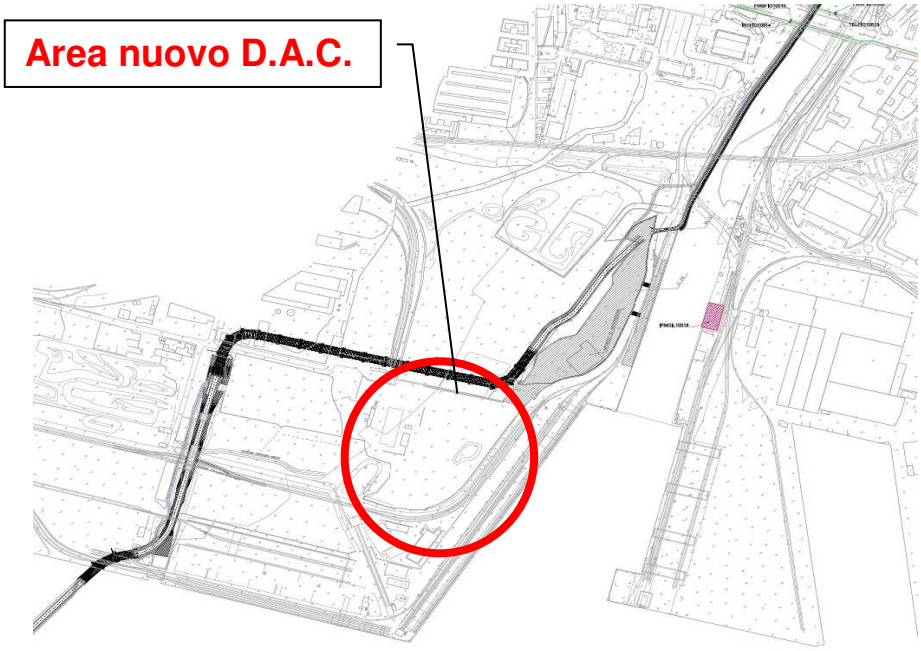
Al fine di valutare le interferenze delle infrastrutture esistenti con le opere di progetto si è proceduto ad un rilievo topografico di dettaglio che ha consentito di georeferenziare alcuni dei cunicoli esistenti. Il posizionamento degli stessi è riportato sulla planimetria di rilievo allegata al progetto definitivo.

Fra le opere interferenti sono presenti il cunicolo 6 e le gallerie 59 e 60. Le ultime due sono state dismesse da ILVA ma nel corso dei rilievi si è potuto rilevare nella galleria 59 la presenza di acqua.

Non è stato possibile accertare la posizione di tutte le gallerie essendo alla data di redazione del presente progetto le aree destinate al nuovo impianto parzialmente occupate da mezzi e dispositivi del gruppo Spinelli nell'ambito dell'attività intermodale.

Definita la soluzione progettuale e il lay-out dell'impianto particolare attenzione è stata posta nella scelta delle fondazioni in modo tale da non insistere sui cunicoli presenti, che anche se dismessi saranno lasciati nelle condizioni attuali per eventuali ulteriori e futuri utilizzi.

Nell'area in esame è prevista la realizzazione della viabilità di servizio VS12 di ASPI (Società Autostrade per l'Italia) e di uno slurrydotto temporaneo per convogliare a mare il materiale di scavo. La planimetria "Rilievi topografici della rete dei sotto-servizi e cunicoli Planimetria interferenze" allegata al presente progetto riporta graficamente il posizionamento delle diverse infrastrutture.

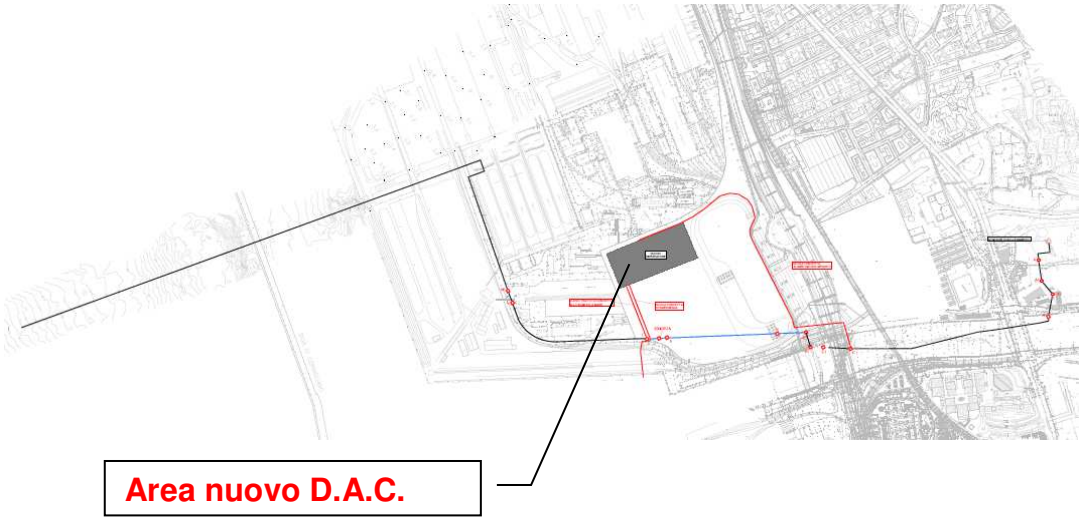


Stralcio della tav. 33 del progetto definitivo dell' "adeguamento del sistema A7-A10-A12" zona torrente Polcevera – (Autostrade per l'Italia)

Già in fase preliminare era stata affrontata l'interferenza delle opere previste per la realizzazione dell'impianto DAC con il tracciato della viabilità di servizio VS12 di ASPI (Società Autostrade per l'Italia).

In seguito a diversi confronti avvenuti con ILVA, Ireti, SPEA (che ingegnerizza il progetto per conto di ASPI), ANSALDO ENERGIA (proprietaria del nuovo stabilimento ubicato nelle vicinanze dell'area DAC) si è definita una soluzione condivisa che prevede la traslazione della viabilità VS12 di ASPI verso sud per m. 10,00, risolvendo in tal modo l'interferenza rilevate in fase preliminare.

Di seguito si riporta una planimetria generale con l'indicazione delle condotte di adduzione all'impianto e di scarico a mare. In uscita dall'impianto in progetto sono previste due tubazioni di scarico con recapito in mare e, in caso di emergenza, nel torrente Polcevera.



