

CUP:

ACQUEDOTTO PUGLIESE S.p.A.

PROGETTO DEFINITIVO

IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI NARDÒ (LE)

**ADEGUAMENTO TECNOLOGICO DELL'IMPIANTO DI DEPURAZIONE DI NARDÒ
FINALIZZATO AL TRATTAMENTO DEI REFLUI PER IL PERSEGUIMENTO DEI
LIMITI DI CUI AL D.M.185/2003**

 cooprogetti
cooprogetti

Cooprogetti soc. coop.
Via della Piaggiola, 152
06024 Gubbio (PG)

Progettista:
Ing. Alessandro Placucci



 **ACS**
INTERNATIONAL
ENGINEERING S.r.l.

ACS International Eng. S.r.l.
Via Ercolano, 24 00078
Castel Gandolfo (RM)

Progettista:
Ing. Andrea Chiovelli



 **ATECH**
SOCIETÀ DI INGEGNERIA &
SERVIZI PER L'INGEGNERIA

ATECH S.r.l.
Via della Resistenza, 48
70125 Bari

Progettista:
Ing. Orazio Tricarico



Il Coordinatore della progettazione
Ing. Giacomo LOVINO

Il Responsabile del Procedimento
Ing. Leonardo INDELLICATI



Direzione Ingegneria

Il Responsabile Ingegneria di Progettazione
Ing. Massimo PELLEGRINI

Il Direttore
Ing. Andrea VOLPE

Elaborato

ET.07

Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


Codice Intervento : P1365

Codice SAP: 21/21047

Prot. N.


Data:

00	GEN.2021	Emesso per PROGETTO DEFINITIVO	-	-	-
N. Rev.	Data	Descrizione	Disegnato	Controllato	Approvato


 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p align="center">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p align="center">Dicembre 2020</p> <hr/> <p align="center">Pagina 1 di 165</p>
---	--	---

INDICE


1	PREMESSA.....	4
2	QUADRO ESIGENZIALE	5
2.1	Indirizzo alla progettazione degli interventi di adeguamento.....	5
2.2	Descrizione dello stato di fatto	11
2.2.1	<i>Linea acque</i>	12
2.2.2	<i>Linea fanghi.....</i>	13
2.3	Documentazione fotografica dello stato attuale.....	15
2.4	Interventi in Progetto.....	27
3	ELEMENTI TECNICI DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE	31
3.1	Dati di Progetto.....	31
3.1.1	<i>Gestione del carico idraulico</i>	31
3.1.2	<i>Caratteristiche qualitative del refluo in ingresso.....</i>	32
3.1.3	<i>Limiti allo scarico.....</i>	33
3.2	Schema di Processo in Progetto	34
4	DIMENSIONAMENTO DEL PROCESSO DEPURATIVO	36
4.1	Arrivo liquami.....	36
4.2	Trattamenti preliminari	36
4.2.1	<i>Grigliatura grossolana.....</i>	37
4.2.2	<i>Grigliatura fine.....</i>	38
4.2.3	<i>Dissabbiatura.....</i>	39
4.2.4	<i>Principali apparecchiature in esercizio.....</i>	41
4.3	Equalizzazione/Omogeneizzazione e impianti di sollevamento	41
4.3.1	<i>Equalizzazione/omogeneizzazione del refluo in ingresso</i>	42
4.3.2	<i>Impianto di sollevamento principale</i>	44
4.3.3	<i>Impianto di sollevamento secondario.....</i>	46
4.3.4	<i>Principali apparecchiature e strumentazione</i>	47
4.4	Sedimentazione primaria e Defosfatazione chimica	47
4.4.1	<i>Rimozione del fosforo</i>	48
4.4.2	<i>Sedimentazione primaria</i>	48
4.4.3	<i>Dimensionamento del trattamento primario</i>	49
4.5	Ossidazione/Nitrificazione e Denitrificazione	51
4.5.1	<i>Criteri di dimensionamento del trattamento biologico</i>	53
4.5.2	<i>Trattamento biologico con aerazione a intermittenza</i>	56
4.5.3	<i>Calcolo dei tempi di ciclo</i>	60
4.5.4	<i>Scelta del sistema d'aerazione</i>	62
4.5.5	<i>Richiesta di ossigeno nel sistema ad aerazione intermittente</i>	62
4.5.6	<i>Locale soffianti.....</i>	63
4.5.7	<i>Dimensionamento e verifica del trattamento biologico</i>	64
4.5.8	<i>Principali apparecchiature e strumentazione</i>	68
4.6	Sedimentazione secondaria.....	69
4.6.1	<i>Verifica dimensionale dei sedimentatori secondari.....</i>	69

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Pagina 2 di 165

4.6.2	<i>Calcoli di dimensionamento</i>	70
4.6.3	<i>Principali apparecchiature e strumentazione installata</i>	72
4.7	Tattamento terziario: filtrazione e disinfezione UV	72
4.7.1	<i>Filtrazione a dischi.....</i>	73
4.7.2	<i>Disinfezione U.V.</i>	76
4.7.3	<i>Principali apparecchiature previste in progetto.....</i>	80
4.8	Disinfezione chimica.....	80
4.8.1	<i>Criteri di dimensionamento e calcoli di verifica</i>	82
4.8.2	<i>Principali apparecchiature e strumentazione</i>	83
4.9	Tattamento del flusso secondario – Disinfezione chimica.....	83
4.9.1	<i>Calcoli di dimensionamento</i>	84
4.9.2	<i>Principali apparecchiature e strumentazione installata.....</i>	85
4.10	Accumulo e Pre-ispessimento dei fanghi.....	85
4.10.1	<i>Ispessimento dinamico.....</i>	86
4.10.2	<i>Principali apparecchiature e strumentazione installata.....</i>	90
4.11	Digestione anaerobica dei fanghi	90
4.11.1	<i>Generalità</i>	91
4.11.2	<i>Descrizione del processo</i>	91
4.11.3	<i>Verifica dimensionale della digestione anaerobica</i>	94
4.11.4	<i>Rilancio intermedio dei fanghi</i>	96
4.12	Disidratazione meccanica dei fanghi	97
4.12.1	<i>Generalità e criteri di dimensionamento.....</i>	97
4.13	Impianto di trattamento aria	100
4.13.1	<i>Generalità e normativa di riferimento.....</i>	100
4.13.2	<i>Tecnologie di trattamento aria.....</i>	103
4.13.3	<i>Valori limite di emissione.....</i>	107
4.13.4	<i>Biotrickling.....</i>	108
4.14	Impianto elettrico e automazione	114
5	CRITERI DI CALCOLO IDRAULICO.....	115
5.1	Correnti in pressione.....	115
5.1.1	<i>Perdite di carico continue</i>	115
5.1.2	<i>Perdite di carico localizzate</i>	116
5.2	Correnti a pelo libero	117
5.2.1	<i>Calcolo della portata per canali in caso di moto uniforme</i>	117
5.3	Griglie.....	117
5.4	Stramazzi.....	118
5.4.1	<i>Calcolo della portata di uno stramazzo rettangolare, a sbocco libero</i>	118
5.4.2	<i>Calcolo della portata di uno stramazzo rettangolare rigurgitato</i>	118
5.4.3	<i>Calcolo della portata di uno stramazzo triangolare.....</i>	119
5.4.4	<i>Calcolo della portata attraverso una luce sotto battente.....</i>	119
5.4.5	<i>Calcolo della portata attraverso una luce libera.....</i>	120
5.5	Canale Venturi.....	120
6	VERIFICA IDRAULICA E CALCOLO PERDITE DI CARICO	121
6.1	Verifica a portata massima: 2,5 Qm per linea liquami – 2,5 Qm per linea acque meteoriche – 5 Qm per i pre-trattamenti	121

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 3 di 165
---	--	---

6.1.1	<i>Verifica Linea liquami a portata massima 2,5 Qm</i>	121
6.1.2	<i>Verifica Linea acque meteoriche a portata massima 2,5 Qm</i>	134
6.1.3	<i>Verifica Pre-trattamenti a portata massima 5 Qm</i>	134
6.3	Verifica a portata media: Qm per linea liquami e per i pre-trattamenti – Qm per la linea di affinamento terziario	138
6.3.1	<i>Verifica Linea liquami e pre-trattamenti a portata media Qm</i>	138
6.3.2	<i>Verifica a portata media Qm della linea di affinamento terziario</i>	152
6.4	DIMENSIONAMENTO PREMENTI SOLLEVAMENTI	155
	ALLEGATI	165

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p>Dicembre 2020</p> <p>Pagina 4 di 165</p>
---	---	--

1 PREMESSA

La presente **Relazione tecnica** è allegata al Progetto Definitivo, ai sensi del D.P.R. del 5 ottobre 2010 n. 207 da art. 24 ad art. 32, per le attività di **Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) finalizzato al trattamento dei reflui per il perseguimento dei limiti di cui al D.M.185/2003.**

Tale relazione, elaborata sulla base delle richieste da parte della Stazione Appaltante, ha lo scopo di descrivere le motivazioni che hanno portato alla scelta della futura configurazione impiantistica e gli interventi necessari per un adeguamento del suddetto impianto di depurazione delle acque reflue alle nuove esigenze, nonché di illustrare i criteri di progettazione utilizzati ed i parametri di funzionamento previsti.

2 QUADRO ESIGENZIALE

2.1 Indirizzo alla progettazione degli interventi di adeguamento

In data 08/06/2020, la Direzione Ingegneria di Acquedotto Pugliese affida allo scrivente Raggruppamento il progetto definitivo “Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) finalizzato al trattamento dei reflui per il perseguimento dei limiti di cui al D.M.185/2003”, allegando la “relazione preliminare degli interventi in progetto” con lo scopo di rappresentare le esigenze della Stazione Appaltante (SA). Detta relazione, attraverso una cronistoria di studi e aggiornamenti normativi, definisce l’agglomerato servito dall’impianto di depurazione di Nardò, al quale fanno capo 58.131 AE disaggregati tra le varie componenti come sintetizzato nella scheda di seguito riportata:

Provincia	LE	Denominazione agglomerato	Nardò	Località afferenti l'agglomerato	NARDÒ, Corsari, S. Caterina, S. Maria al Bagno, Sant'Isidoro, Torre dell'Inseraglio, Villaggio Boncore, Villaggio Santa Rita,
Superficie dell'agglomerato (m²)	17.558.064	Codice agglomerato	1607505201	Dati generali	

Popolazione residente	29.287	Carico generato Abitanti equivalenti totali urbani 58.131
Popolazione presente	476	
Popolazione pendolare	161	
Popolazione in strutture alberghiere	2.714	
Abitanti in seconde abitazioni	18.332	
Servizi ristorazione	100	
Attività manifatturiere micro	6.611	
Attività manifatturiere medio-grandi	0	

Nome impianto di depurazione	Nardò	Dati su depuratori		
Potenzialità impianto (AE)	31.627		Codice impianto	1607505201A
note				

Nome recapito situazione 2008	Mare Jonio	Dati su recapiti
Tipo di recapito situazione 2008	M	
Livello di trattamento 2008	Secondario	
CI interessato situazione 2008	Mare jonio	
Nome recapito scenario futuro	Mare Jonio con condotta sottoma	
Tipo di recapito scenario futuro	M	
Livello di trattamento futuro	Tab.1	
CI interessato scenario futuro	Mare jonio	

Abitazioni totali	20.531	Dati su abitazioni
Abitazioni occupate da residenti	10.798	
Abitazioni occupate da non residenti	44	
Abitazioni vuote	9.689	
Media del fattore di occupazione	2,61	


Figura 1 - Estratto PTA Puglia: dati Agglomerato di Nardò

La stessa Relazione definisce poi gli interventi in progetto, suddividendoli in tre macro classi, quali:

A. *Interventi sul comparto biologico:*

- *dosaggio reagenti per la precipitazione chimica del fosforo;*
- *revamping del comparto biologico (ridistribuzione dei volumi tra comparto anossico e biologico, sostituzione del sistema di aerazione e miscelazione, delle pompe di ricircolo e supero, delle soffianti) e introduzione di sistemi a membrana.*

B. *Interventi sul terziario:*

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 6 di 165
---	--	---

- *inserimento di una sezione di ultrafiltrazione su linee parallele, dimensionate per garantire la portata media;*
- *sostituzione del sistema di disinfezione con acido peracetico;*
- *modifica della sedimentazione secondaria per limitarne l'uso nei casi di portata trattata maggiore di quella media*
- *eventuale realizzazione di una vasca di accumulo per il sollevamento al comparto irriguo e relativo sistema di pompaggio;*

C. Interventi sulla linea fanghi:

- *potenziamento del comparto di disidratazione;*

D. Interventi complementari:

- *sostituzione del gruppo elettrogeno.*


In data 10/06/2020 viene effettuata la prima riunione tra lo scrivente RTP, e AQP, durante la quale vengono indicati i riferimenti normativi da considerare alla base della progettazione, e nello specifico il Regolamento Regionale 22 maggio 2017, n. 13 “*Disposizioni in materia di reti di fognatura, di impianti di depurazione delle acque reflue urbane e dei loro scarichi a servizio degli agglomerati urbani*”, e viene ulteriormente definito l’agglomerato afferente all’impianto di depurazione di Nardò quantificando in 58.150 AE la potenzialità di progetto. Durante la stessa riunione vengono altresì indicati i valori di:

- *dotazione idrica pro-capite lorda: stabilita da Piano d’ambito, pari a 190 l/AE*d,*
- *coefficiente di afflusso in fogna 0,8.*

Con la riunione del 10/06/2020 viene fissata infine la data del primo sopralluogo sull’impianto, al 16/06/2020. In data 16/06/2020 viene dunque svolto sopralluogo, e contestuale riunione tra lo scrivente RTP e AQP, con lo scopo di acquisire informazioni circa lo stato di consistenza dell’impianto; il sopralluogo è quindi altresì finalizzato alla collazione di tutti i dati necessari alla progettazione (elaborati progettazioni precedenti, as-built disponibili, ecc..), inclusa la definizione di eventuali sondaggi e rilievi ulteriori, a carico di AQP, da pianificare per l’approfondimento di specifici aspetti conoscitivi (rilievo topografico, sondaggi geologici, indagini georadar).

Dalle risultanze dell’incontro con i tecnici di AQP, si è desunto un quadro di potenziali interventi da sottoporre a dettagliata analisi e valutazione; questo al fine di raggiungere i macro-obiettivi che AQP si è posta nell’ambito della rivisitazione del sistema di trattamento acque dell’intera area e per le necessità di manutenzione straordinaria di alcuni comparti al fine di aumentarne la durabilità e lo stato di funzionamento ottimale.

AQP riferisce che l’agglomerato di Nardò è servito da reti fognarie separate, ma per via di cortocircuiti idraulici a monte dell’impianto di depurazione si verificano occasionali afflussi allo stesso di rilevanti quantità di acque meteoriche, e tali per cui risulta applicabile, in ambito della presente progettazione, il punto B 3.5 del Regolamento Regionale 22 maggio 2017, n. 13:

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 7 di 165
---	--	---

B 3.5. Gli impianti di depurazione presso cui, sulla base dei dati storici di esercizio di almeno cinque anni, affluiscono esclusivamente reti di fognatura nera in cui, occasionalmente, pervengano rilevanti quantità di acque meteoriche, devono essere dotati:

- a) di un sistema di grigliatura in ingresso dimensionato per poter trattare sino a cinque volte la portata media giornaliera;
- b) di vasca di equalizzazione in grado di contenere anche un volume pari ad 1/3 del volume medio giornaliero;
- c) di un by-pass generale che partendo dall'opera di sfioro della vasca di equalizzazione adducano il surplus di volume a valle dell'impianto nel pozzetto finale di scarico, previa adeguata disinfezione in linea.

Figura 2 - Estratto del Regolamento Regionale 22 maggio 2017, n. 13

Lo schema di flusso di progetto, come viene riportato nel verbale della riunione del 16/06/2020, prevede la seguente ripartizione dei flussi da avviare alle diverse sezioni di trattamento (*Q_m riferita alle condizioni massime future corrispondenti a 58.150 a.e. con dotazione idrica lorda di 190 litri/ab. giorno*):

- **5Q_m** in ingresso all'impianto (da sottoporre a pre-trattamenti);
- **2,5Q_m** da avviare al trattamento biologico, di cui:
 - **Q_m** al sistema di affinamento terziario (ultrafiltrazione + disinfezione U.V.) per consentire uno scarico nei limiti del D.M.185/03 (da avviare al riutilizzo agricolo); il comparto di ultrafiltrazione sarà dimensionato per trattare la Q_m e modulare su più linee indipendenti;
 - **1,5Q_m** alla disinfezione esistente – con limiti allo scarico compatibili con quelli della Tab.4 dell'Allegato 5 alla Parte Terza del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- **5Q_m-2,5Q_m** ai pretrattamenti (grigliatura e dissabbiatura esistenti) e quindi avviata alla disinfezione finale.

Pertanto, il progetto prevede una configurazione impiantistica CAS (fanghi attivi convenzionale), con aerazione intermittente per cicli Nitro/Denitro al fine di recepire l'indicazione da parte di AQP di una migliore ridistribuzione dei volumi anossico e aerobico, e affinamento della sola portata media.

Con lo stesso verbale, vengono indicati da AQP anche i valori di ingresso per gli inquinanti da considerare a base della progettazione, sia sulla base dei dati di esercizio nell'ambito dell'autocontrollo (gli stessi pubblicati, altresì, sul proprio sito internet ufficiale), oltre che dai dati di letteratura già utilizzati in altri progetti redatti per lo stesso impianto di depurazione:

Affluente anno 2018 (media aritmetica autocontrolli)				
BOD5 mg/l	COD mg/l	SST mg/l	Azoto totale mg/l	Fosforo totale mg/l
325	589	236	72	8

Le concentrazioni in ingresso a base di progetto sono state ricavate valutando per ogni singolo parametro i valori più gravosi tra le fonti indicate.

Per quanto attiene le verifiche di funzionamento stagionali, AQP precisa ulteriormente di far riferimento ai valori indicati di abitanti equivalenti nella “Relazione preliminare interventi di progetto”, redatta dal RUP in data 25/05/2020, e precisamente:

- periodo estivo: 58.150 AE (sottoposto ad arrotondamento per eccesso);
- restante periodo dell'anno: 37.000 AE

oltre a considerare le seguenti temperature dei liquami:

- periodo estivo: 25 °C;
- restante periodo dell'anno: 14°C.

Da un esame più attento della suddetta relazione, si evince che la stessa fa riferimento alla relazione illustrativa e tecnica del “Progetto di fattibilità tecnica ed economica per il riutilizzo dei reflui trattati dagli impianti depurativi di porto cesareo e Nardò e relativi scarichi complementari”, redatto nel 2017, nella quale alla pag. 31 viene riportato quanto segue:


“Nel lungo periodo a fronte degli attuali 31.627 AE collettati attualmente all'impianto, il carico organico generato sarà pari a 58.131 AE durante la stagione estiva e a circa 37.200 AE per il resto dell'anno;”

Pertanto, alla base della presente progettazione definitiva vengono considerati i seguenti valori di abitanti equivalenti:

- periodo estivo: 58.150 AE (arrotondamento per eccesso);
- restante periodo dell'anno: 37.200 AE

Si rileva, inoltre, come i limiti di Tab. 4 (scarico a suolo) non prevedano nessuna possibilità di scarico di talune sostanze (consentite viceversa nei limiti di cui al D.M. 185/03), come per esempio: Cadmio, Cromo VI, Mercurio, Cianuri totali, ecc. Di questo aspetto particolare non vi è menzione nella documentazione resa disponibile allo Scrivente RTP; si conviene pertanto, di concerto con AQP, che la stessa escluda la presenza di tali sostanze nel flusso in ingresso al depuratore e/o obblighi in fase di rilascio di autorizzazione di scarico agli utenti industriali di ottemperare a limiti ben precisi per evitare il rilascio di tali sostanze.

Durante la riunione del 16/06/2020 AQP, con l'intervento del Gestore dell'impianto, viene specificato che, oltre gli interventi di diretta conseguenza per il raggiungimento dei macro-obiettivi richiesti dal progetto di adeguamento e riassunti nel documento “Relazione preliminare interventi di progetto” (ad es. adeguamento dell'impianto di sollevamento di testa, rifacimento del sistema diffusione aria in ossidazione, sostituzione delle soffianti, rivisitazione del piping, realizzazione del comparto di

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 9 di 165
---	--	---

affinamento terziario, potenziamento del comparto di disidratazione, adeguamento della disinfezione finale con acido peracetico, etc..), vi sono altri interventi di completamento e miglioramento della funzionalità.

Con successiva comunicazione del 25/08/2020 AQP trasmetteva allo scrivente RTP il “Verbale di riesame durante la fase di progettazione”, attraverso il quale la AED della STO/LE delinea il complesso degli interventi da inserire nel presente progetto, specificando che il sistema di affinamento terziario dovrà essere costituito da filtrazione a dischi e non da ultrafiltrazione a membrane, in linea anche con il precedente livello di progettazione (“Progetto di fattibilità tecnica ed economica per il riutilizzo dei reflui trattati dagli impianti depurativi di porto cesareo e Nardò e relativi scarichi complementari”). Nello specifico, nel verbale di riesame si attesta quanto segue:

“.. la AED della STO/LE per motivi legati al risparmio energetico e similarità con i sistemi di affinamento già in esercizio nella provincia di Lecce, richiede che l'affinamento venga effettuato con chiariflocculazione, filtrazione e disinfezione, e che venga rispettato quanto previsto nel punto B3.5 dell'allegato al Regolamento Regionale n. 13/2017 relativamente allo schema di trattamento. La AED richiede anche una vasca di calma a monte dell'affinamento per garantire Q costante all'affinamento stesso.”


Con la stessa comunicazione del 25/08/2020 lo scrivente RTP viene convocato da AQP all'incontro del 01/09/2020 per ricevere la consegna definitiva delle attività di progettazione.

Inoltre, il progetto prevede la realizzazione di un volume di accumulo (circa 200 m³ utili) a valle del comparto di affinamento con predisposizione di un sollevamento che sarà implementato in futuro, una volta note le necessità e le modalità di convogliamento per il riutilizzo da parte del Consorzio Agrario.

Da questo stesso volume attingeranno le utenze interne dei nuovi comparti previsti in progetto (pre-addensamento dinamico dei fanghi, disidratazione fanghi, sistema di stoccaggio e dosaggio acido peracetico, ...), per cui sarà prevista la realizzazione di un idoneo gruppo di pressurizzazione e della relativa rete di distribuzione.

Il suddetto quadro esigenziale viene posto a base della progettazione, e a seguito della prima emissione degli elaborati di progetto, con comunicazione del 09/11/2020 AQP definisce che gli interventi inerenti alla linea fanghi previsti in progetto saranno inseriti tra le lavorazioni future e che pertanto non dovranno far parte del presente progetto definitivo. Con la riunione del 03/12/2020, tra AQP e lo scrivente RTP, viene definita la configurazione impiantistica di progetto, tale da assicurare la funzionalità anche della linea di trattamento fanghi, ovvero con l'inserimento tra gli interventi in progetto anche del comparto di pre-ispessimento dinamico necessario ad assicurare una adeguata concentrazione di fanghi da avviare alla digestione anaerobica, e rimandando ad una successiva fase di interventi la sostituzione e adeguamento della sezione di disidratazione meccanica.

Nella stessa riunione è stato inoltre definito di non procedere per il momento alla realizzazione del necessario adeguamento idraulico della condotta di scarico alle condizioni di funzionamento previsto, nonchè alla funzione di by-pass totale dell'impianto (5Qm). Infatti la condotta esistente (DN600 PVC, tranne primo tratto DN700 Acciaio), sottoposta a verifica idraulica, non risulta sufficiente a convogliare allo scarico l'insieme delle portate massime previste provenienti dalla linea principale e

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 10 di 165
---	--	--

dalla linea di trattamento delle acque meteoriche (portata massima scaricabile in assoluto stimata poco superiore a 2,7 Qm); conseguentemente risulta insufficiente per il by-pass totale dell'impianto (5Qm). AQP, visto il progressivo aumento delle portate solo nel futuro e, necessariamente, a valle di interventi necessari sui sollevamenti nella rete fognante a monte del depuratore per convogliare effettivamente le 5Qm, si riserva di realizzare tale intervento attraverso una futura progettazione di razionalizzazione della rete in arrivo al depuratore contestualmente ad un adeguamento anche della fognatura di valle (emissario).

In data 20/01/2021 si è svolta una riunione tra AQP e lo scrivente RTP, con oggetto il riesame durante la fase di progettazione, durante la quale il presente RTP ha illustrato la revisione del progetto, ed in funzione della quale AQP ha richiesto ulteriori interventi di dettaglio che prevedono:

- il dosaggio di acido peracetico PAA, quale agente disinfettante, nella vasca di accumulo delle acque destinate a riutilizzo, in uscita dal trattamento terziario;
- un serbatoio di stoccaggio di acido peracetico PAA nella disinfezione esistente, con capacità tale da consentire una riserva per 15 giorni;
- il dosaggio di ipoclorito di sodio per la sezione di disinfezione chimica delle acque meteoriche;
- un nuovo edificio dedicato alla fase di ispessimento dinamico dei fanghi, e l'adeguamento dell'ingresso dell'edificio disidratazione;
- la copertura dei cassoni dei fanghi disidratati, nonché l'aspirazione e il trattamento delle arie esauste dei cassoni dei fanghi e dei locali ispessimento dinamico e disidratazione meccanica;
- il sollevamento dei fanghi dal digestore primario al digestore secondario;
- il collocamento del quadro elettrico di comando del sollevamento acque meteoriche all'interno del locale adiacente alla sezione di grigliatura, con relativo gruppo elettrogeno;
- la rivisitazione del posizionamento della nuova vasca di disinfezione chimica delle acque meteoriche, in quanto interferente con il progetto AQP della pesa a ponte;
- la collocazione lato strada della nuova stazione di sollevamento dei fanghi in alimentazione all'ispessimento dinamico;
- la collocazione lato strada della nuova stazione di stoccaggio e dosaggio cloruro ferrico;
- l'adeguamento della cabina elettrica MT per l'inserimento del nuovo quadro elettrico MT e del nuovo trasformatore MT/BT;
- l'installazione di valvole motorizzate sulle tubazioni di mandata dell'aria compressa;
- la copertura anti pioggia per i quadri elettrici locali installati all'aperto;
- il dosaggio di flocculante in funzione del valore di fosforo misurato nel ripartitore di portata in ingresso ai sedimentatori secondari;
- l'implementazione di un nuovo sistema di supervisione delle sezioni oggetto della presente progettazione, nonché la rivisitazione del sistema di supervisione esistente, con l'inserimento anche di una logica di funzionamento del comparto biologico alternativa a quella ad aerazione intermittente, e tale per cui possano essere inviati allarmi e stato macchine al teleallarme AQP.




































2.2 Descrizione dello stato di fatto





L'impianto di depurazione di Nardò, come riportato al paragrafo 4.1 della relazione Illustrativa e tecnica del Progetto preliminare, a monte della presente progettazione, veniva dimensionato per trattare una popolazione di circa 78.000 AE per il rispetto dei limiti allo scarico delle tabelle 1 e 2 della Direttiva 271/91/CEE, non essendo ancora stato emanato l'allora D.lgs 152/99. L'impianto attualmente tratta il carico equivalente generato da un agglomerato di 31.627 AE.

Dalla consultazione del Report sulla Depurazione in Puglia – Servizio Tutela delle Acque della Regione Puglia – settembre 2013, redatto in osservanza del D.Lgs. 152/06 art.101 comma 9, l'impianto di Nardò, con potenzialità di progetto PTA di 31.627 AE, ha ottenuto, a seguito di controllo dall'ARPA Puglia, un livello di performance sufficiente.

REPORT SULLA DEPURAZIONE IN PUGLIA


- 2013

Agglomerato	Impianto	Potenzialità di progetto PTA * [A.E.]	INFRASTRUTTURE				PERFORMANCE
			T	R	Ci	Cg	
Lecce	Lecce	120.000					
Lizzanello	Cavallino-Lizzanello	30.291					
Maglie	Maglie Consortile	59.827					
Melendugno	Melendugno	43.662					
Montesano Salentino	Montesano Salentino	9.836					
Morciano Di Leuca	Morciano Di Leuca - Salve	8.870					
Nardò ¹	Nardò	31.627					

SIMBOLO	LIVELLO DI PERFORMANCE	DESCRIZIONE
	BUONO	impianti che non presentano criticità
	SUFFICIENTE	impianti che presentano criticità limitate
	SCARSO	impianti che presentano forti criticità
	PESSIMO	impianti che presentano gravi criticità, tali da inficiare il processo depurativo

* la valutazione della performance, riferita all'annualità 2012, è limitata agli impianti soggetti a controllo da parte dell'ARPA (potenzialità > 2000 A.E.)

Figura 3 - Report sulla Depurazione in Puglia 2013

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 12 di 165
---	--	--

2.2.1 Linea acque

La fognatura di adduzione dagli agglomerati di riferimento, seppur fognatura “nera”, come già discusso precedentemente, collette occasionalmente anche acque bianche, presumibilmente per cortocircuiti sconosciuti a monte. In tal senso AQP, a maggior tutela, ritiene di avviare a trattamento, come da Regolamento Regionale, una portata massima pari a 5 volte la Q_m (relativa ai 58.150 abitanti equivalenti nel periodo estivo e 37.200 nel periodo invernale), sottoponendola ai trattamenti preliminari esistenti.

Ad oggi, la portata in ingresso all'impianto incontra, dapprima, un sistema composto da grigliatura grossolana e grigliatura fine, e quindi una dissabbiatura del tipo “pista” (doppia linea). A servizio di quest'ultimo comparto è presente anche un sistema compatto di lavaggio delle sabbie.

A valle dei pre-trattamenti è presente una vasca di equalizzazione, perfettamente in funzione, da cui attinge un sollevamento, il quale si presenta in buone condizioni, che convoglia le portate alla sedimentazione primaria; l'esistente comparto di miscelazione/flocculazione, viceversa, attualmente viene by-passato e non sarà oggetto di alcun intervento.

Il comparto successivo attivo è la sedimentazione primaria, per la quale è stata da poco realizzata la copertura in acciaio di ausilio alla deodorizzazione. Il comparto non presenta problematiche tecniche particolari, se non che risultano mancanti passarelle e scale di accesso ai due carriponte.


Dalla sedimentazione primaria i liquami sono convogliati al comparto di ossidazione, anch'esso sviluppato su due linee parallele e composto dalla pre-denitrificazione e successiva ossidazione/nitrificazione.

Entrambi i comparti si presentano in buone condizioni di funzionamento; tuttavia, il comparto di pre-denitrificazione presenta un sistema di miscelazione vetusto e poco efficiente (miscelatori verticali da 7,5 kW cadauno).

Il comparto di ossidazione invece sembra ben funzionante; tuttavia, il Gestore ha lamentato una non ottimale funzionalità del sistema di diffusione aria (a vasca piena non visibile), sia in termini di efficienza, data la scarsa altezza della vasca, che di manutenzione essendo ormai stato installato da molti anni. Il piping di adduzione aria e dei ricircoli appare invece in discreto stato di manutenzione. In uscita dai reattori biologici la miscela di acqua e fanghi viene inviata al comparto di sedimentazione secondaria, effettuata attraverso due vasche circolari in parallelo. Nel ripartitore di portata a monte dei sedimentatori viene effettuata la defosfatazione chimica con dosaggio di idoneo chemical. In questo comparto è in corso di finalizzazione un intervento di installazione delle passarelle e delle scale di accesso ai sedimentatori.

La linea acque termina con la disinfezione chimica dell'effluente chiarificato; nello specifico allo stato attuale viene dosato ipoclorito di sodio.

Ad ausilio del comparto di ossidazione c'è il locale produzione aria di processo; il locale risulta ben mantenuto e con spazi idonei per poter prevedere un intervento di aggiornamento del comparto stesso con l'adeguamento, per sostituzione, delle soffianti esistenti con altre più avanzate tecnologicamente e con rendimenti migliorati.

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 13 di 165
---	--	--

L'impianto è dotato anche di una stazione di accettazione e trattamento bottini. Questa è composta di due apparecchiature affiancate, di capacità diversa. In particolare, la stazione più piccola risulta inadeguata alle necessità del sito, al quale nei momenti di punta sono addotti anche 700 m³/d di bottini. Durante la riunione è emerso che la possibile accettazione dei bottini, ed in particolare soltanto il codice CER 200304 (svuotamento fosse settiche), risiede nella capacità residua dell'impianto stesso rispetto alle sue potenzialità; di conseguenza nell'ambito della progettazione la quantità di bottini non influisce sulle potenzialità dell'impianto stesso, il cui dato di progetto rimane dunque pari a 58.150 abitanti equivalenti. Nello specifico trattasi di macchine compatte alimentate direttamente dall'autobotte, totalmente ermetiche e automatiche, costituite da un contenitore in acciaio inossidabile che incorpora uno sgrigliatore autopulente. Le macchine hanno lo scopo di pretrattare i rifiuti liquidi e ottimizzare così gli stadi successivi della linea di trattamento acque dell'impianto.

Nel depuratore sono presenti sia un auto-campionatore in ingresso che uno in uscita all'impianto. Tuttavia, il campionatore effettivamente attivo è quello sullo scarico, e quindi le analisi disponibili sono soltanto per il flusso in uscita dall'impianto.

Il gruppo di spinta per l'acqua di servizio secondo i tecnici del Gestore è adeguato alle necessità; tuttavia, la rete andrebbe estesa, anche in previsione delle nuove opere progettuali.

Durante i sopralluoghi svolti, infine, si è rilevato come sono ancora in corso i lavori di realizzazione del sistema di deodorizzazione, suddiviso in più moduli di trattamento per diverse aree dell'impianto.

2.2.2 Linea fanghi

La linea fanghi è alimentata dai fanghi provenienti dalla sedimentazione primaria e secondaria. Dai pozzetti a servizio dei due comparti i fanghi sono avviati a n.2 pre-ispessitori dai quali, per tramite di pompe monovite, il fango viene avviato alla digestione anaerobica (I stadio). Durante il sopralluogo il gestore ha riferito che il sistema di miscelazione interno ai pre-ispessitori è da sottoporre ad intervento di manutenzione straordinaria, non essendo più pienamente funzionante.

Il fango viene quindi avviato al comparto di digestione anaerobica, composto da due stadi: il primo stadio riscaldato, con sistema di ricircolo a biogas, il secondo stadio invece freddo e che funge da sedimentatore/ispessitore, nonché vasca di accumulo per l'alimentazione della disidratazione meccanica, costituita da una centrifuga mobile.

Dalla discussione con i tecnici del gestore sono emerse diverse criticità del comparto, non immediatamente evidenti:

- ammaloramento dei digestori stessi e necessità di procedere ad un loro risanamento e impermeabilizzazione;
- necessità di procedere alla realizzazione della coibentazione del digestore primario;
- aggiornare il sistema di ricircolo del fango del digestore primario allo scambiatore di calore, che non risulta perfettamente funzionante ed è ormai superato tecnologicamente;
- eseguire una manutenzione straordinaria di parte del piping di connessione dell'intero comparto e della carpenteria metallica, in particolare di quello non in acciaio inox;
- approfondire la necessità di un adeguamento della potenzialità dello scambiatore di calore.

Il gasometro e la torcia, che completano la filiera di trattamento dei fanghi, risultano, come emerso anche dal confronto con i tecnici del Gestore, di recente realizzazione e in buono stato manutentivo e di funzionamento.

Il comparto di disidratazione, come già citato, è composto attualmente da una centrifuga mobile (Pieralisi modello Jumbo 4) installata su container; il comparto originale, composto da un edificio chiuso, contiene due centrifughe non più funzionanti. I tecnici del Gestore rilevano la forte necessità, oltre che di adeguare il sistema di disidratazione stesso con apparecchiature fisse, anche di captare e sottoporre a deodorizzazione il fango accumulato sui cassoni.

In generale tutti gli edifici visitati si presentano in un buono stato di conservazione e, sempre in generale, le dimensioni appaiono idonee a poter accogliere le nuove apparecchiature che saranno previste nel progetto di adeguamento. Di seguito viene riportato lo schema di processo attuale:

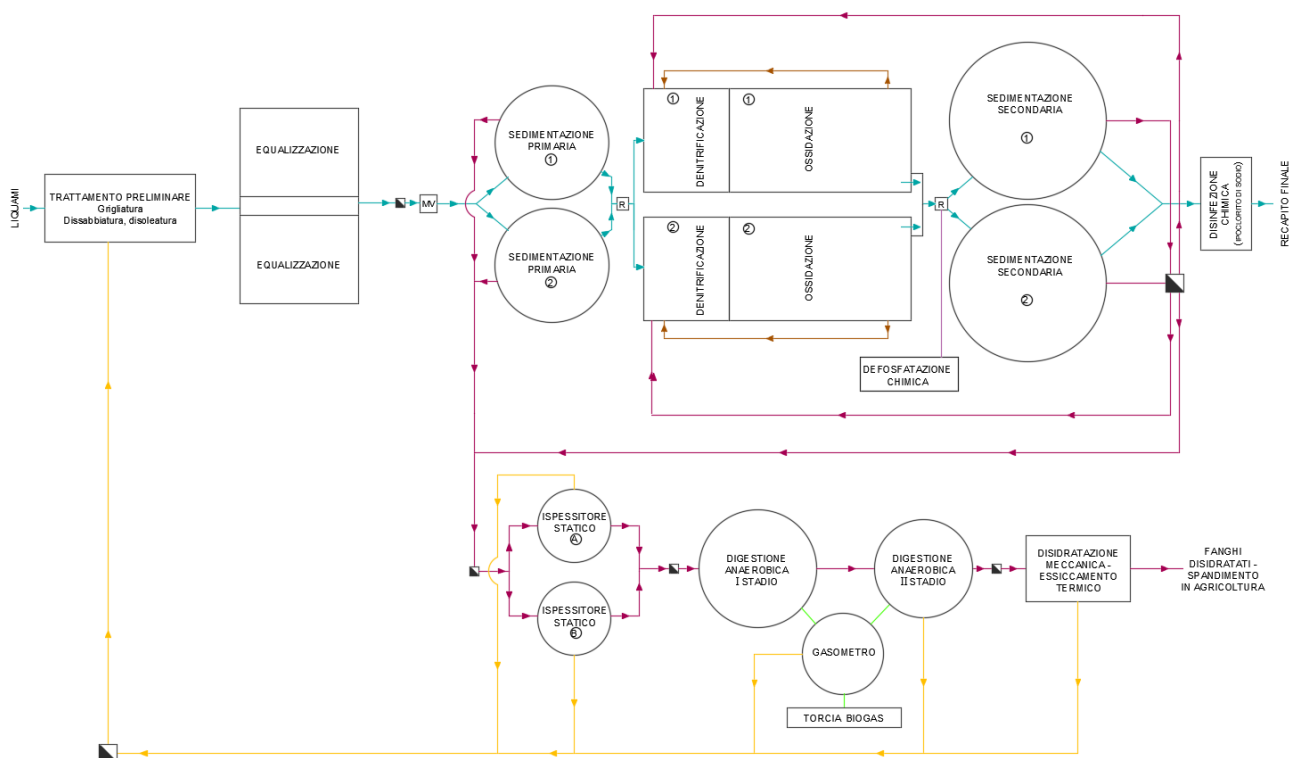


Figura 4 – Schema di processo attuale

Nello schema funzionale non è riportato il comparto di miscelazione/flocculazione, a monte della sedimentazione primaria, in quanto risulta in disuso da molti anni e sistematicamente by-passato.

2.3 Documentazione fotografica dello stato attuale



Figura 5 – Comparto di grigliatura



Figura 6 – Comparti di dissabbiatura e di equalizzazione



Figura 7 – Sollevamento di testa dell'impianto



Figura 8 – Visione di insieme dell'impianto – zona ingresso-pre-trattamenti-equalizzazione



Figura 9 – Foto aerea – comparto sedimentazione primaria



Figura 10 – Comparto di sedimentazione primaria



Figura 11 – Foto aerea – comparto di pre-denitrificazione



Figura 12 – Foto aerea – comparto di ossidazione/nitrificazione



Figura 13 – Visione di insieme – comparto biologico



Figura 14 – Foto aerea – comparto di sedimentazione secondaria



Figura 15 – Comparto di sedimentazione secondaria



Figura 16 – Foto aerea – comparto di disinfezione finale



Figura 17 – Comparto di disinfezione finale - particolari



Figura 18 – Comparto di produzione aria compressa



Figura 19 – Edificio con apparecchiature produzione aria compressa



Figura 20 – Comparto di ispessimento fanghi



Figura 21 – Comparto di ispessimento fanghi



Figura 22 – Comparto di digestione anaerobica dei fanghi



Figura 23 – Comparto di digestione anaerobica dei fanghi



Figura 24 – Centrale termica



Figura 25 – Comparto di disidratazione fanghi dismesso




Figura 26 – Sistema mobile di disidratazione fanghi



Figura 27 – Edificio di disidratazione fanghi




Figura 28 – Impianto di accettazione e trattamento bottini

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 27 di 165
---	--	--

2.4 Interventi in Progetto

Gli interventi inseriti nel presente progetto sono stati previsti in seguito agli approfondimenti condotti a valle di sopralluoghi conoscitivi, dei rilievi, delle verifiche del funzionamento sulla base della consultazione della documentazione tecnica relativa ai precedenti interventi progettuali e rispondenza dei contenuti del documento preliminare alla progettazione, nonché ai confronti anche informali con i tecnici AQP. Nello specifico, il progetto di adeguamento del depuratore di Nardò (LE), può sintetizzarsi nei seguenti interventi:

- 1) Intervento di adeguamento della equalizzazione con la motorizzazione di alcune paratoie esistenti (nel canale a monte del volume di equalizzazione /omogeneizzazione e nello scarico di fondo della parte di equalizzazione destinata ad accumulare la maggior parte delle acque meteoriche). Il setto divisorio esistente divide equamente l'intero volume in due volumi uguali, il primo dei quali dedicato all'equalizzazione della portata da avviare al trattamento biologico (2,5Qm), il secondo all'accumulo delle acque meteoriche. La portata equalizzata, comprensiva delle acque di pioggia fino a 2,5Qm, sarà accumulata e avviata gradatamente alla linea di trattamento primaria qualora l'evento di pioggia sia inferiore al volume di accumulo totale; il sovrappiù, se l'evento sarà stato tale da addurre un volume ancora maggiore sarà sfiorata nel nuovo "sollevamento acque meteoriche" che avvierà il flusso fino a max 2,5 Qm alla disinfezione chimica dedicata;
- 2) Intervento di adeguamento dell'impianto di sollevamento esistente alle nuove portate (2,5 Qm);
- 3) Realizzazione del nuovo sollevamento acque meteoriche (per sollevare fino a 2,5 Qm); inserimento della strumentazione di misura continua della portata;
- 4) Adeguamento del sistema di ripartizione in testa alla sedimentazione primaria per l'inserimento del chemical per la defosfatazione;
- 5) Realizzazione del nuovo comparto di stoccaggio e dosaggio chemical per la defosfatazione chimica a monte della sedimentazione primaria;
- 6) Adeguamento del sistema di aerazione e miscelazione dei comparti esistenti, ed inserimento della strumentazione di campo e del sistema specifico di supervisione per la realizzazione del nuovo funzionamento dell'impianto ad aerazione intermittente Nitro/Denitro - Linea 1 e Linea 2;
- 7) Adeguamento del comparto produzione aria (nello stesso fabbricato esistente) per la produzione di aria di processo nelle quantità e modalità necessarie al nuovo funzionamento dell'impianto ad aerazione intermittente Nitro/Denitro;
- 8) Realizzazione di un nuovo sistema di accumulo e sollevamento, a valle dei sedimentatori secondari, per derivare con continuità la portata da avviare alla linea di affinamento terziario e quindi al riutilizzo;
- 9) Adeguamento del sollevamento dei fanghi di ricircolo per le nuove portate relative alla nuova Qm;
- 10) Realizzazione della nuova vasca di disinfezione con ipoclorito di sodio (circa 400 m³) e relativo sistema di stoccaggio, per la disinfezione della linea acque meteoriche;

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	<p>Dicembre 2020</p> <p>Pagina 28 di 165</p>
---	--	---


- 11) Adeguamento della vasca di disinfezione esistente per l'utilizzo dell'acido peracetico come disinfettante in sostituzione dell'attuale sistema con ipoclorito di sodio; adeguamento del sistema di stoccaggio e dosaggio: il comparto opererà la disinfezione della linea di supero del flusso avviato al trattamento di affinamento terziario; la nuova vasca sarà dimensionata per accogliere le 2,5 Qm qualora la linea terziaria fosse spenta o in manutenzione. Lo stesso sistema di stoccaggio e dosaggio di acido peracetico sarà asservito anche alla vasca di accumulo delle acque destinate al riutilizzo;
- 12) Realizzazione del comparto di microfiltrazione, su tre linee in parallelo, (ciascuna linea sarà in grado di trattare una portata pari a Qm invernale, mentre due linee saranno in grado di trattare con margine di sicurezza la Qm condizioni estive. La terza linea fungerà da riserva attiva);
- 13) Realizzazione del comparto U.V., per una portata pari a Qm, per la disinfezione dell'acqua destinata al riutilizzo ai fini irrigui (il canale potrà alloggiare un numero di moduli idoneo per fungere da riserva attiva);
- 14) Realizzazione di un volume di accumulo dell'acqua trattata nel sistema terziario (circa 200 m³);
- 15) Pozzetto di sollevamento acque di controlavaggio;
- 16) Realizzazione di una sezione di pre-ispessimento dinamico all'interno di un nuovo edificio dedicato;
- 17) Adeguamento del comparto di pompaggio fanghi per convogliare gli stessi al nuovo comparto di ispessimento dinamico;
- 18) Installazione di 1+1R pompe monovite necessarie ad agevolare il passaggio dei fanghi dal digestore primario al secondario;
- 19) Inserimento di nuova centrifuga fissa per disidratazione fanghi (futuro intervento di competenza AQP) nell'edificio disidratazione esistente;
- 20) Realizzazione di un sistema di copertura retrattile dei cassoni di accumulo fanghi;
- 21) Realizzazione nuovo gruppo di pressurizzazione e relativa rete di distribuzione per le acque di servizio ai nuovi comparti;
- 22) Realizzazione di un sistema di aspirazione e trattamento delle arie esauste dei cassoni dei fanghi e dei locali ispessimento dinamico e disidratazione meccanica;
- 23) Installazione di un gruppo elettrogeno di emergenza a servizio dei sollevamenti di testa (liquami e meteoriche) e della linea acque meteoriche tutta.

Sono inoltre previsti interventi che coinvolgono varie parti dell'impianto per:

- l'implementazione, la rivisitazione e l'adeguamento dell'impianto elettrico e di controllo, laddove necessario;
- la realizzazione dei nuovi collegamenti idraulici e l'adeguamento delle tubazioni idrauliche esistenti alle nuove portate, laddove necessario.

Gli interventi, quindi, saranno tali da:

- Garantire una **qualità del refluo** rispondente alle normative del settore ottimizzando il processo biologico grazie anche all'introduzione di misure di parametri in continuo ed all'individuazione della migliore soluzione tecnologica possibile per efficientare i rendimenti di depurazione;

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p>Dicembre 2020</p> <p style="text-align: center;">Pagina 29 di 165</p>
---	---	---

- Garantire il **risparmio e l'efficientamento energetico**, grazie all'adeguamento del sistema di trattamento biologico (aerazione intermittente) e all'introduzione di inverter e di strumenti di misura in continuo;
- **Aumentare il ciclo di vita** delle apparecchiature in considerazione degli accorgimenti adottati sui sistemi di avviamento delle macchine e sulla tipologia dei materiali utilizzati sia per le stazioni di trattamento che per le opere a corredo delle stesse;
- Migliorare la **manutenzione delle opere**;
- Garantire la **conformità alle norme ambientali, urbanistiche e di tutela del paesaggio**, grazie ad un limitato consumo del suolo, al rispetto dei vincoli esistenti, all'introduzione di sistemi atti a ridurre l'impatto relativo alle emissioni in ambiente nonché di minimizzare la produzione di rifiuti da depurazione.

Per quanto riguarda l'affidabilità di funzionamento, essa è demandata alle seguenti dotazioni tecniche e progettuali previste per l'impianto:

- adozione di tecnologie robuste con provato successo applicativo;
- adeguata scelta dei coefficienti di sicurezza applicati al calcolo della volumetria delle vasche e alla scelta delle macchine in relazione alle portate e ai carichi previsti.

La flessibilità operativa è garantita per mezzo dei seguenti accorgimenti progettuali:

- possibilità di by-passare i macro comparti dell'impianto;
- le diverse apparecchiature elettromeccaniche sono state dimensionate anch'esse con particolare attenzione alla modularità, al rendimento e alla previsione di riserve installate;
- controllo automatico di processo (sia in relazione ai flussi idrici che in relazione ai principali parametri operativi).

Per quanto riguarda il contenimento dei costi, esso è stato ricercato privilegiando le soluzioni a maggiore efficienza energetica.

Per quanto riguarda la minimizzazione dell'impatto ambientale, adeguato risalto è stato dato:

- all'utilizzo di aree interne al perimetro di impianto in maniera da non occupare nuove superfici;
- alla scelta di tecnologie depurative in grado di garantire valori limite molto restrittivi per le acque destinate al riuso (DM 185/2003) e per le acque di scarico (Tab. 4 dell'Allegato 5 al D.lgs. 152/06 e s.m.i.);
- alla mitigazione degli impatti tipici degli impianti di depurazione biologica con l'utilizzo di macchine totalmente racchiuse in carter di protezione ed insonorizzazione delle situazioni più rumorose;
- alla captazione e deodorizzazione delle arie esauste dei comparti di pre-ispessimento dinamico, disidratazione e accumulo fanghi.

Per quanto riguarda la sicurezza del personale addetto e dell'impianto, si è curata in modo particolare la progettazione di adeguate soluzioni tecniche relativamente a:

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p>ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	Dicembre 2020
		Pagina 30 di 165

- realizzazione di scale di accesso e parapetti;
- adeguata protezione di impianti e componenti elettrici.

3 ELEMENTI TECNICI DI RIFERIMENTO PER LA PROGETTAZIONE

3.1 Dati di Progetto

3.1.1 Gestione del carico idraulico

La portata media in ingresso viene calcolata sulla base delle indicazioni fornite da AQP inerenti ai valori di abitanti equivalenti serviti (58.150 AE), dotazione idrica procapite (190 l/AE*d) e coefficiente di afflusso in fogna (0,8). Pertanto, la portata media di progetto è pari a 368 m³/h (massima estiva).

Nei periodi in cui si verificano le precipitazioni, dalle fognature di tipo misto o di tipo separato con afflussi di acque meteoriche nella rete fognaria nera, arrivano all'impianto portate elevatissime pari anche a diverse volte le massime portate di sole acque nere, che è impensabile trattare totalmente. Per questo motivo, di norma, solo una frazione delle acque di pioggia viene comunque trattata nell'impianto in modo da alleggerire il carico di inquinanti che viene scaricato nel corpo idrico recettore. Come indicato da AQP la gestione delle portate alla base della progettazione, in conformità alla vigente normativa, risulta la seguente:

- **5Qm** in ingresso all'impianto (da sottoporre a pre-trattamenti);
- **2,5Qm** da avviare al trattamento biologico, di cui:
 - **Qm** al sistema di affinamento terziario (filtrazione a disco + disinfezione U.V.) per consentire uno scarico nei limiti del D.M.185/03 (da avviare al riutilizzo agricolo); il comparto di microfiltrazione (filtrazione a disco) sarà dimensionato per trattare la Qm e modulare su più linee indipendenti;
 - **1,5Qm** alla disinfezione esistente – con limiti allo scarico compatibili con quelli della Tab.4 dell'Allegato 5 alla Parte Terza del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.;
- **5Qm-2,5Qm** ai pretrattamenti (grigliatura e dissabbiatura esistenti) e quindi avviata alla disinfezione finale.

Di seguito viene riportato lo schema di flusso con ripartizione del carico idraulico:

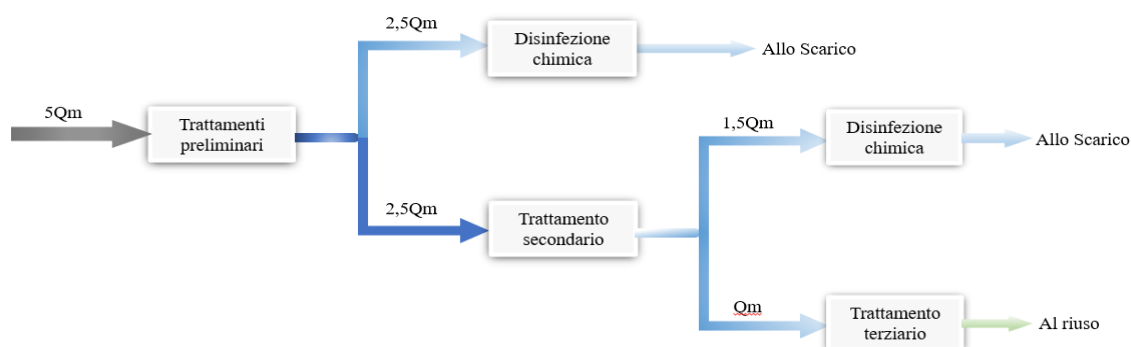



Figura 29 - schema di flusso di progetto

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 32 di 165
---	--	--

La caratterizzazione quantitativa del refluo in ingresso all'impianto, ferma restando la necessità di dover accettare una portata pari a 5Qm, è tale da rendere necessaria la regolazione delle portate sfiorate in funzione del carico idraulico applicato all'impianto, ovvero in funzione del regime di carico estivo o invernale, al fine di evitare che:

- durante il periodo invernale, in tempo di pioggia, si assista ad un'eccessiva diluizione del refluo in ingresso con mancanza di nutrienti necessari alle cinetiche biologiche, con conseguenze sullo stato dei fanghi biologici;
- durante il periodo estivo, in tempo di pioggia, si assista ad ingressi inferiori a 5Qm, tali da non rendere conforme alla vigente normativa lo scarico dell'extra-portata di pioggia scolmata in testa all'impianto.

3.1.2 Caratteristiche qualitative del refluo in ingresso

Come riportato già nel precedente Capitolo, i dati alla base della progettazione inerenti al carico inquinante in ingresso all'impianto sono stati stabiliti valutando per ogni singolo parametro i valori più gravosi tra le fonti indicate da AQP.

Sono state ipotizzate due configurazioni di funzionamento, una estiva e l'altra invernale. Nella tabella che segue si sintetizzano i dati utilizzati per il dimensionamento e la verifica della linea liquami dell'impianto di trattamento sia nella configurazione estiva che invernale.

Tabella 1 - Caratterizzazione quantitativa e qualitativa del refluo in ingresso

Parametro	Unità di misura	Valori	
		Estate	Inverno
Caratteristiche dell'influente:			
- Coefficiente di afflusso	adm	0,8	0,8
- Coefficiente di punta in tempo secco	adm	1,75	1,81
- Coefficiente di punta in tempo di pioggia	adm	5,00	5,00
- Coefficiente di punta in tempo di pioggia ammessa al biologico	adm	2,50	2,50
- Portata media giornaliera	m ³ /d	8.839	5.654
- Portata media oraria (Q _m)	m ³ /h	368	235
- Portata max in tempo secco (Q _{pta})	m ³ /h	643	426
- Portata max in tempo di pioggia	m ³ /h	1.841	1.178
- Portata max ammessa al biologico (Q _{pbio})	m ³ /h	921	589
Caratteristiche liquami in ingresso:			
- BOD ₅ specifico	g/ab/d	60,00	60,00
- BOD ₅ totale giornaliero	Kg BOD ₅ /d	3.489,00	2.232,00
- Concentrazione BOD ₅	mg/l	394,74	394,74
- COD specifico	g/ab/d	120,00	120,00
- COD totale giornaliero	Kg COD/d	6.978,00	4.464,00

- Concentrazione COD	mg/l	789,47	789,47
- SST specifico	g/ab/d	90,00	90,00
- SST totale giornaliero	Kg SST/d	5.233,50	3.348,00
- Concentrazione SST	mg/l	592,11	592,11
- TKN specifico	g/ab/d	13,20	13,20
- TKN totale giornaliero	Kg N/d	767,58	491,04
- Concentrazione TKN	mg/l	86,84	86,84
- P specifico	g/ab/d	2,20	2,20
- P totale giornaliero	Kg P/d	127,93	81,84
- Concentrazione P	mg/l	14,47	14,47

Sono stati dunque considerati differenti coefficienti di punta in funzione sia delle prescrizioni normative, con riferimento ai coefficienti di punta in tempo di pioggia, sia derivanti da calcolo per la determinazione del coefficiente di punta nera. Nello specifico, per la determinazione di quest'ultimo è stata considerata la seguente formula¹, che tiene conto dell'estensione dell'agglomerato servito dalla fognatura afferente all'impianto:

$$Q_{pta} = 1,5 + \frac{2,5}{\sqrt{Q_m}}$$


Per i carichi specifici relativi a BOD₅, COD e SST sono stati considerati i parametri di letteratura in quanto più elevati rispetto a quelli derivanti dai dati di esercizio, diversamente dai carichi specifici di Azoto e Fosforo.

3.1.3 Limiti allo scarico

Alla base del progetto sono stati considerati i seguenti limiti allo scarico, discriminati sulla base del destino dello specifico flusso scaricato, come indicato da AQP:

- Refluo destinato a riuso: sono stati considerati i limiti allo scarico della Tabella “*valori limite delle acque reflue all'uscita dell'impianto di recupero*”, allegata al Decreto Ministeriale 12 giugno 2003, n. 185 “*Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152*”. (G.U. 23 luglio 2003, n. 169).
- Refluo destinato a scarico: sono stati considerati i limiti allo scarico di Tabella 4 Allegato 5 alla Parte III del D.Lgs. 152/06 e s.m.i., tenendo in conto quanto previsto per le sostanze pericolose.

¹ MASOTTI LUIGI; VERLICCHI PAOLA, 2005. *Depurazione delle acque di piccola comunità - tecniche naturali e tecniche impiantistiche*. HOEPLI.

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p>Dicembre 2020</p> <p style="text-align: center;">Pagina 34 di 165</p>
---	--	--

3.2 Schema di Processo in Progetto

A seguito del presente intervento progettuale l'impianto sarà composto dalle seguenti sezioni per quanto attiene il flusso principale della linea acque:


- Pretrattamenti composti da:
 - Grigliatura grossolana
 - Grigliatura fine
 - Dissabbiatura
- Vasca di equalizzazione/omogeneizzazione
- Stazione di sollevamento linea liquami
- Trattamenti primari composti da:
 - Stoccaggio e dosaggio chemical per defosfatazione chimica
 - Sedimentazione primaria
- Trattamenti secondari composti da:
 - Comparto biologico ad aerazione intermittente Nitro/Denitro
 - Sedimentazione secondaria
- Sistema di accumulo e ripartizione delle portate Riuso (Qm) / Scarico (1,5Qm)
- Trattamento terziario (Qm) composto da:
 - Filtrazione a dischi
 - Disinfezione UV
 - Vasca di accumulo acque di riutilizzo, con dosaggio di acido peracetico
- Disinfezione finale (1,5Qm con funzionamento a regime del trattamento terziario, e fino a 2,5Qm in caso di non funzionamento della linea di affinamento terziario) costituita da:
 - Disinfezione chimica con acido peracetico.

Con riferimento al flusso secondario della linea acque (acque meteoriche) sono previsti i seguenti trattamenti:

- Pretrattamenti composti da:
 - Grigliatura grossolana
 - Grigliatura fine
 - Dissabbiatura
- Vasca di equalizzazione/omogeneizzazione
- Stazione di sollevamento linea meteoriche
- Disinfezione finale costituita da:
 - Disinfezione chimica con ipoclorito di sodio.

Per quanto riguarda la linea fanghi è prevista infine la seguente filiera di trattamento:


- Volume di accumulo dei fanghi di supero (ispessitori statici esistenti)
- Pre-Ispessimento dinamico
- Digestione anaerobica composta da:
 - Digestore anaerobico primario

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 35 di 165
---	--	--

- Digestore anaerobico secondario
- Gasometro per la linea biogas
- Torcia
- Disidratazione meccanica costituita da:
 - Centrifuga fissa (futuro adeguamento a carico di AQP)

La configurazione impiantistica include inoltre la esistente sezione di trattamento bottini, il cui effluente pretrattato viene avviato al trattamento insieme al flusso principale della linea acque.

Continuerà a restare in funzione, inoltre, il sistema esistente di trattamento delle arie esauste, effettuato a mezzo di cinque impianti dislocati sull'area del depuratore, che sarà altresì implementato con la captazione e deodorizzazione delle arie esauste dei comparti di pre-ispessimento dinamico, disidratazione e accumulo fanghi (zona cassoni).

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 36 di 165
---	--	--

4 DIMENSIONAMENTO DEL PROCESSO DEPURATIVO

4.1 Arrivo liquami

Il refluo in ingresso all'impianto arriva in un primo manufatto interrato, attraverso una tubazione con Diametro di 800 mm, ove è presente un canale a sezione rettangolare che consente il deflusso dello stesso verso la sezione di grigliatura.

In tempo di pioggia, nonostante l'agglomerato di Nardò sia servito da un sistema fognario separato, si verificano arrivi di acque meteoriche in ingresso all'impianto, che secondo AQP possono essere dovuti a cortocircuiti non definiti a monte dell'impianto. Ciò implica l'attivazione di un sistema sfiorante in ingresso all'impianto, costituito da un canale parallelo al canale di ingresso, con deflusso in verso contrario rispetto a quest'ultimo, e da una paratoia motorizzata regolabile in altezza in funzione del regime di carico idraulico in ingresso all'impianto.

I tecnici di AQP, pur non riuscendo a fornire informazioni di dettaglio sul sistema di collettamento fognario degli agglomerati, hanno sottolineato che poiché tutte le fognature arrivano al depuratore partendo dalle stazioni di sollevamento, queste ultime sono allestite in modo da sollevare la portata massima ammissibile pari a 5Qm (che nel futuro sarà proporzionata al numero massimo di abitanti equivalenti atteso). Per questo motivo, come già riportato, AQP si riserva di realizzare l'intervento di adeguamento del collettore di scarico, del by-pass totale e dell'emissario finale dell'impianto alle portate previste nel presente progetto quando se ne paleseranno effettivamente le necessità.

In ogni caso, a monte del canale di sfioro è presente una griglia fissa inclinata dedicata all'intercettazione di materiali grossolani eventualmente presenti nell'extra-portata di acque reflue in ingresso all'impianto, che quantitativamente risulta essere superiore a 5 volte la portata media nera ($Q > 5Q_m$).

Dal canale di sfioro l'extra portata oltre 5Qm defluisce attraverso una tubazione Diametro 700 mm in acciaio (che successivamente diventa DN600 in PVC) fino al punto di miscelazione con il refluo depurato, per poi continuare il deflusso attraverso l'emissario fino al recapito finale.

Il medesimo sistema idraulico in testa all'impianto serve per attivare l'eventuale by-pass totale dello stesso.

4.2 Trattamenti preliminari

I trattamenti preliminari sono costituiti attualmente da grigliatura (grossolana e fine) e dissabbiatura, tipo Pista. Tali sezioni sono state verificate idraulicamente e non si rende necessario l'inserimento della loro sostituzione tra gli interventi in progetto. Essi risultano sufficienti al trattamento di una portata pari a 5 volte la portata media nera.

Il trattamento preliminare avviene in ambiente chiuso, e l'aria interna viene aspirata e avviata in un impianto di trattamento aria dedicato, posto in prossimità dello stesso.

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p align="center">Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	<p align="right">Dicembre 2020</p>
	<p align="center">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p align="right">Pagina 37 di 165</p>

4.2.1 Grigliatura grossolana

Le sostanze grossolane presenti nel refluo in ingresso sono trattenute da una grigliatura grossolana a pulizia automatica con spaziatura 50 mm, a monte di due griglie fini, poste in parallelo, con spaziatura 6 mm. Il grigliato viene rimosso attraverso un nastro trasportatore che lo convoglia in un compattatore

con scarico in cassetto dedicato. È presente, inoltre, un canale di by-pass della grigliatura automatica nel quale è installata una griglia fissa inclinata a pulizia manuale.

La griglia grossolana attualmente in esercizio è di tipo sub verticale, costituita da un telaio e un insieme di barre, da una benna di tipo pendolare solidale ad un carrello e un sistema di trascinamento del carrello mosso da una coppia di catene, un pulitore-benna per l'espulsione dei detriti e un motoriduttore. Il grigliato depositatosi sulle barre della griglia viene rimosso dalla benna durante la sua corsa verso l'alto ed espulso dal pulitore ad un'opportuna distanza dal fine corsa superiore; giunto al punto morto superiore il carrello si ferma per un tempo prestabilito e intraprende la corsa verso il basso, restando a distanza dalla griglia. Raggiunto il fine corsa inferiore il carrello si ferma nuovamente per un tempo prestabilito e riprende nuovamente la sua corsa verso l'alto, avvicinandosi alla griglia.

La griglia attualmente in esercizio risulta essere adeguata alle nuove portate di progetto, come meglio illustrato nella verifica idraulica di cui al Capitolo 6.

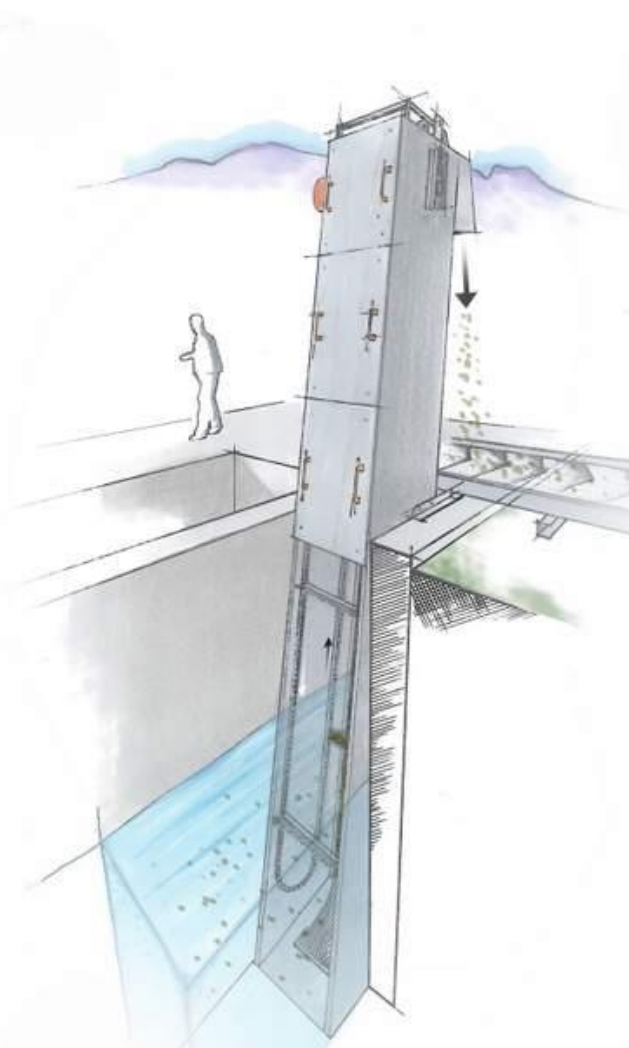



Figura 30 - Esempio di griglia grossolana sub verticale

	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p>Dicembre 2020</p> <p style="text-align: center;">Pagina 38 di 165</p>
---	--	--

4.2.2 Grigliatura fine

Le griglie fini poste in parallelo sono di tipo “a nastro continuo” con dente autopulente. Il grado di filtrazione viene scelto in funzione del tipo e della quantità di materiale previsto ed in funzione dello schema di processo depurativo adottato. Il nastro filtrante è costituito da una fittissima maglia di denti a profilo speciale, che è in grado di bloccare i più piccoli corpi (più grandi della luce di filtrazione) in sospensione, sollevarli al di fuori del flusso d’acqua e convogliarli allo scarico, posto nella parte alta della griglia. Nella zona di scarico, la stessa

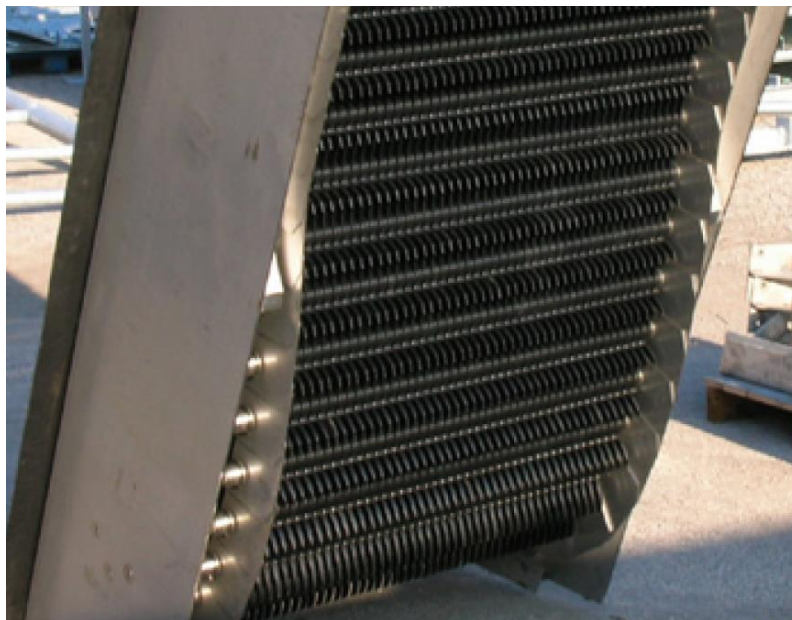


Figura 31 - Griglia a nastro continuo

inversione del nastro filtrante, grazie al profilo autopulente dei denti, provoca la caduta del materiale grigliato in apposito cassone di raccolta. Un ulteriore sistema di pulizia a spazzola rotante favorisce la completa rimozione del materiale dal nastro.

Di seguito sono riportate le caratteristiche costruttive di ogni singola griglia:

- Telaio: la macchina è costituita da un’intelaiatura realizzata mediante lamiera di spessore 5 mm di acciaio inox.
- Nastro filtrante: all’interno dell’intelaiatura è alloggiato un nastro scorrevole composto da elementi filtranti autopulenti. Gli elementi filtranti sono alloggiati su barre in acciaio inox che a loro volta si appoggiano all’intelaiatura mediante boccole rotanti in acciaio inox, placche e rondelle in acciaio inox. La fase di scarico del materiale grigliato è generata dal movimento relativo degli elementi filtranti e dall’inversione della direzione di funzionamento del nastro stesso.
- Protezioni antinfortunistiche: un opportuno carter realizzato in lamiera di acciaio inox ha la funzione di proteggere le motorizzazioni ed inoltre di indirizzare il materiale grigliato all’interno di un cassone di raccolta. La macchina è inoltre provvista di protezioni antinfortunistiche meccaniche, ai sensi della Direttiva 2006/42/CE, eseguite sia anteriormente che posteriormente, realizzate in acciaio.
- Guarnizioni laterali in gomma, fissate sulla carcassa dello sgrigliatore, per ottimizzare la tenuta laterale tra macchina e pareti del canale.

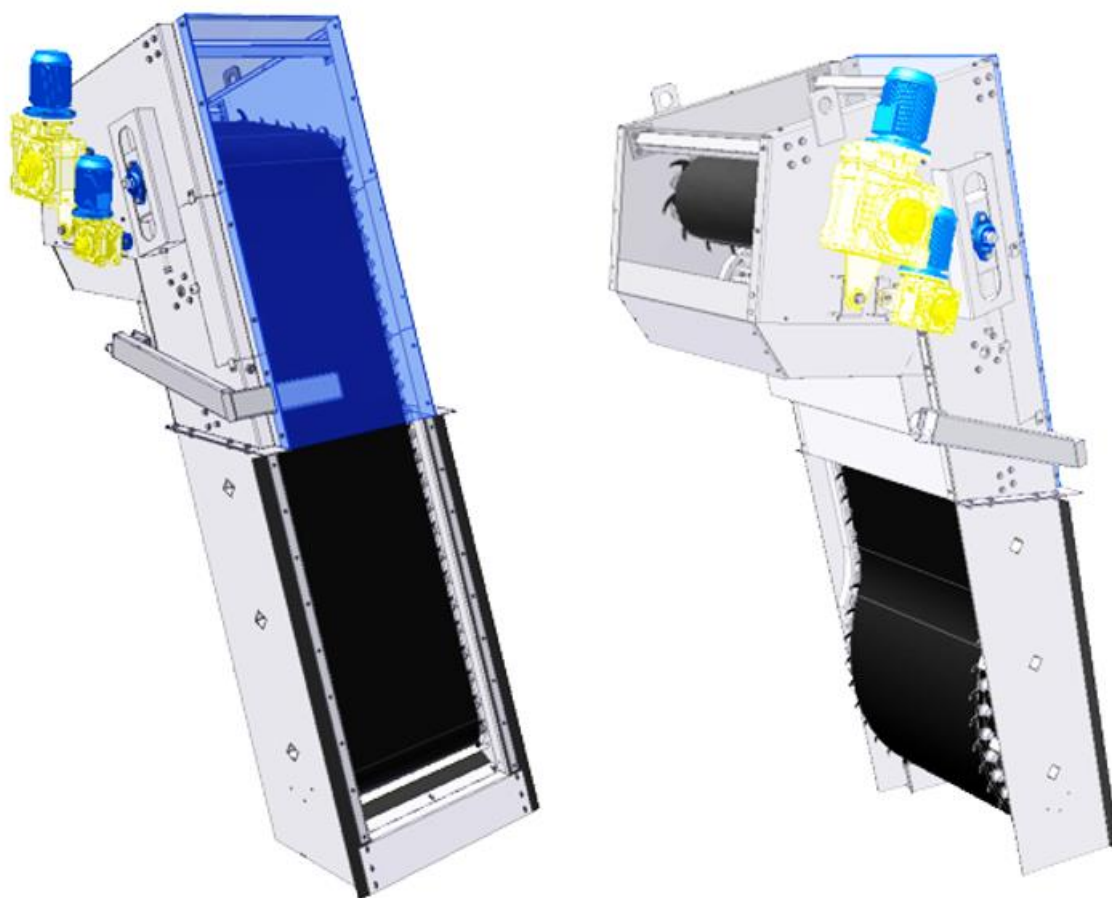


Figura 32 - Rappresentazione di una griglia fine a nastro continuo

La griglia attualmente in esercizio risulta essere adeguata alle nuove portate di progetto, come meglio illustrato nella verifica idraulica di cui al Capitolo 6.

4.2.3 Dissabbiatura

La presenza, nelle acque di rifiuto, di sabbie ed altre sostanze abrasive o pesanti, può comportare notevoli inconvenienti negli impianti di depurazione o, comunque, in tutti i sistemi di smaltimento delle acque di rifiuto, in cui sono presenti tubazioni o macchinari, che possono essere erosi o intasati, e vasche che possono essere riempite da materiale inerte, che ne diminuisce la capacità utile. Si provvede all'eliminazione delle "sabbie" (si intendono come tali anche quelle particelle e corpi che hanno caratteristiche di peso specifico ed idrodinamiche analoghe: pezzetti di vetro e metallo, chicchi di caffè, ceneri, noccioli di frutta, terra, ...) con appositi dispositivi chiamati, appunto, dissabbiatori. La dissabbiatura è una fase assai delicata in quanto deve provvedere ad una separazione differenziata dei solidi: non deve catturare troppe sostanze sospese (poiché con la sabbia si accumulerebbero sostanze organiche putrescibili), né troppo poche, venendo meno alla sua funzione.

L'eliminazione delle sabbie avviene per mezzo di due dissabbiatori circolari centrifughi di tipo a vortice nel quale apposite palette rotanti mantengono nel liquido uno stato di agitazione; il particolare

moto indotto, oltre che dall'azione meccanica delle palette, dal flusso stesso del liquido immesso tangenzialmente, favorisce la caduta della sabbia sul fondo.

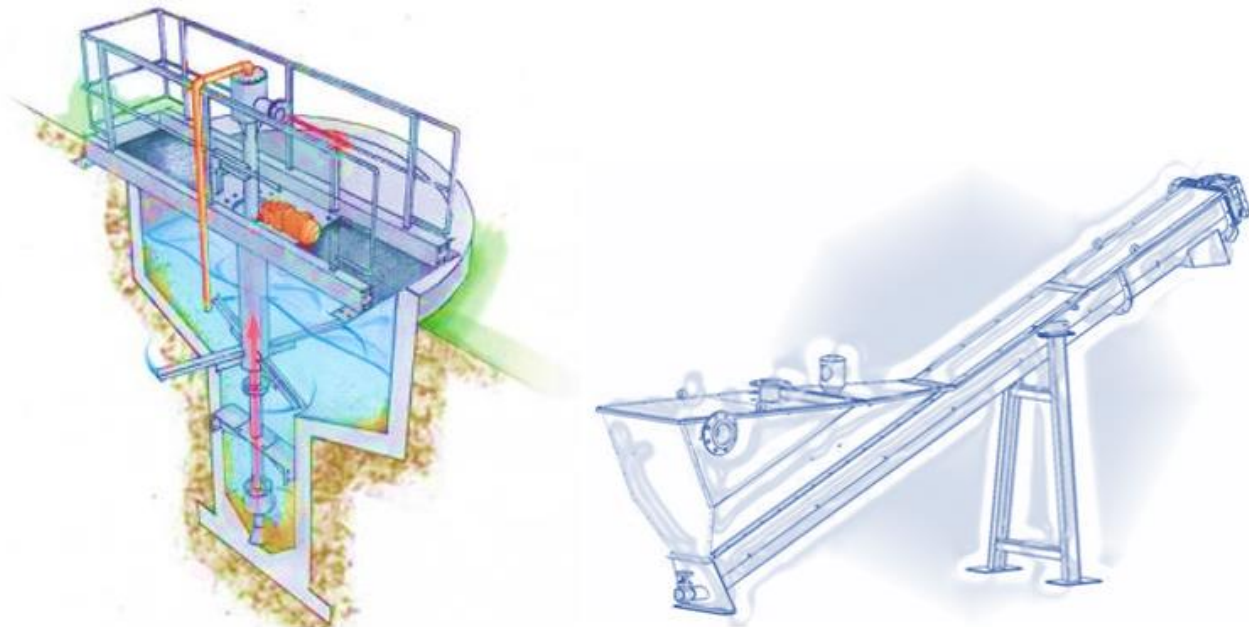



Figura 33 - Rappresentazione di un sistema di dissabbiatura e relativo classificatore

Le sabbie estratte attraverso un sistema airlift vengono avviate ad un classificatore necessario alla disidratazione delle stesse, con scarico in cassone dedicato. Il classificatore non è altro che una vasca di ulteriore sedimentazione della miscela estratta dal dissabbiatore, con estrazione selettiva solo del materiale pesante (prevalentemente sabbia) che si accumula sul fondo della vasca: la coclea di sollevamento della sabbia, agitando solo localmente la miscela, solleva esclusivamente la sabbia e consente la liberazione della sostanza organica in essa intrappolata.

Di seguito viene mostrata la verifica del comparto di dissabbiatura, eseguita verificando il tempo di ritenzione idraulica minimo per la tipologia di dissabbiatore meccanizzato.

Tabella 2 - Verifica dimensionale Dissabbiatura

Parametro	unità di misura	valore
Diametro vasca	m	4,20
Profondità media	m	1,80
Superficie utile	m ²	13,85
Volume	m ³	24,93
Portata massima in ingresso (Q _{max})	m ³ /h	925
	m ³ /s	0,26
Tempo di ritenzione idraulica	s	96

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 41 di 165
---	--	--

La verifica mostra come il tempo di ritenzione idraulica sia superiore ai valori minimi indicati in letteratura².

4.2.4 Principali apparecchiature in esercizio

- n. 1 griglia grossolana piana sub verticale a movimento alternato, potenza motoriduttore 1,1 kW;
- n. 1 compattatore e nastro trasportatore asservito alla griglia grossolana, potenza motore 4 kW;
- n. 2 griglie fini a nastro continuo, potenza singolo motoriduttore 1,1 kW;
- n. 1 compattatore e nastro trasportatore asservito alle griglie grossolane, potenza motore 3 kW;
- n. 5 paratoie motorizzate, potenza singolo motore 0,18 kW;
- n. 2 dispositivi di agitazione a pale nei rispettivi dissabbiatori, potenza singolo motore 1,1 kW;
- n. 5 paratoie manuali;
- n. 2 compressori per insufflaggio aria, portata 250 m³/h cadauno, potenza sinolo motore 15 kW;
- n. 1 classificatore sabbie con coclea estrazione, potenza motore 2,2 kW;

4.3 Equalizzazione/Omogeneizzazione e impianti di sollevamento

L'impianto è stato progettato con l'intento di alimentare con una portata costante il comparto biologico minimizzando così le variazioni qualitative e quantitative delle acque reflue in ingresso; a tal fine è stata inserita nella configurazione impiantistica un volume di equalizzazione, costituito da due bacini di egual volume, ognuno dei quali pari a 1.772 m³.

La miscelazione del refluo che staziona all'interno di detto comparto è garantita dall'azione di quattro esistenti miscelatori sommersi, due per vasca e dalla presenza di due aeratori esistenti, uno per vasca, per prevenire potenziali condizioni di anossia.

Il comparto dell'attuale equalizzazione verrà adeguato alla nuova configurazione impiantistica, con l'installazione di paratoie regolabili in automatico a monte e a valle della stessa, in funzione della portata in ingresso: il setto divisorio esistente divide equamente l'intero volume in due sotto-volumi simili, il primo dei quali dedicato all'equalizzazione della portata da avviare al trattamento biologico (2,5Qm), il secondo all'accumulo delle acque meteoriche. La portata equalizzata, comprensiva delle acque di pioggia, sarà accumulata e avviata gradatamente alla linea di trattamento primaria qualora l'evento di pioggia sia inferiore al volume di accumulo totale; il sovrappiù, se l'evento sarà stato tale da addurre un volume ancora maggiore, sarà sfiorato nel nuovo "sollevamento acque meteoriche" che

² MASOTTI LUIGI; VERLICCHI PAOLA, 2005. *Depurazione delle acque di piccola comunità - tecniche naturali e tecniche impiantistiche*. HOEPLI.

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p align="center">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	Dicembre 2020
		Pagina 42 di 165

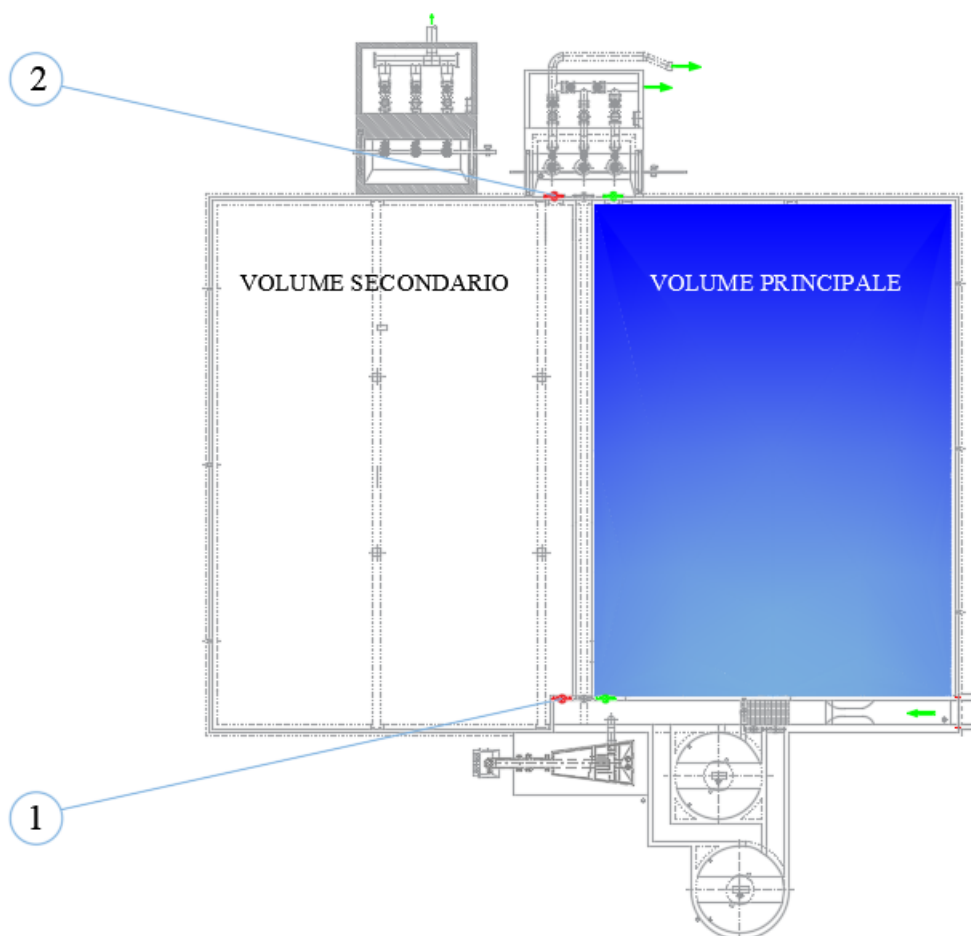
avvierà il flusso (fino a $(5Q_m - 2,5Q_m) = 2,5Q_m$) alla disinfezione chimica dedicata. Saranno mantenuti in esercizio gli attuali mixer.

Il volume totale della vasca soddisfa il requisito di cui al punto B 3.5 lettera b) del Regolamento Regionale 22 maggio 2017, n. 13.

4.3.1 Equalizzazione/omogeneizzazione del refluo in ingresso

Il progetto prevede la motorizzazione delle paratoie manuali esistenti in ingresso (paratoia 1) e in uscita (paratoia 2) dal volume secondario (acque meteoriche), con regolazione automatica sulla base del livello idrico misurato attraverso il sensore dedicato esistente nel volume principale di equalizzazione, in modo tale da poter gestire e direzionare il flusso entrante secondo le differenti esigenze di trattamento. Si avrà dunque la seguente combinazione in occasione di eventi meteorici tali da addurre all'impianto una portata pari a $5Q_m$:

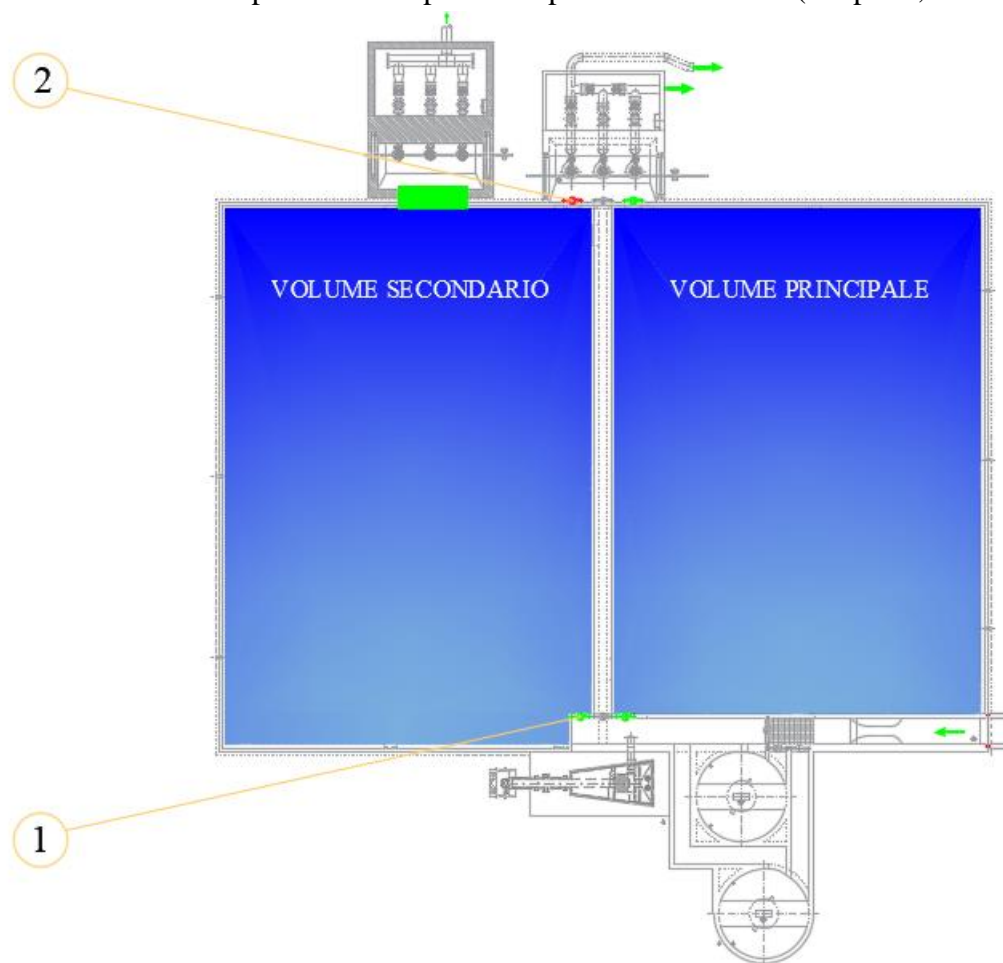
- *Inizio evento meteorico con portata in ingresso fino a $2,5Q_m$* : il flusso entrante invade il primo volume di accumulo (volume principale) e defluisce verso il sollevamento principale per essere avviato al trattamento primario e secondario. In tale condizione le paratoie motorizzate automatiche risultano entrambi chiuse (1: chiusa, 2: chiusa).



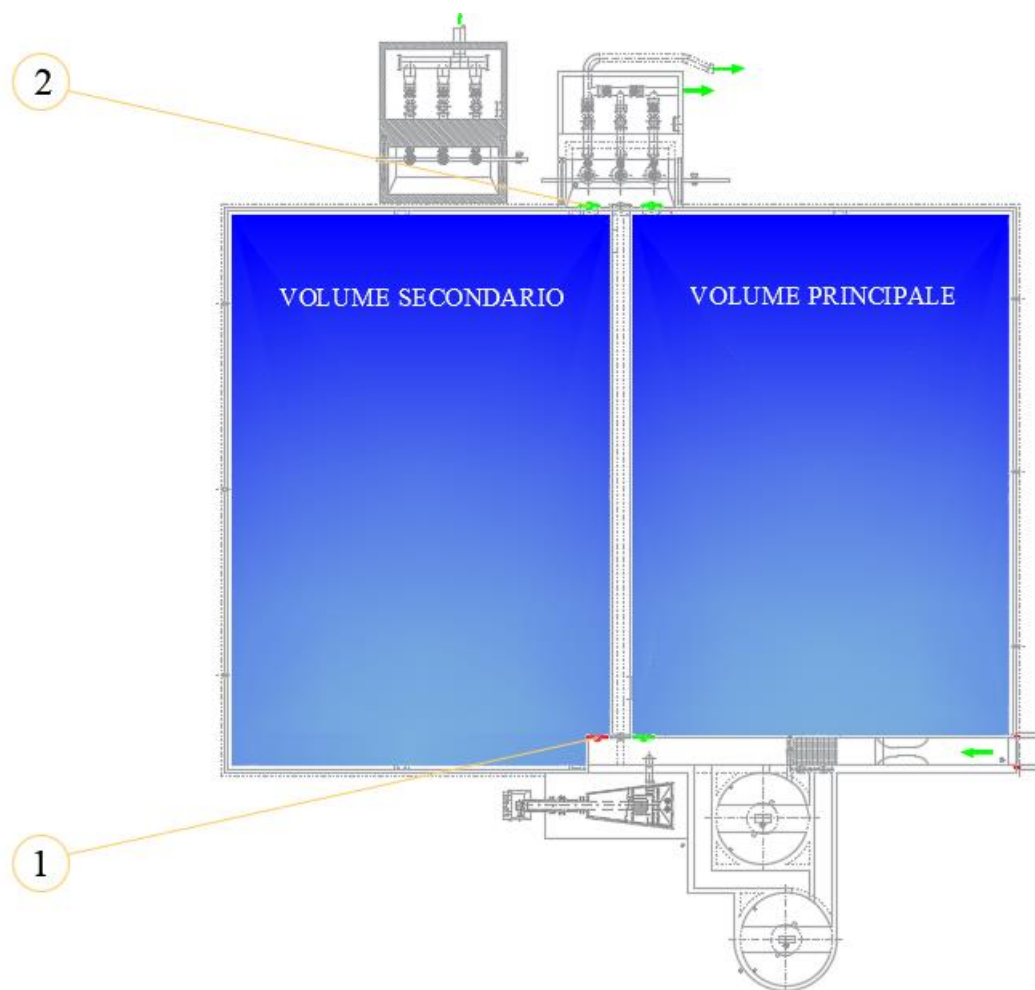
- *Perdurare dell'evento meteorico con portata in ingresso oltre $2,5Q_m$* : il sensore di livello

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

installato nel primo volume di accumulo rileva il progressivo innalzamento dello stesso e comanda l'apertura della paratoia in ingresso al volume di accumulo secondario; il refluo invade anche quest'ultimo volume fino ad innalzarsi e stramazzare verso il sollevamento secondario per l'avvio dello stesso al trattamento di disinfezione finale, mentre parte della portata in ingresso continuerà il deflusso verso la linea di trattamento principale (fino a $2,5Q_m$). In tale condizione la paratoia 1 è aperta e la paratoia 2 è chiusa (1: aperta, 2: chiusa).