10. CONNESSIONE DELL'OPERA CON LE STRUTTURE ESTERNE

10.1. *Idoneità delle reti esterne dei servizi a soddisfare le esigenze connesse all'esercizio dell'impianto*

L'impianto DAC di Genova sorgerà nell'area nella zona industriale di Cornigliano, ossia nell'area occupata dagli impianti del ciclo a caldo delle acciaierie Ilva. Nella zona sono presenti numerose infrastrutture a servizio delle aree industriali presenti e pertanto non sussistono particolari problematiche atte a garantire l'allaccio delle reti esterne all'impianto di nuova realizzazione.

10.1.1. Fognatura interna

Sarà predisposta una rete di fognatura interna la raccolta delle acque pluviali e delle acque nere; quest'ultime saranno mandate al trattamento.

10.1.2. Rete gas

L'area industriale è attualmente servita da gas metano attraverso la rete urbana. In considerazione della estensione rilevante delle aree limitrofe all'impianto e della difficoltà, in questa fase, di individuare il punto di consegna , si ipotizza che la nuova tubazione di consegna possa arrivare in prossimità del rack di arrivo del fangodotto. La necessità del gas metano è comunque limitata al solo avviamento dell'impianto in assenza di biogas o in presenza di possibili interruzioni.

10.1.3. Rete antincendio

Il progetto prevede la realizzazione di una rete antincendio dimensionata appositamente per la tipologia e dimensione dell'impianto, in conformità al D.M 3 febbraio 2016.
Gli elaborati grafici e descrittivi relativi alla rete antincendio, allegata alla presente, illustrano nel dettaglio la soluzione prescelta.
La rete antincendio, risulterà costituita essenzialmente da:

- una rete idrica chiusa ad anello, di diametro adeguato, alimentata da due pompe una di riserva all'altra e da un gruppo di pressurizzazione ;
- una riserva idrica idonea ad assicurare il funzionamento contemporaneo di metà delle bocche da incendio installate per un periodo di mezz'ora
- una serie di bocche da incendio tipo UNI 70, poste a distanza reciproca non superiore a 50 m.

10.1.4. Rete acqua potabile

La rete dell'acqua potabile sarà derivata dalla tubazione DN 300 già presente nel fascio collettori fangodotto e arrivo. L'acqua potabile alimenterà sostanzialmente i servizi per gli operatori e le docce lava occhi.

10.1.5. Rete acqua servizi

L'acqua industriale sarà fornita all'impianto prelevandola dalla vasca permeato. Un gruppo di pressurizzazione alimenterà una rete dedicata dopo averne realizzato un affinamento tramite membrane di ultrafiltrazione.

La rete dell'acqua industriale sarà costituita da maglie chiuse i cui rami principali saranno realizzati con tubazioni DN125 in polietilene ad alta densità PFA 10.

In base ai consumi di progetto, valutati in circa 200 m^3/h, il comparto in progetto garantirà una portata sufficiente a soddisfare l'intera domanda. Tra le principali utenze idro esigenti si segnalano le griglie fini, i sedimentatori accelerati, il comparto disidratazione.

Tutti i comparti saranno servite da prese da 1" per assicurare nei punti di intervento la disponibilità di acqua per lavaggio delle apparecchiature rimosse per avviarle alla manutenzione, allontanamento delle schiume e tutte le possibili lavorazioni sporcanti.

Il sistema risulta quindi autosostenibile; non si registrano quindi attingimenti dalla rete acquedottistica, assicurando quindi la tutela dell'acqua pregiata.

11. ANALISI DELLA GESTIONE DEI MATERIALI DI SCAVO E DI RISULTA

La gestione dei materiali di scavo e di risulta è dettagliatamente riportata nella specifico elaborato 07. Le particolari caratteristiche dell'area, già interessata da un piano di bonifica e dettagliatamente indagata nel piano di caratterizzazione, richiederà sicuramente un puntuale attenzione.

Al fine di limitare interferenze e possibili ritardi nella costruzione dell'impianto, si potrà valutare di provvedere alla predisposizione degli scavi prima dell'avvio della costruzione delle opere.

Il piano di scavo predisposto per il progetto sarà utilizzato per definire il piano fondale delle nuove opere comprese quelle interessate da fondazioni profonde.

Realizzato lo scavo e provveduto al corretto conferimento del materiale scavato si potrà senza intralci provvedere alla realizzazione delle opere. Il rinterro delle aree scavate sarà effettuato con materiale di cava. Non si prevede il riutilizzo di materiale di scavo all'interno dell'impianto.

12. ACCESSIBILITA', UTILIZZO E MANUTENZIONE DELLE OPERE

Nella fase definitiva della progettazione si è posta particolare attenzione alla sistemazione dell'area e al sistema viabile interno per consentire il transito dei mezzi nella fase di gestione delle opere e per consentire le vie di accesso ai vari comparti dell'impianto di depurazione.

Il sito è facilmente accessibile con passaggio su strade esistenti.