- *Fine dell'evento meteorico*: l'arresto del sollevamento secondario per abbassamento del livello idrico comanda la chiusura della paratoia in ingresso al secondo volume di accumulo e, quando le condizioni di alimentazione al sollevamento della linea liquami lo consentono (tipicamente nel regime notturno), l'apertura di quella in uscita dallo stesso, consentendone il lento svuotamento; in tale fase il refluo in ingresso defluisce verso il sollevamento principale per poi essere avviato al trattamento primario e secondario. In tale condizione la paratoia 1 è chiusa e la paratoia 2 è aperta (1: chiusa, 2: aperta).



4.3.2 Impianto di sollevamento principale

L'attuale impianto di sollevamento iniziale è costituito da n. 3 elettropompe sommergibili (1+1R) e relative tubazioni di mandata verticali DN350 in acciaio, che nella successiva camera di manovra si innestano su un collettore trasversale dal quale partono due distinte tubazioni prementi DN350 in acciaio aventi punto di sbocco nel torrino di alimentazione della vasca ex chiari-flocculazione attualmente by-passata. Pertanto, l'attuale configurazione è tale per cui ogni elettropompa laterale abbia una propria tubazione premente e l'elettropompa di riserva centrale può sostituire entrambi i sistemi di pompaggio laterali. Le due elettropompe laterali si attivano in alternanza in funzione del livello idrico in vasca.

Il progetto prevede l'adeguamento del sollevamento iniziale esistente, con la sostituzione delle elettropompe sommergibili attualmente in esercizio al fine di garantire l'avvio al trattamento primario e secondario di una portata pari a 2,5Qm. Nello specifico, considerata la curva caratteristica d'impianto ogni elettropompa in progetto garantisce il sollevamento di una portata pari a 461 m³/h alla prevalenza di 11,5 m, a fronte di una portata media in ingresso pari a 368 m³/h durante il periodo estivo.

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Pertanto, sono previste n. 3 elettropompe (2+1R) con variatore di frequenza asservito, e funzionamento in alternanza, singolo o in parallelo in funzione del livello idrico in vasca, misurato attraverso un sensore dedicato, e dunque del valore di portata in ingresso all'impianto. La presenza di inverter asserviti alle elettropompe consente la miglior combinazione tra frequenza di lavoro, numero di elettropompe attive e numero di attacchi delle stesse al fine di garantire il sollevamento della portata in arrivo all'impianto, considerati i differenti regimi di carico idraulico a cui è sottoposto l'impianto, ottimizzando altresì il consumo energetico.

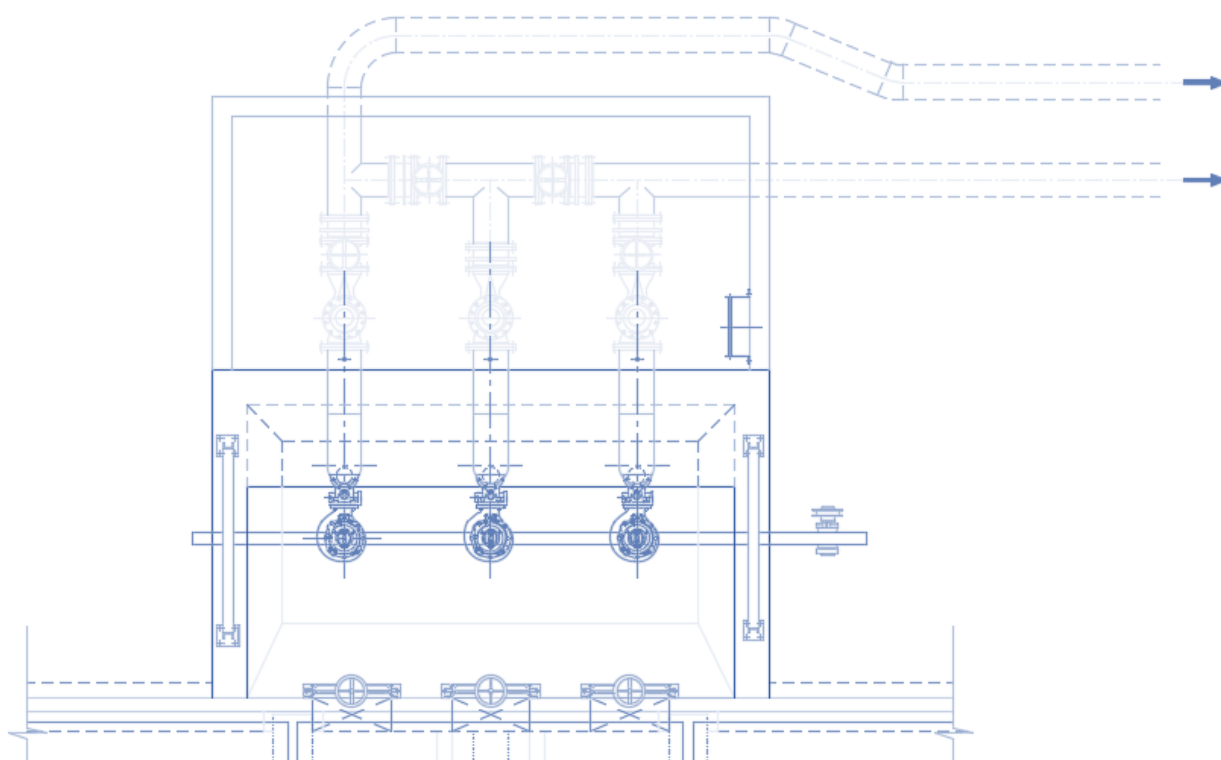


Figura 34 - Impianto di sollevamento Linea principale

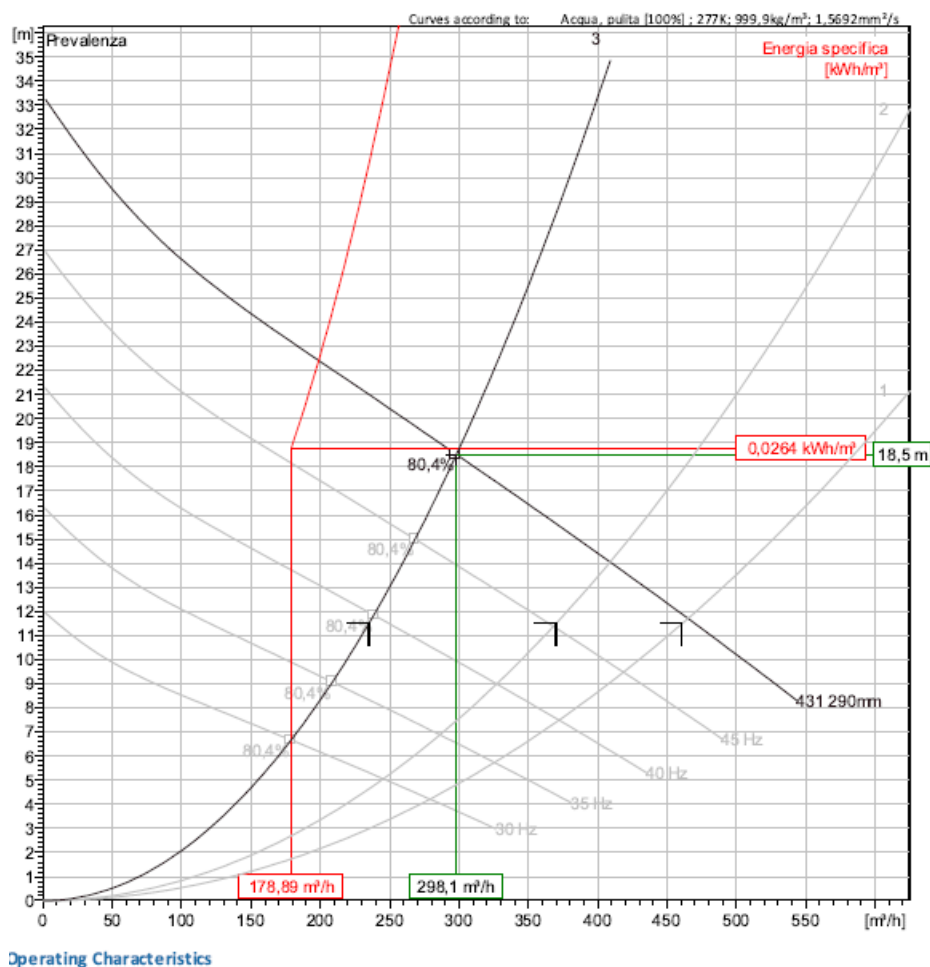



Figura 35 - Funzionamento del sistema di pompaggio con analisi delle frequenze

4.3.3 Impianto di sollevamento secondario

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo impianto di sollevamento dedicato alla linea di trattamento della portata diluita dagli eventi meteorici oltre 2,5Qm in ingresso all'impianto. Sono previste n. 2 elettropompe (1+1R) con variatore di frequenza asservito, e funzionamento in alternanza, singolo o in parallelo in funzione del livello idrico in vasca, misurato attraverso un sensore dedicato. La presenza di inverter asserviti alle elettropompe consente la miglior combinazione tra frequenza di lavoro, numero di elettropompe attive e numero di attacchi delle stesse al fine di garantire il sollevamento della portata da avviare al trattamento di disinfezione finale dedicato (eseguito con ipoclorito di sodio).

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p>Dicembre 2020</p> <p style="text-align: center;">Pagina 47 di 165</p>
---	--	--

4.3.4 Principali apparecchiature e strumentazione


- n. 2 paratoie a comando automatico a tenuta su tre lati installate nelle luci di ingresso e uscita del volume di equalizzazione secondario (nuova installazione);
- n. 4 paratoie a comando manuale a tenuta su tre lati installate nelle luci di ingresso e uscita del canale di by-pass del comparto di equalizzazione e in ingresso e in uscita del volume di equalizzazione principale (esistenti);
- n. 1 sensore di livello in vasca di sollevamento principale per la gestione delle portate in ingresso all'impianto (esistente);
- n. 1 sensore di livello in vasca di sollevamento secondario per l'attivazione/arresto delle elettropompe (nuova installazione);
- n. 3 elettropompe sommergibili in vasca di sollevamento principale, adeguate a sollevare una portata massima pari a 2,5 volte la Q_m (nuova installazione);
- n. 3 elettropompe sommergibili in vasca di sollevamento secondario, adeguate a sollevare una portata massima pari a 2,5 volte la Q_m (nuova installazione);
- n. 4 miscelatori sommersi nel volume di equalizzazione, Potenza 5.6 kW, velocità di rotazione 680 giri/min (esistenti);
- n. 2 aeratore sommersi nel volume di equalizzazione.

Per il dettaglio delle apparecchiature elettromeccaniche accessori e di tutti i componenti si rimanda all'elaborato tecnico riportante le specifiche tecniche.

4.4 Sedimentazione primaria e Defosfatazione chimica

La configurazione impiantistica di progetto prevede la rimozione chimica di quota parte del fosforo attraverso l'accumulo dei composti fosfatati nei fanghi primari e la loro conseguente eliminazione dalla linea acque attraverso l'operazione di spurgo dei fanghi dai sedimentatori primari. La restante quota parte del fosforo contenuta dall'effluente dai sedimentatori primari sarà necessaria alla sintesi biologica; in tal modo sarà possibile assicurare la conformità ai limiti tabellari stabiliti dalla vigente normativa, e alla base della presente progettazione, del parametro fosforo nell'effluente depurato.

Il progetto prevede il dosaggio di flocculante proporzionale alla misura di portata in ingresso, nonché alla misura in continuo della concentrazione di fosforo nel ripartitore di portata in ingresso ai sedimentatori secondari, e qualora in futuro se ne presenti la necessità sarà possibile anticipare il punto di dosaggio in testa al reattore di flocculazione sfruttando anche quest'ultimo volume.

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 48 di 165
---	--	--

4.4.1 Rimozione del fosforo

La precipitazione del fosforo è un trattamento in cui vengono aggiunti reagenti chimici allo scopo di ottenere un effluente povero di fosforo in modo da preservare i bacini idrici dai fenomeni di eutrofizzazione. Il trattamento chimico, oltre alla precipitazione di fosfati solubili, determina anche un positivo effetto di coagulazione e flocculazione sui solidi sospesi.

La precipitazione del fosforo è un processo in cui i reagenti chimici (precipitanti) reagiscono con il fosforo presente nel liquame sotto forma di ioni ortofosfato per dare fosfati insolubili o scarsamente solubili che precipitano. In presenza dell'alcalinità del liquame si formano anche idrossidi metallici che favoriscono la coagulazione e flocculazione dei solidi sospesi.

I reagenti chimici comunemente usati nei trattamenti di precipitazione sono:

- il solfato di alluminio;
- l'alluminato di sodio;
- il cloruro ferrico;
- il cloruro ferroso;
- il solfato ferrico;
- il solfato ferroso;
- la calce.

L'utilizzo dei sali di ferro bivalente è limitato ai trattamenti di precipitazione simultanea dove l'ambiente fortemente ossidante determina la rapida trasformazione dello ione ferroso a ione ferrico. Le reazioni di precipitazione sono le stesse dei sali di ferro trivalente, con il vantaggio che gli ioni di ferro trivalente così generati, sembrano molto più selettivi nella formazione di fosfati ferrici insolubili.

Anche il fosforo organico ed i polifosfati precipitano in presenza di ioni ferrici e di alluminio, il loro rendimento di rimozione è però limitato rispetto a quello degli ortofosfati, mentre sembrano prevalere meccanismi di adsorbimento e coagulazione.

La quantità di fosforo da eliminare (P_r) è costituita da quella alimentata in ingresso all'impianto (P_o) diminuita di quella che viene allontanata con lo scarico (P_e) e di quella utilizzata dai batteri eterotrofi per i propri fabbisogni di sintesi (P_{int}). Quest'ultima è stimata da letteratura essere pari all'1% del BOD₅ rimosso nel trattamento biologico.

4.4.2 Sedimentazione primaria

La sedimentazione primaria sfrutta la forza di gravità per separare dall'acqua le particelle solide, ovvero sedimentabili, caratterizzate da peso specifico maggiore di quello dell'acqua, e che sono in grado di depositarsi sul fondo della vasca dedicata in tempi accettabili e compatibili con i tempi di residenza idraulica di un impianto di depurazione delle acque reflue. La sedimentazione, che è un processo a basso costo di gestione, si realizza in vasche appositamente conformate, in modo da facilitare al massimo:

- la separazione delle particelle dal mezzo liquido;
- la raccolta delle particelle, come fango;

- la concentrazione del fango;
- l'allontanamento del fango.

Affinché le particelle solide che si desidera separare dal mezzo liquido possano sedimentare efficacemente sul fondo della vasca occorre che:

- sia assicurato un sufficiente tempo di detenzione del liquido nella vasca;
- il carico idraulico superficiale (Cis), inteso come rapporto fra la portata di liquame Q e la superficie della vasca S, anche considerato come velocità ascensionale, non superi determinati valori limite, solitamente non superiori a $1,2 \text{ m}^3/(\text{m}^2 \cdot \text{h})$.

I solidi sedimentabili presenti nelle acque reflue sono classificabili in due categorie, ben evidenziando che esiste tutta una gamma di solidi con caratteristiche intermedie:

- particelle “granulose” o “discrete”, che sedimentano individualmente, senza che si verifichino sensibili interferenze ed interazioni fra particelle vicine;
- particelle “fiocose”, che per il loro carattere e per le forze di attrazione superficiale che le caratterizzano, durante la fase di precipitazione tendono ad agglomerarsi.

Il processo di sedimentazione primaria, con dosaggio di agenti chimici flocculanti, permette un abbattimento degli inquinanti variabile in funzione dei parametri considerati. Nella presente progettazione sono stati considerati le seguenti percentuali di abbattimento:

Tabella 3 - Rendimento di rimozione degli inquinanti nella sedimentazione primaria


Parametro	Unità di misura	Valore
Riduzione BOD5	%	35,00
Riduzione COD	%	35,00
Riduzione SST	%	60,00
Riduzione AZOTO totale	%	10,00
Riduzione FOSFORO totale	%	85,00

Il progetto prevede inoltre l'avvio dei fanghi spurgati dalla sedimentazione primaria (primari e chimici) in due volumi di accumulo e rilancio alla fase di ispessimento dinamico, attualmente aventi la funzione di ispessitori statici.

4.4.3 Dimensionamento del trattamento primario

Di seguito si riporta la verifica dimensionale, intesa come verifica idrodinamica, del comparto di sedimentazione primaria, che è costituito da due vasche circolari in parallelo con ponte raschiatore mobile incernierato su supporto di sostegno al centro delle vasche e azionato perifericamente da un carrello di traino disposto sull'estremità del ponte stesso, con motore e riduttore, tramite ruote gommate che insistono lungo il bordo in muratura delle vasche.

Viene mostrata altresì la rimozione del fosforo conseguente al dosaggio di cloruro ferrico, nonché il dimensionamento dell'impianto di stoccaggio e dosaggio dello stesso, sia in regime estivo che invernale.

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 50 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Tabella 4 – Verifica dimensionale Comparto di Sedimentazione primaria

Parametro	Unità di misura	Valore	
		Estate	Inverno
- Numero di sedimentatori primari	n	2,00	2,00
- Tipo di sedimentatori (circ/rett)	C/R	c	c
- Caratteristiche dimensionali del/dei manufatti			
Diametro interno	m	18,00	18,00
Superficie del singolo manufatto	m ²	254,00	254,00
Superficie totale	m ²	508,00	508,00
Lunghezza dello sfioro	m	56,55	56,55
Lunghezza totale dello sfioro	m	113,10	113,10
Profondità media	m	2,95	2,95
Volume del singolo manufatto	m ³	749,30	749,30
Volume totale	m ³	1.498	1.498
- Caratteristiche idrauliche del/dei manufatti			
Velocità ascensionale a Qm	m ³ /m ² /h	0,72	0,46
Velocità ascensionale a Qpta	m ³ /m ² /h	1,27	0,84
Velocità ascensionale a Qpbio	m ³ /m ² /h	1,81	1,16
Carico superficiale sullo sfioro a Qm	m ³ /m/h	3,26	2,08
Carico superficiale sullo sfioro a Qpta	m ³ /m/h	5,69	3,77
Carico superficiale sullo sfioro a Qpbio	m ³ /m/h	8,14	5,21
Tempo di permanenza a Qm	h	4,07	6,36
Tempo di permanenza a Qpta	h	2,33	3,52
Tempo di permanenza a Qpbio	h	1,63	2,54
- Rendimento di rimozione degli inquinanti			
Riduzione BOD ₅	%	35,00	35,00
Riduzione COD	%	35,00	35,00
Riduzione SST	%	60,00	60,00
Riduzione AZOTO totale	%	10,00	10,00
Riduzione FOSFORO totale	%	85,00	85,00
- Caratteristiche dei liquami dopo la sedimentazione primaria			
BOD ₅ totale in uscita	kg BOD ₅ /d	2.614,98	1.677,85
Concentrazione BOD ₅ in uscita	mg/l	272,95	275,11
BOD ₅ eliminato nel primario	kg/d	1.408,07	903,46
COD totale in uscita	kg COD/d	5.253,95	3.371,42
Concentrazione COD in uscita	mg/l	548,39	552,80
COD eliminato nel primario	kg/d	2.829,05	1.815,38
SST totali in uscita	kg SST/d	2.396,72	1.537,05
Concentrazione SST in uscita	mg/l	250,16	252,02

SST eliminati nel primario	kg/d	3.595,08	2.305,57
Azoto totale in uscita	kg/d	768,42	492,51
Concentrazione azoto totale in uscita	mg/l	80,21	80,75
Azoto totale eliminato nel primario	kg/d	85,38	54,72
Fosforo totale in uscita	kg P/d	27,14	17,45
Concentrazione fosforo totale in uscita	mg/l	2,83	2,86
Fosforo totale eliminato nel primario	kg/d	153,79	98,91
Fango primario di supero	kg/d	3.595,08	2.305,57
Tenore di secco del fango primario	%	3,00	3,00
Volume fango primario	m ³ /d	119,84	76,85
Portata effluente al trattamento secondario	m ³ /d	9.461,09	6.021,98

Tabella 5 - Dimensionamento Stoccaggio e dosaggio chemical per defosfatazione chimica

Parametro	Unità di misura	Valore	
		Estate	Inverno
- Fosforo entrante	Kg P/d	180,93	116,37
- Fosforo abbattuto per sintesi	Kg P/d	24,38	15,65
- Rendimento abbattimento fosforo in ossidazione-nitrificazione	%	13,48	13,45
- Fosforo ammesso allo scarico	Kg P/d	17,68	11,31
- Fosforo da abbattere per precipitazione simultanea	Kg P/d	138,87	89,41
- Reagente chimico utilizzato		FeCl ₃	FeCl ₃
- Concentrazione commerciale	%	40,00	40,00
- Peso specifico	Kg/l	1,41	1,41
- Dosaggio di reagente	Kg/Kg P abb	7,19	7,19
- Consumo di FeCl ₃	Kg/d	998,11	642,62
- Consumo giornaliero di soluzione commerciale	Kg/d	2.495,28	1.606,56
	l/d	1.769,70	1.139,41
- Produzione specifica dei fanghi chimici precipitanti	KgSS/KgFeCl ₃ d	3,00	3,00
- Produzione totale di fango chimico	Kg SS/d	831,76	535,52

Sulla scorta delle necessità del comparto è stata dunque prevista la realizzazione di una stazione di stoccaggio e dosaggio del Cloruro Ferrico composta da:

- N. 2 serbatoi di stoccaggio in vetroresina da 25 m³ cadauno;
- N. 2 (1+1R) pompe dosatrici dei chemicals direttamente nel partitore a monte della sedimentazione primaria.

4.5 Ossidazione/Nitrificazione e Denitrificazione

Il comparto biologico è attualmente rappresentato da due linee poste in parallelo costituite ognuna da un volume definito di pre-denitrificazione e da una sezione specifica di ossidazione/nitrificazione. L'attuale sistema di miscelazione in denitrificazione è costituito da agitatori verticali immersi, mentre

l'insufflazione di aria in ossidazione avviene per mezzo di una rete di piattelli diffusori a membrana alimentati da compressori dedicati.

Come già evidenziato nel Quadro Esigenziale, AQP ha espressamente richiesto allo scrivente RTP una ridistribuzione dei volumi di nitrificazione e denitrificazione; pertanto, nell'ottica della riduzione dei tempi di realizzazione degli interventi e dell'ottimizzazione dei costi di gestione, la soluzione migliore è prevedere un nuovo sistema di processo nitro-denitro con aerazione a intermittenza.

Il progetto prevede dunque l'installazione di una nuova rete di distribuzione dell'aria in tutto il volume biologico, compreso nelle attuali zone dedicate alla pre-denitrificazione biologica; allo stesso modo, vista la particolarità del sistema di aerazione intermittente, è prevista l'installazione di miscelatori sommersi nell'attuale volume dedicato all'ossidazione/nitrificazione biologica, lasciando però inalterato il sistema di miscelazione attualmente in esercizio nelle vasche di pre-denitrificazione. Sarà comunque lasciato inalterato l'attuale sistema di ricircolo della miscela aerata per dare una maggior flessibilità impiantistica in fase di gestione operativa, nel caso in futuro volesse riattivare il sistema a fanghi attivi del tipo tradizionale.

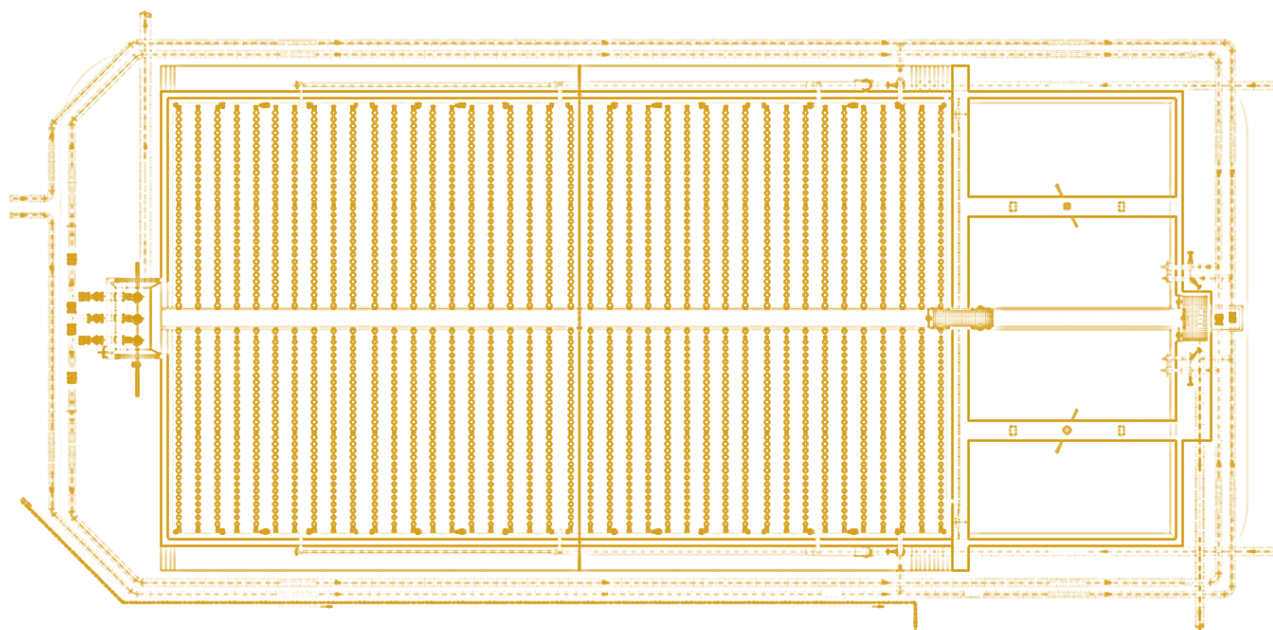


Figura 36 - Sistema di distribuzione aria - Stato di fatto

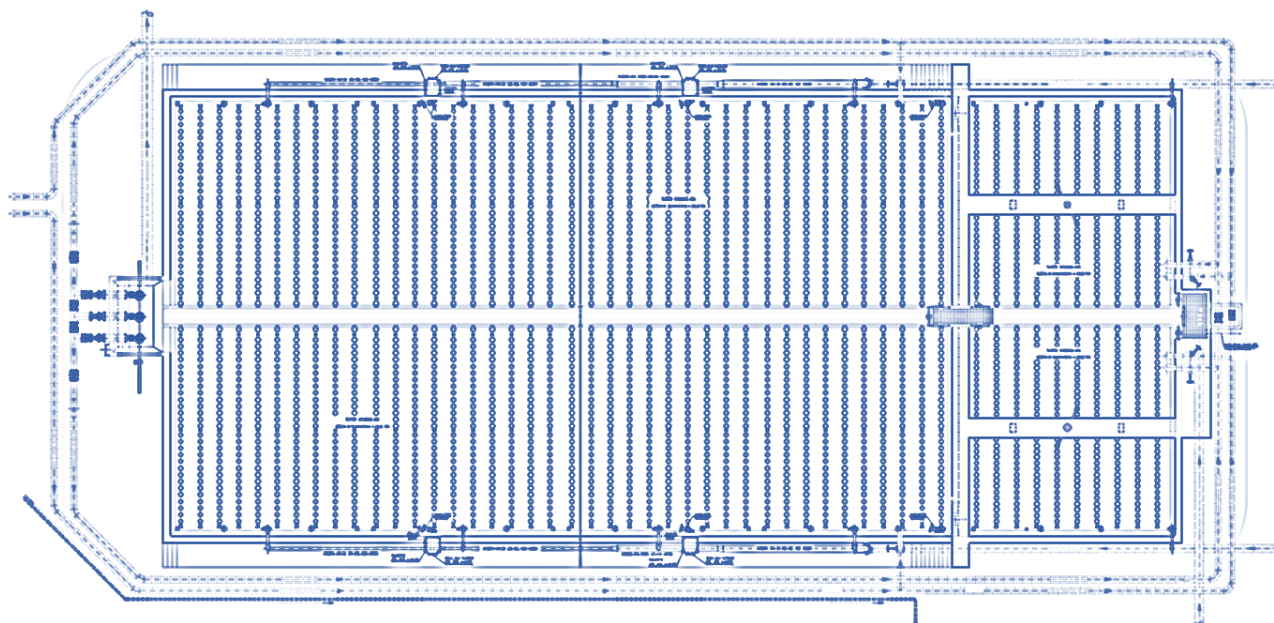


Figura 37 - Sistema di distribuzione aria - Progetto

4.5.1 Criteri di dimensionamento del trattamento biologico

I trattamenti biologici vengono utilizzati per rimuovere le componenti carboniose ed azotate dell'inquinamento organico biodegradabile.

I processi di ossidazione del BOD₅ e dell'azoto ammoniacale, negli impianti moderni, vengono fatti svolgere generalmente in un unico reattore mantenuto in condizioni strettamente aerobiche.

La rimozione della frazione carboniosa avviene quasi completamente nell'ambito di questo bacino, mentre quella della frazione azotata deve avvenire in due stadi separati.

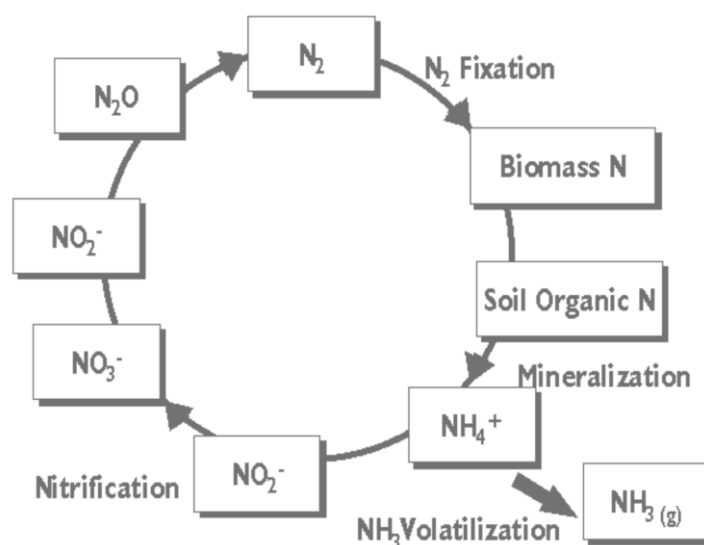

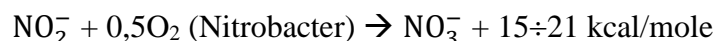


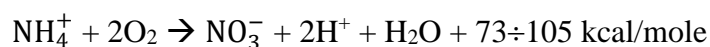
Figura 38 - Ciclo dell'azoto

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 54 di 165
---	--	--

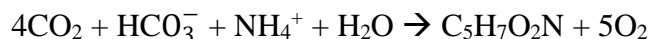
Nel primo stadio l'azoto ammoniacale viene ossidato prima in NO_2 e poi nella forma stabile NO_3 , da parte di batteri autotrofi tipo Nitrosomonas e Nitrobacter, per i quali la fonte di carbonio è rappresentata dai carbonati o dalla CO_2 mentre l'energia esotermica delle reazioni di ossidazione viene utilizzata per la sintesi e l'attività metabolica della biomassa nitrificante (vedi figura seguente). Il processo di nitrificazione può essere rappresentato mediante le seguenti reazioni:



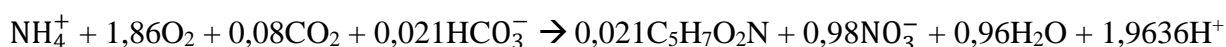
e complessivamente:



Assumendo per la composizione cellulare media dei batteri la formula $\text{C}_5\text{H}_7\text{O}_2\text{N}$ il processo di sintesi può essere rappresentato dalla seguente equazione stechiometrica:



In considerazione che devono essere ossidate 54 moli di NH_4^+ per la sintesi di una mole di Nitrosomonas e 400 moli di NO_2^- per la sintesi di una mole di Nitrobacter, l'equazione chimica completa di ossidazione a nitrato è la seguente:

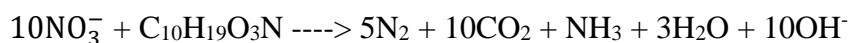


In base alla precedente equazione il consumo teorico di ossigeno è pari a 4,25 mg O_2 per mg di N- NH_3 ossidato (nelle pratiche applicazioni si adotta un valore maggiorato, per tener conto delle diverse condizioni operative, pari a circa 4,6÷4,7 mg O_2 /mg di N- NH_3).

L'acidità che si forma durante l'ossidazione dell'ammoniaca deve essere tamponata se non si vuole inibire il processo biologico. Dalle precedenti equazioni si trae che sono necessari 7,1 mg/l di alcalinità (come CaCO_3) per mg/l di N- NH_3 ossidato.


Nel secondo stadio del processo, noto con il nome di denitrificazione, si ottiene la riduzione delle forme ossidate ad azoto molecolare gassoso che passa dalla fase liquida all'atmosfera.

Nel caso presente in cui il substrato carbonioso è costituito dalla sostanza organica contenuta nel liquame (cui viene assegnata una composizione media $\text{C}_{10}\text{H}_{19}\text{O}_3\text{N}$) le reazioni di ossido-riduzione esplicate dai batteri denitrificanti possono essere così schematizzate:



Le equazioni cinetiche fondamentali, sulla base delle ipotesi di Monod, sono le medesime sia per la nitrificazione che per la denitrificazione. Da queste equazioni si trae in pratica un utile parametro di calcolo, detto velocità di nitrificazione o denitrificazione, noto il quale è possibile calcolare la quantità di biomassa necessaria.

I valori di questo parametro sono abbastanza concordi in tutta la letteratura. Per la velocità di nitrificazione, a 20°C, viene indicato un campo di 7 - 10 gr NH_4 /gr NVSSxh, mentre per quella di denitrificazione viene indicato un campo di variabilità di 3 - 5 mg NO_3 /gr DVSSxh.

 acquedotto pugliese l'acqua, bene comune	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 55 di 165

La velocità di reazione è influenzata da vari fattori, la temperatura, l'ossigeno disciolto, dal substrato limitante e dal pH. Questa ultima influenza non viene praticamente tenuta in conto negli scarichi urbani vista la modesta variabilità di questo parametro attorno al valore di neutralità.

La velocità massima di nitrificazione, alla temperatura di 20°C, è espressa dalla seguente espressione:

$$V_n = \frac{\mu_0}{Y_n}$$

nella quale:

- V_n è la velocità massima di ossidazione per azione dei batteri nitrificanti a 20°C in assenza di fattori limitanti espressa in kg di TNK per kg di biomassa nitrificante al giorno;
- μ_0 è la velocità massima di crescita dei batteri nitrificanti in giorni⁻¹;
- Y_n è il tasso di crescita batterica inteso come produzione di batteri nitrificanti in relazione all'ammoniaca ossidata (kg di biomassa per kg TNK).

Nelle reali condizioni operative l'ossidazione dell'ammoniaca è rallentata da fattori limitanti costituiti dalle concentrazioni dell'ammoniaca e dell'ossigeno. Per cui si può scrivere per la velocità di nitrificazione alla temperatura 20°C la seguente espressione:

$$V_n(T) = V_n(20) \times \left(\frac{TNK}{K_{TNK} + TNK} \right) \times \left(\frac{OD}{K_D + OD} \right)$$

nella quale:

- TNK e OD rappresentano la concentrazione di azoto totale e di ossigeno disciolto presenti nel sistema;
- K_{TNK} e K_D le costanti di semisaturazione, che vengono assunte usualmente pari 0,5 mg/l e 1 mg/l rispettivamente.

La velocità di nitrificazione risente in modo sensibile, anche, delle variazioni di temperatura secondo la seguente legge sperimentale:

$$V_n(T) = V_n(20) \times 1,12^{(T - 20)}$$

Per procedere, infine, al dimensionamento occorre valutare l'entità della frazione autotrofa nitrificante sul totale della biomassa presente nel sistema.

Questa può essere calcolata come rapporto tra la produzione di batteri nitrificanti X_N e la produzione complessiva di batteri X_e (autotrofi ed eterotrofi). In formule si può pertanto scrivere:

$$f = X_N / (X_N + X_e)$$


nella quale è

$$X_e = Y \times Q \times (S_0 - S_e)$$

e

$$X_N = Y_n \times Q \times (TNK_0 - TNK_e)$$

dove con Y si sono indicate le costanti di crescita batterica.

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 56 di 165
---	--	--

Da dati sperimentali è noto il rapporto tra Y e Y_n , pari a 3,7 per cui la frazione dei batteri autotrofi è pari a:

$$f = \frac{1}{(1 + 3,7 \frac{S_o - S_e}{TNK_o - TNK_e})}$$

Analogamente a quanto detto in precedenza a proposito della velocità di nitrificazione, la velocità di denitrificazione, alla generica temperatura T , può essere calcolata con la seguente espressione:

$$V_{dn}(T) = V_{dn}(20^\circ) \times \theta^{(T - 20)}$$

Affinché il processo abbia luogo occorre ricircolare una aliquota del liquame ossidato, contenente azoto nitrificato, e fango di ricircolo contenente le famiglie di batteri eterotrofi in grado di operare la denitrificazione.

Nel processo ad aerazione a intermittenza, non vi è ricircolo della miscela aerata, in quanto il processo avviene all'interno della stessa vasca di trattamento.

4.5.2 Trattamento biologico con aerazione a intermittenza

Il trattamento biologico può esser utilizzato, non solo per la rimozione della sostanza organica, ma anche per l'abbattimento dei nutrienti (azoto e fosforo). Allo scopo possono essere impiegati processi a biomassa sospesa che coinvolgono batteri aerobi, anaerobici e facoltativi. Per la rimozione dell'azoto negli impianti di depurazione si utilizzano trattamenti biologici di nitrificazione e denitrificazione.

La nitrificazione è un trattamento biologico aerobico in cui opportune specie batteriche realizzano l'ossidazione dell'azoto ammoniacale ad azoto nitroso prima e nitrico poi.


La finalità è di ottenere un effluente povero di azoto ammoniacale e preservare i corsi d'acqua da fenomeni di deossigenazione e di tossicità nei confronti della fauna ittica. Il processo di nitrificazione è strettamente aerobico e può quindi svolgersi negli stessi reattori in cui ha luogo la rimozione della sostanza organica.

La denitrificazione è un trattamento biologico in condizioni anossiche (assenza di ossigeno molecolare con presenza di ossigeno combinato, ovvero legato agli atomi di azoto) in cui opportune specie batteriche realizzano la rimozione dissimilativa dell'azoto nitrico riducendolo ad azoto molecolare gassoso.

La rimozione biologica del fosforo è un processo molto più complicato da gestire, rispetto agli usuali trattamenti a fanghi attivi per cui vengono privilegiati trattamenti chimici di precipitazione.

I bacini di ossidazione possono funzionare con aerazione intermittente così da conseguire sia la nitrificazione che la denitrificazione all'interno della medesima vasca. Durante il periodo di tempo in cui l'aerazione è assente, la vasca opera come un bacino anossico, e pertanto i nitrati vengono impiegati come accettori di elettroni nella rimozione del BOD, in luogo dell'ossigeno disciolto.

In particolare, essendo la vasca alimentata con continuità dall'influente, essa funziona in maniera simile ad un bacino di pre-denitrificazione.

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 57 di 165
---	--	--

Durante il periodo di reazione anossica, l'areazione viene interrotta, un miscelatore sommerso è messo in funzione ed i nitrati vengono ridotti. Il sistema equivale ad un reattore a fanghi attivi anossico a completo mescolamento.

Nella fase anossica, i nitrati e la concentrazione di ossigeno disciolto presenti nella vasca diminuiscono, mentre l'azoto ammoniacale aumenta. La durata delle fasi aerobica ed anossica è molto importante ai fini della determinazione dell'efficienza di trattamento del sistema. È sempre possibile modificare manualmente i tempi dei cicli aerobico/anossico per ottimizzare le prestazioni del processo.

La denitrificazione biologica negli impianti a fanghi attivi può essere ottenuta mediante sistema integrato caratterizzato da un solo tipo di fango attivo soggetto a condizioni anossiche e aerobiche che permettono lo sviluppo bilanciato di biomasse eterotrofe denitrificanti e autotrofe nitrificanti. I sistemi integrati, rispetto al sistema separato, presentano i seguenti vantaggi:

- sono di semplice realizzazione e gestione;
- non richiedono il dosaggio di fonti di carbonio esterne (ad esempio metanolo);
- consentono risparmi energetici poiché i nitrati vengono utilizzati come accettori di elettroni per l'ossidazione della sostanza organica in luogo dell'ossigeno molecolare;
- consentono di compensare il consumo di alcalinità che si registra in nitrificazione;
- annullano o per lo meno riducono i problemi di "bulking" e di "rising" dei fanghi, con conseguente migliore sedimentabilità degli stessi.

I risparmi energetici si spiegano in quanto, in condizioni aerobiche, il carbonio organico viene ossidato con consumo di ossigeno disciolto, mentre in condizioni anossiche il carbonio organico viene ossidato senza alcun consumo di ossigeno molecolare dando luogo alla rimozione di azoto nitrico con un recupero di $2,85 \text{ kgO}_2/\text{KgN-NO}_3$ eliminato.

Il consumo di alcalinità dovuto ai processi di nitrificazione è compensato con una produzione di alcalinità pari a $3,57 \text{ KgCaCO}_3/\text{Kg N-NO}_3$, limitando i rischi di abbassamento del pH dovuti a carenza di alcalinità e di inibizione della stessa nitrificazione.

L'annullamento dei problemi di "rising" del fango è legato alla rimozione dei nitrati che avviene negli appositi reattori e non nelle vasche di sedimentazione finale. L'eliminazione dei fenomeni di "bulking" è dovuta alla "selezione" delle specie batteriche effettuata dai reattori di denitrificazione; la zona anossica, infatti, alimentata con liquame influente e fanghi di ricircolo funge da selettore dei batteri denitrificanti rispetto a quelli filamentosi e, prevalendo sui secondi nell'acquisizione del substrato organico, determina la riduzione dei rischi di "bulking" dei fanghi nel sedimentatore secondario.

Le configurazioni impiantistiche dei sistemi integrati sono tre, tutte derivanti concettualmente dalla prima:

- pre-denitrificazione-nitrificazione;
- nitrificazione-denitrificazione in simultanea;
- nitrificazione-denitrificazione in alternanza.

La scelta progettuale prevede una configurazione impiantistica con un processo di aerazione ad intermittenza, in grado di gestire la fase di ossidazione, quella di nitrificazione e quella di denitrificazione all'interno della medesima unità; nello specifico, all'interno dello stesso bacino si alternano fasi aerate e fasi anossiche, che determinano sia l'ossidazione della sostanza organica sia la rimozione dei composti azotati.

In altri termini, si realizza una trasformazione "spazio/tempo", mediante temporizzazione ciclica delle fasi depurative in volume unico, equivalenti ai volumi di reazione prefissati, come nel caso dei sistemi tradizionali. La fornitura ciclica (on/off) di aria consente la creazione di condizioni aerobiche ed anossiche adeguate all'implementazione di fasi sequenziali di nitrificazione e denitrificazione.

Dal punto di vista del controllo, il processo di aerazione intermittente può essere implementato attraverso:

- il controllo temporizzato (prefissato dei cicli): più economico, ma in genere meno efficiente (applicabile a situazioni di carico in ingresso con caratteristiche pressoché costanti nel tempo);
- il controllo real-time RTC (cicli definiti di volta in volta in base alle condizioni di processo) utilizzando strumentazione analitica per la misura on-line dei parametri di processo (es.: OD, ORP, pH, NH_4 , NO_3): controllo più accurato e che fornisce maggiori garanzie rispetto alla qualità dell'effluente depurato.

Il seguente grafico mostra l'andamento delle diverse forme di azoto durante la durata di un intero ciclo.

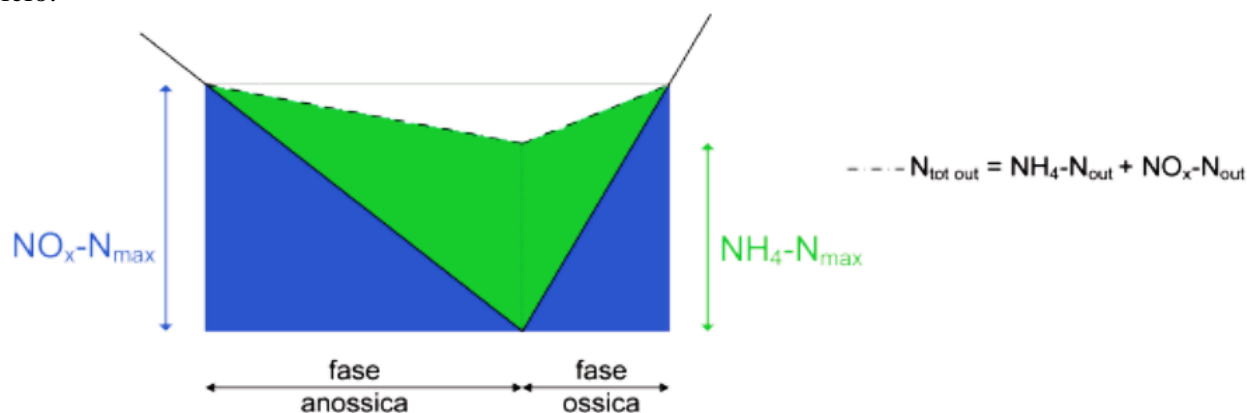


Grafico 1 - Andamento forme di azoto durante la durata di un ciclo

Il seguente grafico illustra le differenze considerevoli tra i valori di ammonio e nitrato risultanti dai sistemi di controllo a tempo tradizionali e quelli dei sistemi di controllo RTC.