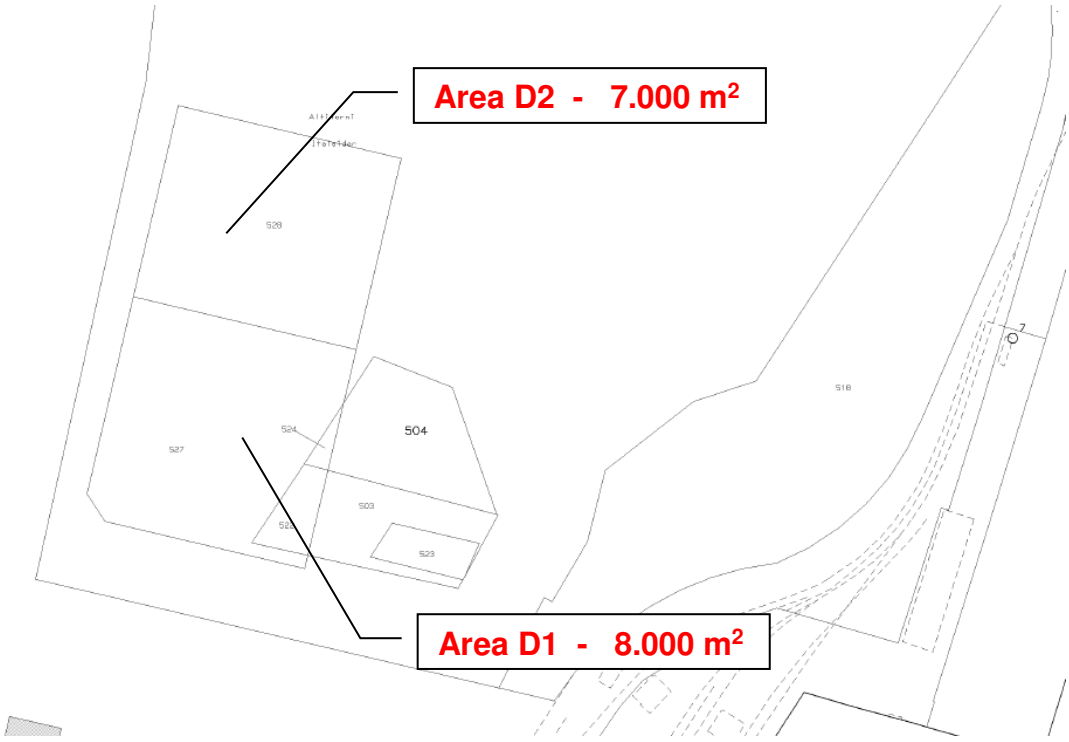
Gli impianti meccanici e le apparecchiature elettromeccaniche sono stati oggetto di una progettazione di dettaglio con l'obiettivo di garantire facilmente le operazioni di manutenzione ordinaria e straordinaria con particolare riguardo alla sicurezza delle maestranze.

n particolare è stata posta attenzione all'effettiva possibilità di estrazione delle apparecchiature installate per consentirne la manutenzione e nel contempo garantire condizioni operative di sicurezza al personale addetto.

13. FATTIBILITA' DELL'INTERVENTO

13.1. Disponibilita delle aree

Le aree necessarie per la realizzazione del nuovo impianto di depurazione, sono state concesse dalla Società per Cornigliano al Comune di Genova, il quale a sua volta le ha cedute alla Società Mediterranea delle Acque SpA (attraverso un contratto stipulato nel 2014 con il quale si stabilisce l'acquisizione del diritto di superficie relativamente ad un'area di 15.000 m^2 (le zone D1 e D2 indicate nell'estratto planimetrico di seguito riportato) per la durata di 60 anni.



Alla stipula del contratto l'area D2 risultava occupata. Una scrittura privata prevede la riconsegna dell'area entro 60 giorni dall'esplicita richiesta del comune di Genova: l'area sarà quindi immediatamente esigibile in considerazione del carattere di pubblica utilità delle opere in esame.

L'art. 3 del contratto citato prevede una tempistica vincolante per l'avvio dell'acquisizione della seconda porzione dell'area: non prima di gennaio 2017 e non dopo gennaio 2020, previa formale richiesta del Comune o di MdA.

Nella presente fase preliminare non è stato redatto un apposito piano particellare di esproprio in considerazione dell'accordo di acquisizione delle aree sopra menzionato. Le aree sono già sottoposte a vincolo preordinato del P.U.C. vigente e non necessitano di variante al PRGC.

13.2. Aspetti geologici, idrologici e geomorfologici

Il sito oggetto di intervento si colloca nel settore più meridionale dell'ex delegazione di Cornigliano, nel Comune di Genova. Il nuovo impianto sorgerà nell'area un tempo occupata dalle dismesse acciaierie ILVA di Cornigliano.

La zona era originariamente caratterizzata da una fascia costiera caratterizzata da un'alta densità urbana: per l'insediamento delle acciaierie si dovette ricorrere ad un'imponente opera di riempimento di una parte del tratto di mare antistante Cornigliano con circa 3 milioni di metri cubi di terra recuperati dallo sbancamento di una collina adiacente.

L'area in esame si localizza proprio in corrispondenza di questi riporti e, in particolare, in corrispondenza del primo riempimento. Nella "Carta geomorfologica" - scala 1:5.000 - allegata al P.U.C. del Comune di Genova, il sito di intervento è appunto classificato tra le aree caratterizzate da riporti, riempimenti artificiali o discariche. Per maggiori dettagli sulla natura geologica, geotecnica e sismica della zona in cui saranno realizzate le nuove opere si rimanda allo studio geologico preliminare sviluppato dal Dott. Geologo Giuseppe Genovese, allegato al presente progetto.

Le indagini sono state sviluppate sull'area disponibile, non essendo stato possibile l'accesso a tutta l'area. Pur ritenendo necessario un ulteriore approfondimento nell'area non indagata, per le finalità del presente progetto di fattibilità si ritengono sufficienti le indagini effettuate anche in considerazione e della sostanziale omogeneità dell'area.

13.3. Indagini sismiche

Con l'ordinanza P.C.M. n. 3274 del 20 marzo 2003, aggiornata al 16/01/2006 con le indicazioni delle Regioni, gli Enti Locali sono stati delegati ad effettuare una dettagliata classificazione sismica di ogni singolo comune, al fine di prevenire eventuali situazioni di danni a persone ed edifici al verificarsi di eventi sismici. Tale ordinanza è stata aggiornata con la Deliberazione della Giunta Regionale della Liguria n. 1362 del 19 novembre 2010.

Per il Comune di Genova è stata individuata una suddivisione a livello di Unità Urbanistiche: il sito del D.A.C. ricade in zona 4 (Sampierdarena), con livello di pericolosità sismica molto bassa. Si tratta della zona meno pericolosa, dove le possibilità di danni sismici sono ridotte (PGA ag < 0,05g). Anche in questo caso, per ulteriori dettagli si rimanda alla relazione geologica e alla relazione sismica allegata al progetto.

13.4. Indagini archeologiche preliminari

Ai sensi del comma 1 dell'art. 95 del D. Lgs 163/2006, non è stata condotta la verifica preventiva dell'interesse archeologico in sede di progetto Preliminare, in quanto il nuovo impianto D.A.C. sorgerà su aree oggetto di precedenti interventi, con costruzione di manufatti e con quote di scavo già interessate dalle fondazioni dell'ex acciaieria ILVA. Il piano di fondazione delle nuove opere sarà superficiale, con profondità inferiore ad 1 metro rispetto all'attuale piano campagna.

L'area risulta pertanto già indagata, fermo restando che saranno in ogni caso recepite le eventuali prescrizioni della Sovrintendenza ai Beni Architettonici e Archeologici.