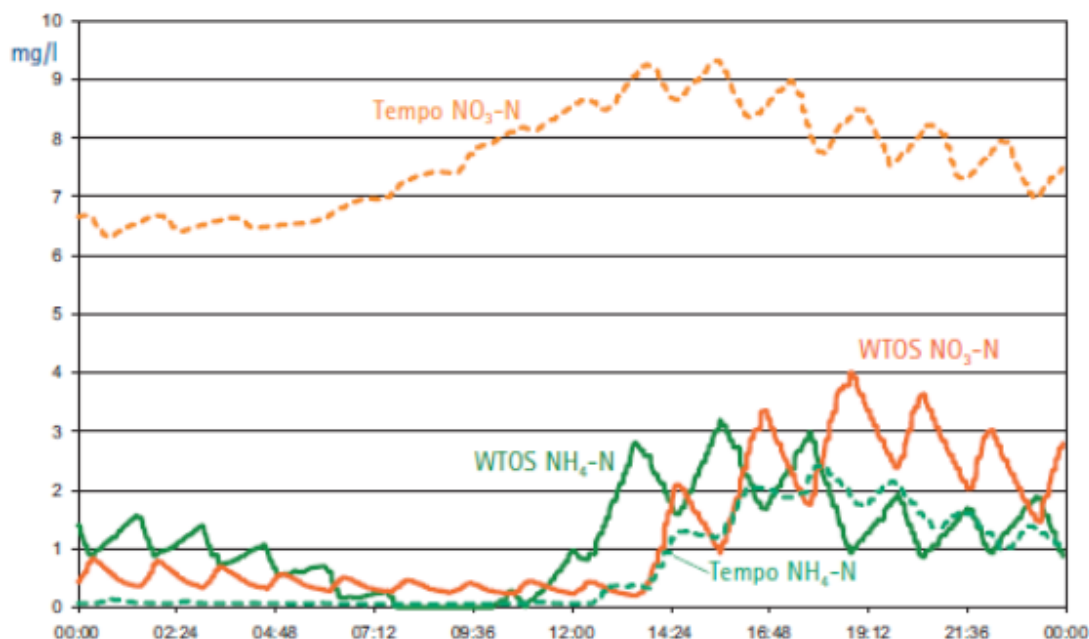


Grafico 2 - Differenza valori di ammonio e nitrato tra sistemi di controllo a tempo prefissati e di controllo real time (RTC)

La strategia di controllo ottimale per i processi ad areazione a intermittenza prevede la regolazione dell' N_{tot} nell'effluente attraverso una corretta gestione delle fasi di aerazione e anossia, non soltanto in termini di durata, ma anche sulla base del trend di concentrazioni di N_{tot} esistenti.

Confrontando lo schema di processo convenzionale (continuo) di nitrificazione/denitrificazione con quello ad aerazione intermittente, quest'ultimo risulta caratterizzato da un più alto grado di flessibilità. Infatti, è possibile regolare facilmente la lunghezza della fase di nitrificazione e quella della denitrificazione, ad esempio, sulla base delle concentrazioni misurate in tempo reale nell'effluente.

Il controllo in tempo reale dei tempi on/off di aerazione può essere effettuato sulla base del calcolo del Rapporto di Efficienza ϕ , misurando on-line i valori di Ammoniaca in ingresso (NH_4^+in), Ammoniaca (NH_4^+out) e Nitrati (NO_x^-out) in uscita nell'effluente:

$$\phi = NO_x^-out / (1 - \epsilon n) \times NH_4^+in - NH_4^+out + NO_x^-out$$

dove:

$$t_n = t_c \times (1 - \phi) \text{ tempo di nitrificazione}$$

$$t_d = t_c \times \phi \text{ tempo di denitrificazione}$$

$$t_c = t_n + t_d \text{ tempo di un intero ciclo}$$

Utilizzando strumentazione analitica di misura on-line di NH_4^+in nell'influenza e di NH_4^+out e NO_x^-out nell'effluente, è possibile regolare dinamicamente i tempi on/off di intermittenza di aerazione, per valori di concentrazione di NH_4^+out e NO_x^-out al di sotto dei limiti prefissati nell'effluente.

Nei grafici riportati qui di seguito, vi è un esempio relativo al valore che assume ϕ (equivalente al tempo di off-aerazione) al variare dei dati di NH_4^+in , NH_4^+out e NO_x^-out .

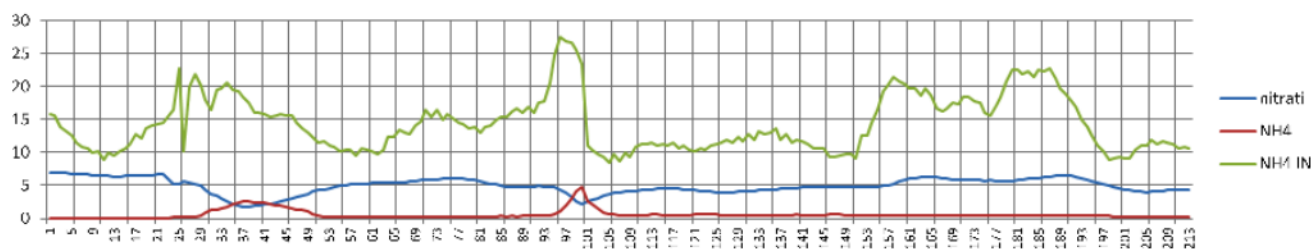


Grafico 3 – Andamento composti azotati in ingresso

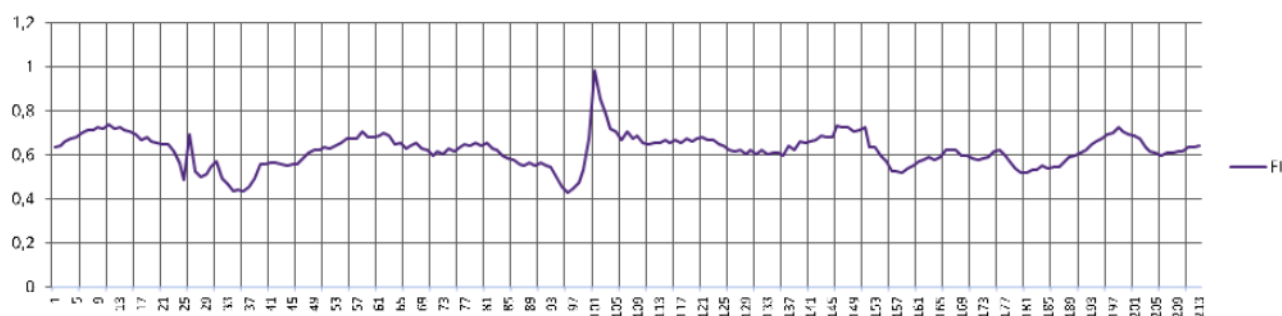


Grafico 4 – Andamento parametro ϕ

In definitiva, il controllo real-time dei tempi di aerazione è in relazione con il valore del carico ammoniacale in ingresso secondo il rapporto di efficienza richiesto: $\phi \propto \text{Cost}/\text{NH}_4^+\text{in}$. Più è elevata la concentrazione ammoniacale in ingresso, più è necessario prolungare il periodo (t_n) di aerazione ($1-\phi$).

Inoltre, questo schema consente di evitare la fase di ricircolo dei nitrati (richiesto nello schema di pre-denitrificazione convenzionale), spesso caratterizzato da elevati valori di portata e consumo di energia.

I calcoli proposti sono stati basati su un modello di funzionamento del processo nitro-denitro ad aerazione a intermittenza, che si basa sostanzialmente sull'utilizzo di equazioni cinetiche e bilanci di massa descriventi il processo di nitrificazione e denitrificazione (Activated Sludge Model – ASM 1-3).

Si tratta comunque di un processo meno intuitivo rispetto al ciclo continuo, ma più flessibile rispetto alla variabilità dei carichi inquinanti in ingresso.

Vi è inoltre, una maggiore complessità di configurazione del modello, in particolare nella definizione dei set T_c/HRT , t_n/t_d , NO_3out , NH_4out , ecc.

4.5.3 Calcolo dei tempi di ciclo

Da simulazioni condotte su scala reale, risulta che è possibile individuare il range ottimale della durata dei cicli e il rapporto tra i tempi di nitrificazione e denitrificazione.

Le simulazioni sono state condotte al fine di valutare la concentrazione di N_{tot} nell'effluente sotto differenti condizioni di esercizio, a parità di condizioni stazionarie e di parametri cinetici al variare dell'alternanza delle fasi.

È risultato che le prestazioni del processo Denitro/Nitro a fasi di aerazione alternata dipendono principalmente da due parametri: il rapporto t_n/t_d e dalla lunghezza temporale dei cicli t_c .

Il rapporto t_n/t_d rappresenta il rapporto tra la durata della fase della nitrificazione (t_n) e quella della denitrificazione (t_d), valutati rispettivamente sulla base dei periodi di aerazione e non-aerazione. Il parametro t_c rappresenta la lunghezza di un intero ciclo, somma di t_n e di t_d .

Nel processo di simulazione sono state testate differenti strategie di temporizzazioni t_n e t_d : variando il rapporto t_n/t_d (nel range 0,5-3) e variando il valore di t_c (nel range 1-24 h), si sono ottenuti corrispondenti concentrazioni di $\text{NO}_3\text{-N}$, $\text{NH}_4\text{-N}$, $\text{NO}_2\text{-N}$, ovvero dell' N_{tot} nell'effluente.

La dipendenza tra la concentrazione di N_{tot} rispetto ai due parametri di controllo sopracitati è mostrato nel grafico bi-dimensionale della figura sottostante (Figura 39).

Dalla figura seguente risulta che il valore minimo di concentrazione di N_{tot} nell'effluente si ottiene per valori t_c/HRT intorno a 0,13 e valori di t_n/t_d nel range 0,6-1,0.

In questo modo, la simulazione consente di valutare i valori di tempo di ciclo (t_c) che minimizzano la concentrazione di N_{tot} nell'effluente.

In particolare, il rapporto t_n/t_d influenza la concentrazione di N_{tot} nell'effluente, sia nel senso che lontano dai valori ottimali di t_n/t_d si ha che N_{tot} aumenta (andamento a V con minimo nel range ottimale), sia nel senso che il comportamento della concentrazione di $\text{NO}_3\text{-N}$ e di $\text{NH}_4\text{-N}$ nell'effluente è simmetricamente opposto, dal momento che valori elevati di t_n , a parità di tempo di ciclo t_c , sottraggono tempo alla denitrificazione t_d che, non completandosi, provoca un innalzamento del valore di nitrati in uscita. Viceversa, valori elevati di t_d sottraggono tempo alla fase di nitrificazione, provocando un innalzamento dei valori di ammonio (non nitrificato) in uscita.

L'influenza del tempo di ciclo t_c sulla qualità dell'effluente in termini di N_{tot} manifesta anch'esso un range ottimale, in maniera proporzionale al valore del rapporto t_c/HRT : più è elevato quest'ultimo, più aumenta la concentrazione di N_{tot} nell'effluente, soprattutto in termini di azoto ammoniacale.

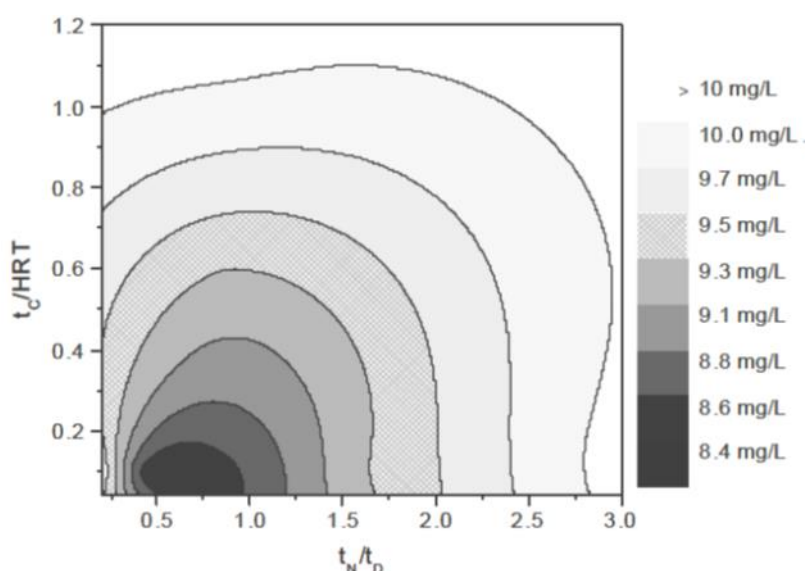



Figura 39 - Concentrazione di N_{tot} nell'effluente in funzione di t_c/HRT e di t_n/t_d

Tutto sommato, per un rapporto $t_n/t_d = 0,6 \div 1,0$ con ad es. un $t_c = 2\text{h}$, si ha che il valore ottimale di $t_n = 0,75 \div 1,0\text{ h}$ e $t_d = 1,0 \div 1,25\text{ h}$.

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 62 di 165
---	--	--

4.5.4 Scelta del sistema d'aerazione

I sistemi di fornitura dell'ossigeno più in uso nella tecnologia moderna sono i seguenti:

- aerazione meccanica superficiale mediante turbine a basso numero di giri, rotor ecc;
- aerazione mediante insufflazione d'aria compressa;
- aerazione con aeratori sommersi;
- aerazione mediante insufflazione di O₂ liquido.

Benché non esista un criterio assoluto di valutazione della scelta ottimale nel senso che ognuno dei sistemi presenta pregi e difetti, la scelta è stata guidata da un criterio di tipo "ambientale". Si è ricercato quindi un sistema che riducesse al massimo gli impatti sull'ambiente circostante in termini di diffusione di aerosol, emissione di rumori etc.

Per tale motivo la scelta è ricaduta sul sistema di aerazione per insufflazione d'aria a bolle fini che offre le seguenti peculiarità:

- elevato rimescolamento della massa liquida in aerazione con minori potenze specifiche applicate e di conseguenza minori consumi energetici;
- apporto di ossigeno per kWh consumato leggermente superiore agli altri sistemi con minore consumo energetico;
- ridotta creazione di aerosol rispetto agli aeratori meccanici per il diverso meccanismo utilizzato per la solubilizzazione dell'ossigeno atmosferico;
- la rumorosità dei compressori è agevolmente controllabile mediante cabine insonorizzanti progettate in modo da non superare i limiti di legge;
- possibilità di modulare le portate d'aria in funzione di una misura dell'ossigeno disciolto grazie agli inverter installati sulle soffianti.

4.5.5 Richiesta di ossigeno nel sistema ad aerazione intermittente

La richiesta teorica di ossigeno deve far fronte a tre diverse esigenze:

- sintesi cellulare;
- respirazione endogena dei microrganismi;
- nitrificazione delle materie azotate.


I coefficienti respirometrici comunemente adottati in letteratura sono pari a 0,50 kgO₂/kgBOD₅ per la sintesi cellulare e 0,102 kgO₂/kgMSSA_{xd} per la respirazione endogena.

Si è già visto che per l'ossidazione a nitrato dell'azoto ammoniacale sono necessari 4,6 kgO₂.

Il fabbisogno di ossigeno da fornire per sostenere le attività biologiche dei microrganismi è stato calcolato con la seguente espressione:

$$O_2 = 0,5 \times (S_o - S_e) + 0,102 \times MSSA + 4,60 \times NH_4^+$$

La quantità così calcolata è quella reale indispensabile. In considerazione che le condizioni di esercizio differiscono da quelle standard alle quali si fa riferimento nella definizione delle

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	<p>Dicembre 2020</p> <p>Pagina 63 di 165</p>
---	--	---

caratteristiche delle macchine ($T = 20^{\circ}\text{C}$, $P = 1013 \text{ mbar}$, acqua pulita) va calcolato il coefficiente di trasferimento dalle condizioni reali a quelle standard.

Questo coefficiente è calcolabile con la seguente formula:

$$\frac{OC}{O_2(20)} = \frac{\vartheta^{T-20} \alpha [\beta C_{\text{sat}20} (C_{\text{surf}T} / 9,07) (P_{\text{site}} / P_{\text{sc}}) - O.D.]}{C_{\text{sat}20}}$$

dove:

- coefficiente ϑ è il fattore di correzione del coefficiente globale di trasferimento tra la temperatura operativa T e la temperatura in condizioni standard (1,024);
- T è la temperatura di esercizio;
- P_{sc} pressione ambiente in condizioni standard (10,33 m H₂O);
- P_{site} (m H₂O) pressione ambiente in condizioni operative;
- O.D. (mg/l) concentrazione di ossigeno disciolto in condizioni operative;
- $C_{\text{surf}T}$ (mg/l) valore di saturazione dell'O₂ alla temperatura operativa;
- 9,17 (mg/l) è la concentrazione a saturazione dell'O₂ disciolto alla temperatura di 20°C;
- $C_{\text{sat}20}$ (mg/l) valore di saturazione dell'O₂ in vasca, riferita alle condizioni standard;
- α è un coefficiente che tiene conto della minore diffusibilità dell'ossigeno nell'acqua torbida (0,60);
- β è un coefficiente che indica il rapporto tra il valore di saturazione dell'O₂ in condizioni operative e standard (0,98).

Dato che in un metro cubo di aria l'ossigeno è presente, ponderalmente, con una percentuale del 28÷30%, il volume d'aria da fornire al netto dei rendimenti di diffusione può essere calcolato con la seguente formula:

$$V = \frac{OC(20)}{0,28 \div 0,30}$$

In ultimo, va considerato che con il sistema di aerazione intermittente la stessa quantità di ossigeno deve essere fornita in un tempo più breve, ragion per cui risulta incrementata la portata di aria da fornire in funzione del tempo totale di aerazione.

4.5.6 Locale soffianti

Attualmente è presente un edificio tecnologico all'interno del quale trovano alloggio i compressori a servizio di entrambe le linee di ossidazione/nitrificazione del trattamento biologico.

Il progetto prevede la rivisitazione dell'edificio tecnologico, con l'installazione di tre nuove turbosoffianti ad alto rendimento, ad alta velocità e trasmissione diretta, per la fornitura di aria all'intero comparto ossidativo, ivi incluse le attuali sezioni di pre-denitrificazione nelle quali è prevista, come già detto, l'istallazione della rete di distribuzione dell'aria. È previsto da progetto, inoltre, che le valvole collocate sulle tubazioni di mandata dell'aria compressa saranno motorizzate e gestite dunque anche in automatico, con la possibilità di intervento automatico della soffiante di riserva su ognuna delle due linee biologiche in caso di malfunzionamento della soffiante principale.

Risulta pertanto necessaria una ventilazione del locale per un incremento massimo di temperatura pari a 5°C. Per prevedere la corretta ventilazione del locale si fa riferimento allo schema riportato nella figura seguente:

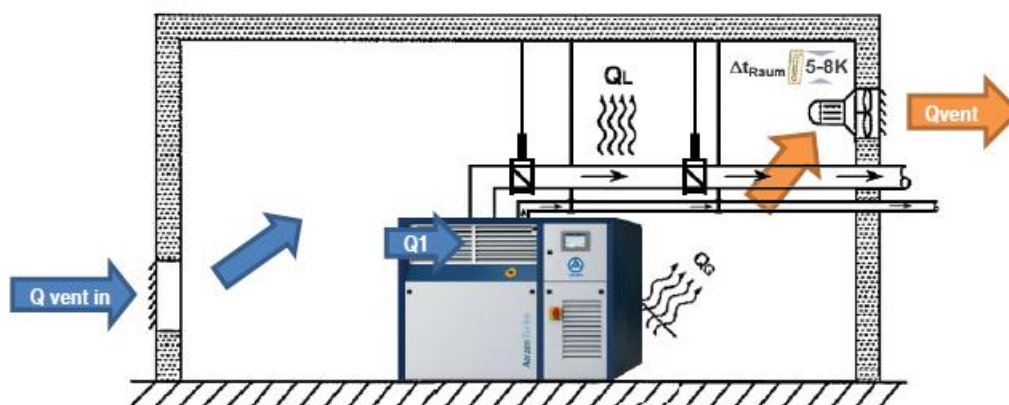


Figura 40 - schema ventilazione locale soffianti

Considerando

- Portata aria in ingresso (totale): 17.891 m³/h
- Temperatura ambiente: 30°C
- Incremento massimo temperatura locale: 5°C
- Potenza motori installata (totale): 295 kW


Si ottengono i risultati riportati di seguito in tabella:

Parametro	Simbolo	Valore	Unità di misura
Dati tecnici:			
Portata volumetrica richiesta all'ingresso	$Q_{vent, in}$	17.942	m ³ /h
Portata volumetrica ventilatore aria esausta	Q_{vent}	1.000	m ³ /h
Dimensioni:			
Area netta condotto di aspirazione	A_{fz}	0,9968	m ²
Diametro calcolato condotto di aspirazione	d_r	1.127	mm
Lunghezza spigolo calcolato condotto di aspirazione	d_k	998	mm
Area netta condotto di scarico	A_{fa}	0,056	m ²

Dai dati sopra riportati è stato quindi individuato il sistema di estrazione più idoneo come riportato nelle specifiche tecniche delle apparecchiature.

4.5.7 Dimensionamento e verifica del trattamento biologico


Di seguito si riportano i calcoli di verifica e dimensionamento dell'unità di trattamento biologico ossidativo, nelle diverse condizioni di funzionamento, sia in inverno che in estate, assumendo una

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Pagina 65 di 165

temperatura del liquame pari a 14° C nella configurazione invernale e pari a 25 °C nella configurazione estiva. Si riportano i valori così ottenuti in forma tabellare:

Tabella 6 - Dimensionamento Comparto biologico

Parametro	Unità di misura	Valori	
		Estate	Inverno
Condizioni ambientali			
- Altitudine a cui è situato l'impianto	m s.l.m.	32,00	32,00
- Temperatura dell'aria	°C	35,00	8,00
- Temperatura dei liquami in vasca	°C	25,00	14,00
- pH liquame	---	7,20	7,20
Cicli di aerazione intermittenti			
- tn - Ciclo ON	h	2,00	2,46
- td - Ciclo OFF	h	1,57	1,93
- Tempo totale Ciclo tc	h	3,56	4,40
- Numero di cicli giorno Nc	nc/d	6,73	5,46
- Tempo totale di aerazione Ta	h/d	13,46	13,46
- Volume totale vasca disponibile*	m ³	7.003,10	5.499,00
<i>*il volume invernale si ottiene by-passando il comparto attuale di pre-denitrificazione di ogni linea</i>			
Vasca di ossidazione-nitrificazione a pianta rettangolare			
- Abbattimento BOD	Kg BOD ₅ /d	2.438,21	1.564,76
- Rendimento di abbattimento BOD	%	92,67	92,73
- Concentrazione fanghi in vasca (ipotizzato)	KgSST/m ³	3,50	3,50
- Carico volumetrico	Kg BOD ₅ /m ³ d	1,00	1,00
- Carico del fango (F/M) (reale)	Kg BOD ₅ /Kg SST d	0,18	0,15
- Volume totale (da calcolo)	m ³	2.438,21	1.564,76
- Volume totale (assunto)	m ³	3.926,96	3.083,22
- Carico volumetrico (reale)	Kg BOD ₅ /m ³ d	0,62	0,51
- Tempo di residenza idraulico su Qm	h	10,66	13,09
Velocità di nitrificazione alla T fissata			
- V _N (20) (veloc. nitrif. a 20°C)	Kg TKN/Kg SSN h	0,075	0,075
- OD (conc. ossigeno disciolto in vasca)	mg/l	2,00	2,00
- K(TKN) (cost. semisaturaz. relativa all'ammoniaca)	mg/l TKN l	0,50	0,50
- K(O ₂) (cost. semisaturaz. relativa all'ossigeno)	mg/l O ₂ l	1,00	1,00
- θ	---	1,12	1,12
- V _N (T)	Kg TKN/Kg SSN h	0,067	0,019
Frazione di batteri nitrificanti:			
- Y/Y(N) (rapp. tra crescita micr. eterotrofi e micr. nitrificanti)		3,70	3,70
- f (fraz. batteri nitrificanti sulla biomassa tot.)	%	7,75	7,74
Bilancio dell'azoto nel comparto di ossidazione-nitrificazione:			
- Azoto totale entrante	Kg N/d	768,42	492,51


	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 66 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

- Azoto totale uscente	Kg N/d	14,05	8,99
- Azoto sintetizzato	Kg N/d	121,91	78,24
- Azoto nitrificato giornalmente in ossidazione	Kg N/d	632,46	405,28
- Azoto nitrificato (alla punta)	Kg N/h	35,14	22,52
- Rendimento abbattimento azoto totale in ossidazione-nitrificazione	%	82,31	82,29
- Quantità di SST X_N (biomassa totale necessaria alla nitrificazione)	Kg SST/d	5.072,91	11.324,14
- SSV/SST	%	70,00	70,00
- Quantità di SSV	Kg SSV/d	3.551,04	7.926,90
- Concentrazione fanghi minima da mantenere in vasca	KgSST/m ³	1,29	3,67
- Età teorica del fango secondo Dawning per ottenere la nitrificazione	g	1,68	6,25
- Età del fango effettiva	g	16,87	20,33
- Carico del fango (F/M) (di verifica)	Kg BOD ₅ /Kg SST d	0,18	0,15
Calcolo del fabbisogno di ossigeno:			
- Coeff. relativo alle punte p	---	1,25	1,25
- Coeff. di respirazione attiva a	Kg O ₂ /Kg BOD ₅	0,50	0,50
- Coeff. respirazione endogena b alla T _{20°}	Kg O ₂ /Kg SS N/d	0,10	0,10
- Coeff. respirazione endogena □ alla T _{liquame}	Kg O ₂ /Kg SS N/d	0,15	0,06
- Coeff. di nitrificazione c (Kg O ₂ assorbiti per nitrif. 1 Kg di N)	Kg O ₂ /Kg TKN	4,60	4,60
- ΔO ₂ necessario alle condiz. operative (sulle 24h)		300,74	165,56
- ΔO ₂ necessario alle condiz. operative (sulle ore di aerazione Ta)	Kg O ₂ /h	536,32	295,28
VOLUME ATTUALE DENITRIFICAZIONE			
- Volume vasca	m ³	1.504,10	
- Ripartizione O ₂ alle condiz. operative funzionamento miscelazione completa	%	21,48	
- ΔO ₂ necessario alle condiz. operative	Kg O ₂ /h	115,19	
Calcolo del volume d'aria da insufflare:			
- α (coeff. correttivo dipendente dalle condiz. liquame)	---	0,60	
- β (coeff. correttivo dipendente dalle condiz. liquame)	---	0,98	
- θ	---	1,024	
- T (temperatura del liquame)	°C	25,00	
- Psc (pressione ambiente in condizioni standard)	m H ₂ O	10,33	
- Psite (pressione ambiente in condizioni operative)	m H ₂ O	10,33	
- OD (conc. ossigeno disciolto in vasca)	mg/l	2,00	
- C _{sl} (valore saturazione O ₂ alla T operativa)	mg/l	8,38	
- C _{sat20(sul pelo acqua)} (valore saturazione O ₂ alla T 20°C)	mg/l	9,17	
- Affondamento aerazione dal pelo libero	m	4,20	
- C _{sat20(con sommergezza nota)} (valore saturazione O ₂ in vasca riferita alle condizioni standard)	mg/l	10,71	
- AOR/SOR	---	0,4789	
- SOR (ossigeno richiesto alle condizioni standard dell'acqua)	Kg O ₂ /h	240,55	
- Diffusione			

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

<i>bolle fini</i>			
- SOR (ossigeno richiesto alle condizioni standard dell'acqua)	Kg O ₂ /h	240,55	
- SOTE (resa di trasferimento ossigeno in condizioni standard)	%	26,30	
- Q _{sor} (portata alle condizioni normali dell'aria (DIN1343))	Nm ³ /h	3153,95	
- Q _{sor} (portata alle condizioni normali dell'aria (ISO1217-Fad))	m ³ /h Fad	3426,96	
- ṁ (Portata massica)	kg/h	4074,87	
alle condizioni di esercizio (Umidità relativa Ur 0,0%)			
per l'aria			
T	°C	35,00	
altitudine	m s.l.m.	32,00	
	atm	1,00	
Q _{esercizio}	m ³ /h	3573,16	
VOLUME ATTUALE OSSIDAZIONE/NITRIFICAZIONE			
- Volume vasca	m ³	5.499,00	5.499,00
- Ripartizione O ₂ alle condiz. operative funzionamento plug-flow	%	78,5	100,0
- ΔO ₂ necessario alle condiz. operative	Kg O ₂ /h	421,13	295,28
Calcolo del volume d'aria da insufflare:			
- α (coeff. correttivo dipendente dalle condiz. liquame)	---	0,60	0,60
- β (coeff. correttivo dipendente dalle condiz. liquame)	---	0,98	0,98
- θ	---	1,024	1,024
- T (temperatura del liquame)	°C	25,00	14,00
- P _{sc} (pressione ambiente in condizioni standard)	m H ₂ O	10,33	10,33
- P _{site} (pressione ambiente in condizioni operative)	m H ₂ O	10,33	10,33
- OD (conc. ossigeno disciolto in vasca)	mg/l	2,00	2,00
- C _{sl} (valore saturazione O ₂ alla T operativa)	mg/l	8,38	10,37
- C _{sat20} (sul pelo acqua) (valore saturazione O ₂ alla T 20°C)	mg/l	9,17	9,17
- Affondamento medio aerazione dal pelo libero	m	4,25	4,25
- C _{sat20} (con sommersa nota) (valore saturazione O ₂ in vasca riferita alle condizioni standard)	mg/l	10,73	10,73
- AOR/SOR	---	0,4791	0,4797
- SOR (ossigeno richiesto alle condizioni standard dell'acqua)	Kg O ₂ /h	879,06	615,51
- Diffusione			
<i>bolle fini</i>			
- SOR (ossigeno richiesto alle condizioni standard dell'acqua)	Kg O ₂ /h	879,06	615,51
- SOTE (resa di trasferimento ossigeno in condizioni standard)	%	26,30	26,30
- Q _{sor} (portata alle condizioni normali dell'aria (DIN1343))	Nm ³ /h	11525,66	8070,08
- Q _{sor} (portata alle condizioni normali dell'aria (ISO1217-Fad))	Nm ³ /h	12523,36	8768,65
- ṁ (Portata massica)	kg/h	14891,03	10426,46
alle condizioni di esercizio (Umidità relativa Ur 0,0%)			
per l'aria			
T	°C	35,00	8,00
altitudine	m s.l.m.	32,00	32,00
	atm	1,00	1,00
Q _{esercizio}	m ³ /h	13057,63	8341,27

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p align="center">Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	Dicembre 2020
		Pagina 68 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Nella seguente Tabella vengono riportati i valori dei parametri caratterizzanti il ricircolo e lo spurgo dei fanghi:


Tabella 7 - Ricircolo e supero dei fanghi biologici

Parametro	Unità di misura	Valori	
		Estate	Inverno
Ricircolo e supero dei fanghi biologici:			
- Concentrazione fanghi di ricircolo	Kg SST/m ³	6,2517	6,1860
- Concentrazione fanghi in vasca	KgSST/m ³	3,50	3,50
- Percentuale di ricircolo fanghi	%	127,19	130,30
- Qr portata di ricircolo fanghi	m ³ /h	468,44	307,00
- Quantità di fanghi di supero	Kg SST/d	1 302,76	140,23
- Portata fanghi di supero	m ³ /d	208,38	140,23
- Rapporto SSV/SST	---	0,58	0,58

4.5.8 Principali apparecchiature e strumentazione

- n.3 turbosoffianti ad alto rendimento, ad alta velocità e trasmissione diretta, con potenza installata pari a circa 179,1 kW/cadauno (nuova installazione);
- n. 3 valvole motorizzate sul sistema di tubazioni di mandata dell'aria compressa;
- n. 10 reti di distribuzione dell'aria compressa, così ripartiti (su due linee): n. 4 reti di distribuzione sulla singola linea dell'attuale ossidazione e n. 1 rete di distribuzione nell'attuale denitrificazione (nuova installazione);
- n. 6 miscelatori sommersi nel volume attuale di ossidazione, con potenza installata di 7,5 kW/cadauno (nuova installazione);
- n. 2 agitatori sommersi nelle attuali vasche dedicate alla pre-denitrificazione biologica (esistenti);
- n. 3 elettropompe sommerse dedicate al ricircolo della miscela aerata (esistenti);
- n. 4 sensori di ossigeno disciolto, due per ogni linea (nuova installazione);
- n. 2 sensori di ammoniaca e nitrati, uno per ogni linea (nuova installazione);
- n.1 sensore di solidi sospesi, uno per ogni linea (nuova installazione);
- n.1 estrattore d'aria per la ventilazione del locale compressori;
- n. 1 quadro elettrico di comando e gestione del sistema di aerazione (nuova installazione).

Per il dettaglio delle apparecchiature elettromeccaniche accessori e di tutti i componenti si rimanda all'elaborato tecnico riportante le specifiche tecniche.

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 69 di 165
---	--	--

4.6 Sedimentazione secondaria

In generale, nella fase di sedimentazione secondaria i fanghi biologici, prodotti nella ossidazione-nitrificazione, vengono separati in apposite vasche di decantazione statica (di forma circolare o rettangolare) in modo da consentire lo scarico superficiale per stramazzo delle acque depurate e la raccolta dei fanghi sedimentati per gravità. Tali fanghi devono essere in parte riciclati alle fasi biologiche per ottenere le concentrazioni ottimali di processo, ed in parte inviati al trattamento fanghi. Si adottano bacini di sedimentazione di tipo rettangolare o circolare, dotati di carroponi raschiafanghi (va e vieni o rotativi), per la raccolta del fango sedimentato. Lo scarico delle acque chiarificate avviene in canalette di sfioro situate sul lato opposto all'ingresso, per i sedimentatori rettangolari, o sulla circonferenza esterna delle vasche, per quelli circolari. I fanghi sedimentati, trascinati dai carroponi raschianti nelle tramogge di raccolta dei sedimentatori, vengono estratti attraverso opportune valvole e tubazioni di scarico per essere trasferiti ad una stazione di sollevamento che li ricicla nelle sezioni di trattamento biologico (ossidazione, denitrificazione) o li invia al trattamento fanghi.

Nella configurazione impiantistica attuale la fase di sedimentazione secondaria viene esplicitata all'interno di due vasche circolari poste parallele con ponte raschiatore mobile incernierato su supporto di sostegno al centro delle vasche e azionato perifericamente da un carrello di traino disposto sull'estremità del ponte stesso, con motore e riduttore, tramite ruote gommate che insistono lungo il bordo in muratura delle vasche. Il ponte è connesso, tramite tiranti in acciaio, alla lama raschiafango di fondo sagomata secondo un profilo logaritmico, la quale assolve al compito di convogliare il materiale decantato nel cono centrale. La particolare esecuzione del torrino, che è previsto in cemento armato, fa sì che funga sia da camicia per la tubazione in arrivo, sia da sostegno al ponte raschiafango. L'effluente chiarificato defluisce per stramazzo attraverso una lamiera in acciaio inox di tipo "Thompson", al fine di regolarizzare il profilo di sfioro, in una canalina in cemento, per poi passare alla successiva sezione depurativa.

I fanghi depositati sul fondo sono condotti dalla lama raschiante di fondo all'interno di una tramoggia centrale dalla quale vengono estratti per mezzo di una tubazione ed avviati ad un apposito pozzetto dotato di impianto di sollevamento per essere riciclati nell'unità biologica o inviati al trattamento fanghi.

È inoltre installata una lama parasciuma, necessaria alla raccolta ed al successivo scarico delle sostanze flottanti nell'apposita vaschetta di scum-box e da qui al pozzetto delle schiume. Da qui vengono sollevate attraverso delle pompe alla linea di trattamento fanghi.


Il carroponi è dotato di quadro elettrico locale, ed il ponte è azionato da un motoriduttore con funzionamento continuo sulle 24 h.

4.6.1 Verifica dimensionale dei sedimentatori secondari

Per il dimensionamento delle vasche viene fissato un tempo di permanenza reale superiore a 2 ore, valutato sulla portata di calcolo Q_c , pari a alla portata media Q_m , più la portata di ricircolo Q_r .

Si ottiene quindi un volume di sedimentazione pari a:

$$V_s = 2 (Q_c + Q_r)$$

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 70 di 165
---	--	--

Il dimensionamento della superficie di sedimentazione viene effettuato impostando una velocità ascensionale (V_s) non superiore a 0,8-1 m/h sulla portata di punta Q_p (m^3/h):

$$A_s = Q_p / V_s.$$

Si ottiene poi l'altezza media di sedimentazione:

$$h = A_s / V_s$$

che non dovrà comunque essere inferiore a 2,5-3 m (min 2m al bordo della vasca).

Si deve inoltre verificare che il carico di sostanza secca sulla superficie di sedimentazione alla massima portata non superi il valore massimo ammissibile di 6 kgSS/ m^2 ; sarà:

$$Q_{max} = C_f / A_s < 6$$

Anche la portata specifica allo stramazzo non deve essere superiore a 300 m^3/m al giorno, per gli stramazzi lineari (sedimentatori rettangolari), e 200 m^3/m al giorno, per gli stramazzi dentellati (sedimentatori circolari). In caso di necessità devono essere adottate soglie di sfioro multiple in modo da garantire una lunghezza totale compatibile con i valori indicati.

La quantità di fanghi che deve essere ricircolata nelle fasi biologiche, può essere così determinata:

$$Q_r = Q X_f / (X_r - X_f)$$

con

- Q_r portata di ricircolo fanghi;
- Q portata in ingresso;
- X_f concentrazione fanghi nella vasca di denitrificazione-nitrificazione;
- X_r concentrazione fanghi di ricircolo (0,7-0,8%).

In modo analogo è possibile determinare il rapporto di ricircolo

$$r = Q_r / Q$$

dalla:

$$X_f = X_r * r / (1 + r)$$

La produzione di fanghi di supero su base secca è già stata calcolata nella sezione di ossidazione-nitrificazione mentre per la portata effettiva occorre tener conto della concentrazione media pari a $X_r = 0,7-0,8\%$.


I fanghi prodotti, separati nella fase di sedimentazione, vengono trasferiti attraverso opportune tubazioni e valvole a una stazione di sollevamento che li invia al trattamento fanghi.

4.6.2 Calcoli di dimensionamento

Seguono pertanto i calcoli per il dimensionamento della sezione di decantazione finale, (i calcoli dettagliati delle portate del fango di ricircolo e supero sono già stati descritti nel paragrafo precedente):

Tabella 8 - Verifica dimensionale Sedimentatori secondari

Parametro	Unità di misura	Valore	
		Estate	Inverno
- Velocità ascensionale a Qm	m ³ /m ² h	0,60	0,60
- Superficie totale sulla Qm	m ²	613,81	392,67
- Numero vasche di sedimentazione	n°	2,00	2,00
- Pianta quadrata, rettangolare o circolare	r/c	c	c
- Profondità media'	m	3,00	3,00
- Diametro interno	m	25,00	25,00
- Superficie di una vasca	m ²	490,63	490,63
- Superficie totale	m ²	981,25	981,25
- Volume di una vasca	m ³	1.471,88	1.471,88
- Volume totale	m ³	2.943,75	2.943,75
- Velocità ascensionale reale a Qm	m ³ /m ² h	0,38	0,24
- Velocità ascensionale reale a Qpta	m ³ /m ² h	0,66	0,43
- Velocità ascensionale reale a Qpbio	m ³ /m ² h	0,94	0,60
- Tempo di ritenzione a Qm+Qric	h	3,52	5,43
- Tempo di ritenzione a Qpta+Qric	h	2,65	4,01
- Tempo di ritenzione a Qpbio+Qric	h	2,12	3,29
- Carico superficiale sullo sfioro a Qm	m ³ /m h	2,35	1,50
- Carico superficiale sullo sfioro a Qpta	m ³ /m h	4,10	2,71
- Carico superficiale sullo sfioro a Qpbio	m ³ /m h	5,86	3,75
- Carico dei Solidi a Qm+Qric	Kg/m ² h	2,98	1,94
- Carico dei Solidi a Qpta+Qric	Kg/m ² h	3,97	2,62
- Carico dei Solidi a Qpbio+Qric	Kg/m ² h	4,95	3,20
- Caratteristiche dei liquami dopo il trattamento di sedimentazione secondaria			
BOD ₅ totale in uscita	kg BOD ₅ /d	189,22	120,44
Concentrazione BOD ₅ in uscita	mg/l	20,00	20,00
COD totale in uscita	kg COD/d	946,11	602,20
Concentrazione COD in uscita	mg/l	100,00	100,00
SST totali in uscita	kg SST/d	236,53	150,55
Concentrazione SST in uscita	mg/l	25,00	25,00
Azoto totale in uscita	kgN/d	141,92	90,33
Concentrazione azoto totale in uscita	mg/l	15,00	15,00
Fosforo totale in uscita	kg P/d	18,92	12,04
Concentrazione fosforo totale in uscita	mg/l	2,00	2,00

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 72 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Portata effluente	m ³ /d	9.252,71	5.881,75
	m ³ /h	385,53	245,07

4.6.3 Principali apparecchiature e strumentazione installata

- n. 2 ponti mobili a trazione periferica e ralla centrale con sistema raschiafanghi e motoriduttore sul bordo vasca (esistenti);
- n. 3 elettropompe sommergibili per il ricircolo dei fanghi sedimentati in testa al trattamento biologico (nuova installazione);
- n. 2 elettropompe sommergibili per l'invio dei fanghi sedimentati alla linea di trattamento fanghi (esistenti);
- n. 2 elettropompe sommergibili per l'invio delle schiume alla linea di trattamento fanghi (esistenti).

Per il dettaglio delle apparecchiature elettromeccaniche accessori e di tutti i componenti si rimanda all'elaborato tecnico riportante le specifiche tecniche.


4.7 Trattamento terziario: filtrazione e disinfezione UV

Al fine di adempiere a quanto richiesto nel Quadro Esigenziale, risulta necessario inserire nella configurazione impiantistica un trattamento di affinamento terziario, che sarà costituito, come già espresso e motivato nel Capitolo 2, da un sistema di filtrazione a dischi seguito da un canale di sterilizzazione tramite irraggiamento U.V..

Pertanto, prima dello scarico l'acqua depurata sarà ulteriormente trattata al fine di ridurre il contenuto batterico (disinfezione finale U.V.) e il trascinamento di solidi sospesi (filtrazione finale a dischi).

Questo consentirà di ottenere una qualità allo scarico tale da ottenere una quantità acqua in uscita pari alla portata media e destinabile a riuso in quanto caratterizzata dalla conformità ai limiti della Tabella "valori limite delle acque reflue all'uscita dell'impianto di recupero", allegata al Decreto Ministeriale 12 giugno 2003, n. 185 "Regolamento recante norme tecniche per il riutilizzo delle acque reflue in attuazione dell'articolo 26, comma 2, del D.Lgs. 11 maggio 1999, n. 152". (G.U. 23 luglio 2003, n. 169).

L'affinamento dell'effluente dai trattamenti secondari (polishing finale), con l'obiettivo di migliorare la qualità dell'effluente, si è inizialmente sviluppato mirando a migliorare l'abbattimento dei soli solidi sospesi, per poi ampliarsi al miglioramento anche delle altre caratteristiche, quali ad esempio la carica batterica, il colore, l'azoto e il fosforo. Questi sistemi oltre a produrre un effluente finale più limpido e con caratteristiche generali migliori, migliorano notevolmente anche l'affidabilità complessiva di tutta la filiera di trattamenti, in quanto hanno un "potere tampone" che consente loro di far fronte a carenze temporanee e irregolarità delle fasi di trattamento a monte, garantendo la

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p>Dicembre 2020</p> <p style="text-align: center;">Pagina 73 di 165</p>
---	--	--

produzione di un effluente di qualità elevata e costante nel tempo: da qui il concetto di “ridondanza di trattamento”.

La filtrazione a dischi, che rientra tra le tipologie di filtrazione in superficie, è una moderna tecnologia che consente di ottenere ottimi risultati in spazi molto ridotti. La filtrazione meccanica e la sterilizzazione mediante irraggiamento U.V. avranno la possibilità di essere by-passate, in particolari condizioni, inviando i liquami in una apposita sezione di disinfezione di emergenza dove si prevede il dosaggio di acido peracetico.

Le acque destinate a riuso saranno accumulate all'interno di una vasca dedicata, con capacità circa 200 m³, nella quale è previsto anche il dosaggio di acido peracetico per contrastare la formazione di alghe nella stessa, che sarà alimentato dalla stazione di stoccaggio e pompaggio del reagente chimico asservita alla disinfezione della linea principale.

4.7.1 Filtrazione a dischi

Il filtro a dischi presenta diversi vantaggi rispetto alle altre tecnologie di filtrazione, quali:

- ingombro ridotto
- strumentazione minima e componenti modulari che garantiscono un design semplice con il massimo della flessibilità
- sistemi di controllo semplici e automatizzati
- pannelli di filtrazione facilmente sostituibili e ugelli per il controlavaggio realizzati in modo da facilitarne la manutenzione senza la necessità di svuotare l'impianto
- consumo minimo di acqua di lavaggio senza necessità di vasche di stoccaggio
- minime perdite di carico
- macchina chiusa mediante copertura modulare e rimovibile

Il filtro si basa sull'utilizzo di dischi multipli ognuno costituito da una serie di pannelli filtranti. Il design compatto del filtro a dischi lo rende una eccellente soluzione per il trattamento di effluenti da impianti di depurazione di acque reflue o per altri trattamenti di filtrazione in cui è richiesto un filtro che abbia la massima efficienza e occupi poco spazio con una elevata area di filtrazione.

L'acqua da trattare fluisce per gravità all'interno del tamburo centrale e filtra attraverso i pannelli dall'interno verso l'esterno dei dischi. I solidi sono separati dall'acqua per mezzo dei pannelli filtranti montati su ambo i lati dei settori che compongono il disco. I solidi sono trattenuti all'interno dei dischi filtranti mentre l'acqua depurata fluisce all'esterno del disco nella vasca di contenimento della macchina stessa.

Durante il normale funzionamento, i dischi rimangono fermi fino a che, a causa dell'intasamento dei pannelli per l'accumulo di solidi, il livello dell'acqua nel canale di alimentazione raggiunge un valore prefissato. A questo punto, il ciclo di controlavaggio è avviato automaticamente ed i solidi sono rimossi e scaricati all'interno della tramoggia di raccolta mentre il disco è posto in rotazione.