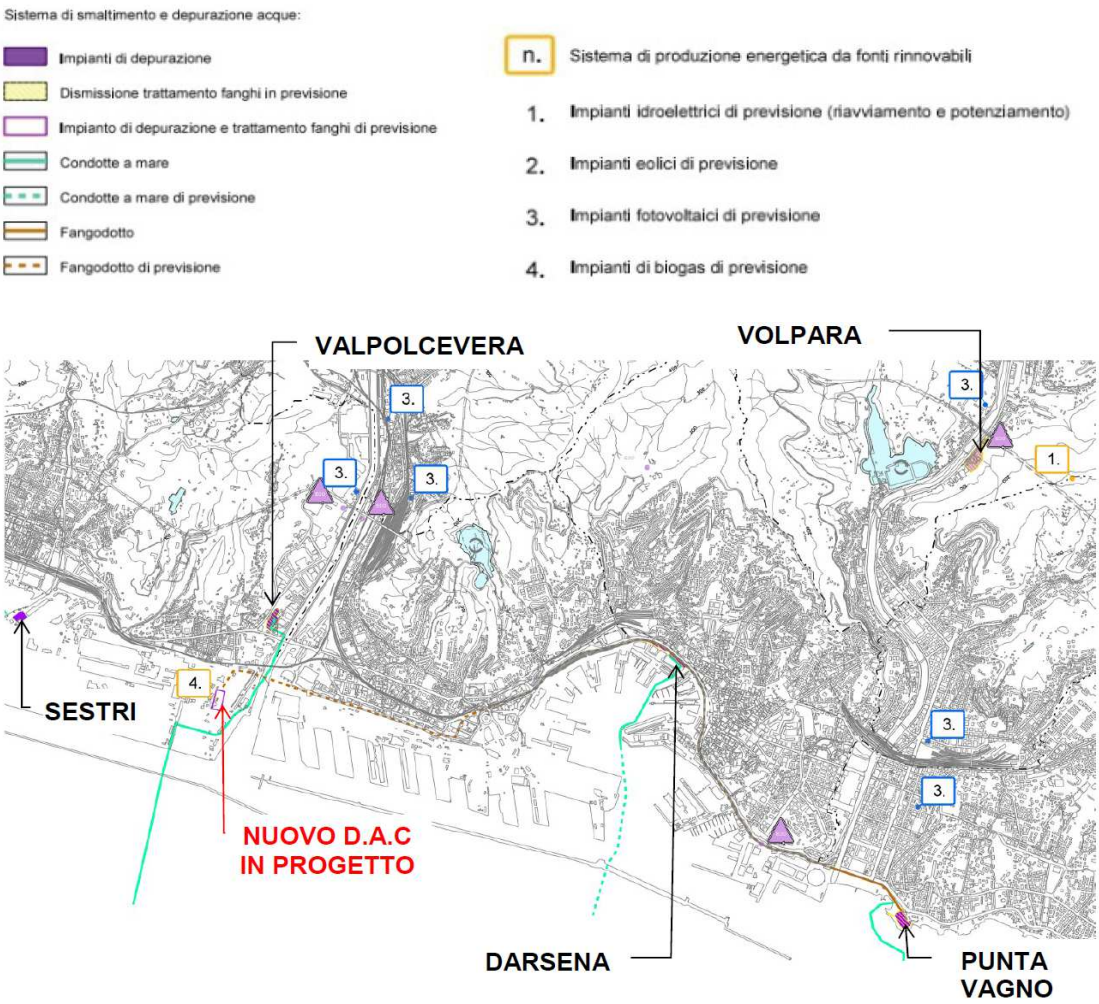
13.5. Vincoli di natura urbanistica

Al presente Progetto è allegato uno studio riepilogativo di inserimento urbanistico nel quale sono stati analizzati tutti gli strumenti di pianificazione che contengono vincoli o prescrizioni per l'area di edificazione del nuovo depuratore della città di Genova. Per maggiori dettagli, si rimanda pertanto al documento citato.

13.5.1. Localizzazione dell'impianto rispetto ai vincoli e le norme del PRGC

Il nuovo Piano Urbanistico Comunale 2015, adottato con D.C.C. n.8/2015, attribuisce all'area in esame una destinazione d'uso per "impianti di depurazione", con la previsione di nuovi "impianti di biogas".

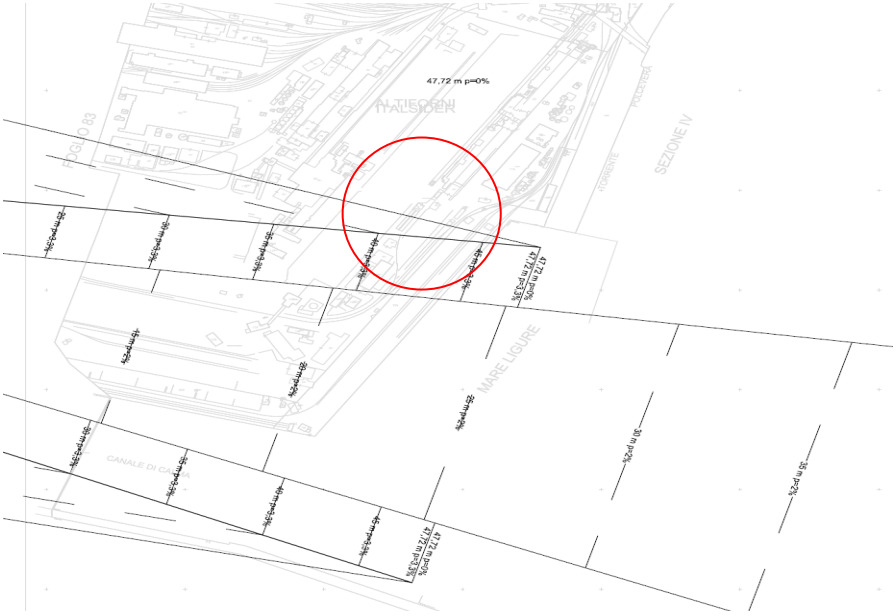
Di seguito, si riporta un estratto della tavola del P.U.C. 2.6 Struttura del piano – Livello 2 - relativa al "sistema dei servizi urbani", con la precisa individuazione delle aree e degli interventi, che verranno realizzati, per il nuovo assetto depurativo della Città di Genova.