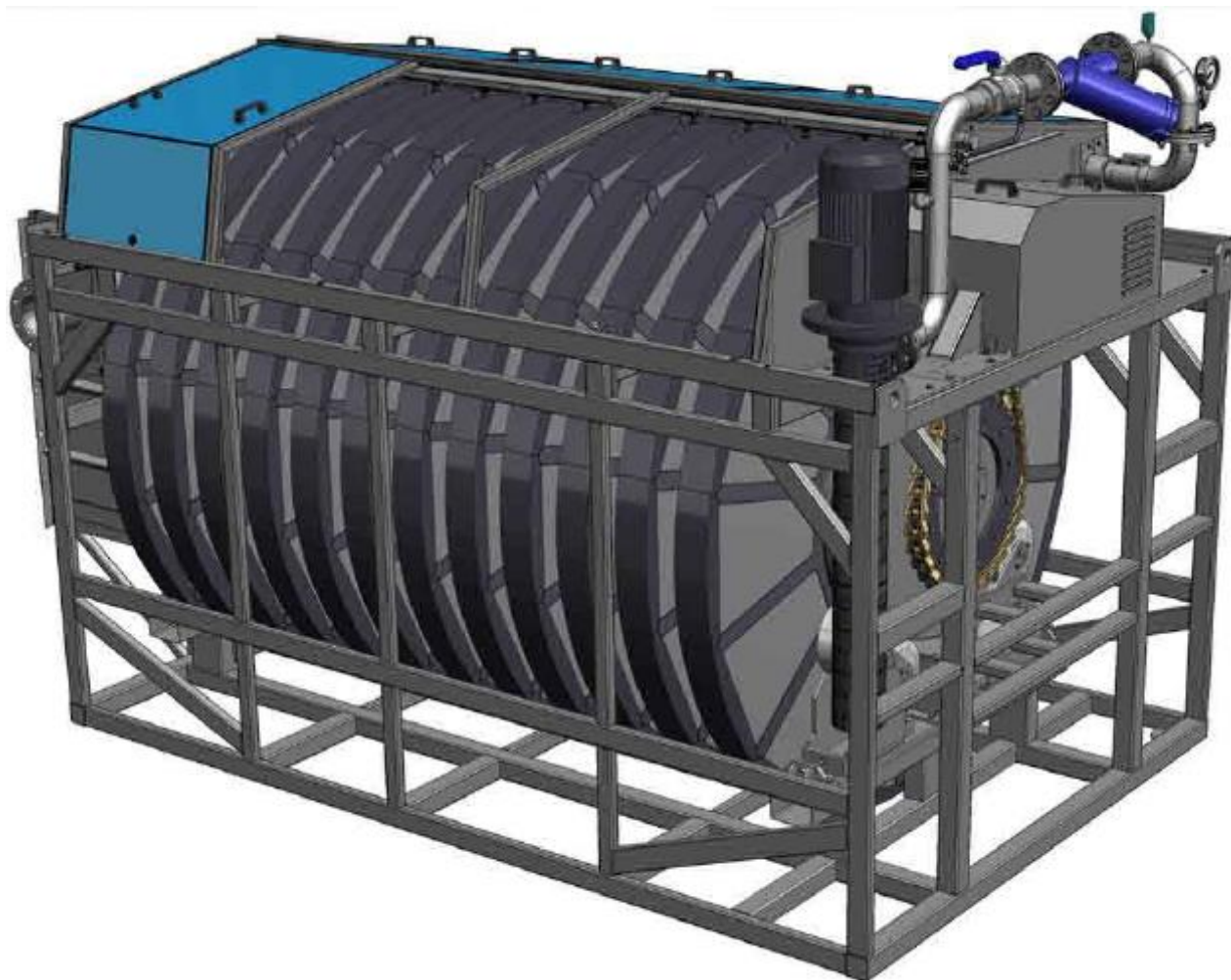


Figura 41 - Rappresentazione di un filtro a dischi

Il flusso controcorrente e gli ugelli assicurano la pulizia del mezzo filtrante con un consumo minimo d'acqua (si utilizza l'acqua filtrata). I supporti degli ugelli per il controlavaggio sono realizzati in modo tale da facilitare la manutenzione e la sostituzione degli stessi. I pannelli filtranti modulari sono composti da reti filtranti a geometria piana realizzate in acciaio AISI 316 e tenute in posizione da un telaio in materiale plastico. Il design dei pannelli filtranti, ancorati alla struttura di sostegno, ne permette la rimozione in modo semplice e rapido, consentendo tempi di intervento ridotti senza la necessità di svuotare la vasca o di rimuovere il filtro. Se vi fosse la necessità di modificare le condizioni di esercizio o i rendimenti, la struttura permette inoltre di passare facilmente ad un mezzo filtrante con aperture differenti.

Le unità filtranti sono di robusta costruzione e dotate di poche parti mobili con il risultato di lunga durata e bassi costi di manutenzione. L'efficiente e compatta struttura del filtro a dischi, è costituita dall'unità filtrante, da una pompa per il controlavaggio e da un'unità di controllo costituita da:

- quadro elettrico di controllo, IP55, che comprende la protezione per il motore del filtro ed il motore della pompa di lavaggio, rilevatore di livello e timer;

- inverter per il comando della rotazione dei dischi;
- sistema di avviamento della pompa di controlavaggio;
- asta di livello conduttimetrica per l'avviamento del controlavaggio.

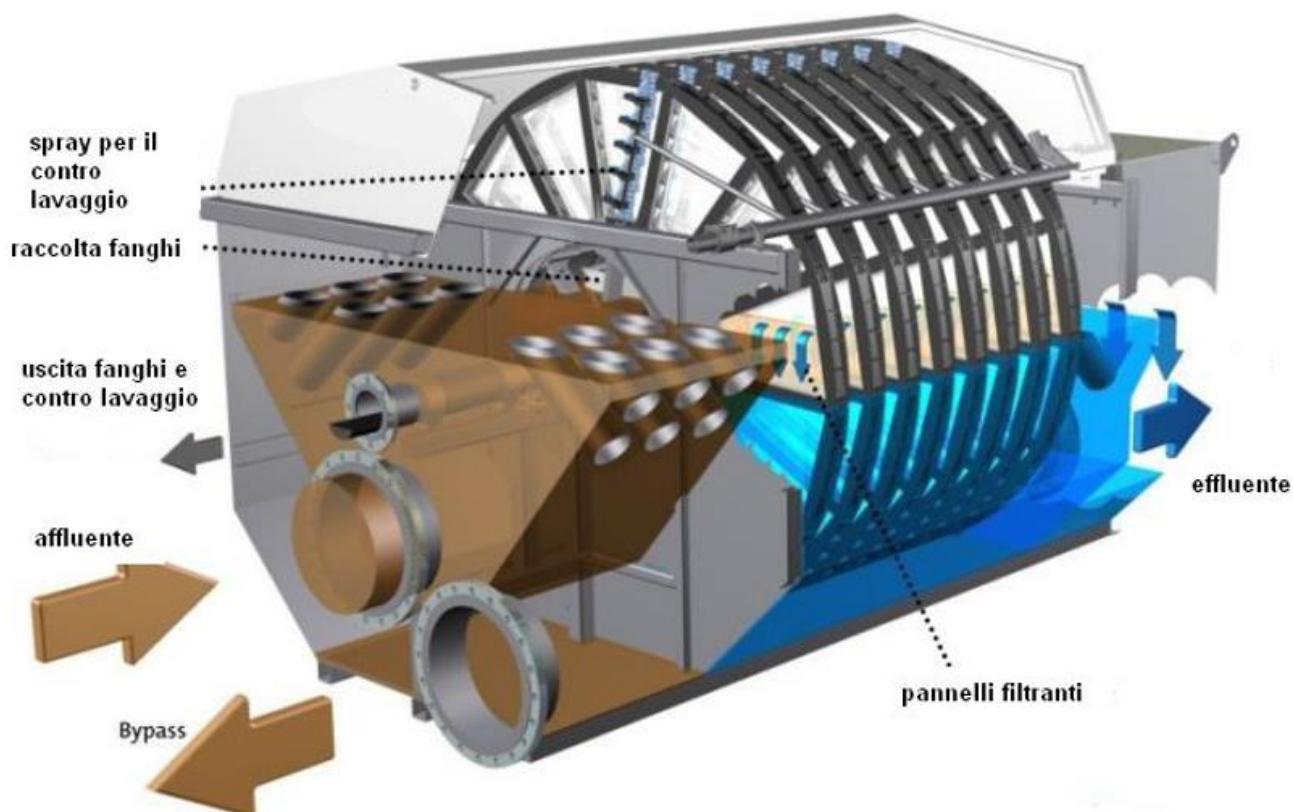


Figura 42 - Filtro a dischi: schema di funzionamento


Per il dimensionamento dell'unità di filtrazione viene considerato il rapporto tra la portata influente e la sezione bagnata del materiale filtrante; detto rapporto restituisce il Carico idraulico superficiale, ovvero la velocità di attraversamento, che non deve risultare troppo elevata per non determinare perdite di carico eccessive:

$$A_b = \frac{Q_m}{C_{is}}$$

dove:

- C_{is} è il Carico idraulico superficiale;
- Q_m è la portata media da trattare;
- A_b è l'area bagnata, ovvero la parte immersa dei dischi filtranti.

Nella presente progettazione è stata considerata una configurazione costituita da tre unità filtranti in parallelo, ognuna caratterizzata dai seguenti dati di progetto e di operatività in funzione del regime di carico in ingresso all'impianto:

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 76 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Tabella 9 - Dimensionamento Comparto di disinfezione terziaria

Parametro	Unità di misura	Valore	
		Estate	Inverno
Tipo di trattamento		rimozione solidi sospesi	
Tipo installazione		Vasca in c.a.	
Numero di unità installate	n.	3	3
Numero di unità in funzione	n.	2	1
Carico idraulico superficiale di Progetto (Cis)	m ³ / m ² min	0,130	0,130
Portata in ingresso al trattamento terziario (Qm)	m ³ /h	368	236
Portata acqua necessaria al controlavaggio (Qcl)	m ³ /h	11,7	5,8
Portata da trattare (Qtotale)	m ³ /h	380	242
Area bagnata necessaria (A _b)	m ²	48,71	31,00
Area bagnata per ogni unità filtrante in funzione	m ²	33,6	33,6
Area bagnata complessiva in funzione	m ²	67,2	33,6
Carico idraulico superficiale reale (Cis reale)	m ³ / m ² min	0,094	0,120
Portata trattata da ogni filtro	m ³ /h	245	245
Potenzialità complessiva del comparto di filtrazione	m ³ /h	490	245
Solidi in ingresso (max attesi)	mg/l	50	50
Solidi in uscita	mg/l	≤ 10 mg/l	≤ 10 mg/l

Dai calcoli effettuati risulta una velocità di attraversamento confrontabile con i valori noti in letteratura³.

Pertanto, il comparto di filtrazione terziaria è stato dimensionato in modo tale che ogni unità possa trattare una portata pari alla portata media in ingresso all'impianto in regime di carico invernale, considerando in sicurezza una concentrazione massima di solidi sospesi in ingresso al sistema pari a 50 mg/l, nonostante la modellazione del processo restituisca un effluente dalla sedimentazione secondaria caratterizzato da una concentrazione di solidi sospesi inferiore a 35 mg/l, ovvero conforme ai limiti di Tabella 4 dell'Allegato 5 alla Parte III del D.Lgs. 152/06 e s.m.i..


4.7.2 Disinfezione U.V.

Il progetto prevede una stazione di sterilizzazione che utilizza lampade U.V. ad alta intensità ed efficienza energetica per disinfettare i liquami. La luce U.V. annienta gli agenti patogeni quali i batteri ed i parassiti. Questo sistema ha l'enorme vantaggio di non incidere negativamente sulle qualità organolettiche e la trasparenza dell'acqua e di non generare sottoprodotti indesiderati.

Il valore della "Dose UV equivalente", è il metodo più sicuro ed efficiente per il dimensionamento di impianti UV per la disinfezione dell'acqua, determinato mediante analisi Bio-dosimetrica (Bio-dosimetry o Bio-Assay) e basato su previsione fluidodinamica computazionale CFD (Computational Fluid Dynamics).

Per la determinazione delle performance di disinfezione il sistema UV è testato con un organismo di prova, "MS2 phage" o "Bacillus subtilis", organismi appositamente scelti perché con comportamento e caratteristiche similari alle specie microbiche patogeni per l'uomo. La performance dell'azione dei

³ Metcalf & Eddy, 2006. *Ingegneria delle acque reflue*. McGraw Hill

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 77 di 165
---	--	--

raggi UV viene misurata in laboratorio, mentre quelle degli impianti UV viene misurata in campo. Di seguito vengono riportati gli step fondamentali delle prove per determinare la dose RED.

- Test di laboratorio:

- Coltura dello stesso organismo di prova su un disco Petri e quindi esposizione ad una sorgente UV attraverso un dispositivo a raggio collimatore
- misura dell'intensità della sorgente UV e del tempo di esposizione
- misura della dose UV ottenuta, come risultato del prodotto dell'intensità UV per il tempo di esposizione
- Log di riduzione degli organismi ottenuta a diversi livelli di dose UV misurata
- disegno della curva di responso (dose vs. log di riduzione)
- usando i log di riduzione relativi ai campioni passati nel reattore, si calcola la dose UV originale usando la curva di responso della dose.

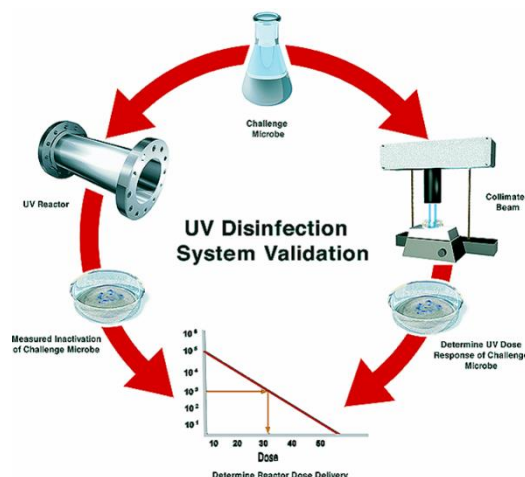
- Test reattore UV:

- Il test è condotto usando una serie di valori di trasmittanza e portata
- si introduce il batterio da testare
- si prendono tre campioni d'acqua prima e dopo il trattamento UV, per ogni condizione d'impiego del sistema (variazioni del flusso dell'acqua e dei valori di trasmittanza)
- misura dei Log di abbattimento.

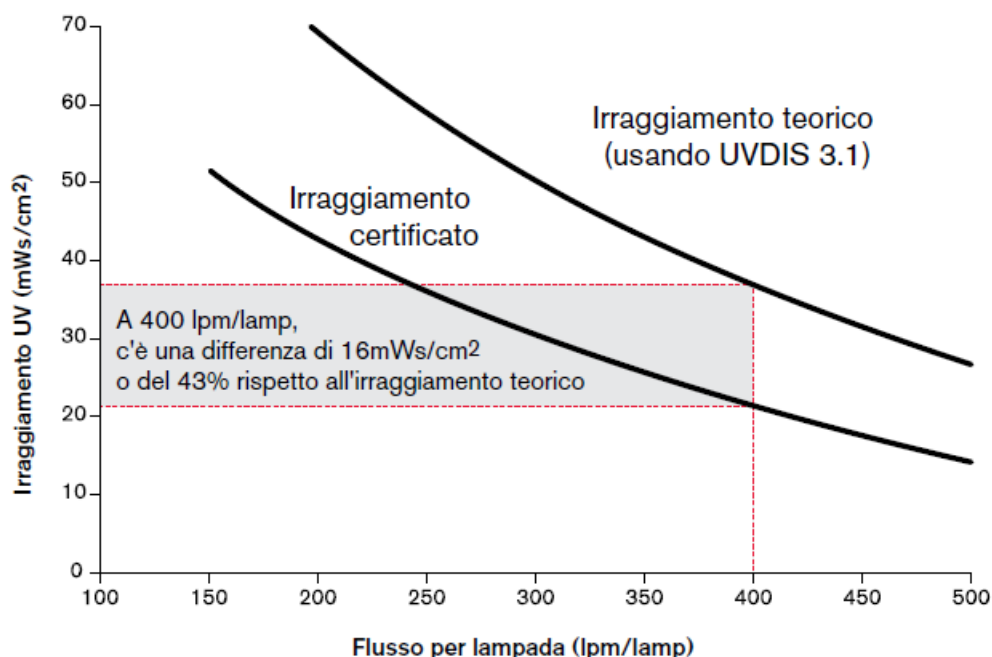
Associando ed incrociando i risultati ottenuti in laboratorio con quelli ottenuti in campo il risultato è la Dose UV RED. È stato accertato che per ottenere un determinato livello di UV RED è necessaria una intensità UV maggiore rispetto a quella da impiegarsi per il raggiungimento della stessa dose con il metodo Average Dose (Dose UV media – determinazione solo teorica), finora più usato. In termini pratici questa condizione si traduce in conoscenza della dose effettivamente rilasciata durante il processo di disinfezione e, quindi, rispetto dei target di abbattimento microbiologico a vantaggio di maggior garanzia e tutela della salute pubblica.

La tecnologia di disinfezione delle acque mediante raggi UV rispetta le normative esistenti e future che ogni amministrazione adotta per la sicurezza e protezione dei propri cittadini. Gli UV offrono infatti una conveniente barriera di protezione secondaria per proteggere l'acqua da tutti i microrganismi, anche quelli cloro-resistenti, comprovando nel campo potabile anche l'inattivazione di protozoi, incluso *Cryptosporidium* e *Giardia*.

È previsto l'utilizzo di lampade ad amalgama a bassa pressione ed alta intensità orientate parallelamente al flusso dell'acqua, con basse perdite di carico, spazi di ingombro ridotti e dose UV "validata" da ente terzo.



ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione



Il sistema proposto permette di modulare la potenza delle lampade UV a seconda dei segnali della portata e della trasmittanza UV in ingresso alla scheda di comunicazione (da misuratore di portata e sensore di trasmittanza UV on-line). Il range di variabilità del 60-100% con incrementi del 4% permette così di assicurare lo stesso livello di disinfezione e, quindi, una dose UV costante, ma con un consumo energetico minore (Dose Pacing).

Il controllo di livello (ALC) permette di avere l'attrezzatura UV costantemente sommersa a qualsiasi portata compresa tra un minimo e quella di progetto, con una ridotta perdita di carico ed evitando cortocircuiti alle lampade o spegnimento delle stesse dovuto all'esposizione all'aria. L'altezza dello stramazzo è dimensionata in maniera tale da mantenere costante il livello di acqua nel canale evitando che l'ultima lampada nella parte alta del modulo venga troppo sommersa o venga scoperta portando di conseguenza ad uno spegnimento del banco corrispondente. La larghezza dello stramazzo e la lunghezza delle "dita" a forma trapezoidale sono dimensionate in funzione della portata massima di flusso e delle perdite di carico. Tale controllo di livello automatico esegue la sua funzione anche nei periodi in cui il flusso va a zero facendo rimanere il canale sempre pieno di acqua.

Il modulo UV è l'unità di base del sistema proposto. Un banco è costituito da moduli UV a 6 lampade e disposti parallelamente formando una fila attraverso un canale aperto. Questo approccio modulare permette piccoli interventi di manutenzione e la ricerca di guasti. I moduli sono sostenuti da un telaio di acciaio inossidabile che monta nella parte superiore una copertura IP68 (o 6P secondo normativa NEMA Nordamericana) per i ballast elettronici (uno ogni due lampade).

Le lampade sono installate nella parte centrale e bassa del modulo e sono incapsulate in manicotti di quarzo. La barra "light lock", immediatamente sopra le lampade, impedisce alla luce UV di essere proiettata verso l'esterno. Le lampade a bassa pressione ed alta intensità (LPHO) sono montate sui

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p align="center">Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p align="center">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	Dicembre 2020
		Pagina 79 di 165

moduli con orientamento parallelo al flusso. Un tubo di protezione al quarzo ed una chiusura stagna delle connessioni proteggono la lampada e ne garantiscono l'impermeabilità.

La produzione di UV a canale aperto garantisce il raffreddamento del modulo senza necessità di apposite cabine esterne e nelle peggiori condizioni di alta temperatura ambientale. Questo sistema quindi non necessita di raffreddamento dei ballast in appositi armadi condizionati in quanto il raffreddamento degli stessi avviene per convezione (aria fresca nel canale) e conduzione (il rack funziona da radiatore immerso nell'acqua del canale).

Componente essenziale per un sistema di disinfezione a raggi UV altamente performante e con un ridotto costo di gestione è il sistema di pulizia automatico, che nella presente progettazione è di tipo chimico-meccanico; una pulizia a doppia azione, chimica/meccanica permette la conservazione quasi totale della trasparenza dei quarzi avendo un coefficiente di trasparenza certificato da Ente di parte terza pari al 95%, e fornisce inoltre la riduzione dei costi di manutenzione.

Lo sporco e l'accumulo di residui sui quarzi, noto come fenomeno di Fouling, riduce infatti l'efficienza del sistema.

Il sistema proposto utilizza lampade ad amalgama a bassa pressione ed alta resa. Le lampade hanno una vita utile (EOLL) di 12.000 ore e garantiscono un output del 98% a fine vita. La resa EOLL è validata e certificata da ente terzo. L'emissione in UV-C della potenza lampade è del 50% della potenza totale assorbita. Le lampade utilizzate nel sistema proposto sono da 250W. La potenza UV-C a 100h è di 125W UV-C. La potenza a fine vita delle lampade è del 98% rispetto a quella iniziale (EOLL factor = 0.98): quindi la potenza UV-C della lampada a fine vita è di 122W UV-C. Il sistema di pulizia chimico fisico garantisce un fattore di sporco del tubo del 95% a fine vita lampada (fattore 0.95): quindi la potenza UV-C finale reale corretta tenendo conto dei 2 parametri sopra indicati è di 116W UV-C.

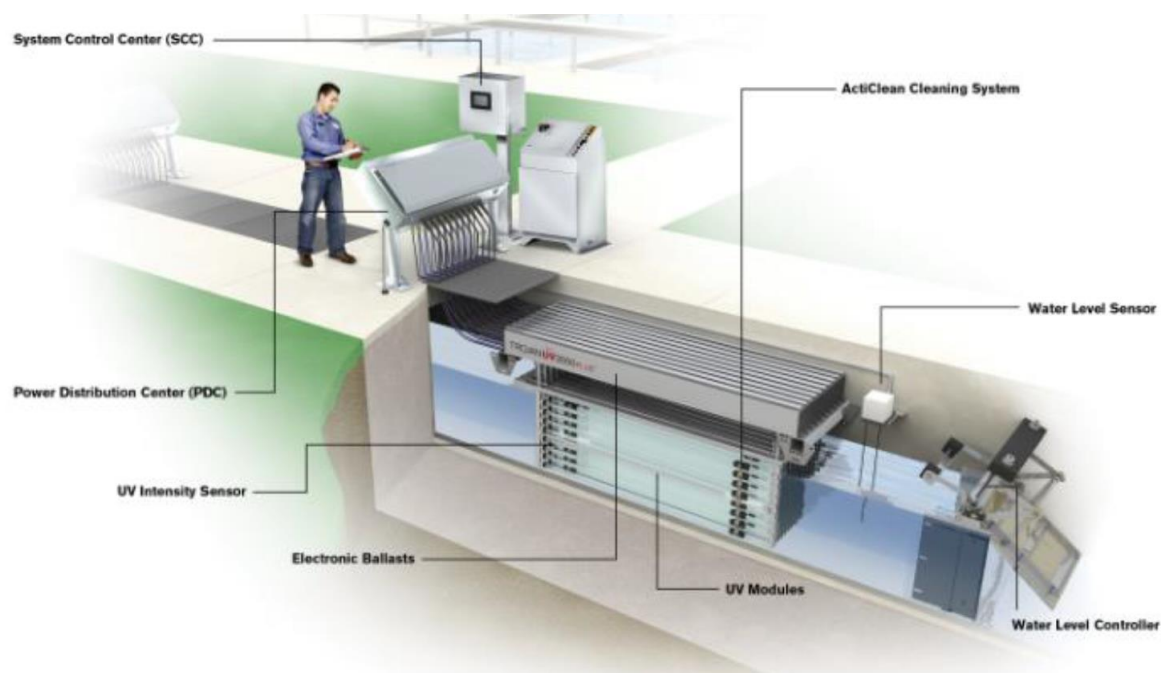



Figura 43 - Rappresentazione della disinfezione U.V.

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 80 di 165
---	--	--

Generalmente il dimensionamento della vasca di contenimento dei filtri e del canale per l'alloggiamento delle lampade U.V. è in stretta relazione con la tipologia dei macchinari adottati, le misure devono quindi essere fornite dai costruttori. Si vedano pertanto i relativi elaborati grafici e le specifiche tecniche.

4.7.3 Principali apparecchiature previste in progetto

- n. 3 filtri a disco in parallelo all'interno di un manufatto in c.a., con capacità di trattamento pari a 245 m³/h, con struttura in acciaio inox AISI 304L e pannelli filtranti costituiti da struttura in materiale plastico e tele piane in acciaio AISI 316L; i dischi filtranti, in numero di 6, avranno un diametro di 2,2 m, per una superficie di filtrazione pari a 33,6 m² per ogni filtro (nuova installazione);
- n. 2 unità di disinfezione U.V. in serie in un unico canale, con sistema di pulizia automatico, ognuna delle quali dimensionata per il trattamento di una portata media pari a 235 m³/h e una portata massima pari a 370 m³/h, una unità ridondante di riserva attiva (nuova installazione).

Per il dettaglio delle apparecchiature elettromeccaniche accessori e di tutti i componenti si rimanda all'elaborato tecnico riportante le specifiche tecniche.

4.8 Disinfezione chimica

Visto quanto richiesto nel Quadro Esigenziale, ovvero per il fatto che solo una portata pari a Q_m debba essere destinata al riuso, e quindi inviata al trattamento terziario, rispetto alla portata massima trattata dal comparto biologico pari a $2,5Q_m$, risulta necessario l'inserimento, nella configurazione impiantistica di progetto, di una specifica sezione di disinfezione del surplus in uscita dal trattamento secondario che non sarà avviata al trattamento terziario per successivo riuso e che avrà destino nel recapito finale, in conformità ai limiti di Tabella 4 Allegato 5 alla Parte III del D.Lgs. 152/06 e s.m.i.. Detto comparto si configura altresì come disinfezione finale di emergenza, in quanto sarà in grado di trattare l'intera portata in uscita dal biologico (fino a $2,5Q_m$) qualora il sistema di trattamento terziario non fosse in funzione.

Detto comparto, dalle verifiche effettuate, può essere rappresentato dalla vasca di disinfezione finale attualmente in esercizio, che viene esplicita con dosaggio di ipoclorito di sodio. Il progetto prevede l'implementazione di un nuovo sistema di dosaggio di agente chimico disinfettante, ovvero di acido peracetico (PAA), in luogo dell'attuale sistema di dosaggio di ipoclorito di sodio. Il dosaggio avverrà in modo proporzionale in funzione del valore di portata misurato in uscita dal comparto (controllo in retroazione – *feedback*) attraverso un misuratore a ultrasuoni (esistente) installato in prossimità del canale venturi.

L'acido peracetico (PAA) è un potente agente antimicrobico già impiegato in numerosi settori quali l'industria alimentare e farmaceutica; solo recentemente è stato utilizzato nel campo della depurazione. Il prodotto che viene utilizzato commercialmente si ottiene per reazione tra perossido d'idrogeno e acido o anidride acetica; si tratta di una reazione di equilibrio che conduce ad una

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	<p align="right">Dicembre 2020</p>
		<p align="right">Pagina 81 di 165</p>

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

miscela costituita da acido peracetico e perossido d'idrogeno oltre che da acido acetico, acqua e stabilizzanti. Non è possibile utilizzare acido peracetico puro in quanto estremamente instabile e sensibile alla temperatura.

L'efficacia di questo disinfettante è dovuta all'azione ossidante che nei microrganismi altera o distrugge diverse strutture vitali quali proteine, membrana plasmatica, alcuni enzimi del metabolismo e il DNA, provocando la loro inattivazione. I prodotti di degradazione dell'acido peracetico non sono tossici e possono dissolversi facilmente in acqua. Non è ecotossico, in quanto non si associano fenomeni di tossicità residua. È un potente biocida e batteriostatico, non si sono mai osservati fenomeni di assuefazione della flora batterica, il prodotto di reazione, l'acido acetico, è facilmente biodegradabile, il potere disinfettante persiste anche con un contenuto relativamente alto di solidi sospesi, nelle concentrazioni usate per disinfezione, non è fitotossico.

Alcuni composti a base di cloro, per interazione con composti organici presenti nelle acque reflue, generano composti organoclorurati come, per esempio, le cloroammine. Questi composti sono tossici verso diversi organismi acquatici anche a concentrazioni inferiori a 0,1 ppm. Proprio per evitare questi rischi si sta cercando di ridurre l'uso di prodotti a base di cloro. L'utilizzo dell'acido peracetico permette di superare questi problemi nel rispetto delle norme e a tutela dell'ambiente.

L'acido peracetico, eventualmente in sinergia con altri agenti disinfettanti, può essere impiegato per la disinfezione di acque destinate ad uso irriguo.

Il dosaggio di acido peracetico si effettua mediante una pompa dosatrice; pertanto l'impianto di trattamento è molto semplice e necessita di bassi tempi di contatto. Il contatto tra l'acido peracetico ed il refluo da trattare avviene in vasche di contatto analoghe a quelle utilizzate per la clorazione.


L'effluente dalla sedimentazione secondaria arriva in una vasca di accumulo e sollevamento al trattamento terziario; detta vasca ospita un gruppo di pompaggio costituito da due elettropompe sommergibili una di riserva all'altra, con funzionamento in alternanza e con portata pari a $Q_m = Q_{\text{terziario}}$. In tempo di pioggia, con il trattamento biologico di una portata pari a $2,5Q_m$, la portata in arrivo alla suddetta vasca di accumulo e sollevamento supera la capacità massima di sollevamento delle elettropompe causando l'innalzamento del livello idrico nella stessa fino ad una soglia di sfioro opportunamente dimensionata che permette il passaggio dell'acqua (fino a $2,5Q_m - Q_{\text{terziario}}$) in un pozzetto di salto dal quale parte la tubazione di alimentazione della disinfezione chimica. La stessa dinamica avviene nel momento in cui risulta essere nulla la portata sollevata al terziario ($Q_{\text{terziario}}=0$), quando la portata alla disinfezione chimica risulta massima ($2,5Q_m - Q_{\text{terziario}}=2,5Q_m$).

L'acqua perviene dunque all'interno del canale di disinfezione e, grazie a dei setti, effettua un percorso a serpentina per ottimizzare l'intimo contatto con il reagente.

Il progetto prevede lo stoccaggio di PAA in un serbatoio in P.R.F.V. di forma cilindrica, con capacità pari a 10.000 litri, a doppia parete con intercapedine di altezza



Figura 44 - doppia parete

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Pagina 82 di 165

di 3 mm costante realizzata adottando un sistema di tessuti in vetro collegati da numerosi filamenti verticali, i quali dopo la polimerizzazione creano una struttura alveolare incompressibile solidale strutturalmente alle pareti interna ed esterna.

Il sistema di dosaggio previsto è costituito da pompe dosatrici elettromagnetiche a membrana con dosaggio proporzionale in funzione di un segnale analogico e con sistema di dosaggio continuo e sistema di controllo delle sovrappressioni in linea. Le pompe verranno installate in armadio chiuso e saranno dotate di valvola di mantenimento pressione e di sovrappressione. Il sistema sarà regolato da quadro elettrico. Sarà presente un sistema gestito da PLC per il controllo del prodotto chimico: in particolare il serbatoio sarà dotato di rilevatore di livello a ultrasuoni.

4.8.1 Criteri di dimensionamento e calcoli di verifica

La sezione di disinfezione di emergenza è stata dimensionata, come per la fase di pretrattamento, per poter trattare l'intera portata di riferimento pari a 920,7 m³/h, pari a 2,5 volte la portata media Q_m.

Il volume della vasca di contatto V_c (m³) si può ricavare o in base alla portata media:

$$V_c = Q_p (20 \text{ o } 30)/60$$


con:

Q_p (m³/h) portata massima in tempo di pioggia;

L'altezza della vasca viene assunta di solito tra i 2 ed i 3 metri. Da ciò si ricava:

Tabella 10 - Dimensionamento Disinfezione chimica PAA - Linea principale

Parametro	Unità di misura	Valore	
		Estate	Inverno
Vasca di disinfezione a pianta rettangolare:			
- Numero vasche di disinfezione	n°	1,00	1,00
- Larghezza	m	9,75	9,75
- Lunghezza	m	27,00	27,00
- Profondità media'	m	1,60	1,60
Volume effettivo di una vasca	m ³	421,20	421,20
Volume effettivo totale	m ³	421,20	421,20
Tempo di contatto sulla Q _m	min	68,62	107,27
Tempo di contatto sulla Q _{pta}	min	45,75	71,51
Tempo di contatto sulla 2,5Q _m	min	27,45	42,91
Reagente chimico utilizzato		PAA	PAA
Concentrazione commerciale	%	5,00	5,00
Peso specifico	kg/l	1,15	1,15
Dosaggio di reagente	g/ m ³	4,00	4,00
Consumo giornaliero di reagente (condizioni massime – 2,5Q _m)	kg/d	813,17	520,20
	l/d	707,10	452,35
Capacità serbatoio di stoccaggio (condizioni massime – 2,5Q _m)	l	10.000	10.000
Durata dello stoccaggio (condizioni massime – 2,5Q _m)	d	14,2	22,1

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 83 di 165
---	--	--

Al fine di ottimizzare il volume di stoccaggio dell'acido peracetico, si è fatto riferimento al quantitativo di dosaggio stesso valutato per la portata media. Questo a parere dello scrivente RTP è condivisibile e oltretutto cautelativo, in considerazione:

- della presenza a monte dell'impianto di un ragguardevole volume di equalizzazione, che quindi rende relativamente limitata l'attivazione della disinfezione finale;
- dell'utilizzo limitato del dosaggio dello stesso nell'accumulo delle acque di riutilizzo (post trattamento U.V.), alimentato con la Qm. Tale utilizzo infatti è limitato alla sola prevenzione della formazione algale e, con le dovute cautele gestionali, tenendo conto che la stessa acqua di riutilizzo viene avviata ad alcuni servizi interni (ispessimento dinamico, nuova deodorizzazione trattamento fanghi, ...) per tramite del gruppo di pressurizzazione.

Come anticipato precedentemente e come richiesto da AQP per le acque destinate a riuso che saranno accumulate all'interno di una vasca dedicata, è prevista la possibilità di effettuare il dosaggio di acido peracetico per contrastare la formazione di alghe nella stessa; il dosaggio sarà alimentato dalla stazione di stoccaggio e pompaggio del reagente chimico asservita alla disinfezione della linea principale.


4.8.2 Principali apparecchiature e strumentazione

- n. 3 (2+1 R) Pompe dosatrici magnetiche a membrana (nuova installazione);
- n. 1 Serbatoio di stoccaggio in P.R.F.V. di forma cilindrica, a doppia parete con intercapedine di altezza di 3 mm, capacità 10.000 litri (nuova installazione);
- n.1 Misuratore di livello nel serbatoio di stoccaggio: trasmettitore di livello ad ultrasuoni con tastiera di programmazione. Trasmettitore a ultrasuoni a 2 fili per la misura di livello e volume di liquidi in serbatoi di stoccaggio e in semplici serbatoi di processo nonché per la misura di portata in canali aperti (nuova installazione).

Per il dettaglio delle apparecchiature elettromeccaniche accessori e di tutti i componenti si rimanda all'elaborato tecnico riportante le specifiche tecniche.

4.9 Trattamento del flusso secondario – Disinfezione chimica

Per flusso secondario, come già discusso nel corso della presente relazione, si intende l'extra-portata in ingresso all'impianto per la quale non è previsto il trattamento secondario e terziario di affinamento, ovvero la portata massima pari a 5Qm-2,5Qm. Il concetto del trattamento dell'extra-portata diluita con acque meteoriche in ingresso all'impianto è il risultato della sopraggiunta normativa in materia di tutela dell'acqua, ed implica altresì la progettazione di sistemi di trattamento dedicati al fine di adeguare gli impianti attualmente in esercizio; l'impianto di depurazione di Nardò rientra fra questi, in quanto progettato per il trattamento della sola portata nera. Le risultanze della gestione operativa dello stesso hanno portato a considerare il refluo in ingresso miscelato con acque

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 84 di 165

di pioggia, nonostante la rete fognaria afferente all'impianto sia separata, probabilmente per cortocircuiti di acque meteoriche a monte dello stesso, come indicato da AQP.

Il progetto prevede l'invio in pressione, a mezzo di un impianto di sollevamento dedicato, già menzionato al paragrafo 4.3.3, ad una specifica sezione di disinfezione chimica con dosaggio di ipoclorito di sodio (NaClO), e successivo scarico al recettore finale, in conformità alla vigente normativa (PTA Regione Puglia). È previsto lo stoccaggio del reagente chimico in un serbatoio in PE con capacità pari a 5.000 litri. Il dosaggio avverrà in modo proporzionale in funzione del valore di portata misurato in ingresso al comparto (controllo in avanti – *feedforward*) attraverso un misuratore elettromagnetico installato sulla tubazione premente delle acque meteoriche.

4.9.1 Calcoli di dimensionamento

La sezione di disinfezione del flusso acque meteoriche è stata dimensionata per poter trattare l'intera portata di riferimento pari a 920,7 m³/h, pari a 2,5 volte la portata media Q_m.

Il volume della vasca di contatto V_c (m³) si può ricavare o in base alla portata media:

$$V_c = Q_p (20 \text{ o } 30)/60$$


con:

Q_p (m³/h) portata massima in tempo di pioggia;

L'altezza della vasca viene assunta di solito tra i 2 ed i 3 metri. Da ciò si ricava:

Tabella 11 - Dimensionamento Disinfezione chimica NaClO - Linea secondaria

Parametro	Unità di misura	Valore	
		Estate	Inverno
Vasca di disinfezione a pianta rettangolare:			
- Numero vasche di disinfezione	n.	1,00	1,00
- Larghezza	m	10,00	10,00
- Lunghezza	m	20,00	20,00
- Profondità media	m	2,00	2,00
Volume effettivo di una vasca	m ³	400,00	400,00
Volume effettivo totale	m ³	400,00	400,00
Tempo di contatto sulla Q _m	min	65,17	101,87
Tempo di contatto sulla Q _{pta}	min	43,44	67,91
Tempo di contatto sulla 2,5Q _m	min	26,07	40,75
Reagente chimico utilizzato		NaClO	NaClO
Concentrazione commerciale	%	12,00	12,00
Peso specifico	kg/l	1,20	1,20
Dosaggio di reagente	g/ m ³	4,00	4,00
Consumo giornaliero di reagente	kg/d	353,55	226,18
	l/d	294,63	188,48
Capacità serbatoio di stoccaggio	l	5000	5000
Durata dello stoccaggio	d	17	26,5

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 85 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

4.9.2 Principali apparecchiature e strumentazione installata

- n. 2 (1+1 R) Pompe dosatrici magnetiche a membrana (nuova installazione);
- n. 1 Serbatoio di stoccaggio in PE, capacità 5.000 litri (nuova installazione);
- n.1 Misuratore di livello nel serbatoio di stoccaggio: trasmettitore di livello ad ultrasuoni con tastiera di programmazione. Trasmettitore a ultrasuoni a 2 fili per la misura di livello e volume di liquidi in serbatoi di stoccaggio e in semplici serbatoi di processo nonché per la misura di portata in canali aperti (nuova installazione).

Per il dettaglio delle apparecchiature elettromeccaniche accessori e di tutti i componenti si rimanda all'elaborato tecnico riportante le specifiche tecniche.


4.10 Accumulo e Pre-ispessimento dei fanghi

L'impianto attualmente realizza la funzione di ispessimento dei fanghi all'interno di due vasche circolari poste in parallelo, di diametro pari a 8 m e profondità media pari a 4 m, dotate di ponte rotante a picchetti. Al fine di incrementare l'efficienza di trattamento della linea fanghi, come richiesto dalla AQP, il progetto prevede la realizzazione di una specifica sezione di ispessimento dinamico, con la conseguente trasformazione degli attuali ispessitori statici in volumi di accumulo del fango proveniente dalla linea acque (fanghi primari, chimici e biologici) e rilancio alla linea fanghi. In condizioni di emergenza (default dell'ispessimento dinamico) il comparto può sopperire temporaneamente lavorando come di consueto in ispessimento statico e rilancio alla digestione anaerobica.

I dati di input per il dimensionamento della linea di trattamento fanghi vengono riportati nella seguente Tabella:

Tabella 12 - Produzione complessiva di fanghi di supero

Parametro	Unità di misura	Valore	
		Estate	Inverno
- Fanghi prodotti dalla sedimentazione primaria	kg SST/d	3 595,08	2 305,57
- Tenore di secco del fango primario	%	3,00	3,00
- Volume fanghi primari da estrarre	m ³ /d	119,84	76,85
- Produzione pro-capite	l/ab d	2,06	2,07
- SSV/SST fanghi primari	%	80,00	80,00
- Quantità di SSV fanghi primari	Kg SSV/d	2 876,06	1 844,46
- Fanghi di supero biologici	Kg SST/d	1 302,76	867,45
- Produzione specifica di fango biologico	Kg SST/Kg BOD ₅	0,53	0,55
- Tenore di secco dei fanghi di supero biologici	%	0,63	0,62
- Volume giornaliero da estrarre	m ³ /d	208,38	140,23
- Produzione pro-capite	l/ab d	3,58	3,77

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)		Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione		Pagina 86 di 165

- SSV/SST fanghi biologici	%	70,00	70,00
- Quantità di SSV fanghi biologici	Kg SSV/d	911,93	607,21
- Fanghi prodotti dai trattamenti chimici	Kg SST/d	831,76	535,52
- Tenore di secco dei fanghi chimici	%	3,00	3,00
- Volume fanghi chimici	m ³ /d	27,73	17,85
- SSV/SST fanghi chimici	%	0,00	0,00
- Quantità di SSV fanghi chimici	Kg SSV/d	0,00	0,00
Riepilogo:			
Quantità totale fanghi prodotti	Kg SST/d	5 729,60	3 708,54
Tenore di secco medio dei fanghi prodotti	%	1,61	1,58
Volume totale fanghi prodotti	m ³ /d	355,95	234,93
Produzione pro-capite	l/ab d	6,12	6,32
Quantità totale SSV prodotti	Kg SSV/d	3 787,99	2 451,67
SSV/SST fanghi	%	66,11	66,11

È previsto il lavoro di due unità di ispessimento dinamico poste in parallelo all'interno di un nuovo edificio, adiacente all'esistente locale disidratazione meccanica, come meglio rappresentato nell'elaborato grafico di progetto "locale ispessimento dinamico". Detto comparto sarà alimentato da pompe monovite alla base degli attuali ispessitori statici, che attualmente alimentano il comparto di digestione anaerobica; sarà pertanto intercettato il flusso di fanghi diretto verso i digestori in un punto alla base degli stessi, ove verrà posto un pozzetto di manovra dedicato, e deviato verso il nuovo comparto di ispessimento dinamico. Il sistema di pompaggio attuale, costituito da due pompe monovite e un'unica premente, sarà sostituito da un nuovo sistema di pompaggio costituito da due coppie di pompe monovite (1+1R, 1+1R) e due prementi distinte, ovvero ognuno dei due ispessitori dinamici risulterà asservito da un sistema di pompaggio.

È previsto poi il rilancio dei fanghi ispessiti verso il comparto di digestione anaerobica; un tratto di questa tubazione sarà posata nel medesimo scavo per la tubazione di alimentazione dei fanghi liquidi, e le tre tubazioni si incroceranno in uno stesso pozzetto di manovra (in prossimità del trattamento bottini) ove all'occorrenza l'operatore potrà deviare direttamente i flussi provenienti dall'ispessimento statico verso la digestione anaerobica (in analogia al funzionamento attuale) in caso di dismissione temporanea del comparto di ispessimento dinamico. L'aria esausta proveniente dall'edificio ispessimento dinamico sarà avviata alla nuova sezione di trattamento aria.

4.10.1 Ispessimento dinamico

I fanghi da ispessire, condizionati mediante aggiunta di idoneo polielettrolita, vengono inviati al reattore in pressione posto a monte della macchina e dotato di un agitatore lento per l'omogeneizzazione e la produzione di fiocchi stabili. Il fango flocculato lascia quindi il reattore superiormente e, tramite una tubazione di travaso, si immette per caduta nell'ispessitore a coclea.

L'ispessitore dinamico consiste essenzialmente in una coclea che ruota, con velocità variabile, all'interno di una gabbia filtrante in acciaio inox costituita da barre a sezione trapezoidale ed aventi una spaziatura di 250 micron. Durante la rotazione, la coclea solleva i fiocchi di fango mentre l'acqua

libera lascia la gabbia attraverso le spaziatore. Durante la fase di sollevamento il fango perde, per effetto della gravità, ulteriore acqua libera, per poi essere espulso dalla bocca superiore di scarico. L'acqua drenata (filtrato), lasciata la gabbia drenante, viene raccolta sul fondo della camicia di contenimento del macchinario, e quindi allontanata.

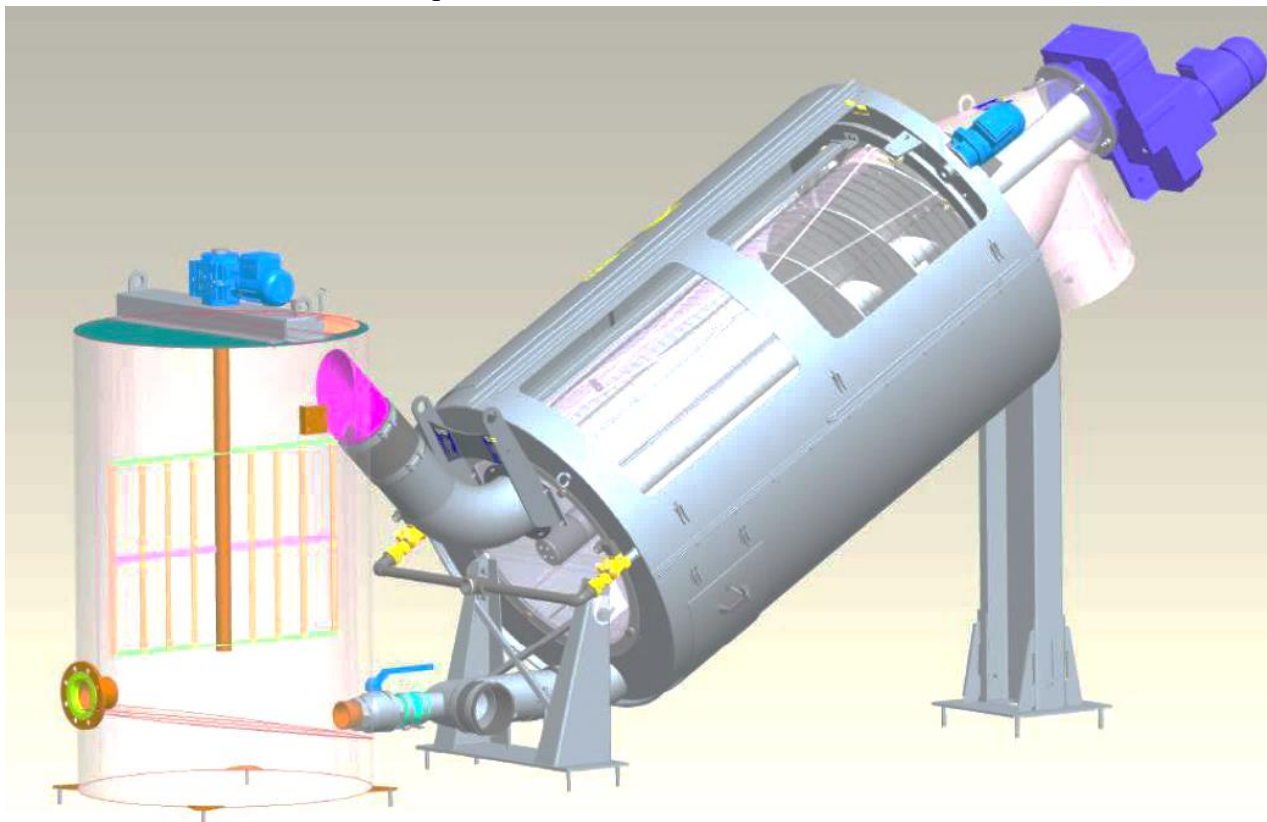



Figura 45 - Rappresentazione di un ispessitore dinamico

Una spazzola posta sulle spire della coclea pulisce in continuazione la superficie interna della gabbia. La superficie esterna viene invece pulita per mezzo di un sistema con barre di lavaggio dotate di ugelli spruzzatori, con azionamento impulso/pausa.

Il controllo di tutte le apparecchiature tramite PLC, ed il loro contenimento in strutture chiuse, consente di poter lavorare in modo completamente automatico senza presenza di personale e senza spandimenti di liquami e cattivi odori.

La portata idraulica di fango trattabile dipende dalla concentrazione dei solidi in esso contenuti. Per la tipologia e taglia di apparecchiatura individuate, le portate massime trattabili di fango sono stimate in:

- con SS in ingresso 0,9 %: 40 m³/h
- con SS in ingresso 1,5 %: 34 m³/h
- con SS in ingresso 2,0 %: 29 m³/h
- con SS in ingresso 2,5 %: 24 m³/h
- con SS in ingresso 3,0 %: 20 m³/h


 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)		Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione		Pagina 88 di 165

I valori indicati sono stati ottenuti da prove e rilievi su macchine in funzione, ed il valore reale dipende dalla qualità e dalla concentrazione del fango trattato.

Di seguito si riporta in forma tabellare il dimensionamento del comparto, considerando un tenore di secco del fango ispessito pari al 5%, e il relativo consumo di flocculante necessario all'ispessimento dei fanghi per i diversi scenari di funzionamento estivo e invernale.

Tabella 13 - Dimensionamento pre-ispessimento dinamico

Parametro	Unità di misura	Valore	
		Estate	Inverno
Peso di SS da trattare	Kg/d	5.729,60	3.708,54
Volume fanghi da trattare	m ³ /d	355,95	234,93
Concentrazione dei fanghi	Kg/m ³	16,10	15,79
Peso di SS da trattare alla settimana	Kg	40.107,17	25.959,78
Volume fanghi da trattare alla settimana	m ³	2.491,62	1.644,51
Giorni lavorativi	d	5,00	5,00
Ore lavorative giornaliere	h	8,00	5,00
Ciclo di lavoro alla settimana	h	40,00	25,00
Peso di SS da trattare per giorno lavorativo	Kg	8.021,43	5.191,96
Volume di fango da trattare per giorno lavorativo	m ³ /d	498,32	328,90
Portata di fango da trattare	m ³ /h	62,29	65,78
Tenore di secco fango in ingresso	%	1,61	1,58
Tenore di secco dopo disidratazione	%	5,00	5,00
Quantità di fango ispessito	m ³ /d	160,43	103,84
Portata solida	Kg/h	1.002,68	1.038,39
Portata acque surnatanti	m ³ /d	337,90	225,06
Tipologia macchina:		Ispessitore dinamico	
Numero unità installate	n.	2,00	2,00
Unità di riserva	n.	0,00	0,00
Portata idraulica max della macchina	m ³ /h	34,00	34,00
Portata idraulica max complessiva	m ³ /h	68,00	68,00
Portata solida nominale max della macchina	Kg SS/h	680,00	680,00
Portata solida max complessiva	Kg SS/h	1.360,00	1.360,00
Tempo di funzionamento giornaliero della macchina alla portata max	h	5,90	3,82
Tipo Flocculante:		polielettrolita cationico liquido	
Dosaggio per ton di SS:			
- normale	Kg/ton	5,00	5,00
- massimo	Kg/ton	12,00	12,00
Consumo per giorno lavorativo			
- normale	Kg	40,11	25,96
- massimo	Kg	96,26	62,30
Concentrazione della soluzione			
- minimo	%	0,20	0,20
- massimo	%	0,50	0,50
Consumo giornaliero della soluzione diluita (alla conc. minima)			

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Pagina 89 di 165


- minimo	l/d	20.053,59	12.979,89
- massimo	l/d	48.128,61	31.151,73
Portata max di dosaggio della soluzione di polielettrolita	l/h	6.016,08	6.230,35

Dal dimensionamento, effettuato considerando in favore di sicurezza nullo l'apporto dell'ispessimento statico esistente, quindi come mero accumulo e rilancio, risulta un duplice regime di lavoro delle macchine, ovvero:

- periodo estivo: funzionamento degli ispessitori dinamici in parallelo per 5,9 ore al giorno;
- periodo invernale: funzionamento degli ispessitori dinamici in alternanza (uno di riserva all'altro) per 7,6 ore al giorno.

Viene descritto a seguire il dettaglio dei componenti degli ispessitori dinamici previsti in progetto:

- *Dispositivo di iniezione e miscelazione fango-polielettrolita*: trattasi di un sistema per l'iniezione e la miscelazione statica continua del fango con la soluzione di polielettrolita, da installare nella tubazione di alimentazione alla macchina. Composto da un anello di distribuzione dotato di 4 punti di iniezione. La miscelazione tra il fango ed il polielettrolita avviene tramite valvola di regolazione dotata di leva con contrappeso. Detto dispositivo genera una perdita di carico nella tubazione di alimentazione fanghi pari a 2 bar.
- *Reattore di flocculazione*: è il dispositivo necessario per l'omogeneizzazione ottimale del fango con il polielettrolita e la formazione del fiocco mediante l'azione di un agitatore lento. Costituito da un serbatoio verticale coperto, con flangia di ingresso DN 100, raccordo di deflusso all'ispessitore DN 200 con giunto antivibrazione in gomma (resistente agli agenti aggressivi presenti nei fanghi), fondo inclinato e valvola di scarico DN 80 nel punto più basso, agitatore verticale a pale con velocità variabile. Completo di sonda per il controllo del livello interno del fango. Il reattore (tranne il motoriduttore) è costruito interamente in acciaio inox AISI 304L, ed è sottoposto per intero, prima dell'assemblaggio, ad un idoneo trattamento di decapaggio a bagno in soluzione acida, seguito da un trattamento di passivazione in atmosfera controllata.
- *Ispessitore a coclea*: trattasi dell'unità per l'ispessimento continuo dei fanghi, costituita da una gabbia filtrante realizzata da un insieme di barre autopulenti a sezione trapezoidale (wedge wire) in acciaio inox AISI 304L, disposte per ottenere una spaziatura filtrante di 250 micron. La gabbia è adeguatamente irrobustita e supportata dalla struttura che funge da contenimento e raccolta delle acque di drenaggio. All'interno della gabbia filtrante, inclinata di 30°, una coclea rotante a giri variabili rimuove il fango flocculato, lo addensa, favorendo il drenaggio dell'acqua attraverso la gabbia, e lo solleva alla zona di pressatura ed alla zona di scarico da cui esce una volta ispessito. La coclea porta sulla sommità delle spire una spazzola in nylon che rimuove il fango dalla gabbia e riduce la necessità di lavaggio. Un gruppo motoriduttore installato nella parte superiore della macchina trasmette la rotazione alla coclea. La velocità di rotazione della coclea viene regolata tramite variatore di frequenza. All'interno della struttura

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 90 di 165
---	--	--

di contenimento della macchina è installato un dispositivo di lavaggio della gabbia, composto da due rampe di lavaggio dotate di ugelli spruzzatori che, in base al tempo di lavaggio ed all'intervallo tra un lavaggio e il successivo, mantiene pulita la gabbia filtrante e favorisce il drenaggio dell'acqua di sgrondo attraverso la stessa. Le rampe di lavaggio funzionano alternativamente per mezzo di due elettrovalvole installate sulla tubazione di mandata dell'acqua in pressione. Un gruppo motoriduttore comanda la rotazione delle rampe di lavaggio e l'inversione delle stesse per mezzo di fine corsa. Sull'involucro esterno, avente funzione di raccolta delle acque di drenaggio, sono realizzate due portelle per l'ispezione e la manutenzione delle rampe di lavaggio.

A completamento del comparto di ispessimento dinamico sono previste una stazione di preparazione della soluzione polielettrolita in emulsione e le elettropompe mono per l'alimentazione del polielettrolita, con relativi misuratori di portata installati sulle tubazioni di mandata. In ingresso e in uscita dagli ispessitori dinamici saranno installati i misuratori di portata del fango. Il fango ispessito verrà scaricato, per ognuno dei due ispessitori, in una tramoggia dedicata, la quale carica a sua volta la pompa mono di rilancio del fango ispessito, mentre le nuove pompe mono di alimentazione del fango liquido saranno collocate in luogo delle attuali pompe di rilancio del fango in uscita dagli ispessitori statici.


4.10.2 Principali apparecchiature e strumentazione installata

- n. 2 ispessitori dinamici, con potenza installata della coclea pari a 1,5 kW/cadauno, completi di reattore di miscelazione/flocculazione (nuova installazione);
- n. 2 stazione di preparazione polielettrolita (nuova installazione);
- n. 4 pompe mono di alimentazione polielettrolita (1+1R, 1+1R), (nuova installazione);
- n. 4 pompe mono di alimentazione fango (1+1R, 1+1R), (nuova installazione);
- n. 2 pompe mono di rilancio fango ispessito (nuova installazione);
- n. 6 misuratori di portata per soluzione polielettrolita e fanghi (nuova installazione);
- n. 2 sensori di livello del fango nelle tramogge (nuova installazione).

Per il dettaglio delle apparecchiature elettromeccaniche accessori e di tutti i componenti si rimanda all'elaborato tecnico riportante le specifiche tecniche.

4.11 Digestione anaerobica dei fanghi

L'attuale configurazione impiantistica prevede la stabilizzazione del fango per via anaerobica, in due stadi in ambiente mesofilo; nello specifico, il digestore primario (primo stadio) risulta avere un

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p>Dicembre 2020</p> <p style="text-align: center;">Pagina 91 di 165</p>
---	--	--

volume pari a 2.000 m^3 , mentre il digestore secondario (secondo stadio) risulta avere un volume pari a 830 m^3 . Complessivamente, si ha dunque un volume della digestione anaerobica pari a 2.830 m^3 .

Per tale comparto non sono previsti interventi in progetto; le uniche variazioni, rispetto allo stato attuale sono rappresentate da:

- l'alimentazione dei fanghi ispessiti, i quali non saranno più alimentati dalle pompe monovite a valle degli ispessitori statici attuali, ma da nuove pompe monovite installate a valle dei nuovi ispessitori dinamici, all'interno del locale ispessimento dinamico;
- il passaggio dei fanghi dal digestore primario al digestore secondario, che non avverrà più solamente a gravità, ma anche attraverso un sistema di sollevamento con pompe monovite (1+1R).

Il comparto di digestione anaerobica è stato oggetto di verifica dimensionale da parte dello scrivente RTP.

4.11.1 Generalità

La stabilizzazione anaerobica dei fanghi serve, non solo ad eliminare gran parte dei solidi volatili ancora presenti nel fango di supero in modo da consentire l'eliminazione di un fango sufficientemente mineralizzato e quindi non putrescibile, ma anche ad ottenere allo stesso tempo la produzione di un gas biologico (biogas) ricco di metano ad elevata resa energetica.

Viene utilizzata in impianti ad alto o medio carico di dimensioni sufficientemente elevate, in quanto gli importanti investimenti richiesti devono essere giustificati da un consistente recupero energetico. La stabilizzazione anaerobica viene effettuata in ambiente privo di ossigeno, mantenendo il fango in bacini chiusi (digestori) privi di alimentazione organica, per un tempo adatto a consentire una sufficiente mineralizzazione del fango (riduzione dei solidi volatili superiore al 40%). Le reazioni biologiche, sviluppandosi in ambiente privo di ossigeno, danno luogo a prodotti non ossidati (azoto, metano, idrogeno solforato).

I digestori sono costituiti da bacini di forma cilindrica a tetto conico, coibentati per limitare lo scambio termico con l'atmosfera e riscaldati. Si possono adottare vari sistemi di riscaldamento, interni od esterni al bacino di digestione. I più diffusi sono quelli con scambiatore di calore esterno, alimentato da apposita caldaia a biogas, e pompe di circolazione che portano il fango dal digestore agli scambiatori e viceversa.

4.11.2 Descrizione del processo

Il riscaldamento dei fanghi avviene mediante uno scambiatore di calore a tubi concentrici con circolazione in controcorrente di fango e acqua calda. Il fango da riscaldare viene pompato nel tubo centrale mentre il fluido riscaldante passa nella camicia esterna. Dei due digestori soltanto il primario risulta essere coibentato, in modo tale da ridurre il coefficiente di dispersione termica della struttura e diminuire così la quantità di calore da fornire al sistema.

I fanghi in alimentazione giungono allo scambiatore di calore in cui avviene il vero e proprio riscaldamento dei fanghi in ingresso al comparto di digestione anaerobica. Lo scambiatore è

alimentato da apposita caldaia, che sviluppa una potenza termica pari a 330 kW, all'interno della centrale termica, alimentata a sua volta da metano e dal biogas prodotto dalla digestione anaerobica. Il fango circola nella tubazione interna, mentre l'acqua circola esternamente, in controcorrente ai fanghi, e ha una funzione di volano termico.

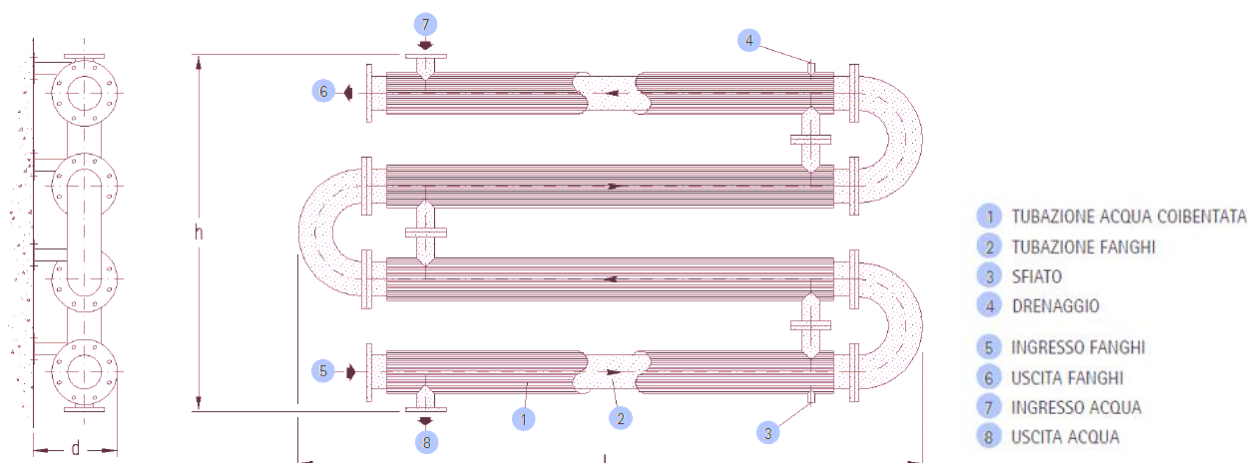


Figura 46 - Scambiatore di calore: componenti

La cupola per i digestori è realizzata in acciaio inossidabile a fondo bombato ed è costituita da un corpo cilindrico murato nel foro predisposto sulla cupola in c.a. del digestore, da un coperchio flangiato munito, a sua volta, di attacchi flangiati per le apparecchiature previste e per il duomo di ripresa.

Il duomo ripresa gas è installato sulla parte più alta del digestore e serve per captare il biogas prodotto dalla digestione dei fanghi, evitando il trascinamento di eventuali schiume. Viene fissato ad una controflangia inserita nella cupola in acciaio. Dal tronchetto flangiato del duomo parte poi la tubazione del biogas verso la sua utilizzazione.

Sulla cupola è presente anche l'unità di respirazione che è una valvola di sicurezza in grado di combinare la funzione di valvola di sovrappressione e di depressione. Al superamento della pressione di taratura la valvola scarica in atmosfera il biogas in eccesso, mentre al superamento della depressione di taratura la valvola aspira aria dall'atmosfera.

La miscelazione dei fanghi all'interno per mezzo di un sistema idraulico costituito da due elettropompe centrifughe posizionate all'esterno dei digestori, con portata pari a 50 m³/h ad una prevalenza di 19 m, che prelevano in modo continuo i fanghi dal fondo del volume di digestione e li reimmettono nuovamente nella parte alta dello stesso.

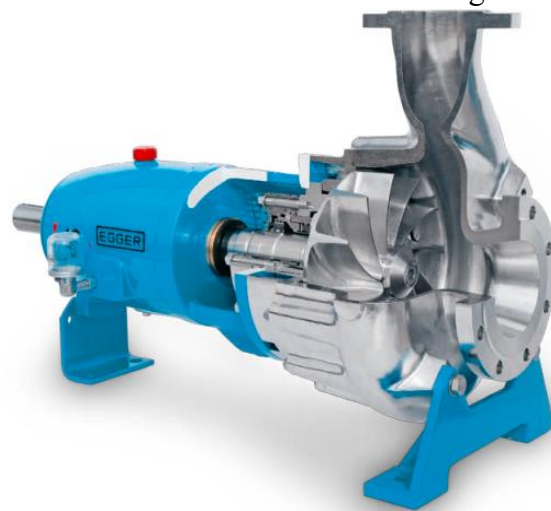


Figura 47 - pompa ricircolo/miscelazione fanghi

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

La miscelazione riveste una notevole importanza, se si considera che vi è una correlazione tra il tempo di ritenzione del fango nel digestore e la riduzione percentuale delle sostanze volatili, come mostra il diagramma sotto riportato. Il tempo di ritenzione è dato dal rapporto tra il volume del fango contenuto nel digestore e il volume dei fanghi in ingresso al digestore, per cui, se col nuovo sistema è possibile ridurre il volume di liquami immessi nel digestore, passando a concentrazioni maggiori, ne consegue che si aumenta il tempo di ritenzione nel digestore.

Considerando che un maggiore abbattimento dei SSV significa sostanzialmente una minore quantità di fango in uscita dal digestore e una maggiore quantità di biogas prodotto, si può concludere che i vantaggi sono del tutto evidenti.

Una minore quantità di SSV nel fango digerito, comporta anche un altro vantaggio indiretto, com'è noto, il rendimento dei trattamenti di disidratazione meccanica dei fanghi, è proporzionale al valore di SSV contenuti nei fanghi da trattare, per cui da un fango ben digerito con pochi SSV, si ottiene una migliore concentrazione di fango nella fase di disidratazione meccanica.

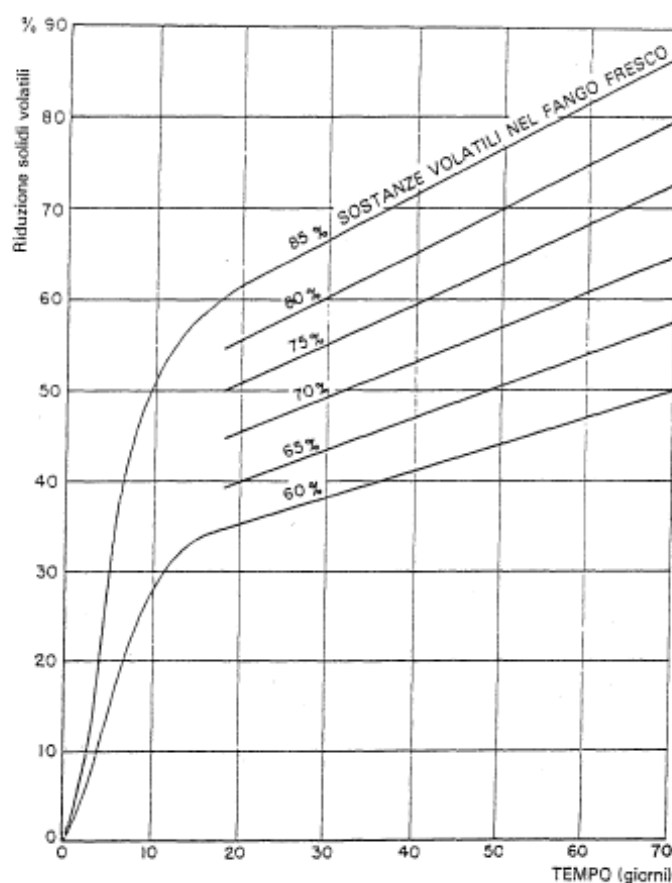



Figura 48 - Riduzione del contenuto in solidi volatili in funzione del tempo di ritenzione nel digestore per diversi tenori di sostanze volatili nel fango fresco. Grafico estratto da “Depurazione Biologica” edizione HOEPLI pag 48 Fig. 9.12 - Prof. R. Vismara

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 94 di 165
---	--	--

4.11.3 Verifica dimensionale della digestione anaerobica

La fase di stabilizzazione anaerobica viene normalmente eseguita con flore batteriche di tipo mesofilo, ad una temperatura di 33-36°C. Il volume necessario alla stabilizzazione può essere determinato assumendo un carico di solidi volatili inferiore ai 2 kgSSV/ m³/d.

Altro metodo di dimensionamento è quello ottenuto dall'applicazione della formula di Popel:

$$V_{stab} = Q_f 175 \times 10^{-0.03T}$$

dove Q_f è la portata giornaliera di fango (m³/d) e T la temperatura di digestione (°C).

Il volume così ottenuto può essere suddiviso su varie unità in parallelo.

Per digestori ben coibentati può essere valutata una dispersione termica q_d rapportata al volume totale del digestore, pari a 0,8-1,2 MJ/ m³/d.

Deve essere inoltre riscaldato il fango immesso nel digestore per cui il valore totale q di calore da fornire giornalmente dovrà essere pari a:

$$q = Q_f \gamma_f (t_d - t_f) + q_d$$

con

$\gamma_f = 4,2$ MJ/ m³/K calore specifico del fango, che viene preso equivalente a quello dell'acqua,

$t_d = 31-36^\circ\text{C}$ temperatura di stabilizzazione,

$t_f = 8-12^\circ\text{C}$ temperatura minima dei fanghi in ingresso.

Il quantitativo di fango secco in uscita dalla stabilizzazione anaerobica è pari alla differenza tra i solidi totali entranti (SS) ed i solidi volatili, ridotti durante il processo di digestione. Con il processo biologico di stabilizzazione anaerobica si ottiene una riduzione pari al 35-45% dei solidi volatili. Dato che la percentuale di solidi volatili nel fango in ingresso (SSV) è circa pari al 70% dei solidi totali, si ottiene: $SSV = 0,7 SS$.

Inoltre, considerando i solidi sospesi volatili distrutti (SSVd), questi rappresentano il 35% dei solidi sospesi volatili: $SSVd \sim 0,35 SSV$.


I solidi totali in uscita sono dati da: $SSu = SS - SSVd$

Il volume dei fanghi in entrata e uscita dalla stabilizzazione resta comunque uguale, perciò, il fango durante il processo di mineralizzazione diminuisce di concentrazione.

Di seguito si riportano i calcoli di verifica e dimensionamento dell'unità di digestione anaerobica nelle diverse condizioni di funzionamento, inverno ed estate:

Tabella 14 - Verifica dimensionale Digestione anaerobica

Parametro	Unità di misura	Valore	
		Estate	Inverno
Produzione di Fanghi da avviare alla Digestione anaerobica			
Quantità totale fanghi in alimentazione	Kg SST/d	5.729,60	3.708,54

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)		Dicembre 2020
			Pagina 95 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

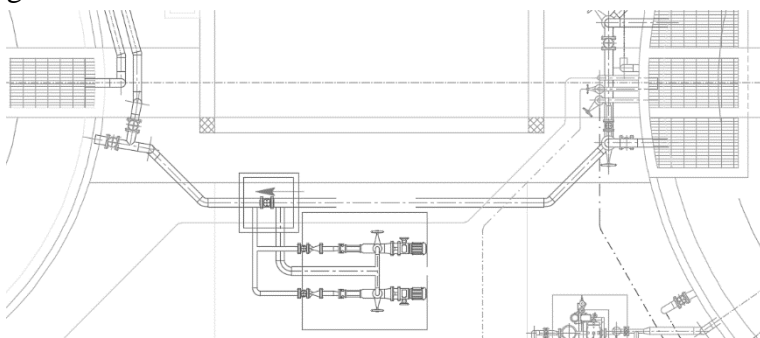
Tenore di secco medio dei fanghi in alimentazione	%	5,00	5,00
Volume totale fanghi in alimentazione	m ³ /d	114,59	74,17
Quantità totale SSV in alimentazione	Kg SSV/d	3.787,99	2.451,67
SSV/SST fanghi	%	66,11	66,11
Digestione anaerobica dei fanghi			
Dati generali:			
SST complessivi da digerire	kg SST/d	5.729,60	3.708,54
Concentrazione del fango su base secca in ingresso alla digestione	kg SST/m ³	50,00	50,00
pari ad un tenore di secco di	%	5,00	5,00
Volume di fango giornaliero in ingresso alla digestione	m ³ /d	114,59	74,17
% SSV in ingresso alla digestione	%	66,11	66,11
SSV degradabili in ingresso alla digestione	Kg SSV/d	3.787,99	2.451,67
SS non volatili	Kg SSnV/d	1.941,60	1.256,87
Tipo di processo prescelto (monostadio/bistadio)		bistadio	bistadio
Temperatura di digestione fissata	°C	35,00	35,00
Rendimento minimo di rimozione SSV previsto	%	35,00	35,00
Primo metodo di dimensionamento / verifica			
Tempo di permanenza apparente minimo (secondo Popel)	d	15,60	15,60
Volume complessivo minimo di digestione (secondo Popel)	m ³	1.787,28	1.156,83
Carico organico volumetrico (da calcolo)	Kg SSV/m ³ d	2,12	2,12
Secondo metodo di dimensionamento / verifica			
Carico organico volumetrico minimo di progetto	Kg SSV/m ³ d	1,20	1,50
Volume complessivo minimo di digestione	m ³	3.156,66	1.634,45
Tempo di permanenza apparente minimo	d	27,55	22,04
Caratteristiche geometriche del/i digestore/i PRIMARIO/I tipo 1			
Numero di unità	n.	1,00	1,00
Rapporto altezza tronco/raggio	---	0,86	0,86
Diametro cilindro	m	15,60	15,60
Diametro tronco cono inferiore	m	2,60	2,60
Altezza tronco cono inferiore	m	3,00	3,00
Volume tronco cono inferiore	m ³	228,30	228,30
Diametro tronco cono superiore	m	9,90	9,90
Altezza tronco cono superiore	m	1,40	1,40
Volume tronco cono superiore	m ³	181,72	181,72
Altezza mantello cilindrico	m	6,70	6,70
Volume tamburo	m ³	1.280,60	1.280,60
Volume unitario di digestione	m ³	1.690,62	1.690,62
Volume complessivo di digestione (utile)	m ³	1.508,90	1.508,90
Caratteristiche geometriche del/i digestore/i PRIMARIO/I tipo 2			
Numero di unità	n.	1,00	1,00
Rapporto altezza tronco/raggio	---	0,82	0,82
Diametro cilindro	m	12,40	12,40
Diametro tronco cono inferiore	m	2,00	2,00

Altezza tronco cono inferiore	m	2,40	2,40
Volume tronco cono inferiore	m ³	114,71	114,71
Diametro tronco cono superiore	m	6,90	6,90
Altezza tronco cono superiore	m	1,40	1,40
Volume tronco cono superiore	m ³	105,17	105,17
Altezza mantello cilindrico	m	5,10	5,10
Volume tamburo	m ³	615,89	615,89
Volume unitario di digestione	m ³	835,76	835,76
Volume complessivo di digestione (utile)	m ³	730,60	730,60
Volume complessivo di digestione a disposizione	m ³	2.239,50	2.239,50
Parametri di funzionamento			
Tempo di permanenza apparente	d	19,54	30,19
Carico organico volumetrico (cov)	Kg SSV/m ³ d	1,69	1,09
Frazione in peso di carbonio negli SSV (c _{sv})	Kg C/Kg SSV	0,560	0,560
Quantità di carbonio presente nei fanghi freschi (C) _f	Kg C/d	2.121,28	1.372,94
Quantità di carbonio gassificato (C) _g	Kg C/d	1.100,41	719,52
Quantità di carbonio presente nei fanghi digeriti (C) _d	Kg C/d	1.020,86	653,42
Quantità SSV demoliti nella digestione	Kg SSV/d	1.846,53	1.209,01
Abbattimento percentuale di SSV nella digestione	%	48,75	49,31
Percentuale di SSV in uscita dalla digestione	%	50,00	49,72
Quantità SSV in uscita dalla digestione	Kg SSV/d	1.941,46	1.242,66
Quantità SST in uscita dalla digestione	Kg SST/d	3.883,06	2.499,53
Volume di fango	m ³ /d	77,66	49,99
Concentrazione del fango su base secca in uscita dalla digestione	Kg SST/m ³	50,00	50,00
	pari a	%	5,00

Risulta di tutta evidenza che i parametri indicati nelle tabelle rappresentano dei valori coerenti con i dati tipici di letteratura per impianti di questo tipo, in particolar modo per il tempo di residenza nei digestori.


4.11.4 Rilancio intermedio dei fanghi

Come già accennato, il progetto prevede l'inserimento di un sistema di pompaggio dei fanghi nel passaggio dal digestore primario al digestore secondario. Attualmente infatti questo flusso avviene a gravità.



Nello specifico è prevista l'installazione, su idonea platea in cemento, di due pompe monovite (1+1R) adeguatamente dimensionate per le portate di progetto. I dettagli delle macchine sono riportate nel documento riguardante le specifiche tecniche delle apparecchiature elettromeccaniche.

Tabella 15 - Sollevamento fanghi tra i digestori anaerobici

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p>Dicembre 2020</p> <p style="text-align: center;">Pagina 97 di 165</p>
---	--	--

Le opere connesse al sistema di sollevamento riguardano la posa di un pozzetto prefabbricato interrato per l'alloggiamento del sistema di intercettazione dei fanghi costituito da una valvola a ghigliottina e due raccordi a Tee.

4.12 Disidratazione meccanica dei fanghi

4.12.1 Generalità e criteri di dimensionamento

La disidratazione rappresenta un'operazione unitaria di tipo fisico impiegata per la riduzione del contenuto di acqua dei fanghi al fine di:

- ridurre i volumi di fango da smaltire, con risparmio dei costi di trasporto e smaltimento;
- facilitare la manipolazione dei fanghi, poiché i fanghi disidratati possono essere manipolati in modo più semplice rispetto ai fanghi liquidi o ispessiti. Nella maggior parte dei casi, i fanghi disidratati risultano palabili, movimentabili mediante trattori equipaggiati con pale e trasportabili con nastri;
- ridurre l'emissione di odori e la putrescibilità dei fanghi grazie alla rimozione dell'eccesso di acqua;
- ridurre la produzione di percolato in discarica.

L'individuazione dell'apparecchiatura di disidratazione più idonea viene effettuata sulla base della tipologia di fango, delle caratteristiche dei prodotti disidratati e della disponibilità di spazi.

Al fine di ridurre l'umidità del fango possono essere utilizzate diverse soluzioni tecnologiche. Alcune di esse si basano su fenomeni naturali di evaporazione e di percolazione mentre le apparecchiature meccaniche, come la separazione centrifuga che è il tipo di tecnologia considerata nella presente progettazione, oltre che in esercizio nell'attuale configurazione impiantistica, consentono di accelerare la disidratazione del fango.

Anche il controllo degli odori molesti rappresenta un importante aspetto progettuale, dal momento che l'entità dell'emissione di questi dipende dal tipo di fango e dalle apparecchiature meccaniche utilizzate.

Le centrifughe possono essere realizzate sia in controcorrente che in equicorrente (vedi Figura 48).

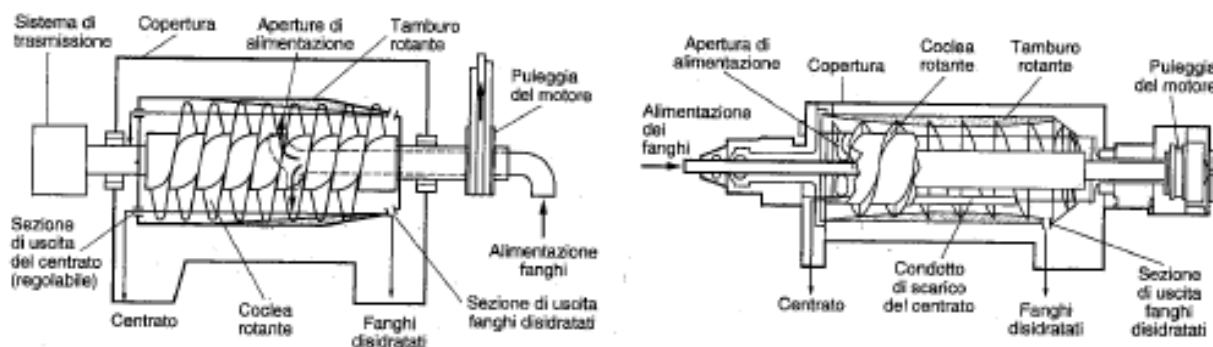


Figura 49 - Schema dei due sistemi di disidratazione dei fanghi mediante centrifugazione: in controcorrente e in equicorrente

Le principali differenze fra le due configurazioni risiedono nei sistemi di alimentazione del fango, di estrazione del centrato e nei percorsi interni delle fasi liquida e solida. Nella configurazione in controcorrente il punto di immissione del fango si trova in corrispondenza della giunzione della sezione cilindrica; i solidi si muovono verso la zona conica mentre il liquido migra nella direzione opposta. Nella configurazione in equicorrente i solidi e il liquido attraversano l'intera lunghezza del rotore nella medesima direzione. Le macchine installate nell'impianto sono del tipo in controcorrente come mostra la figura seguente.

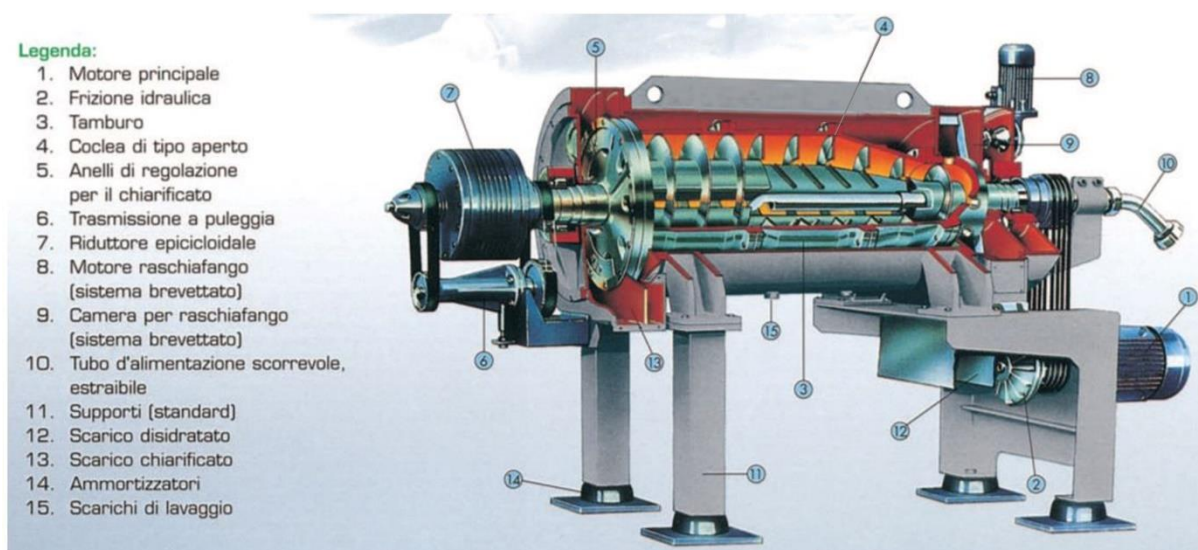



Figura 50 - Percorsi interni della fase liquida e solida delle centrifughe installate

I parametri di processo che influenzano le prestazioni della centrifuga, determinati sulla base della concentrazione in secco del fango e del recupero dei solidi, comprendono la portata di fango, la velocità di rotazione, la velocità differenziale della spirale, la profondità della zona di sedimentazione, l'impiego di reagenti chimici nonché le caratteristiche delle fasi solida e liquida. Queste comprendono dimensioni, forma e densità delle particelle nonché temperatura e viscosità del liquido.

Lo smaltimento del centrato rappresenta uno degli aspetti operativi critici delle centrifughe, poiché esso contiene quantità relativamente elevate di solidi non sedimentabili. Il ricircolo del centrato alla linea acque si traduce nel passaggio dei solidi fini attraverso le diverse unità del sistema di trattamento, il che riduce la qualità dell'effluente. Al fine di controllare l'estrazione delle particelle di piccole dimensioni generalmente si impiega un agente coagulante prima della centrifugazione che dà luogo ad un aumento delle dimensioni delle particelle. La scelta del tipo di apparecchiatura viene effettuata sulla base delle specifiche tecniche fornite dai costruttori.

Per la realizzazione delle unità di disidratazione mediante centrifughe sono necessari spazi più limitati e costi iniziali inferiori rispetto alle altre tecniche di disidratazione di pari capacità. Dal momento che le centrifughe sono apparecchiature chiuse, i problemi legati alla emissione di odori molesti risultano più contenuti rispetto alle alte tecnologie di disidratazione.

Le nuove apparecchiature sono previste tra gli interventi futuri (macchine centrifughe, stazioni di polipreparazione, pompe, ecc.). È prevista l'alimentazione delle macchine di disidratazione direttamente dal comparto di digestione anaerobica; infatti il secondo stadio di digestione costituisce

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 99 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

di fatto anche un accumulo del fango stabilizzato, a garanzia di un funzionamento delle macchine di disidratazione indipendente dalle operazioni effettuate nella fase di stabilizzazione anaerobica.

Di seguito si riporta in forma tabellare il dimensionamento del comparto, considerando una condizione di abbattimento minimo di SSV in digestione anaerobica pari al 50%, e il relativo consumo di flocculante necessario alla disidratazione dei fanghi per i diversi scenari di funzionamento, estivo ed invernale:

Tabella 16 - Tabella riassuntiva dimensionamento comparto disidratazione meccanica del fango

Parametro	Unità di misura	Valori	
		Estate	Inverno
Peso di SS da trattare	Kg/d	3.883,06	2.499,53
Volume fanghi da trattare	m ³ /d	77,66	49,99
Concentrazione dei fanghi	Kg/m ³	50,00	50,00
Peso di SS da trattare alla settimana	Kg	27.181,45	17.496,69
Volume fanghi da trattare alla settimana	m ³	543,63	349,93
Giorni lavorativi	d	5,00	5,00
Ore lavorative giornaliere	h	8,00	5,00
Ciclo di lavoro alla settimana	h	40,00	25,00
Peso di SS da trattare per giorno lavorativo	Kg	5.436,29	3.499,34
Volume di fango da trattare per giorno lavorativo	m ³ /d	108,73	69,99
Portata di fango da trattare	m ³ /h	13,59	14,00
Tenore di secco fango in ingresso	%	5,00	5,00
Tenore di secco dopo disidratazione	%	25,00	25,00
Quantità di fango disidratato	m ³ /d	21,75	14,00
Portata solida	Kg/h	679,54	699,87
Portata acque surnatanti	m ³ /d	86,98	55,99


Nelle verifiche effettuate è stato considerato un coefficiente di sicurezza che tiene conto di un eventuale peggioramento delle caratteristiche dei fanghi in ingresso.

L'esatta individuazione della macchina, nonché la scelta della configurazione ottimale (macchina singola con o senza riserva attiva, più macchine in parallelo) restano a carico di AQP, come richiesto nel Quadro Esigenziale, e esulano dagli obiettivi della presente progettazione.

Come già accennato precedentemente, tra gli interventi futuri sono previste anche tutte le apparecchiature elettromeccaniche asservite alla disidratazione meccanica, quali stazioni di preparazione del polielettrolita, con relative pompe di dosaggio, pompe monovite di alimentazione del fango da disidratare e quadro elettrico di comando con software di gestione della logica di funzionamento di tutto il comparto di disidratazione meccanica.

Il fango stabilizzato e disidratato sarà poi caricato in due cassoni esterni all'edificio di disidratazione meccanica attraverso un sistema combinato di coclee.

L'aria esausta proveniente dall'edificio di disidratazione meccanica, così come l'aria del volume che sarà realizzato con la copertura retrattile dei cassoni di raccolta dei fanghi disidratati, sarà avviata alla nuova sezione di trattamento aria, oggetto della presente progettazione.

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 100 di 165
---	--	---

4.13 Impianto di trattamento aria

Il progetto prevede la realizzazione di un nuovo comparto di aspirazione e trattamento delle arie esauste dei cassoni dei fanghi e dei locali ispessimento dinamico e disidratazione meccanica, attraverso una tecnologia avanzata di biofiltrazione.

4.13.1 Generalità e normativa di riferimento⁴

Nella sua formulazione originaria, il D.Lgs. 152/2006 inseriva tale tipologia di impianto tra quelle scarsamente rilevanti agli effetti dell'inquinamento atmosferico. La modifica introdotta con il D.Lgs. 128/2010 ha riportato l'attenzione su tale fonte di emissioni, escludendo dalla deroga le linee di trattamento dei fanghi ed ha portato alla necessità per gli impianti di depurazione di dotarsi di autorizzazione alle emissioni in atmosfera ai sensi dell'art. 269 del D.Lgs. 152/2006 come unico presidio igienico sanitario potenzialmente impattante nei confronti delle emissioni in atmosfera.

La produzione di odori molesti nei sistemi di trattamento dei reflui può essere dovuta a sorgenti esterne (presenza di composti maleodoranti già nel liquame in ingresso all'impianto) o a sorgenti interne all'impianto (sviluppo in alcuni punti delle linee di trattamento).

La presenza di cattivi odori è dovuta essenzialmente alla formazione di sostanze maleodoranti per l'innesco di processi anaerobici che producono:

- composti solforati (solfo di idrogeno, mercaptani ed i solfuri metilati)
- composti azotati (essenzialmente ammoniaca; spesso sono presenti scatolo, indolo e ammine dall'odore nauseabondo di pesce marcio)
- acidi organici ed aldeidi, chetoni ed alcol che si formano dalla fermentazione degli zuccheri e dei grassi in condizioni di anossia o anaerobiosi.

Nonostante le quantità emesse siano più basse rispetto a quelle delle altre molecole, i composti ridotti dello zolfo sono quelli con maggior grado di percezione a causa della più bassa soglia olfattiva.

La tabella seguente riporta i valori medi e gli intervalli di concentrazione di odore caratteristici per le principali fasi di trattamento⁵. Nell'ultima colonna sono riportati i fattori di emissione dell'odore (OEF – *Odour Emission Factor*) calcolati per ciascuna fase ed espressi in unità odorimetriche per metro cubo di refluo trattato (ouE/m³ di refluo).

⁴ ARPA PUGLIA, 2014 - Linee guida per il rilascio di pareri riguardanti le emissioni in atmosfera prodotte dagli impianti di depurazione

⁵ Capelli et al., 2009

Tabella 17 - Valori medi, range di concentrazione di odore e fattori di emissione di odore per ciascuna fase di trattamento di un impianto di depurazione

Fasi del processo	Valore medio di c_{od} (ou_E/m^3)	Range di c_{od} (ou_E/m^3)	OEF medio ($ou_E/(m^3 \text{ di refluo})$)
Arrivo reflui	2300	100 – 100000	11000
Pre-trattamenti	3800	200 – 100000	110000
Sedimentazione primaria	1500	200 – 20000	190000
Denitrificazione	230	50 – 1500	9200
Nitrificazione	130	50 – 200	7400
Ossidazione	200	50 – 1000	12000
Sedimentazione secondaria	120	50 – 500	13000
Trattamenti chimico-fisici	600	200 – 3000	8300
Ispessimento fanghi	1900	200 – 40000	43000
Stoccaggio fanghi	850	100 – 5000	8300

Un'altra classe di composti emessi dagli impianti di depurazione è quella dei gas serra, in particolare metano (soprattutto negli impianti con digestione anaerobica) e protossido di azoto. È del tutto evidente come l'attenzione impiantistica debba essere principalmente rivolta a quei comparti che producono emissioni ed in particolar modo:

- **Sollevamento iniziale** che costituisce dunque un punto critico di rilascio di composti organici volatili (COV); se i collettori verso l'impianto di depurazione sono caratterizzati da lunghi tempi di percorrenza e scarsi tassi di aerazione è possibile che durante il trasporto si verifichino condizioni di anossia, con produzione di H_2S , ammoniaca e altri composti derivanti dalla degradazione anossica o anaerobica;
- **Scarico bottini e autobotti**, tale sezione costituisce un punto critico di rilascio di COV, H_2S , ammoniaca e altri composti derivanti dalla degradazione anossica o anaerobica;
- **Grigliatura e dissabbiatura** che tratta un refluo non ancora stabilizzato e si possono avere elevate emissioni di COV;
- **Equalizzazione** in caso di vasca di equalizzazione aerata, le problematiche odorigene sono limitate, in caso contrario e in funzione dei tempi di residenza, vi è il rischio di sviluppo di condizioni anossiche con produzione di H_2S , ammoniaca e altri composti;
- **Sedimentazione primaria** che tratta un refluo non ancora stabilizzato e si possono avere elevate emissioni di COV;
- **Ispessimento** laddove si rilevano notevoli emissioni di COV perché il fango contiene una significativa porzione di fango non stabilizzato;
- **Digestione anaerobica** che produce CH_4 , ammoniaca e H_2S ; i reattori sono generalmente chiusi e le emissioni dovrebbero essere ridotte se l'impianto dispone di un adeguato sistema di raccolta, convogliamento e recupero del biogas prodotto. In caso in cui il biogas viene semplicemente sfatato e bruciato in torce, il contributo emissivo può essere rilevante (composti odorigeni e gas serra);
- **Digestione aerobica** tale processo dovrebbe determinare una minore produzione di composti odorigeni rispetto alla digestione anaerobica tuttavia è buona norma prevederne la captazione ed il trattamento;

- **Disidratazione e stoccaggio** che riguarda fango già stabilizzato anche se il fango contiene residui dei composti odorigeni della digestione e la movimentazione è responsabile di emissioni elevate di COV.