13.5.2. E.N.A.C. - Aeroporto di Genova - mappe di vincolo – Limitazioni relative agli ostacoli e pericoli alla navigazione aerea D.Lgs n.151 del 15/03/2006

In relazione alle previsioni dell'art. 707, 1° comma, del Codice della Navigazione del Regolamento per la Costruzione e l'Esercizio degli Aeroporti (Edizione 2 del 21.10.2003, emendamento 5), sono state individuate le zone sottoposte a vincolo nelle aree limitrofe agli aeroporti e le relative limitazioni necessarie per evitare la costituzione di ostacoli e potenziali pericoli alla navigazione aerea.

Lo stralcio planimetrico sotto riportato individua l'area in oggetto, interna alla fascia degli ostacoli per il volo.



Considerando l'estrema vicinanza dell'Area aereoportuale, il progetto preliminare dovrà essere sottoposto ad una valutazione di compatibilità relativamente agli ostacoli, presenti nelle vicinanze dell'aeroporto. La valutazione comprenderà la verifica delle potenziali interferenze del nuovo impianto e dei suoi manufatti con le superfici di volo, come definite dal Regolamento ENAC.

13.6. Superamento delle barriere architettoniche

Le opere in progetto saranno realizzate all'interno di una struttura impiantistica, di tipo industriale, con elementi strutturali realizzati in funzione delle esigenze di processo. Pertanto tali strutture, non rientrano tra i casi previsti dalle norme in materia di superamento delle barriere architettoniche. Il DPR del 24 luglio 1996, n. 503 - Regolamento recante norme per l'eliminazione delle barriere architettoniche negli edifici, spazi e servizi pubblici, all'art. 19 "deroghe e soluzioni alternative", afferma che "*le prescrizioni del presente regolamento, sono derogabili solo per gli edifici o loro parti che, nel rispetto di normative tecniche specifiche, non possono essere realizzati senza dar luogo a barriere architettoniche, ovvero per singoli locali tecnici il cui accesso è riservato ai soli addetti specializzati*".

13.7. Autorizzazioni

Il progetto, nelle varie fasi di sviluppo, dovrà essere sottoposto all'approvazione degli Enti Competenti. In particolare, per il procedimento autorizzativo è necessario acquisire, in sede di Conferenza dei Servizi, le autorizzazioni ed i pareri riportati, a titolo indicativo, nella seguente tabella di sintesi.

PARERE - AUTORIZZAZIONE	ENTE COMPETENTE
Conformità allo Strumento Urbanistico	Comune di Genova
Parere igienico sanitario	A.S.L.3 Genovese
Vincolo Paesaggistico	Soprintendenza BB.CC.AA.
Vincolo aeroportuale - Spazio Aereo	Approvazione dei progetti da parte dell'Enac
Valutazione Impatto Ambientale	Regione Liguria – Dipartimento Ambiente Settore Valutazione Impatto ambientale
Approvazione tecnica del Progetto definitiv	Conferenza Speciale Servizi
Validazione del Progetto Esecutivo	RUP

13.8. Bonifica Bellica

Considerati i mezzi impiegati per le lavorazioni, le minime profondità di scavo, le caratteristiche delle aree di cantiere (già interessata da precedenti attività di costruzione e demolizione) e la presenza di cunicoli preesistenti, l'inizio dei lavori sarà preceduto dalle normali operazioni di bonifica del sito rispetto all'eventuale presenza di ordigni bellici.

Si procederà pertanto ad una ricognizione di superficie (propedeutica a qualsiasi bonifica profonda) per la ricerca, la localizzazione e la rimozione di mine, ordigni ed altri manufatti bellici interrati, sia in terra sia in acqua, fino a cm 100 di profondità dal piano campagna.

Detta ricognizione sarà eseguita con l'impiego di apparecchi rilevatori su tutta l'area interessata dai lavori più una fascia di sicurezza di ampiezza pari a 1,50 m lungo il perimetro, ove possibile, e sopra gli imbocchi dei cunicoli.

14. STIMA SOMMARIA DELLE OPERE

Il costo delle opere progettate è stato stimato tenendo conto delle caratteristiche dei manufatti da realizzare e delle apparecchiature da installare, nel contesto urbano del sito previsto.

I prezzi unitari per le opere civili sono stati ricavati dal Prezziario della Regione Liguria anno 2017. Ove non disponibili sono sati utilizzati prezzi derivati: per il trasporto e conferimento a discarica del materiale di scavo sono state utilizzate le indicazioni e linee guida riportate nel prezziario Regionale.

Nei costi di smaltimento sono stati considerati i costi relativi al materiale di supero della trivellazione dei pali. Il costo per la rimozione e lo smaltimento dei materiali di scavo è stata inserito nelle somme a disposizione dell'amministrazione.

I prezzi per le forniture elettromeccaniche sono stati desunti elaborando analisi dei prezzi sulla base di offerte di primarie case costruttrici.

Per un maggior dettaglio si rimanda agli elaborati computo metrico estimativo e quadro economico riassuntivo allegati al presente progetto.

15. CRONOPROGRAMMA DELLE FASI ATTUATIVE

Il cronoprogramma è riportato nell'elaborato allegato alla presente relazione e fa parte integrante della progettazione definitiva.

La tabella seguente contiene una stima delle tempistiche necessarie allo svolgimento delle varie fasi di progettazione ed esecuzione dell'intervento.

FASE	DURATA INDICATIVA [mesi]
Approvazione progetto definitivo	**8**
Appalto integrato	**2**
Gara	**3**
Aggiudicazione gara e contrattualizzazione	**2**
Progettazione esecutiva (compresi i tempi per il rilascio delle autorizzazioni da parte degli Enti Competenti)	**7**
Bonifica dell'area	**6**
Costruzione	**28**
Collaudo finale	**3**
Tempi complessivi stimati di realizzazione dell'opera (considerando le possibili sovrapposizioni tra le fasi)	**48 mesi (4 anni)**

16. BILANCIO DI GESTIONE

Il presente paragrafo è redatto al fine di riassumere i costi di gestione analiticamente stimati ed in particolare il fabbisogno energetico e di materiali di consumo nella configurazione finale prevista dal progetto. Per la stima dei consumi di energia è stato considerato il mare quale recapito finale dell'acqua trattata dall'impianto, attraverso una condotta sottomarina, la portata è riferito al valore medio. Saranno inoltre quantificati i materiali da allontanare (grigliati, sabbie e fanghi) al fine di avere piena contezza dell'onere gestionale riveniente, oltre alla stima del costo del personale necessario per la gestione e conduzione dell'impianto e i costi per la manutenzione straordinaria e gli accantonamenti per il rinnovo.