Altre problematiche di carattere emissivo su comparti aerobici devono essere risolte attraverso approcci diversi in particolar modo tramite una analisi del reale soddisfacimento della quantità di ossigeno necessaria al corretto instaurarsi del processo biologico.

Nel seguito si riportano alcune indicazioni gestionali per la riduzione delle emissioni odorigene dagli impianti di depurazione⁶.

Tabella 18 - Interventi gestionali per ridurre le emissioni di odori

Fase di trattamento	Intervento
<i>Intero impianto</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Effettuare un monitoraggio periodico, ad esempio con tecnica olfattometrica, al perimetro dell'impianto ed in prossimità di ogni trattamento per avere un quadro descrittivo della situazione e delle eventuali variazioni nel tempo. • Possibilmente effettuare interventi di manutenzione programmata (a rischio emissioni odorigene) in condizioni ottimali (orari selezionati in funzione della valutazione dei dati meteo: temperature dell'aria, direzione e intensità vento, regime barico, previsione attesa).
<i>Sollevamento</i>	<ul style="list-style-type: none"> • In caso di reflui che provengono da zone lontane dal depuratore e che subiscono diversi sollevamenti e/o rilanci intermedi, intervenire sulla modalità (frequenza) di funzionamento delle pompe, in modo da minimizzare i tempi di ristagno.
<i>Grigliatura</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Lavare con frequenza le macchine deputate alla grigliatura (griglie, rotostacci, ...) con acqua contenente una minima quantità di cloro attivo. • Raccogliere il grigliato/vaglio all'interno di appositi sacchi che presentano una struttura porosa, in modo da consentire il deflusso e la raccolta dell'acqua percolante evitando la diffusione di aria odorosa. • Assicurare la chiusura dei cassonetti di raccolta del grigliato tra un carico e il successivo. • Allontanare il materiale con la massima frequenza.
<i>Dissabbiatura/ disoleatura</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Allontanare il materiale con la massima frequenza.
<i>Equalizzazione</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Mantenere il refluo in condizioni aerobiche assicurando un'aerazione sufficiente.
<i>Sedimentazione primaria</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Garantire l'efficienza del sistema di raccolta ed eliminazione del materiale galleggiante. • Garantire la pulizia della canaletta di raccolta dell'effluente. • Estrarre il fango regolarmente per limitare i tempi di permanenza ed evitare lo sviluppo di condizioni anaerobiche.
<i>Ossidazione biologica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Assicurare una sufficiente aerazione, utilizzando sistemi di controllo tali da garantire che la concentrazione di ossigeno disciolto sia sempre > 1 mg/l.
<i>Ispessimento a gravità</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Regolare la frequenza di estrazione del fango in modo che la concentrazione dei solidi non sia al di sotto del valore di progetto (indicativamente 3-4%).
<i>Ispessimento meccanico</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Effettuare il lavaggio della macchina con acqua al termine dell'utilizzo giornaliero.
<i>Stabilizzazione aerobica</i>	<ul style="list-style-type: none"> • Assicurare le condizioni di processo (età del fango, ossigeno disciolto) che garantiscano un rapporto SV/ST $< 0,65$ (valore indicativo). • Mantenere una concentrazione minima di ossigeno disciolto pari a 1 mg/l.

⁶ Bertanza e Papa, 2012

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 103 di 165
---	--	---

<i>Stabilizzazione anaerobica</i>	<ul style="list-style-type: none"> Assicurare le condizioni di processo (età del fango, temperatura, pH, alcalinità, ecc.) che garantiscano un rapporto SV/ST < 0,65 (valore indicativo), accompagnato da una idonea produzione di biogas.
<i>Disidratazione meccanica</i>	<ul style="list-style-type: none"> Effettuare il lavaggio della macchina con acqua al termine dell'utilizzo giornaliero. Ridurre al minimo i tempi di disidratazione e concentrare gli interventi se effettuati con dispositivo mobile. Ridurre al minimo i tempi di permanenza in impianto del cassone di raccolta (max 2 giorni, possibilmente evacuazione giornaliera), coprendo il medesimo con un telo. Eventualmente, dosare insieme al polielettrolita un prodotto per ridurre la formazione di esalazioni maleodoranti (mercaptani).

4.13.2 Tecnologie di trattamento aria

L'adozione di misure preventive non è sufficiente ad assicurare la conformità delle emissioni aeriformi ad assegnati limiti inerenti l'impatto odorigeno ed è necessario utilizzare tecnologie di trattamento "end of pipe", da individuare tra quelle più idonee contemplate dalle Best Available Technologies (BAT). I Documenti di riferimento (BREF) dell'Ufficio europeo per l'IPPC non ne comprendono uno specifico dedicato agli impianti di depurazione acque e rifiuti liquidi, in quanto tale attività è considerata fase terminale di processo, comune a molti comparti produttivi.


A riguardo si possono consultare i documenti:

- *Common Waste Water and Waste Gas Treatment/Management Systems in the Chemical Sector;*
- *Waste Treatments Industries;*
- *Large Volume Organic Chemical Industry.*

Le tecniche potenzialmente applicabili, singolarmente o in combinazione, sono numerose. Nella loro scelta, secondo quanto riporta il BREF, occorre valutare numerosi fattori, quali: la portata del flusso odorigeno; la concentrazione degli inquinanti odorigeni; le proprietà fisiche e chimiche delle sostanze odorigene (solubilità in acqua, acidità, basicità, polarità, adsorbibilità, biodegradabilità); l'efficienza di abbattimento degli inquinanti odorigeni prioritari e variabilità nel tempo della stessa (specie quando si impiegano catalizzatori); la formazione di inquinanti secondari; i consumi energetici; i limiti tecnici d'impiego di tali tecniche (temperatura, massima concentrazione degli inquinanti in ingresso, contenuto di umidità); la necessità di spazio; le esigenze di conduzione e manutenzione; i costi.

Di seguito si riporta una breve descrizione delle principali tecniche di trattamento delle emissioni gassose tratta dal BREF (European Commission, 2011) comunemente utilizzata per gli impianti di depurazione:

- **Adsorbimento:** Le molecole di gas vengono trattenute da una superficie solida o liquida (adsorbente) selettiva. Giunti a saturazione, è necessario procedere alla rigenerazione dell'adsorbente. I principali sistemi di adsorbimento sono: adsorbimento a letto fisso (il gas è alimentato dal basso e si purifica attraversando il letto), adsorbimento a letto fluido (l'adsorbente è mantenuto allo stato fluido grazie alla velocità del gas), adsorbimento a letto mobile continuo (l'adsorbente è caricato in continuo dall'alto in controcorrente rispetto al flusso di gas) e pressure swing adsorption (adsorbimento ad alta pressione, depressurizzazione e spurgo a bassa pressione o sotto vuoto). Gli adsorbenti comunemente impiegati sono

 acquedotto pugliese l'acqua, bene comune	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p style="text-align: center;">Dicembre 2020</p> <hr/> <p style="text-align: center;">Pagina 104 di 165</p>
---	--	---


carbone attivo granulare, zeoliti, particelle macroporose di polimeri, silicati di sodio e alluminio, gel di silice. La rigenerazione dell'adsorbente esausto può avvenire mediante trattamenti termici o con sistemi sotto vuoto.

- **Assorbimento:** L'assorbimento consiste nel trasferimento di massa tra un gas solubile e un solvente (in genere acqua) posti tra loro a contatto. Possono essere impiegati diversi tipi di scrubber, il cui tipo più comune è costituito da torri di lavaggio (il flusso di gas attraversa la torre in controcorrente, mentre il solvente viene spruzzato dall'alto).
- **Biofiltrazione:** Il flusso gassoso viene convogliato in un letto di materiale organico (torba, compost, legna, etc.) o materiale inerte (argilla, carbone attivo, poliuretano, etc.) e viene ossidato biologicamente da microorganismi in CO₂, acqua, sali inorganici e biomassa. Un biofiltro aperto consiste di un letto filtrante sotto cui è collocata una rete di condotte per convogliare il gas da trattare. È il sistema più diffuso, grazie ai costi ridotti rispetto a un biofiltro chiuso. Tuttavia, i sistemi chiusi sono preferibili perché assicurano un'efficienza di rimozione più elevata. L'altezza del materiale filtrante è in genere compresa tra 0,5 e 1,5 m, in un massimo di due o tre strati. È possibile trattare circa 100-500 Nm³/h per m² di superficie filtrante adottando tempi di residenza di minimo 30-45 s. La capacità di rimozione dipende da parametri come pH (valori ottimali 7-8), contenuto di umidità ($\geq 95\%$) e temperatura del gas. Per taluni composti, come H₂S e mercaptani, può essere necessario combinare torri di lavaggio e biofiltri per aumentare l'efficienza di rimozione. Il materiale che costituisce il letto deve essere rimosso periodicamente (ogni 0,5-5 anni) a seconda del tipo di materiale e della composizione del gas.
- **Bioscrubbing:** Con tale sistema si combinano assorbimento e biodegradazione, poiché si utilizza acqua contenente una popolazione di microorganismi in grado di ossidare i composti biodegradabili presenti nel flusso gassoso (ammoniaca, ammine, H₂S, idrocarburi e composti odorosi). Il tempo di residenza dei gas è di circa 1 s, mentre il tempo di residenza dell'acqua che assicura le migliori prestazioni è compreso tra 20 e 40 giorni.
- **Biotrickling:** Il sistema di funzionamento è simile a quello di un bioscrubber, ma a differenza di questo i microorganismi si sviluppano su elementi di supporto (letto di materiale inerte). Per assicurare le massime prestazioni occorre massimizzare la superficie bagnata, distribuendo uniformemente la fase liquida sulla superficie del biofilm.

Nella Tabella a seguire sono invece indicati i principali vantaggi e svantaggi delle varie tecnologie insieme alle prestazioni ottenibili per quanto riguarda la rimozione di COV, odori e H₂S.

Tabella 19 - Vantaggi e svantaggi dei principali sistemi di trattamento delle emissioni gassose (European Commission, 2011)

Sistema di trattamento	Vantaggi	Svantaggi
Adsorbimento	<ul style="list-style-type: none"> • <i>elevata efficienza di rimozione dei COV</i> • <i>tecnologia semplice e robusta</i> • <i>installazione e manutenzione semplice</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>rischio di rapida saturazione dell'adsorbente</i>

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p align="center">Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	Dicembre 2020
		Pagina 105 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


Assorbimento	<ul style="list-style-type: none"> • elevata efficienza di rimozione • tecnologia semplice e robusta • installazione e manutenzione semplice • possibilità di utilizzo di configurazione modulare 	<ul style="list-style-type: none"> • necessità di utilizzare acqua o prodotti chimici diluiti per sostituire l'acqua persa per spurgo o evaporazione • trattamento dell'acqua di spurgo • rischio di corrosione • rischio di incremento delle emissioni odorigene a causa del ricircolo del solvente
Biofiltrazione	<ul style="list-style-type: none"> • bassi costi di investimento e operativi • alta efficienza per i composti biodegradabili • basse quantità di percolato e materiale di rifiuto da trattare 	<ul style="list-style-type: none"> • rischio di effetti tossici sulla biomassa • variabilità dell'efficienza in relazione alle fluttuazioni delle caratteristiche del flusso in ingresso • necessità di controllo del pH
Bioscrubbing	<ul style="list-style-type: none"> • migliore controllo dei picchi di concentrazione rispetto a un biofiltro • elevata rimozione dei composti facilmente degradabili 	<ul style="list-style-type: none"> • necessità di spurgo della biomassa • ridotta rimozione dei composti scarsamente solubili • variabilità dell'efficienza in relazione alle fluttuazioni delle caratteristiche del flusso in ingresso • trattamento del percolato
Biotrickling	<ul style="list-style-type: none"> • biodegradazione dei composti adsorbiti • basse perdite di carico • costi di costruzione e operativi medi • basso consumo energetico • maggiore affidabilità rispetto a un biofiltro • compattezza 	<ul style="list-style-type: none"> • variabilità dell'efficienza in relazione alle fluttuazioni delle caratteristiche del flusso in ingresso • difficile rimozione dei composti scarsamente solubili • possibile intasamento del materiale di riempimento per sviluppo della biomassa • produzione di un refluo da trattare
Ossidazione termica	<ul style="list-style-type: none"> • efficienza elevata e costante • affidabilità • elevata efficienza termica (basso consumo di combustibile aggiuntivo) 	<ul style="list-style-type: none"> • emissioni di CO e ossidi di azoto • rischio di formazione di diossine • necessità di trattamento per la rimozione dei COV dai fumi
Ossidazione catalitica	<ul style="list-style-type: none"> • maggiore compattezza rispetto all'ossidazione termica • minore consumo di combustibile aggiuntivo rispetto a ossidazione termica • abbattimento simultaneo del CO prodotto • performance elevata e costante 	<ul style="list-style-type: none"> • maggiori costi di investimento rispetto all'ossidazione termica • efficienza variabile in relazione al contenuto energetico del gas • sensibilità del catalizzatore ad agenti che producono avvelenamento e intasamento • smaltimento dei catalizzatori non rigenerabili • rischio di formazione di diossine
Ionizzazione	<ul style="list-style-type: none"> • basso consumo energetico rispetto all'ossidazione termica • elevata compattezza • operazione semplice • insensibilità a variazioni nella composizione del gas 	<ul style="list-style-type: none"> • rischio di radiazioni elettromagnetiche

Foto-ossidazione	<ul style="list-style-type: none"> • <i>sistema compatto e modulare</i> • <i>basse temperature operative</i> • <i>basso consumo energetico</i> 	<ul style="list-style-type: none"> • <i>non adatto per concentrazioni elevate di inquinanti</i>
------------------	---	--

Tabella 20 - Prestazioni ottenibili mediante i principali sistemi di trattamento delle emissioni gassose (European Commission, 2011)

Sistema di trattamento	Composto	Efficienza di rimozione [%]	Livello di emissione [mg/Nm ³]
Adsorbimento	COV	80-95 con GAC 99 con zeolite 95-98 con polimeri	5-100 con GAC 10-200 con polimeri
	Odori	80-99	
	H ₂ S	> 95	
Assorbimento	COV	99	
	Odori	20-45 con acqua 60-85 con soluzione alcalina	
	H ₂ S	80->99	< 10 con soluzione alcalina
Biofiltrazione	COV	75-95	5-50
	Odori	70-99	< 1000 ou _E /Nm ³
	H ₂ S	> 75	
Bioscrubbing	COV	80-90	
	Odori	70-80	100-150 ou _E /Nm ³
Biotrickling	COV	70-99	
	Odori	70-90	
	H ₂ S	80-95	
Ossidazione termica	COV	98->99.9	< 1-20
	Odori	98-99.9	
	H ₂ S		
Ossidazione catalitica	COV	95-99	< 1-20
	Odori	80-95	
	H ₂ S		
Ionizzazione	COV	88->99.9	
	Odori	80-98	1000-20000 ou _E /Nm ³
	H ₂ S		
Foto-ossidazione	COV	95	25-50
	Odori	80-98	
	H ₂ S	< 98	

Nella presente progettazione la scelta si è orientata su tecnologia a biotrickling, caratterizzata da Capex e Opex medi se confrontati con gli altri sistemi di trattamento, ma che consente di ottenere un

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 107 di 165
---	--	---

basso consumo energetico e, soprattutto, una maggiore affidabilità rispetto ad un biofiltro tradizionale.

Ai fini del dimensionamento è da notare che AQP ha prodotto delle linee guida che richiedono:

- *le coperture delle unità depurative non devono mai essere realizzate con sistemi pressostatici bensì devono essere autoportanti con sistemi di appoggio;*
- *le coperture delle unità di pre-trattamento (grigliatura, dissabbiatura, equalizzazione etc.), e quelle relative alla linea fanghi (ispessitori, stabilizzazione aerobica, disidratazione fanghi, etc.), nonché le unità di sedimentazione primaria di forma rettangolare possono essere realizzate con volumi confinati o con coperture piane comunque amovibili e ispezionabili;*
- *deve essere previsto un adeguato confinamento per i sistemi di accumulo fango e mondiglia per evitare che durante le fasi di lavorazione questi comparti possano essere fonte di cattivi odori;*
- *al fine di limitare l'esposizione degli operatori ad agenti fisici, chimici e/o biologici nel corso delle operazioni di manutenzione e di ispezione, è necessario prevedere adeguati ricambi d'aria non inferiori a **5 volumi per ora in caso di presenza saltuaria** e di **8 volumi per ora** in corrispondenza delle unità di pre-trattamento e di disidratazione meccanica dei fanghi;*
- *laddove non è prevista presenza alcuna dell'operatore, i ricambi d'ora potranno essere ridotti a due – tre volumi per ora, sempre che tra l'intradosso della copertura e il pelo libero vi sia un volume d'aria non superiore a 1 m; volumi orari inferiori, per effetto della diluizione, potranno essere adottati laddove i franchi di sicurezza siano superiori a 1,0 m (ad esempio per vasche di equalizzazione con volumi inutilizzati);*
- *in caso di trattamento dell'aria attraverso biofiltri, le relative unità dovranno essere dimensionate per tempi di contatto minimo tra 30 e 45 secondi.*

4.13.3 Valori limite di emissione

L'obiettivo del sistema di trattamento aria oggetto della presente progettazione è assicurare il rispetto dei valori di emissione indicati nell'allegato I alla parte V del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.; nella seguente Tabella si riporta un estratto indicativo e non esaustivo dei limiti previsti dal decreto con riferimento ad alcuni composti e sostanze di interesse per un impianto di depurazione (sono riportati in grassetto i composti maggiormente rilevanti). Il rispetto dei limiti fissati in autorizzazione deve essere verificato con misure periodiche, effettuate simultaneamente alle misure per la valutazione della portata di odore.

Tabella 21 - Valori limite di emissione fissati ai sensi del D.Lgs. 152/2006 e s.m.i.

Composti		Soglia di rilevanza (espressa come flusso di massa) [g/h]	Valore di emissione (espresso come concentrazione) [mg/Nm ³]
Composti organici sotto	Classe I (butilmercaptano, etilmercaptano)	25	5

forma di gas, vapori o polveri <i>Ai fini del calcolo del flusso di massa e di concentrazione:</i> - in caso di presenza di più sostanze della stessa classe le quantità devono essere sommate; - in caso di presenza di più sostanze di classi diverse alla quantità di sostanze di ogni classe devono essere sommate le quantità di sostanze delle classi inferiori. <i>Al fine del rispetto del limite di concentrazione in caso di presenza di più sostanze di classi diverse la concentrazione totale non deve superare il limite della classe più elevata.</i>	Classe II (etilammina, dimetilammina, trietilammina , piridina, acetaldeide)	100	20
	Classe III (acido acetico, n-esano, etil-benzene)	2000	150
	Classe IV (toluene, xilene)	3000	300
	Classe V (acetone)	4000	600
Sostanze inorganiche che si presentano prevalentemente sotto forma di gas o vapore	Classe II (idrogeno solforato , cloro)	50	5
	Classe III (composti inorganici del cloro sotto forma di gas o vapore, esclusi cloro cianuro e fosgene, espressi come acido cloridrico)	300	30
	Classe IV (ammoniaca)	2000	250
	Classe V (ossidi di azoto, ossidi di zolfo)	5000	500


4.13.4 Biotrickling

La scelta del sistema di Biotrickling nella presente progettazione deriva dalle indicazioni fornite da AQP attraverso la “linea guida per la fornitura e posa in opera dei sistemi abbattimento delle emissioni odorigene”; nello specifico, detto documento recita:

“Salvo specifiche peculiari esigenze, da valutare caso per caso, per rendere uniforme le modalità di trattamento delle emissioni gassose negli impianti di depurazione delle acque reflue urbane gestiti dall’Acquedotto Pugliese si prediligeranno i sistemi con trattamenti biologici ed in particolare la biofiltrazione e il biotrickling.

Per entrambi i sistemi le stazioni di trattamento dovranno essere di tipo modulare, dotate di copertura. Dovrà sempre essere previsto un sistema per il monitoraggio e il controllo dei principali parametri in particolare la temperatura, l’umidità e il pH i cui valori dovranno essere tali da assicurare il corretto funzionamento del sistema.

Nel caso il progettista ravvisi l’opportunità di adottare sistemi di trattamento alternativi a quelli del Biofiltro e del Biotrickling, quali ad esempio l’Activated Sludge Diffusion, le motivazioni dovranno essere adeguatamente giustificate e documentate all’interno degli elaborati progettuali attraverso una accurata analisi costi benefici che tenga conto, oltre dei

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	<p style="text-align: center;">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p style="text-align: center;">ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	<p>Dicembre 2020</p> <p style="text-align: center;">Pagina 109 di 165</p>
---	--	---


costi derivanti dall'esecuzione dei lavori e dall'installazione dei macchinari, anche della futura gestione e manutenzione dell'impianto."

Nell'ambito dei sistemi di biofiltrazione il sistema biotrickling occupa una posizione di assoluto rilievo: esso, infatti, unisce le qualità di un ottimo sistema di lavaggio controcorrente a quelle di un ottimo sistema filtrante biologico. Il funzionamento è assimilabile a quello di un filtro percolatore in cui, però, il percolante non è la sostanza da depurare ma l'agente depurante. Trattasi, infatti, di soluzione acquosa attivata con speciali ceppi microbici i quali metabolizzano, insediandosi sull'ampia superficie del supporto, le molecole odorogene.

Il progetto prevede la configurazione del sistema a doppio stadio di trattamento per migliorarne le rese di abbattimento dei composti odorigeni. Inoltre, il sistema è caratterizzato da un controllo automatico del pH della soluzione di lavaggio data dalla cessione "on demand" di sostanze tampone; il percolato raccolto viene poi ricircolato sullo strato superficiale del letto filtrante.

Il sistema biotrickling previsto in progetto viene di seguito descritto nelle sue componenti principali.

- *Struttura di contenimento del materiale filtrante:* la vasca di contenimento del materiale filtrante, viene realizzata in acciaio inox AISI316L, per tutte le parti a contatto con il fluido da trattare (pareti e fondo). I rinforzi esterni (non a contatto con il fluido da trattare) sono realizzati in acciaio zincato a caldo. L'Acciaio inox AISI316L presenta ottime caratteristiche di resistenza agli agenti chimici presenti nel flusso gassoso da trattare (così come all'interno della soluzione batterica di lavaggio ricircolata).
- *Materiale filtrante:* il riempimento del primo stadio è costituito da gomme catalitiche caratterizzate da elevata resistenza meccanica. Analogamente il secondo stadio (esclusivamente in materiale calcareo) è costituito da strati sovrapposti di riempimenti differenti. Gli strati inferiori sono caratterizzati da elevata resistenza meccanica, mentre gli strati superiori sono caratterizzati da elevata capacità di adsorbimento, condizione che assicura elevate performance. Per entrambi i riempimenti è assicurata la possibilità di realizzare letti filtranti aventi altezza fino a 3000 mm, senza che si verifichino fenomeni di compattazione del materiale. La soluzione impiantistica proposta prevede un'altezza del riempimento di 2700 mm, condizione che anche sulla base dell'esperienza maturata in applicazioni analoghe, rappresenta il miglior compromesso tra costo di investimento, ingombro in pianta ed ingombro in altezza.
- *Serbatoio di ricircolo della soluzione acquosa e pompe:* il sistema di ricircolo per la raccolta del percolato proveniente dal biofiltro e il rilancio sullo strato superficiale del letto filtrante è composto da un serbatoio in PP integrato all'interno dei binari realizzati in opera civile. È prevista una valvola temporizzata per consentire lo scarico periodico della soluzione di lavaggio esausta. Un'elettrovalvola temporizzata asservita a controllo di livello consente l'aggiunta di acqua potabile nel serbatoio di ricircolo.
- *Ventilatore centrifugo e camino:* è previsto un ventilatore di tipo direttamente accoppiato, con portata nominale pari a 2100 mc/h e pressione totale pari a 250 mm H₂O, con girante a pale

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	<p align="right">Dicembre 2020</p>
		<p align="right">Pagina 110 di 165</p>

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

rovesce ad alto rendimento e basso livello di rumorosità, realizzato in materiale resistente all'aggressione acida (cassa e girante). La regolazione della portata aspirata dal ventilatore potrà essere effettuata mediante inverter, o in alternativa tramite una serranda manuale.

- *Sistema di ricircolo della soluzione di lavaggio*: il circuito idraulico previsto in progetto ha la funzione di assicurare la corretta umidificazione del letto filtrante. Esso è costituito da tubazioni in PVC di sezioni opportune, e comprende valvole, ugelli spruzzatori a cono pieno, filtro acqua e quant'altro necessario al suo corretto funzionamento. Il sistema di ricircolo per la raccolta del percolato proveniente dal biofiltro e il rilancio sullo strato superficiale del letto filtrante è composto da un serbatoio in PP integrato nella struttura in carpenteria metallica zincata a caldo dell'unità biofiltrante. È prevista una valvola temporizzata per consentire lo scarico periodico della soluzione di lavaggio esausta. Un'elettrovalvola temporizzata asservita a controllo di livello consente invece l'aggiunta di acqua nel pozzetto di raccolta.
- *Grigliato di sostegno letto filtrante*: viene realizzato in materiale resistente all'aggressione acida (acciaio inox o acciaio al carbonio protetto mediante materiale plastico applicato mediante cataforesi), e viene sostenuto mediante opportuni supporti in carpenteria.
- *Componenti elettrici*: il comparto di biotrickling viene alimentato da un quadro elettrico contenente i temporizzatori per la regolazione dell'acqua di scarico, nonché tutti i componenti necessari all'avviamento e alla protezione del motore del ventilatore e della pompa di ricircolo. Esso è provvisto altresì di interruttore generale, spie, pulsanti, selettori e quant'altro necessario al corretto funzionamento dell'impianto.

Il reattore biologico viene progettato completamente chiuso, con emissione in atmosfera degli aeriformi depurati che avviene attraverso un camino. I vantaggi di un'emissione puntiforme sono molteplici:

- possibilità di controllo e misura significativa della qualità dell'aria immessa in ambiente attraverso campionamenti manuali discreti e/o attraverso sensori opportunamente installati in camino;
- migliore distribuzione delle componenti odorigene olfattive residue in ambiente. A parità di flusso di massa emesso, un'emissione a camino consente di avere minori ricadute al suolo (in termini di concentrazione di odore rilevata), rispetto ad un'emissione di tipo diffuso a piano campagna.

La struttura di contenimento del reattore, in Acciaio inox, è costituita da unità modulari biofiltranti; in questo modo è possibile incrementare la portata d'aria trattata e/o la capacità di trattamento mediante l'installazione di unità modulari aggiuntive.

Nella fase di messa in servizio dell'impianto il letto sarà inoculato con ceppi batterici "dedicati", innocui per l'uomo, gli animali e le piante. Allo scopo di prevenire fenomeni di incompatibilità tra le diverse specie batteriche, inoculate al momento della messa in servizio dell'impianto, sono previste due distinte sezioni di trattamento:

- la prima inoculata con batteri idonei ad abbattere ammoniaca e composti dell'azoto,
- la seconda con batteri idonei ad abbattere composti solforati e VOC.


Sia nel primo stadio di trattamento che nel secondo stadio l'aria defluisce in equicorrente, al fine di minimizzare le perdite di carico attraverso il materiale filtrante. Il sistema doppio stadio contenente di ottenere efficienze complessive di abbattimento superiori rispetto ai sistemi singolo stadio anche a parità di tempo di contatto complessivo applicato.



Figura 51 - Unità modulare Biotricking

Il riempimento proposto risponde ai seguenti requisiti minimi:

- materiale filtrante di tipo calcare idoneo ad assicurare un effetto di tamponamento del pH dell'ambiente filtrante (l'ossidazione dei composti solforati organici e inorganici produce sottoprodotti acidi di ossidazione);
- origine naturale organica;
- struttura aperta comportante basse perdite di carico ed elevata superficie specifica;
- struttura robusta che consenta di realizzare letti filtranti dello spessore di 3 metri senza rischio di compattazione;
- non contenere legno, torba o materiali simili soggetti ad impaccamento in condizioni di saturazione;

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 112 di 165
---	--	---

- forma concava idonea a trattenere in sospensione la soluzione di lavaggio, al fine di massimizzare le efficienze di trasferimento di massa dei contaminanti. La forma concava consente, inoltre, di garantire la formazione, all'interno del riempimento, di biomassa "protetta" dall'azione meccanica della soluzione di lavaggio;
- possibilità di funzionamento con lavaggio in continuo (tipo biotrickling filter).

Le peculiari caratteristiche del riempimento proposto garantiscono:

- elevate efficienze di abbattimento di idrogeno solforato ed altri composti acidi (principali inquinanti che caratterizzano gli effluenti gassosi provenienti da impianto di depurazione acque reflue);
- minimizzazione dei consumi di reagenti chimici (per il controllo del pH dell'ambiente filtrante);
- nessun consumo di sostanze nutrienti.

Per quanto riguarda il dimensionamento del volume del materiale filtrante, i parametri da considerare sono la portata d'aria ed il carico specifico (m^3/h d'aria trattata per m^3 di materiale filtrante).

Il sistema di trattamento biologico è dimensionato per operare con un carico specifico massimo pari a $200 \text{ m}^3/\text{h}$ per m^3 di materiale filtrante (per portate d'aria massime) fino ad un carico specifico minimo pari a $130 \text{ m}^3/\text{h}$ per m^3 di materiale filtrante (per portate d'aria minime).

Con un carico specifico massimo pari a $200 \text{ m}^3/\text{h}$ per m^3 di materiale filtrante, in corrispondenza di tali condizioni di funzionamento, il sistema è idoneo a garantire un'efficienza di abbattimento dell' H_2S $>98\%$, a fronte di concentrazioni in ingresso fino a 10 ppm. Devono essere rispettati i seguenti parametri minimi di dimensionamento.

Tabella 22 - Parametri di dimensionamento a Carico specifico volumetrico massimo

Parametri di dimensionamento	Valori
Carico specifico ($\text{m}^3/\text{h} / \text{m}^3$)	200
Altezza materiale filtrante (m)	< 3
Tempo di contatto (sec)	18

Con un carico specifico compreso tra 130 e $150 \text{ m}^3/\text{h}$ per m^3 di materiale filtrante, in corrispondenza di tali condizioni di funzionamento, il sistema è idoneo a garantire un'efficienza di abbattimento dell' H_2S $>98\%$, a fronte di concentrazioni in ingresso fino a 20 ppm. Devono essere rispettati i seguenti parametri minimi di dimensionamento.

Tabella 23 - Parametri di dimensionamento a Carico specifico volumetrico minimo

Parametri di dimensionamento	Valori
Carico specifico ($\text{m}^3/\text{h} / \text{m}^3$)	150
Altezza materiale filtrante (m)	< 3
Tempo di contatto (sec)	24

I parametri tecnici riferiti all'unità modulare sono mostrati nella tabella seguente:

Tabella 24 - Dimensionamento del unità di biofiltrazione

Parametro	Unità di misura	Valore
Carico specifico volumetrico	m ³ /h / m ³	150
Volume materiale filtrante per modulo	m ³	44
Numero moduli	---	2
Volume materiale filtrante complessivo	m ³	88
Altezza materiale filtrante	m	2,5
Portata aria al trattamento	m ³ /h	10916
Potenzialità per modulo	m ³ /h	6050
Potenzialità complessiva	m ³ /h	12100
Tempo di contatto reale	sec	26


La portata d'aria considerata deriva dal calcolo delle volumetrie soggette ad aspirazione delle arie esauste, ovvero, come già discusso, dei locali ispessimento dinamico, disidratazione meccanica e accumulo dei fanghi disidratati (cassoni), secondo quanto riportato nelle seguenti tabelle, le quali mostrano anche le velocità del flusso aeraulico per ogni tratto di tubazione.

Tabella 25 - Volumi di aspirazione

Volumi di Aspirazione	Volumi di aspirazione	La [m]	Lu [m]	h [m]	Volume [mc]
Locale ispessimento dinamico	V1	13,8	7,8	5,2	560
Locale disidratazione meccanica	V2	13,8	7,8	5,2	560
Cassone fanghi disidratati	V3	8,0	7,0	7,0	392

Tabella 26 - Dimensionamento del sistema di aspirazione

Tubazioni	Tratto	Volumi corrispondenti	Valori dei volumi di aspirazione [mc]	Numero ricambi aria orari	Portata aria estratta [mc/h]	Portata aria collettata [mc/h]	Diametro nominale Collettore [mm]	Area (mq)	Velocità (m/s)
<i>Tubazione di aspirazione ispessimento dinamico</i>	T1	V1	560	8	4478	4478	400	0,126	9,9


 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)		Dicembre 2020
			Pagina 114 di 165
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione		

<i>Tubazione passante tra i locali (esterna) - aspirazione nulla</i>	T2	-	-	-	-	4478	400	0,126	9,9
<i>Tubazione di aspirazione locale disidratazione meccanica</i>	T3	V2	560	8	4478	4478	400	0,126	9,9
<i>Tubazione di aspirazione cassone fanghi e collegamento al biotrickling</i>	T4	V3	392	5	1960	10916	600	0,283	10,7

4.14 Impianto elettrico e automazione

Il progetto prevede l'implementazione dell'impianto elettrico e del sistema di automazione esistente; in particolare, per quanto riguarda la parte elettrica si rimanda agli specifici elaborati di progetto.

Con riferimento al sistema di automazione, è prevista l'implementazione di nuovi PLC e di un nuovo sistema di supervisione e controllo delle sezioni oggetto della presente progettazione, nonché la rivisitazione del sistema di supervisione esistente, con l'inserimento anche di una logica di funzionamento del comparto biologico alternativa a quella ad aerazione intermittente. Gli allarmi e gli stati rilevati nel sistema SCADA saranno rilanciati alla Stazione di Telecontrollo di AQP. Analogamente alla parte elettrica, per il sistema di automazione si rimanda alla specifica documentazione tecnica.

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 115 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

5 CRITERI DI CALCOLO IDRAULICO

5.1 Correnti in pressione

5.1.1 Perdite di carico continue

Il calcolo della cadente piezometrica, o perdita di carico per unità di sviluppo lineare di condotta (espressa in m/Km, in riferimento alle perdite di carico distribuite), è stato effettuato con la formula di DARCY-WEISBACH:

$$J = \frac{\lambda}{D} \times \frac{v^2}{2g}$$

da cui deriva il valore della perdita di carico totale:

$$\Delta H = J \times L$$

con

ΔH : perdita di carico (m)

D: diametro della condotta (m)

λ : coefficiente di resistenza o di attrito

v: velocità media del fluido (m/s)

g: accelerazione di gravità (m/s²)

L: lunghezza della condotta

Il coefficiente di resistenza o fattore di rugosità λ , in regime turbolento, è stato calcolato con la relazione di Colebrook per le tubazioni in acciaio:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \lg \left(\frac{\varepsilon}{3,71D} + \frac{2,51}{\text{Re} \sqrt{\lambda}} \right)$$

da cui deriva

$$\lambda = \left(\frac{1}{2 \lg \frac{3,71 \times D}{\varepsilon}} \right)^2 \times \left(1 + \frac{8D}{\text{Re} \times \varepsilon} \right)$$

con

D: diametro della condotta (m)

λ : coefficiente di resistenza o di attrito

ε : scabrezza della tubazione (m)

Re: numero di Reynolds

Il numero di Reynolds è pari a:

$$Re = \frac{U \times D}{\nu}$$

con

U: velocità media del fluido (m/s)

D: diametro della condotta (m)

ν : viscosità cinematica del fluido (m²/s) che, per T = 20°C, è pari a 1,10 x 10⁻⁶ m²/s

Il valore della scabrezza e di *Darcy-Weisbach* dipende dal tipo di tubazione utilizzata e, in particolare, dal tipo di rivestimento interno. Si sono adottati, considerando le più gravose condizioni di servizio, come valori della scabrezza assoluta:

- $\varepsilon = 1$ mm per le tubazioni in acciaio con incrostazioni;
- $\varepsilon = 0,15$ mm per le tubazioni in materiali plastici.

5.1.2 Perdite di carico localizzate

In generale le perdite di carico localizzate si esprimono con la formula del tipo:

$$\Delta H = K \frac{v^2}{2g}$$

dove

ΔH : perdita di carico [m];


K: coefficiente dipendente dalla tipologia della singolarità (0.5 imbocco – 1.00 sbocco);

v: velocità dell'acqua nella tubazione [m/s];

g: accelerazione di gravità [m/s²];

Il coefficiente K risulta variabile caso per caso, in funzione delle condizioni locali (imbocco, sbocco, curve, gomiti, saracinesche, ecc.):

Coefficiente K imbocco	0,50
Coefficiente K sbocco	1,00
Coefficiente K curva 90°	0,20
Coefficiente K curva 45°	0,10
Coefficiente K Tee	1,35
Coefficiente K valvola farfalla	0,20
Coefficiente K saracinesca	0,15

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 117 di 165
---	--	---

Coefficiente K valvola di ritegno 2,00

Coefficiente K riduzione conica 0,10

5.2 Correnti a pelo libero

5.2.1 Calcolo della portata per canali in caso di moto uniforme

$$Q = K \cdot A \cdot R^{\frac{2}{3}} \cdot i^{0,5}$$

dove

Q: portata [m³/s];

K: coefficiente di scabrezza [m^{1/3}/s⁻¹];

A: sezione della luce [m²];

R: raggio idraulico [m²/m];

i: pendenza del canale [m/m]

Nel caso di dimensionamento dei canali rettangolari a superficie libera:

$$Q = V \cdot h_0 \cdot l = K \left(\frac{h_0 \cdot l}{l + 2h_0} \right)^{2/3} (h_0 \cdot l) \cdot i^{1/2}$$

dove

Q: portata [m³/s];

V: velocità [m²/s];

h₀: altezza d'acqua moto uniforme (m)

l: larghezza della canaletta (m)

K: coefficiente di scabrezza (Strickler-Manning) = 60 [m^{1/3}/s⁻¹];

i: pendenza del canale [m/m]


La perdita di carico $\Delta h = i \cdot l$

dove

l: lunghezza canaletta (m)

5.3 Griglie

Per la valutazione delle perdite di carico attraverso le griglie viene utilizzata la formula di Kirschmer:

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 118 di 165
---	--	---

$$\Delta H = K \times \left[\frac{b}{s} \right]^{\frac{4}{3}} \times \sin \alpha \times \left[\frac{100}{m} \right]^2 \times \frac{V^2}{2 \times g}$$

in cui:

ΔH	=	perdita di carico attraverso la griglia (m)
K	=	coefficiente di forma della sezione delle barre
b	=	larghezza delle barre (mm)
s	=	spaziatura tra le barre (mm)
α	=	inclinazione della griglia sull'orizzontale (°)
m	=	percentuale di passaggio che rimane libera nella sezione trasversale (%)
V	=	velocità della corrente attraverso la griglia (m/s)
g	=	accelerazione di gravità (m/s ²)

Il coefficiente di forma dipende invece dalla sezione delle barre e viene utilizzato secondo il seguente elenco:

K	=	2,42	per sezioni rettangolari a spigoli netti
K	=	1,83	per sezioni rettangolari a spigoli arrotondati a monte
K	=	1,79	per sezioni circolari
K	=	1,67	per sezioni rettangolari a spigoli arrotondati a monte e a valle.

5.4 Stramazzi

5.4.1 Calcolo della portata di uno stramazzo rettangolare, a sbocco libero


$$Q = \mu \cdot L \cdot h \cdot \sqrt{2gh}$$

dove:

Q : portata [m³/s];
 μ : coefficiente d'efflusso (0,40 per soglia sottile a bordo arrotondato);
 L : lunghezza della soglia di sfioro [m];
 g : accelerazione di gravità [m/s²]

5.4.2 Calcolo della portata di uno stramazzo rettangolare rigurgitato

$$Q = L \left(\mu_1 h_2 \sqrt{2gh_1} + \frac{2}{3} \mu_2 h_1 \sqrt{2gh_1} \right)$$

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 119 di 165
---	--	---

dove

Q : portata [m^3/s];
 μ : coefficiente d'efflusso (per traverse normali $\mu_1=\mu_2=0,65$);
 h_1 : differenza di livello tra monte e valle della soglia [m];
 h_2 : battente sullo stramazzo a valle della soglia [m];
 L : lunghezza della soglia di sfioro [m];
 g : accelerazione di gravità [m/s^2]

5.4.3 Calcolo della portata di uno stramazzo triangolare

$$Q = \frac{8}{15} \cdot \mu \cdot \operatorname{tg} \frac{\alpha}{2} \cdot \sqrt{2 \cdot g} \cdot h^{\frac{5}{2}}$$

dove

Q : portata [m^3/s];
 μ : coefficiente d'efflusso pari a 0,61;
 h : carico sullo stramazzo, a monte della soglia [m];
 α : angolo di apertura dello stramazzo;
 g : accelerazione di gravità [m/s^2]

Il valore approssimato della portata di uno stramazzo triangolare per $\alpha=90^\circ$ risulta:

$$Q = 1,46 \cdot h^{\frac{5}{2}}$$

5.4.4 Calcolo della portata attraverso una luce sotto battente

$$Q = \mu \cdot A \sqrt{2gh}$$

dove


Q : portata [m^3/s];
 μ : coefficiente d'efflusso con valore medio pari a 0,61;
 h : battente d'acqua connesso alla differenza di quota tra pelo libero a monte e a valle della luce [m];
 A : sezione della luce [m^2];
 g : accelerazione di gravità [m/s^2]

Tale formula sarà utilizzata per esempio nel caso di paratoie che mettono in comunicazione due camere separate da setti continui, nel caso specifico

$$A: \text{sezione della luce} = b \times h_l$$

dove

b : larghezza della luce [m]

 <p>acquedotto pugliese l'acqua, bene comune</p>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE) ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Dicembre 2020 Pagina 120 di 165
---	--	---

h_l : altezza della luce [m]

pertanto

$$Q = 0.61 \cdot b \cdot h_l \sqrt{2gh}$$

5.4.5 Calcolo della portata attraverso una luce libera

$$Q = \mu \cdot A \sqrt{2gh}$$

dove

Q : portata [m³/s];

μ : coefficiente d'efflusso con valore medio pari a 0,61;

h : battente d'acqua connesso alla differenza di quota tra pelo libero a monte della luce e il baricentro della luce [m];

A : sezione della luce [m²];

g : accelerazione di gravità [m/s²]

5.5 Canale Venturi

Formulazione di Khafagi-Venturi:

$$Q = b \cdot 1,744 \cdot h^{1,5} + 0,091 \cdot h^{2,5}$$

$$b = 0,4 \cdot B$$

dove

Q : portata [m³/s];

B : larghezza del canale di alimentazione al Venturi [m];

b : larghezza del restringimento del Venturi [m];

h : battente d'acqua a monte del canale [m];

6 VERIFICA IDRAULICA E CALCOLO PERDITE DI CARICO

Nel presente Capitolo viene riportato il calcolo delle perdite di carico, necessario alla verifica idraulica delle tubazioni esistenti e al dimensionamento dei nuovi collegamenti idraulici nelle varie condizioni di funzionamento.

In particolare sono riportate le verifiche di funzionamento delle linee:

- Linea Liquami (sia verifica a portata massima 2,5 Qm che a portata Qm)
- Linea Acque Meteoriche (verifica a portata massima 2,5 Qm)
- Linea Acque al comparto Terziario (verifica a portata media costante, Qm massima estiva)

La verifica dei pre-trattamenti è riportata sia alla portata massima (pari a 5Qm) che nelle condizioni medie Qm.


Per ogni verifica si procede da valle verso monte, ed a maggior chiarezza di lettura dei calcoli, in allegato alla presente relazione, sono riportati i bilanci delle portate ai vari comparti nelle diverse condizioni di funzionamento analizzate.

6.1 Verifica a portata massima: 2,5 Qm per linea liquami – 2,5 Qm per linea acque meteoriche – 5 Qm per i pre-trattamenti

6.1.1 Verifica Linea liquami a portata massima 2,5 Qm

Misura portata Venturi verso scarico by-pass

Quota liquido sbocco - 2,5 Qm	m	+31,52
Portata di punta - 2,5 Qm	l/s	256
Larghezza canale a monte del Venturi	m	1,200
Larghezza canale nella strettoia del Venturi	m	0,420
h liquido a portata max 2,5Qm	m	0,4775
Q verifica 2,5 Qm (variare di h)	mc/s	0,256
Q verifica 2,5 Qm (variare di h)	l/s	256
h liquido a portata normale 1,5 Qm	m	0,3395
Q verifica 1,5 Qm (variare di h)	mc/s	0,151
Q verifica 1,5 Qm (variare di h)	l/s	151
Quota scorrimento canale a monte del Venturi	m	+31,23
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+31,71
Livello liquido a riportare - 1,5 Qm	m	+31,57

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 122 di 165


ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Uscita disinfezione esistente

Quota soglia di sfioro (paratoia regolabile)	m	+31,78
Portata di punta - 2,5 Qm	l/s	260,2
Portata normale - 1,5 Qm	l/s	154,7
Lunghezza soglia	m	2,00
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - 2,5 Qm	m	0,1754
h liquido - 1,5 Qm	m	0,1240
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+31,96
Livello liquido a riportare - 1,5 Qm	m	+31,90

Collegamento Pozzetto ingresso disinfezione - Nuovo sollevamento terziario

Quota liquido sbocco - 2,5 Qm	m	+31,96	
Quota liquido sbocco - 1,5 Qm	m		+31,90
Portata di punta - 2,5 Qm	l/s	260,2	
Portata normale - 1,5 Qm	l/s		154,7
Lunghezza	m	8,0	8,0
Materiale		Acciaio	Acciaio
Diametro esterno	mm	609,6	609,6
Diametro interno	mm	589,6	589,6
Imbocco	n°	1	1
Sbocco	n°	1	1
Curve a 90°	n°	0	0
Curve a 45°	n°	0	0
Saracinesche	n°	0	0
Valvole farfalla	n°	0	0
Tee	n°	0	0
Valvole di ritegno	n°	0	0
Riduzioni coniche	n°	0	0
Area	m ²	0,27	0,27
Velocità	m/s	0,95	0,57
Reynolds	---	511153	303843
Lambda	---	2,26E-02	2,28E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,001761	0,000626
Perdite di carico distribuite	mm	14,09	5,01

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)		Dicembre 2020
			Pagina 123 di 165
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione		


Perdite di carico concentrate	mm	69,53	24,57
Perdita di carico totali	mm	83,62	29,58
Livello liquido a riportare	m	+32,04	+31,93

Soglia di stramazzo nel Nuovo sollevamento terziario

Quota soglia di sfioro	m	+32,05
Portata di punta - 2,5 Qm	l/s	260
Lunghezza soglia	m	3,00
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - 2,5 Qm	m	0,1338
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+32,18

Collegamento Nuovo sollevamento terziario - Uscita sedimentatore 12A

Quota liquido sbocco	m	+32,18
Portata di punta - 2,5 Qm	l/s	260,2
Lunghezza	m	4,5
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	609,6
Diametro interno	mm	589,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,27
Velocità	m/s	0,95
Reynolds	---	511153
Lambda	---	2,26E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,001761
Perdite di carico distribuite	mm	7,92
Perdite di carico concentrate	mm	69,53

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p align="center">Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	Dicembre 2020
		<p align="center">Pagina 124 di 165</p>

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


Perdita di carico totali	mm	77,45
Livello liquido a riportare	m	+32,26

Collegamento Uscita sedimentatore 12A - Pozzetto intermedio

Quota liquido sbocco	m	+32,26
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	130,1
Lunghezza	m	9,5
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	0,69
Reynolds	---	307275
Lambda	---	2,38E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,001165
Perdite di carico distribuite	mm	11,07
Perdite di carico concentrate	mm	36,32
Perdita di carico totali	mm	47,39
Livello liquido a riportare	m	+32,31

Collegamento Pozzetto Intermedio - Uscita sedimentatore 12B

Quota liquido sbocco	m	+32,31
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	130,1
Lunghezza	m	18,5
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Pagina 125 di 165

Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	0,69
Reynolds	---	307275
Lambda	---	2,38E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,001165
Perdite di carico distribuite	mm	21,55
Perdite di carico concentrate	mm	36,32
Perdita di carico totali	mm	57,87
Livello liquido a riportare	m	+32,37

Collegamento Pozzetto Intermedio – Pozzetto partitore ingresso ai sedimentatori

(verifica by-pass)

Quota liquido sbocco	m	+32,45
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	260,2
Lunghezza	m	25,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	2
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0

Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	1,38
Reynolds	---	614551
Lambda	---	2,37E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,004631
Perdite di carico distribuite	mm	115,77
Perdite di carico concentrate	mm	164,65
Perdita di carico totali	mm	280,41
Livello liquido a riportare	m	+32,73

Soglia di stramazzo uscita sedimentatore 12B


Quota soglia di sfioro	m	+32,35
Portata di punta - 2,5 Qm	l/s	130,1
Lunghezza soglia	m	1,50
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,1109
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,02
Coefficiente μ_1	---	0,650
Coefficiente μ_2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	130,1
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+32,48

Canaletta sedimentatore 12B

Quota fondo canaletta monte	m	+32,38
h liquido - 2,5 Qm	m	0,22
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+32,60

Stramazzo Thompson sedimentatore 12B

Quota Stramazzo Thomson	m	+32,795
Portata di processo	l/s	+130,12
Diametro vasca effettivo	m	+25,00
Lunghezza stramazzo	m	+78,50
n° stramazzi	n°	+392,50
Portata sul singolo stramazzo	l/s	0,33

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)		Dicembre 2020
			Pagina 127 di 165
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione		


Coeff. di forma	---	+1,46
h liquido	m	+0,03
Livello liquido a riportare	m	+32,83

Collegamento Sedimentatore 12B – Partitore ingresso sedimentazione

Quota liquido sbocco	m	+32,83
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	196,3
Lunghezza	m	22,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	1
Curve a 45°	n°	2
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	1,04
Reynolds	---	463616
Lambda	---	2,37E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,002641
Perdite di carico distribuite	mm	58,10
Perdite di carico concentrate	mm	104,73
Perdita di carico totali	mm	162,83
Livello liquido a riportare	m	+32,99

Soglia di stramazzo al Partitore ingresso sedimentazione

Quota soglia di sfioro	m	+33,00
Portata di punta	l/s	196,3
Lunghezza soglia	m	1,00
Coefficiente μ	---	0,400

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 128 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


h liquido	m	0,2307
Livello liquido a riportare	m	+33,23

Collegamento Partitore ingresso sedimentazione – Uscita comparto biologico

Quota liquido sbocco	m	+33,23
Portata di punta	l/s	392,6
Lunghezza	m	57,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	609,6
Diametro interno	mm	589,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	2
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,27
Velocità	m/s	1,44
Reynolds	---	771225
Lambda	---	2,25E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,003997
Perdite di carico distribuite	mm	227,81
Perdite di carico concentrate	mm	179,38
Perdita di carico totali	mm	407,20
Livello liquido a riportare	m	+33,64

Sfioro di stramazzo Uscita ossidazione (linea 1)

Quota soglia di sfioro	m	+33,39
Portata di punta	l/s	196
Lunghezza soglia	m	2,00
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,0177

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 129 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,25
Coefficiente μ_1	---	0,650
Coefficiente μ_2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	199
Livello liquido a riportare	m	+33,66

Sfioro a stramazzo comparto nitrificazione – comparto denitrificazione (linea 1)

Quota soglia di sfioro	m	+34,07
Portata di punta	l/s	196,3
Lunghezza soglia	m	2,00
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido	m	0,1453
Livello liquido a riportare	m	+34,22

Sfioro ingresso comparto denitrificazione (linea 1)

Quota soglia di sfioro	m	+34,17
Portata	l/s	131,3
Lunghezza soglia	m	0,70
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,1700
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,05
Coefficiente μ_1	---	0,650
Coefficiente μ_2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	131,8
Livello liquido a riportare	m	+34,39

Collegamento Comparto biologico - Pozzetto riunione sedimentazione primaria

		Condotta esistente DN500	Nuova condotta complementare DN400
Quota liquido sbocco	m	+34,39	+34,39
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	168,2	94,4
Lunghezza	m	33,0	33,0
Materiale		Acciaio	Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0	406,4
Diametro interno	mm	490,4	388,8

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Imbocco	n°	1	1
Sbocco	n°	1	1
Curve a 90°	n°	0	2
Curve a 45°	n°	2	1
Saracinesche	n°	0	0
Valvole farfalla	n°	0	0
Tee	n°	0	0
Valvole di ritegno	n°	0	0
Riduzioni coniche	n°	0	0
Area	mq	0,189	0,119
Velocità	m/s	0,89	0,80
Reynolds	---	397318	281172
Lambda	---	2,38E-02	2,53E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,001942	0,002081
Perdite di carico distribuite	mm	64,10	68,67
Perdite di carico concentrate	mm	68,82	64,51
Perdita di carico totali	mm	132,92	133,18
Livello liquido a riportare	m	+34,52	+34,52

Soglia di stramazzo uscita sedimentatore primario


Quota soglia di sfioro	m	+34,53
Portata di punta	l/s	131,3
Lunghezza soglia	m	1,20
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido	m	0,1563
Livello liquido a riportare	m	+34,69

Canaletta sedimentatore primario

Quota fondo canaletta monte	m	+34,53
h liquido - 2,5 Qm	m	0,20
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+34,73

Stramazzo Thompson sedimentatore primario

Quota Stramazzo Thomson	m	+34,95
-------------------------	---	--------


	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	Dicembre 2020
		Pagina 131 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Portata di processo	l/s	+131,32
Diametro vasca effettivo	m	19,10
Lunghezza stramazzo	m	59,97
n° stramazzi	n°	+299,87
Portata sul singolo stramazzo	l/s	0,44
Coeff. di forma	---	+1,46
h liquido	m	+0,04
Livello liquido a riportare	m	+34,99

Collegamento Sedimentatore primario – Partitore ingresso sedimentazione primaria

Quota liquido sbocco	m	+34,99
Portata di punta ammessa al sedimentatore	l/s	132,2
Lunghezza	m	15,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	457,2
Diametro interno	mm	439,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	1
Curve a 45°	n°	2
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,15
Velocità	m/s	0,87
Reynolds	---	348206
Lambda	---	2,45E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,002133
Perdite di carico distribuite	mm	32,00
Perdite di carico concentrate	mm	73,52
Perdita di carico totali	mm	105,52
Livello liquido a riportare	m	+35,09

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	Dicembre 2020
		Pagina 132 di 165


ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Soglia di stramazzo al Partitore ingresso sedimentazione primaria

Quota soglia di sfioro	m	+35,13
Portata di punta	l/s	132,2
Lunghezza soglia	m	0,80
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido	m	0,2056
Livello liquido a riportare	m	+35,34

Collegamento Pozzetto uscita comparto "miscelazione/flocculazione" - Partitore ingresso sedimentazione primaria

Quota liquido sbocco	m	+35,34
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	132,2
Lunghezza	m	12,5
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	0,70
Reynolds	---	312135
Lambda	---	2,38E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,001202
Perdite di carico distribuite	mm	15,02
Perdite di carico concentrate	mm	37,48
Perdita di carico totali	mm	52,50
Livello liquido a riportare	m	+35,39

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	Dicembre 2020
		Pagina 133 di 165


ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Linea di BYPASS comparto "miscelazione/flocculazione"

Quota liquido sbocco	m	+35,39
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	261,1
Lunghezza	m	30,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	2
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	1,38
Reynolds	---	616619
Lambda	---	2,37E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,004662
Perdite di carico distribuite	mm	139,86
Perdite di carico concentrate	mm	185,26
Perdita di carico totali	mm	325,11
Livello liquido a riportare	m	+35,71

Sfioro verso Linea BYPASS in testa al comparto "miscelazione/flocculazione"

Quota soglia di sfioro	m	+35,67
Portata	l/s	261,1
Lunghezza soglia	m	0,80
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,1405
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,04
Coefficiente μ_1	---	0,650
Coefficiente μ_2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	118,21

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 134 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Livello liquido a riportare	m	+35,85
-----------------------------	---	--------

6.1.2 Verifica Linea acque meteoriche a portata massima 2,5 Qm

Uscita disinfezione acque meteoriche

Quota soglia di sfioro	m	+33,55
Portata di punta - 2,5 Qm	l/s	255,8
Lunghezza soglia	m	1,50
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - 2,5 Qm	m	0,2100
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+33,76

Ingresso disinfezione acque meteoriche

Quota soglia di sfioro	m	+34,05
Portata di punta - 2,5 Qm	l/s	255,8
Lunghezza soglia	m	1,50
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - 2,5 Qm	m	0,2100
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+34,26

Verifica sfioro su equalizzazione per alimentazione nuovo sollevamento acque meteoriche

Quota soglia di sfioro	m	+29,89
Portata di punta - 2,5 Qm	l/s	255,8
Lunghezza soglia	m	1,50
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - 2,5 Qm	m	0,2100
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+30,10

6.1.3 Verifica Pre-trattamenti a portata massima 5 Qm

Sfioro di alimentazione alla vasca di equalizzazione

Quota livello massimo accettato in vasca di equalizzazione	m	+30,10
Quota soglia di sfioro	m	+30,12
Portata di punta - 2,5 Qm (su singolo sfioro)	l/s	255,8

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Lunghezza soglia	m	0,80
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - 2,5 Qm	m	0,3193
Livello liquido a riportare - 2,5 Qm	m	+30,44

Uscita comparto dissabbiatura (n.2 linee in parallelo)


Quota soglia di sfioro	m	+30,42
Portata	l/s	255,8
Lunghezza soglia	m	0,80
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,2838
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,02
Coefficiente μ_1	---	0,650
Coefficiente μ_2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	255,9
Livello liquido a riportare	m	+30,72

Ingresso comparto dissabbiatura (n.2 linee in parallelo)

Quota soglia di sfioro	m	+30,50
Portata	l/s	255,8
Lunghezza soglia	m	0,80
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,1292
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,22
Coefficiente μ_1	---	0,650
Coefficiente μ_2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	256,0
Livello liquido a riportare	m	+30,85

Misura portata Venturi canale di ingresso

Quota liquido sbocco	m	+30,85
Portata di punta	l/s	511,5
Larghezza canale a monte del Venturi (B)	m	1,200
Larghezza canale nella strettoia del Venturi (b)	m	0,420
h liquido a portata max	m	0,7422
Q verifica (variare di h)	mc/s	0,512
Q verifica (variare di h)	l/s	511,5

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 136 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Quota scorrimento canale a monte del Venturi	m	+30,60
Livello liquido a riportare	m	+31,34

Soglia sottobattente lungo il canale di arrivo al misuratore Venturi


Quota soglia di sfioro	m	+30,77
Portata	l/s	511,5
Lunghezza soglia	m	1,20
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,0587
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,57
Coefficiente $\mu 1$	---	0,650
Coefficiente $\mu 2$	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	511,5
Livello liquido a riportare	m	+31,40

Soglia sottobattente lungo il canale di arrivo al misuratore Venturi

Quota soglia di sfioro	m	+30,83
Portata	l/s	511,5
Lunghezza soglia	m	1,20
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,0589
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,57
Coefficiente $\mu 1$	---	0,650
Coefficiente $\mu 2$	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	511,5
Livello liquido a riportare	m	+31,46

Grigliatura fine (n.2 griglie in parallelo)

Quota scorrimento	m	+30,83
Quota a valle della griglia	m	+31,46
Portata	l/s	511,5
n. canali	---	2,00
Larghezza canale	m	1,00
Larghezza tra le barre	mm	6,00
Spessore barre	mm	10,00


	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 137 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Velocità nel canale	m/sec	0,406
Percentuale libera dall'intasamento	%	60
Inclinazione griglia rispetto all'orizzontale	°	80,00
Perdite di carico secondo Kirshmer		
Coeff. Di forma (Kirshmer)	---	2,42
Perdite di carico nella griglia	m	0,110
Livello liquido a riportare	m	+31,57

Grigliatura grossolana

Quota scorrimento	m	+30,83
Quota a valle della griglia	m	+31,57
Portata	l/s	511,5
n. canali	---	1,00
Larghezza canale	m	1,20
Larghezza tra le barre	mm	30,00
Spessore barre	mm	15,00
Velocità nel canale	m/sec	0,576
Percentuale libera dall'intasamento	%	60
Inclinazione griglia rispetto all'orizzontale	°	80,00
Perdite di carico secondo Kirshmer		
Coeff. Di forma (Kirshmer)	---	2,42
Perdite di carico nella griglia	m	0,045
Livello liquido a riportare	m	+31,61

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 138 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

6.3 Verifica a portata media: Qm per linea liquami e per i pre-trattamenti – Qm per la linea di affinamento terziario

6.3.1 Verifica Linea liquami e pre-trattamenti a portata media Qm

Misura portata Venturi verso scarico by-pass


Quota liquido sbocco - Qm	m	+31,30
Portata di punta - Qm	l/s	102,3
Larghezza canale a monte del Venturi	m	1,200
Larghezza canale nella strettoia del Venturi	m	0,420
h liquido a portata Qm	m	0,2635
Q verifica Qm (variare di h)	mc/s	0,102
Q verifica Qm (variare di h)	l/s	102,300
Quota scorrimento canale a monte del Venturi	m	+31,23
Livello liquido a riportare - Qm	m	+31,49

Uscita disinfezione esistente

Quota soglia di sfioro (paratoia regolabile)	m	+31,80
Portata di punta - Qm	l/s	106,8
Lunghezza soglia	m	2,00
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - Qm	m	0,0968
Livello liquido a riportare - Qm	m	+31,90

Collegamento Pozzetto ingresso disinfezione - Nuovo sollevamento terziario

Quota liquido sbocco - Qm	m	+31,90
Portata di punta - Qm	l/s	106,8
Lunghezza	m	8,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	609,6
Diametro interno	mm	589,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 139 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,27
Velocità	m/s	0,39
Reynolds	---	209734
Lambda	---	2,29E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000300
Perdite di carico distribuite	mm	2,40
Perdite di carico concentrate	mm	11,71
Perdita di carico totali	mm	14,11
Livello liquido a riportare	m	+31,91

Soglia di stramazzo nel Nuovo sollevamento terziario

Quota soglia di sfioro	m	+32,05
Portata di punta - Qm	l/s	106,8
Lunghezza soglia	m	3,00
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - Qm	m	0,0739
Livello liquido a riportare - Qm	m	+32,12

Collegamento Nuovo sollevamento terziario - Uscita sedimentatore 12A

Quota liquido sbocco	m	+32,12
Portata di punta - Qm	l/s	106,8
Lunghezza	m	4,5
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	609,6
Diametro interno	mm	589,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0


 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 140 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,27
Velocità	m/s	0,39
Reynolds	---	209734
Lambda	---	2,29E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000300
Perdite di carico distribuite	mm	1,35
Perdite di carico concentrate	mm	11,71
Perdita di carico totali	mm	13,06
Livello liquido a riportare - Qm	m	+32,14

Collegamento Uscita sedimentatore 12A - Pozzetto intermedio

Quota liquido sbocco	m	+32,14
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	53,4
Lunghezza	m	9,5
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	0,28
Reynolds	---	126080
Lambda	---	2,43E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000200
Perdite di carico distribuite	mm	1,90

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 141 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Perdite di carico concentrate	mm	6,11
Perdita di carico totali	mm	8,01
Livello liquido a riportare	m	+32,14

Collegamento Pozzetto Intermedio - Uscita sedimentatore 12B

Quota liquido sbocco	m	+32,14
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	53,4
Lunghezza	m	18,5
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	0,28
Reynolds	---	126080
Lambda	---	2,43E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000200
Perdite di carico distribuite	mm	3,69
Perdite di carico concentrate	mm	6,11
Perdita di carico totali	mm	9,81
Livello liquido a riportare	m	+32,15

Collegamento Pozzetto Intermedio – Pozzetto partitore ingresso ai sedimentatori

(verifica by-pass)

Quota liquido sbocco	m	+32,17
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	106,8

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


Lunghezza	m	25,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	2
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	0,57
Reynolds	---	252159
Lambda	---	2,39E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000787
Perdite di carico distribuite	mm	19,67
Perdite di carico concentrate	mm	27,72
Perdita di carico totali	mm	47,39
Livello liquido a riportare	m	+32,22

Soglia di stramazzo uscita sedimentatore 12B

Quota soglia di sfioro	m	+32,35
Portata di punta - Qm	l/s	53,4
Lunghezza soglia	m	1,50
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - Qm	m	0,0739
Livello liquido a riportare - Qm	m	+32,42

Canaletta sedimentatore 12B

Quota fondo canaletta monte	m	+32,38
h liquido - Qm	m	0,12
Livello liquido a riportare - Qm	m	+32,50

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO</p> <p align="center">Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	Dicembre 2020
		<p align="center">Pagina 143 di 165</p>


ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Stramazzo Thompson sedimentatore 12B

Quota Stramazzo Thomson	m	+32,795
Portata di processo	l/s	+53,39
Diametro vasca effettivo	m	+25,00
Lunghezza stramazzo	m	+78,50
n° stramazzi	n°	+392,50
Portata sul singolo stramazzo	l/s	0,14
Coeff. di forma	---	+1,46
h liquido	m	+0,02
Livello liquido a riportare	m	+32,82

Collegamento Sedimentatore 12B – Partitore ingresso sedimentazione

Quota liquido sbocco	m	+32,82
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	119,6
Lunghezza	m	22,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	1
Curve a 45°	n°	2
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	0,63
Reynolds	---	282420
Lambda	---	2,39E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000985
Perdite di carico distribuite	mm	21,68
Perdite di carico concentrate	mm	38,86
Perdita di carico totali	mm	60,54

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 144 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


Livello liquido a riportare	m	+32,88
-----------------------------	---	--------

Soglia di stramazzo al Partitore ingresso sedimentazione

Quota soglia di sfioro	m	+33,00
Portata di punta	l/s	119,6
Lunghezza soglia	m	1,00
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido	m	0,1658
Livello liquido a riportare	m	+33,17

Collegamento Partitore ingresso sedimentazione – Uscita comparto biologico

Quota liquido sbocco	m	+33,17
Portata di punta	l/s	239,2
Lunghezza	m	57,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	609,6
Diametro interno	mm	589,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	2
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,27
Velocità	m/s	0,88
Reynolds	---	469806
Lambda	---	2,26E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,001489
Perdite di carico distribuite	mm	84,87
Perdite di carico concentrate	mm	66,57
Perdita di carico totali	mm	151,43

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 145 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Livello liquido a riportare	m	+33,32
-----------------------------	---	--------

Sfioro di stramazzo Uscita ossidazione (linea 1)

Quota soglia di sfioro	m	+33,39
Portata di punta	l/s	119,6
Lunghezza soglia	m	2,00
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido	m	0,1044
Livello liquido a riportare	m	+33,49

Sfioro a stramazzo comparto nitrificazione – comparto denitrificazione (linea 1)

Quota soglia di sfioro	m	+34,07
Portata di punta	l/s	119,6
Lunghezza soglia	m	2,00
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido	m	0,1044
Livello liquido a riportare	m	+34,17

Sfioro ingresso comparto denitrificazione (linea 1)

Quota soglia di sfioro	m	+34,17
Portata	l/s	54,6
Lunghezza soglia	m	0,70
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,1138
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,00
Coefficiente μ_1	---	0,650
Coefficiente μ_2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	54,60
Livello liquido a riportare	m	+34,29

Collegamento Comparto biologico - Pozzetto riunione sedimentazione primaria

Quota liquido sbocco	m	+34,29	+34,29
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	67,0	42,1
Lunghezza	m	33,0	33,0
Materiale		Acciaio	Acciaio

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


Diametro esterno	mm	508,0	406,4
Diametro interno	mm	490,4	388,8
Imbocco	n°	1	1
Sbocco	n°	1	1
Curve a 90°	n°	0	2
Curve a 45°	n°	2	1
Saracinesche	n°	0	0
Valvole farfalla	n°	0	0
Tee	n°	0	0
Valvole di ritegno	n°	0	0
Riduzioni coniche	n°	0	0
Area	m ²	0,189	0,119
Velocità	m/s	0,36	0,36
Reynolds	---	158327	125525
Lambda	---	2,41E-02	2,57E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000313	0,000420
Perdite di carico distribuite	mm	10,33	13,87
Perdite di carico concentrate	mm	10,93	12,86
Perdita di carico totali	mm	21,26	26,73
Livello liquido a riportare	m	+34,31	+34,31

Soglia di stramazzo uscita sedimentatore primario

Quota soglia di sfioro	m	+34,53
Portata di punta	l/s	54,6
Lunghezza soglia	m	1,20
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido	m	0,0870
Livello liquido a riportare	m	+34,62

Canaletta sedimentatore primario

Quota fondo canaletta monte	m	+34,53
h liquido - Qm	m	0,11
Livello liquido a riportare - Qm	m	+34,64

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 147 di 165


ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Stramazzo Thompson sedimentatore primario

Quota Stramazzo Thomson	m	+34,95
Portata di processo	l/s	+54,59
Diametro vasca effettivo	m	19,10
Lunghezza stramazzo	m	59,97
n° stramazzi	n°	+299,87
Portata sul singolo stramazzo	l/s	0,18
Coeff. di forma	---	+1,46
h liquido	m	+0,03
Livello liquido a riportare	m	+34,98

Collegamento Sedimentatore primario – Partitore ingresso sedimentazione primaria

Quota liquido sbocco	m	+34,98
Portata di punta ammessa al sedimentatore	l/s	55,4
Lunghezza	m	15,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	457,2
Diametro interno	mm	439,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	1
Curve a 45°	n°	2
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,15
Velocità	m/s	0,37
Reynolds	---	146071
Lambda	---	2,48E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000381
Perdite di carico distribuite	mm	5,71
Perdite di carico concentrate	mm	12,94
Perdita di carico totali	mm	18,65

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 148 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


Livello liquido a riportare	m	+35,00
-----------------------------	---	--------

Soglia di stramazzo al Partitore ingresso sedimentazione primaria

Quota soglia di sfioro	m	+35,13
Portata di punta	l/s	55,4
Lunghezza soglia	m	0,80
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido	m	0,1152
Livello liquido a riportare	m	+35,25

Collegamento Pozzetto uscita comparto "miscelazione/flocculazione" - Partitore ingresso sedimentazione primaria

Quota liquido sbocco	m	+35,25
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	55,4
Lunghezza	m	12,5
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	0
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	0,29
Reynolds	---	130940
Lambda	---	2,42E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000215
Perdite di carico distribuite	mm	2,69
Perdite di carico concentrate	mm	6,60
Perdita di carico totali	mm	9,28

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 149 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione


Livello liquido a riportare	m	+35,25
-----------------------------	---	--------

Linea di BYPASS comparto "miscelazione/flocculazione"

Quota liquido sbocco	m	+35,25
Portata di punta ammessa al biologico	l/s	107,7
Lunghezza	m	30,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	508,0
Diametro interno	mm	490,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	2
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	0
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,19
Velocità	m/s	0,57
Reynolds	---	254228
Lambda	---	2,39E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,000800
Perdite di carico distribuite	mm	23,99
Perdite di carico concentrate	mm	31,49
Perdita di carico totali	mm	55,48
Livello liquido a riportare	m	+35,31

Sfioro verso Linea BYPASS in testa al comparto "miscelazione/flocculazione"

Quota soglia di sfioro	m	+35,67
Portata di punta	l/s	107,7
Lunghezza soglia	m	0,80
Coefficiente m	---	0,400
h liquido	m	0,1793

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 150 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Livello liquido a riportare	m	+35,85
Quota bordo manufatto	m	+36,57

Sfioro di alimentazione alla vasca di equalizzazione

Quota livello massimo accettato in vasca di equalizzazione	m	+30,10
Quota soglia di sfioro	m	+30,12
Portata di punta - Qm (su singolo sfioro)	l/s	102,3
Lunghezza soglia	m	0,80
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - Qm	m	0,1734
Livello liquido a riportare - Qm	m	+30,29

Uscita comparto dissabbiatura (n.2 linee in parallelo)


Quota soglia di sfioro	m	+30,42
Portata di punta - Qm (su singolo sfioro)	l/s	51,2
Lunghezza soglia	m	0,80
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - Qm	m	0,1092
Livello liquido a riportare - Qm	m	+30,53

Ingresso comparto dissabbiatura (n.2 linee in parallelo)

Quota soglia di sfioro	m	+30,50
Portata	l/s	51,2
Lunghezza soglia	m	0,80
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,0766
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,03
Coefficiente μ_1	---	0,650
Coefficiente μ_2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	51,2
Livello liquido a riportare	m	+30,61

Misura portata Venturi canale di ingresso

Quota liquido sbocco	m	+30,61
Portata di punta	l/s	102,3
Larghezza canale a monte del Venturi (B)	m	1,200

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 151 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Larghezza canale nella strettoia del Venturi (b)	m	0,420
h liquido a portata max	m	0,2635
Q verifica (variare di h)	mc/s	0,102
Q verifica (variare di h)	l/s	102,3
Quota scorrimento canale a monte del Venturi	m	+30,60
Livello liquido a riportare	m	+30,86

Soglia sottobattente lungo il canale di arrivo al misuratore Venturi

Quota soglia di sfioro	m	+30,77
Portata	l/s	102,3
Lunghezza soglia	m	1,20
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,0529
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,09
Coefficiente m1	---	0,650
Coefficiente m2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	102,3
Livello liquido a riportare	m	+30,92

Soglia sottobattente lungo il canale di arrivo al misuratore Venturi

Quota soglia di sfioro	m	+30,83
Portata	l/s	102,3
Lunghezza soglia	m	1,20
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,0568
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,09
Coefficiente m1	---	0,650
Coefficiente m2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	102,3
Livello liquido a riportare	m	+30,97

Grigliatura fine (n.2 griglie in parallelo)

Quota scorrimento	m	+30,83
Quota a valle della griglia	m	+30,97
Portata	l/s	102,3
n. canali	---	2,00
Larghezza canale	m	1,00

Larghezza tra le barre	mm	6,00
Spessore barre	mm	10,00
Velocità nel canale	m/sec	0,357
Percentuale libera dall'intasamento	%	60
Inclinazione griglia rispetto all'orizzontale	°	80,00
Perdite di carico secondo Kirshmer		
Coeff. Di forma (Kirshmer)	---	2,42
Perdite di carico nella griglia	m	0,085
Livello liquido a riportare	m	+31,06


Grigliatura grossolana

Quota scorrimento	m	+30,83
Quota a valle della griglia	m	+31,06
Portata	l/s	102,3
n. canali	---	1,20
Larghezza canale	m	1,50
Larghezza tra le barre	mm	30,00
Spessore barre	mm	15,00
Velocità nel canale	m/sec	0,249
Percentuale libera dall'intasamento	%	60
Inclinazione griglia rispetto all'orizzontale	°	80,00
Perdite di carico secondo Kirshmer		
Coeff. Di forma (Kirshmer)	---	2,42
Perdite di carico nella griglia	m	0,008
Livello liquido a riportare	m	+31,07

6.3.2 Verifica a portata media Q_m della linea di affinamento terziario

Collegamento allo scarico in uscita alla disinfezione esistente (troppo pieno)

Quota liquido sbocco - Q_m	m	+31,52
Portata - Q_m	l/s	105,5
Lunghezza	m	57,0
Materiale		PVC
Diametro esterno	mm	500,0

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 153 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Diametro interno	mm	470,8
Quota livello idrico interno pozzetto fognatura	m	+31,99

Soglia di uscita dalla vasca di accumulo per riutilizzo (troppo pieno)

Quota soglia di sfioro	m	+32,35
Portata - Qm	l/s	105,5
Lunghezza soglia	m	1,00
Coefficiente μ	---	0,410
h liquido - Qm	m	0,1500
Livello liquido a riportare - Qm	m	+32,50

Soglia di ingresso alla vasca di accumulo

Quota soglia di sfioro	m	+32,40
Portata di punta - Qm	l/s	105,5
Lunghezza soglia	m	1,00
h1 (differenza di livello fra monte e valle della soglia)	m	0,0652
h2 (battente sullo stramazzo a valle della soglia)	m	0,10
Coefficiente μ_1	---	0,650
Coefficiente μ_2	---	0,650
Portata di verifica variando h1 (da calcolo)	l/s	105,50
Livello liquido a riportare - Qm	m	+32,57

Comparto disinfezione U.V.

Quota livello idrico in uscita - Qm	m	+33,77
Quota livello idrico in ingresso - Qm	m	+33,80

Sfioro uscita comparto di Filtrazione

Quota soglia di sfioro (stramazzo regolabile)	m	+34,04
Portata - Qm	l/s	65,3
Lunghezza soglia	m	2,34
Coefficiente μ	---	0,410
h liquido - Qm	m	0,0618
Livello liquido a riportare - Qm	m	+34,10

Soglia di stramazzo by-pass terziario

Quota soglia di sfioro	m	+34,40
------------------------	---	--------

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	Dicembre 2020
		Pagina 154 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Portata - Qm	l/s	105,5
Lunghezza soglia	m	9,50
Coefficiente μ	---	0,400
h liquido - Qm	m	0,0340
Livello liquido a riportare - Qm	m	+34,43


6.4 DIMENSIONAMENTO PREMENTI SOLLEVAMENTI

Sollevamento di testa Linea liquami

Sistema formato da n. 2+1R pompe. Ciascuna pompa in funzione ha la propria condotta premente dedicata per convogliare il liquame al comparto successivo.

Perdite di carico associate alla premente e alla mandata

Quota liquido sbocco	m	+36,40
Portata	l/s	127,9
Lunghezza	m	100,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	355,6
Diametro interno	mm	339,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	6
Curve a 45°	n°	2
Saracinesche	n°	1
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	2
Valvole di ritegno	n°	1
Riduzioni coniche	n°	1
Area	mq	0,0905
Velocità	m/s	1,41
Reynolds	---	436211
Lambda	---	2,60E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,007718
Perdite di carico distribuite	mm	771,81
Perdite di carico concentrate	mm	798,76
Perdita di carico totali	mm	1570,57
Livello liquido a riportare	m	+37,97
Quota massima liquido nel pozzetto	m	+30,10
Quota media liquido nel pozzetto		+27,85
Quota minima liquido nel pozzetto	m	+25,59
Prevalenza necessaria	m	+10,13

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Pagina 156 di 165

Prevalenza totale richiesta e caratteristiche della elettropompa individuata


Prevalenza totale	m	+10,13
<u>Caratteristiche elettropompa selezionata:</u>		
- n. elettropompe in servizio	---	2
- Portata singola pompa	mc/h	461
- Prevalenza totale	m	10,20

Sollevamento di testa Linea acque meteoriche

Sistema formato da n. 2+1R pompe. La condotta premente verso il comparto successivo è unica alle due pompe in funzione.

Perdite di carico associate alla premente


Quota liquido sbocco	m	+35,80
Portata	l/s	255,8
Lunghezza	m	55,0
Materiale		PEAD PN10
Diametro esterno	mm	560,0
Diametro interno	mm	493,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	3
Curve a 45°	n°	4
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	2
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,1913
Velocità	m/s	1,34
Reynolds	---	600233
Lambda	---	1,50E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,002739
Perdite di carico distribuite	mm	150,65
Perdite di carico concentrate	mm	474,22
Perdita di carico totali	mm	624,87

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)		Dicembre 2020
			Pagina 157 di 165
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione		

Livello liquido a riportare	m	+36,42
Quota massima liquido nel pozzetto	m	+30,00
Quota media liquido nel pozzetto		+28,25
Quota minima liquido nel pozzetto	m	+26,50
Prevalenza necessaria	m	+8,17

Perdite di carico associate alla mandata

Quota liquido sbocco	m	+0,00
Portata	l/s	127,9
Lunghezza	m	5,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	355,6
Diametro interno	mm	339,6
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	2
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	1
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	1
Valvole di ritegno	n°	1
Riduzioni coniche	n°	2
Area	mq	0,0905
Velocità	m/s	1,41
Reynolds	---	436211
Lambda	---	2,60E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,007718
Perdite di carico distribuite	mm	38,59
Perdite di carico concentrate	mm	569,81
Perdita di carico totali	mm	608,40
Livello liquido a riportare	m	+0,61
Quota minima liquido nel pozzetto	m	+0,00
Prevalenza necessaria	m	+0,61

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Pagina 158 di 165

Prevalenza totale richiesta e caratteristiche della elettropompa individuata

Prevalenza totale	m	+8,78
<u>Caratteristiche elettropompa selezionata:</u>		
- n. elettropompe in servizio	---	2
- Portata singola pompa	mc/h	461
- Prevalenza totale	m	9,00

Sollevamento di testa Linea ricircolo fanghi

Sistema formato da n. 2+1R pompe. Ciascuna pompa in funzione ha la propria condotta premente dedicata per convogliare il liquame al comparto successivo.


Perdite di carico associate alla premente

Quota liquido sbocco	m	+35,40
Portata	l/s	65,3
Lunghezza	m	220,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	323,9
Diametro interno	mm	309,7
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	9
Curve a 45°	n°	4
Saracinesche	n°	1
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	2
Valvole di ritegno	n°	1
Riduzioni coniche	n°	2
Area	mq	0,0753
Velocità	m/s	0,87
Reynolds	---	244097
Lambda	---	2,67E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,003270
Perdite di carico distribuite	mm	719,50
Perdite di carico concentrate	mm	335,22
Perdita di carico totali	mm	1054,73

Livello liquido a riportare	m	+36,45
Quota massima liquido nel pozzetto	m	+32,60
Quota media liquido nel pozzetto		+30,70
Quota minima liquido nel pozzetto	m	+28,80
Prevalenza necessaria	m	+5,75

Perdite di carico associate alla mandata

Quota liquido sbocco	m	+0,00
Portata	l/s	65,3
Lunghezza	m	5,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	273,0
Diametro interno	mm	260,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	10
Curve a 45°	n°	4
Saracinesche	n°	2
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	2
Valvole di ritegno	n°	1
Riduzioni coniche	n°	2
Area	mq	0,0532
Velocità	m/s	1,23
Reynolds	---	290310
Lambda	---	2,81E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,008180
Perdite di carico distribuite	mm	40,90
Perdite di carico concentrate	mm	697,54
Perdita di carico totali	mm	738,44
Livello liquido a riportare	m	+0,74
Quota massima liquido nel pozzetto	m	+0,00
Quota media liquido nel pozzetto		+0,00
Quota minima liquido nel pozzetto	m	+0,00
Prevalenza necessaria	m	+0,74

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione	Pagina 160 di 165

Prevalenza totale richiesta e caratteristiche della elettropompa individuata

Prevalenza totale	m	+6,49
<u>Caratteristiche elettropompa selezionata:</u>		
- n. elettropompe in servizio	---	2
- Portata singola pompa	mc/h	235,00
- Prevalenza totale	m	6,50

Sollevamento Linea acque avviate al comparto terziario (affinamento)

Sistema formato da n. 1+1R pompe. La condotta premente verso il comparto successivo è unica per le due pompe.


Perdite di carico associate alla premente

Quota liquido sbocco	m	+35,70
Portata	l/s	105,6
Lunghezza	m	60,0
Materiale		PEAD PN10
Diametro esterno	mm	355,0
Diametro interno	mm	312,7
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	6
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	2
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,0768
Velocità	m/s	1,38
Reynolds	---	390923
Lambda	---	1,65E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,005048
Perdite di carico distribuite	mm	302,86
Perdite di carico concentrate	mm	520,48

Perdita di carico totali	mm	823,35
Livello liquido a riportare	m	+36,52
Quota massima liquido nel pozzetto	m	+32,18
Quota media liquido nel pozzetto		+30,54
Quota minima liquido nel pozzetto	m	+28,90
Prevalenza necessaria	m	+5,98

Perdite di carico associate alla mandata

Quota liquido sbocco	m	+0,00
Portata	l/s	102,8
Lunghezza	m	3,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	273,0
Diametro interno	mm	260,4
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	2
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	1
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	1
Valvole di ritegno	n°	1
Riduzioni coniche	n°	2
Area	mq	0,0532
Velocità	m/s	1,93
Reynolds	---	457084
Lambda	---	2,81E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,020278
Perdite di carico distribuite	mm	60,83
Perdite di carico concentrate	mm	1064,10
Perdita di carico totali	mm	1124,94
Livello liquido a riportare	m	+1,12
Quota massima liquido nel pozzetto	m	+0,00
Quota media liquido nel pozzetto		+0,00
Quota minima liquido nel pozzetto	m	+0,00

	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)	Dicembre 2020
		Pagina 162 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Prevalenza necessaria	m	+1,12
-----------------------	---	-------

Prevalenza totale richiesta e caratteristiche della elettropompa individuata


Prevalenza totale	m	+7,11
<u>Caratteristiche elettropompa selezionata:</u>		
- n. elettropompe in servizio	---	1
- Portata singola pompa	mc/h	380,00
- Prevalenza totale	m	7,20

Sollevamento acque di controlavaggio filtri

Sistema formato da n. 1+1R pompe. La condotta premente verso il comparto successivo è unica per le due pompe.

Perdite di carico associate alla premente


Quota liquido sbocco	m	+36,80
Portata	l/s	4,2
Lunghezza	m	290,0
Materiale		PEAD
Diametro esterno	mm	90,0
Diametro interno	mm	79,2
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	8
Curve a 45°	n°	1
Saracinesche	n°	0
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	1
Valvole di ritegno	n°	0
Riduzioni coniche	n°	0
Area	mq	0,0049
Velocità	m/s	0,85
Reynolds	---	60926
Lambda	---	2,31E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,010528
Perdite di carico distribuite	mm	3053,12

 acquedotto pugliese <small>l'acqua, bene comune</small>	PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)		Dicembre 2020
	ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione		Pagina 163 di 165

Perdite di carico concentrate	mm	166,05
Perdita di carico totali	mm	3219,18
Livello liquido a riportare	m	+40,02
Quota massima liquido nel pozzetto	m	+31,15
Quota media liquido nel pozzetto	m	+31,00
Quota minima liquido nel pozzetto	m	+30,85
Prevalenza necessaria	m	+9,17

Perdite di carico associate alla mandata

Quota liquido sbocco	m	+0,00
Portata	l/s	4,2
Lunghezza	m	2,0
Materiale		Acciaio
Diametro esterno	mm	88,9
Diametro interno	mm	83,1
Imbocco	n°	1
Sbocco	n°	1
Curve a 90°	n°	2
Curve a 45°	n°	0
Saracinesche	n°	1
Valvole farfalla	n°	0
Tee	n°	1
Valvole di ritegno	n°	1
Riduzioni coniche	n°	1
Area	m ²	0,0054
Velocità	m/s	0,77
Reynolds	---	58066
Lambda	---	4,04E-02
Pendenza piezometrica	m/m	0,014483
Perdite di carico distribuite	mm	28,97
Perdite di carico concentrate	mm	165,61
Perdita di carico totali	mm	194,58
Livello liquido a riportare	m	+0,19
Quota massima liquido nel pozzetto	m	+0,00
Quota media liquido nel pozzetto	m	+0,00


	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p>	Dicembre 2020
		Pagina 164 di 165

ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione

Quota minima liquido nel pozzetto	m	+0,00
Prevalenza necessaria	m	+0,19

Prevalenza totale richiesta e caratteristiche della elettropompa individuata

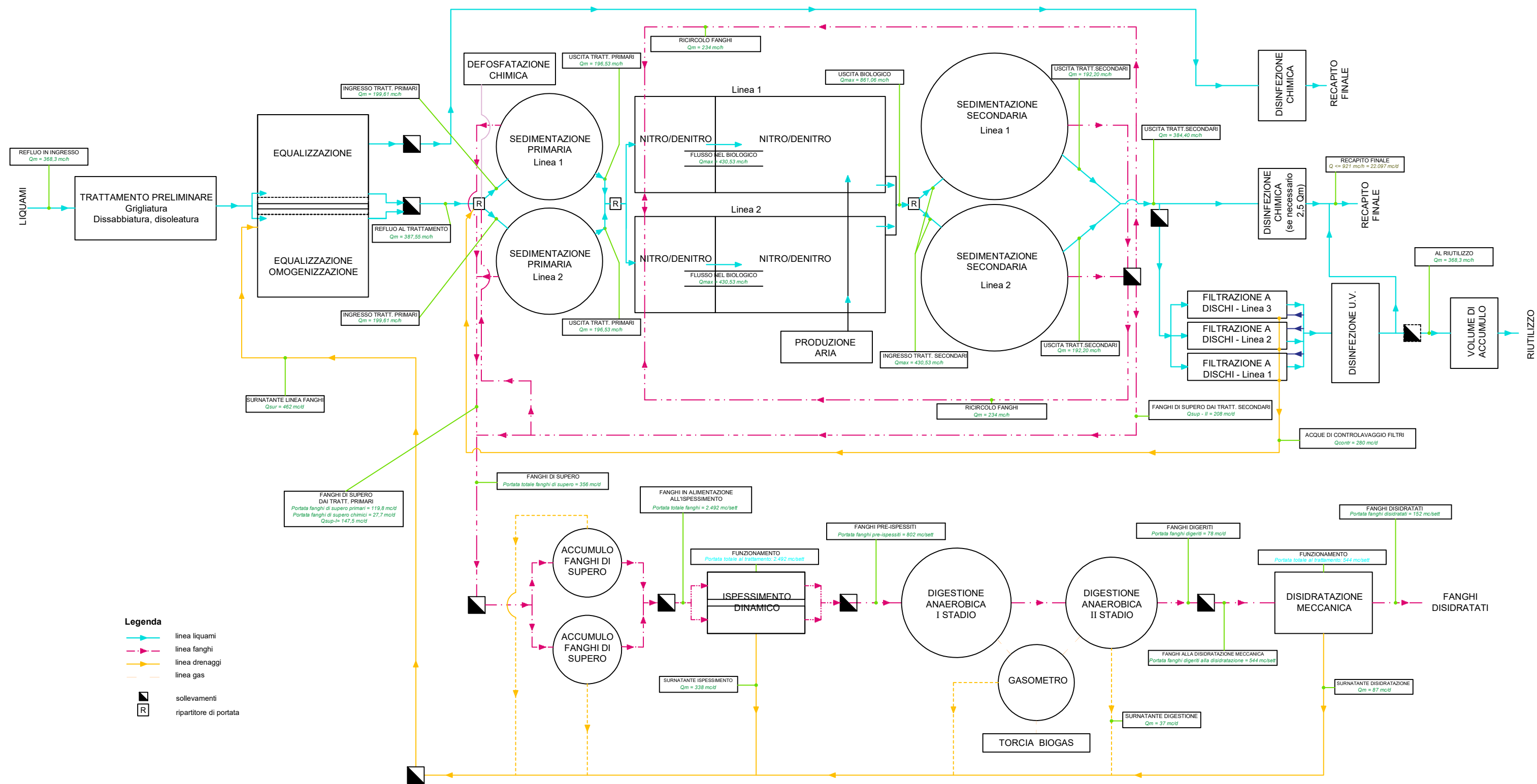
Prevalenza totale	m	+9,36
<u>Caratteristiche elettropompa selezionata:</u>		
- n. elettropompe in servizio	---	1
- Portata singola pompa	mc/h	15,00
- Prevalenza totale	m	9,50

	<p align="center">PROGETTO DEFINITIVO Adeguamento tecnologico dell'impianto di depurazione di Nardò (LE)</p> <p>ET.07 Relazione idraulica e di processo dell'impianto di depurazione</p>	Dicembre 2020
		Pagina 165 di 165

ALLEGATI

- SCHEMA CON BILANCI DI PORTATA - REGIME ESTIVO (Qm) - stato di progetto
- SCHEMA CON BILANCI DI PORTATA - PORTATA MASSIMA ESTIVA (5Qm) - stato di progetto

SCHEMA CON BILANCI DI PORTATA - REGIME ESTIVO (Qm) - statodi progetto



SCHEMA CON BILANCI DI PORTATA - PORTATA MASSIMA ESTIVA (5Qm) - stato di progetto