Le differenti voci di spesa che concorrono a formare il bilancio di esercizio del depuratore. sono riassumibili in:

- Personale
- Consumi di energia elettrica;
- Consumi di reattivi chimici;
- Manutenzione straordinaria
- Oneri per l'allontanamento dei materiali di risulta

16.1. *Personale*

Il personale necessario alla corretta gestione del depuratore può essere stimato sulla base di impianti similari.

E' del tutto evidente che competenze specifiche del personale di IRETI o sistemi organizzativi competitivi così come una diversa gestione possono determinare variazioni, per le finalità del presente documento, in relazione alla fase di sviluppo la stima può essere ritenuta affidabile:

- n° 0,2 personale direttivo e coordinamento area
- n° 1 assistenti Tecnici di Processo
- n° 10 operai turnisti, h 16, conduzione
- n° 1 assistente Tecnico di manutenzione
- n° 0,5 impiegati tecnico/amministrativo per acquisti materiali
- n° 0,8 manutentori elettromeccanici ed elettrici

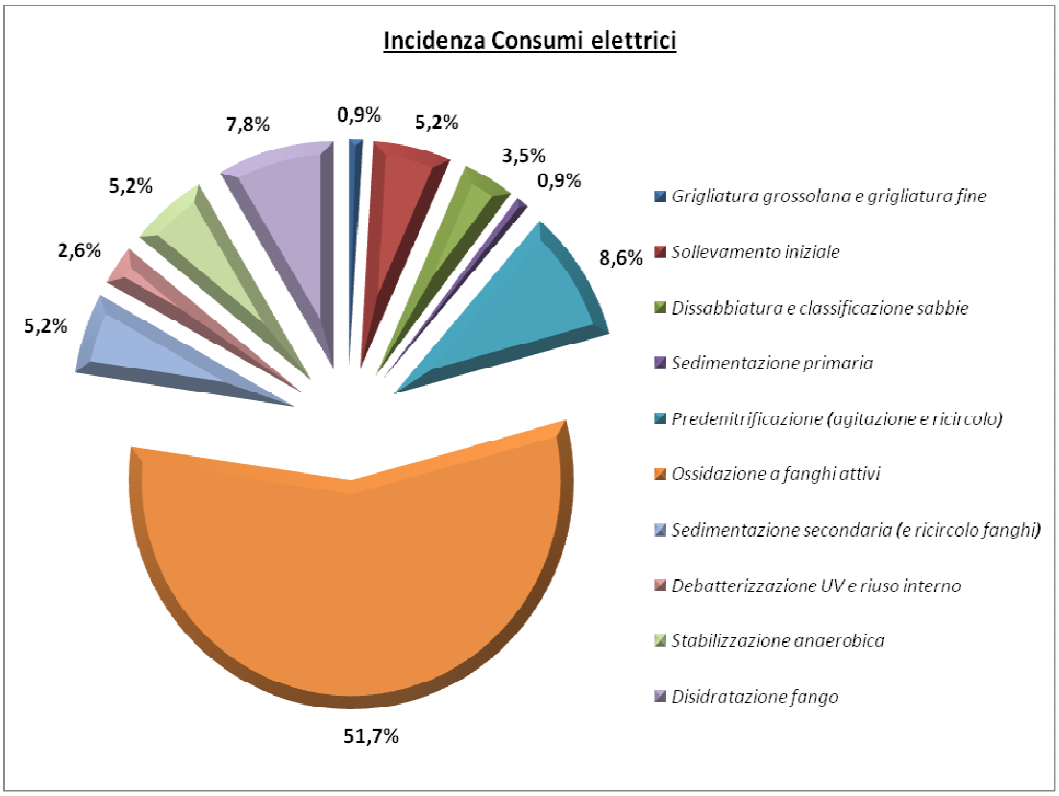
Totale 13,5 addetti, le frazioni di addetto sono utilizzate per altre attività.

16.2. *Energia elettrica*

Una voce sostanziale del bilancio di gestione del depuratore è il costo dell'energia elettrica. Nel caso specifico è stata stimata una riduzione significativa avendo considerato, per semplicità di calcolo, la produzione di energia all'interno dell'impianto, ipotizzando il collegamento in isola e non in parallelo al gestore.

Infatti, negli impianti di depurazione, il maggior impegno energetico è riferito sicuramente ai comparti di sollevamento iniziale e ossidazione del refluo (in particolare alla produzione di aria compressa).

Il grafico seguente riporta un tipico andamento della ripartizione percentuale dei consumi energetici in funzione dei comparti che normalmente compongono la filiera di trattamento dei reflui urbani.



Senza scendere nel dettaglio delle singole voci, è opportuno evidenziare come il comparto biologico, ed in particolare il comparto di nitrificazione, assuma maggior importanza rispetto agli altri comparti a causa della superiorità quantitativa del consumo energetico legato alla produzione di aria compressa necessaria alla fase aerobica, unitamente all'aria necessaria per la pulizia delle membrane.

Risulta evidente come l'ottimizzazione energetica e quindi la sostenibilità economica e ambientale del ciclo di trattamento, debba tener conto, in primo luogo, di tale sezione.

16.2.1. Calcolo del consumo energetico dell'impianto

Per una maggiore comprensione del bilancio, visto il notevole numero di utenze elettriche si riporta di seguito una sintesi dei consumi energetici suddivisi per comparto di trattamento, unitamente alla loro incidenza percentuale.

Si precisa che nell'ambito di tale stima non sono stati considerati i consumi energetici attribuibili al comparto di idrolisi termica (pari ad indicativamente 120 – 130 kWh/d), poiché sono stati ritenuti ampiamente compensati dall'incremento di produzione di biogas conseguente all'implementazione del processo di idrolisi termica (pari a circa 15 – 20% in più rispetto alla digestione convenzionale).

Comparto	Consumo [kWh/d]	Incidenza [%]
Pretrattamenti	1'870	4,9
Trattamento primario	610	1,6
Comparto MBR	25'700	67,8
Utenze accessorie linea acque	1'400	3,7
Pretrattamento fanghi	340	0,9
Preispessimento dinamico	1'600	4,2
Digestione anaerobica	2'050	5,4
Disidratazione	2'200	5,8
Utenze accessorie linee fanghi	2'130	5,6
Consumi totali di energia	**37'900**	**100**
Produzione di energia elettrica	**27'240**	**71,9**
Consumi netti di energia	**10'480**	**28,1**

Sono stati quindi calcolati i consumi specifici. Come si è visto, l'impianto è stato progettato per ricevere una portata media di refluo pari a 51'680 m3/d (associati a 250'000 A.E.) ed un carico di fanghi corrispondente a circa 600'000 A.E. Tale asimmetria della potenzialità delle linee acque e fanghi determina una produzione di biogas esuberante rispetto a quella ottenibile dal trattamento dei soli fanghi prodotti dalla linea acque e consente pertanto di ricavare consumi specifici netti notevolmente ridotti.

Parametro	U.d.m.	D.A.C.	Riferimento da letteratura
Consumo specifico lordo	kWh/m^3	0,73	0,6 ÷ 5,0
Consumo specifico netto	kWh/m^3	0,20	0,3 ÷ 0,4

Il depuratore in progetto raggiungerà mediamente un consumo specifico di circa 0,2 kWh/mc attestandosi al limite inferiore del valore normalmente atteso per impianti di

questo tipo. Il valore è giustificato dalla differenza della potenzialità tra la linea acque e la linea fanghi.

16.3. *I reattivi*

I reattivi di cui si prevede l'utilizzo nella filiera di trattamento sono:

Reagente	u.d.m	Consumo	Applicazione
Policloruro di alluminio (sol. 18%)*	m^3/anno	365	Defosfatazione chimica
Acido citrico (sol. 50%)	m^3/anno	42	Pulizia membrane
Ipoclorito di sodio (sol. 12,5%)	m^3/anno	76	Pulizia membrane
Cloruro ferrico (sol. 40%)	m^3/anno	588	Condizionamento fanghi
Idrossido di sodio (sol. 30%)**	m^3/anno	200	Condizionamento fanghi
Polielettrolita (sostanza attiva)	t/anno	140	Linea fanghi

16.4. *I materiali*

I materiali di risulta del processo di depurazione, che è necessario allontanare dall'impianto, sono essenzialmente costituiti dai grigliati, sabbie e fanghi. Nella tabella a seguire viene riportato il calcolo delle singole quantità.

RIFIUTO	U.D.M.	VALORE
Grigliati	m^3/d	1÷2
Sabbie	t/d	1
Olii e grassi	m^3/d	1
Fanghi stabilizzati e disidratati (con idrolisi termica)	kg SS/d	27'639
	m^3/d	69
Fanghi stabilizzati e disidratati (senza idrolisi termica)	kg SS/d	28'931
	m^3/d	121

16.5. *Manutenzione straordinaria*

Un importante costo di gestione è rappresentato dalla manutenzione straordinaria e dagli accantonamenti per la sostituzione delle apparecchiature elettromeccaniche la cui vita media è da considerare di circa 15 anni. Tra le apparecchiature una importante voce di costo è rappresentata dalle membrane di ultrafiltrazione. Per le finalità del progetto il costo di gestione è riferito all'anno tipo per cui la manutenzione straordinaria viene conteggiata senza tener conto del periodo di garanzia.

Nella seguente pagina si riporta il bilancio economico del depuratore con riferimento alle quantità prima evidenziate ed ai costi di unitari rivenienti da analisi del mercato di settore. Il bilancio economico è stato realizzato confrontando due differenti scenari:

A) Digestione anaerobica convenzionale

B) Digestione anaerobica con realizzazione dell'idrolisi termica

			A) DIGESTIONE ANAEROBICA CONVENZIONALE			B) DIGESTIONE ANAEROBICA CON IDROLISI TERMICA			Δ (A - B)
Personale	**U.d.M**	**Costo Unitario**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	
Personale direttivo e coordinamento	n.	50.000	0	10.000		0	10.000		
Assistente tecnico di processo	n.	35.000	1	35.000		1	35.000		
Operai turnisti h 16	n.	35.000	10	350.000		10	350.000		
Operai giornalieri per manutenzione e/o conduzione giornaliera	n.	38.000	1	38.000		1	38.000		
Assistente Tecnico/amministrativo	n.	38.000	1	19.000		1	19.000		
Manutentori elettromeccanici ed elettrici	n.	40.000	1	32.000		1	32.000		
Totale costo del personale	**€/anno**		**14**	**484.000**	**5,58%**	**14**	**484.000**	**6,45%**	
Rifiuti allo smaltimento	**UM**	**Costo Unitario**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	
Grigliati	t/anno	100	365	36.500		365	36.500		
Sabbie	t/anno	100	365	36.500		365	36.500		
Fanghi	t/anno	90	44.165	3.974.850		26.157	2.354.130		
Totale costo smaltimenti	**€/anno**		**-**	**4.047.850**	**46,64%**	**-**	**2.427.130**	**32,34%**	1.620.720
Reattivi di processo	**UM**	**Costo Unitario**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	
Cloruro ferrico	t/anno	190	588	111.720		588	111.720		
Polielettrolita	t/anno	2.500	140	350.000		140	350.000		
Idrossido di sodio	t/anno	800	200	160.000		200	160.000		
Acido citrico	t/anno	150	42	6.300		42	6.300		
Ipoclorito di sodio	t/anno	180	76	13.680		76	13.680		
Totale costo reattivi	**€/anno**			**641.700**	**7,39%**		**641.700**	**8,55%**	
Manutenzione	**UM**	**Costo Unitario**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	
Manutenzione straordinaria e accantonamenti	**€/anno**	**2.772.000**	**1**	**2.772.000**		**1**	**3.272.000**		
Manutenzione cogeneratori	**€/anno**	**150.000**	**1**	**150.000**		**1**	**150.000**		
Totale costo manutenzione	**€/anno**			**2.922.000**	**33,67%**	**-**	**3.422.000**	**45,59%**	-500.000
Energia elettrica	**UM**	**Costo Unitario**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	**Quantità**	**Totale**	**Incidenza**	
Energia elettrica per linea acque	kWh/anno	0,15	10.796.700	1.619.505		10.796.700	1.619.505		
Energia elettrica per linea fanghi	kWh/anno	0,15	3.036.800	455.520		4.175.600	626.340		
Energia elettrica prodotta	**kWh/anno**	**0,15**	**- 9.942.600**	**-1.491.390**		**-11.433.990**	**-1.715.099**		
Totale costo energia elettrica	€/anno	**-**	**3.890.900**	**583.635**	**6,72%**	**3.538.310**	**530.747**	**7,07%**	
TOTALE COSTO DI GESTIONE ANNUO	€/anno	**-**	**-**	**8.679.185**	**-**	**-**	**7.505.577**	**-**	1.173.609
COSTO SPECIFICO	**€/m³**		**18.863.200**	**0,46**	**-**	**18.863.200**	**0,40**	**-**	
	€/AE/anno		**600.000**	**14,47**	**-**	**600.000**	**12,51**	**-**	

Per meglio interpretare i risultati del bilancio di gestione per gli scenari analizzati, sia in termini assoluti che relativi, è necessario considerare che, per l'impianto DAC, il raffronto con altri impianti è viziato dalla diversa potenzialità della linea acque (250.000 AE) e la linea fanghi (600.000 AE).

I consumi di energia della linea acqua vengono assorbiti dalla produzione di energia dal biogas prodotto in quantità tre volte superiore alla produzione che competerebbe ad un impianto con potenzialità uniforme tra le linee di trattamento.

Il costo di gestione annuo per lo scenario A ammonta a circa €. 8.600.000.

Le incidenze percentuali delle voci che compongono il bilancio sono le seguenti:

- Personale **5.58%**
- Smaltimento rifiuti e fanghi **46.64%**
- Reattivi di processo **7.39%**
- Manutenzione straordinaria **33.67%**
- Energia elettrica **6.72%**

Nello scenario A, la concentrazione del fango disidratato è stata assunta prudenzialmente pari al 26%, pur consapevoli che si può facilmente raggiungere e superare tale valore.

Il valore più alto dipende da molti fattori: la qualità del fango digerito, il dosaggio del polielettrolita, lo stato di efficienza delle macchine, l'esperienza dell'operatore.

La comparazione dei quantitativi di fango da destinare allo smaltimento evidenzia che tramite la realizzazione dell'idrolisi termica si può ottenere un quantitativo di fango inferiore di circa il 40% rispetto al processo di digestione anaerobica convenzionale.

Ne risulta dunque una consistente diminuzione dell'incidenza dei costi di smaltimento rispetto al costo di gestione totale.

Si sottolinea che per determinare il quantitativo di fanghi prodotto annualmente con l'implementazione della digestione avanzata si è considerato realisticamente un funzionamento dell'unità di idrolisi termica per 8000 ore/anno.

Ulteriore assunzione che è stata effettuata per la realizzazione del bilancio dello scenario B è la previsione di un incremento della produzione di biogas attraverso l'idrolisi termica pari a circa il 15% rispetto alla digestione convenzionale.

Risulta inoltre essenziale evidenziare che la realizzazione del processo di idrolisi termica richiede la necessità di produrre vapore, da alimentare al reattore in cui avviene propriamente l'idrolisi.

La quantità di vapore producibile, utilizzando un solo motore di cogenerazione, pari a circa 700 kg/h, non risulta sufficiente a sopperire al fabbisogno dell'unità di idrolisi termica.

E' dunque possibile incrementare la produzione di vapore attuando due differenti strategie:

- Attivazione del secondo motore di cogenerazione;
- Installazione di una caldaia ausiliaria a biogas/metano.

In questa sede la strategia valutata più idonea risulta essere l'installazione di una caldaia dotata di bruciatore ausiliario, che potrà essere alimentata dal biogas aggiuntivo che si prevede di ottenere grazie all'implementazione dell'idrolisi termica.

La stima dei costi di gestione non rappresenta un documento vincolante per il gestore ma solo un riepilogo di dati utili per valutare la bontà delle scelte progettuali in relazione alle finalità dell'intervento.

Non si ha quindi la pretesa di aver univocamente determinato il costo ottimale che, ovviamente dipende dalla competitività dell'organizzazione del gestore, dai costi unitari dell'energia, dei reattivi e dello smaltimento dei fanghi.

I riferimenti parametrici di costo possono rappresentare un utile strumento per sostenere le scelte gestionali per definire i margini di miglioramento.

Come facilmente rilevabile sono stati assunti costi unitari prudenziali. Lo smaltimento del fango è fortemente condizionato dal piano di smaltimento dei rifiuti che in funzione dell'offerta può variare da 60 € a 150 €.

Questi valori sono fortemente condizionati anche dalle scelte territoriali.

17. CRITERI ED ELABORATI CHE COMPORRANNO IL PROGETTO ESECUTIVO

La progettazione di dettaglio da sviluppare nella fase esecutiva dovrà prendere in considerazione tutti gli aspetti importanti e di maggiore criticità derivanti dalla realizzazione delle nuove opere, dell'interferenza con le infrastrutture esistenti e con le attività industriali presenti nell'area.

Particolare attenzione dovrà essere posta alla progettazione di dettaglio delle opere nel rispetto delle condizioni di sicurezza delle maestranze sia nella fase di costruzione che di gestione dell'impianto, nel pieno rispetto della normativa vigente come meglio dettagliato nei paragrafi precedenti.

17.1. Elaborati costituenti il progetto esecutivo

La progettazione esecutiva dovrà fare espressamente riferimento a quanto riportato nella normativa vigente. In particolare il Progetto Esecutivo sarà costituito da tutti gli elaborati previsti dal D. LGS 50/2016.

In considerazione della procedura di appalto prevista lo schema di contratto, il capitolato speciale di appalto e il piano di sicurezza, documenti tutti previsti con il progetto esecutivo, sono stati redatti con il progetto definitivo ai sensi della normativa vigente.

17.2. Revisione del cronoprogramma

Nella presente fase progettuale è stato redatto un documento dedicato denominato Cronoprogramma dei Lavori.

In fase di progettazione esecutiva dovrà essere adeguatamente revisionato il cronoprogramma delle lavorazioni. Dovranno essere esplicitati tutti i dettagli relativi alle lavorazioni ed alle opere collegate ed interferenti, in modo da considerare ogni aspetto costruttivo prima dell'effettivo inizio delle attività di realizzazione dell'opera.