



COMUNE DI PLACANICA
CITTA' METROPOLITANA di Reggio Calabria

**PROGETTO DI FATTIBILITA'
TECNICA ED ECONOMICA**

Oggetto

LAVORI DI COMPLETAMENTO DELLA RETE FOGNARIA NELLE LOCALITA' CENTRO, SAN TOMMASO E TITI E LA REALIZZAZIONE DI NUOVI IMPIANTI DI DEPURAZIONE A SERVIZIO DEL CENTRO (1.500 AE) E DELLA FRAZIONE TITI (400 AE)

Elaborato

EL.D.03

TITOLO

RELAZIONE TECNICA E CALCOLI IDRAULICI

I progettisti:

Ing. Alessandro Candido

Rev. 00

Data: Marzo 2018

Scala: _____

1.	PREMESSA	1
2.	DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEGLI IMPIANTI DEPURAZIONE.....	2
2.1	<i>Basi di verifica e calcolo</i>	5
2.2	<i>Bilancio materiale sostanze inquinanti</i>	7
2.2.1	BOD ₅	7
2.2.2	Azoto	8
2.3	<i>Dimensionamento e verifica linea liquami</i>	10
2.3.1	Denitrificazione	10
2.3.2	Ossidazione biologica	13
2.3.3	Sedimentazione secondaria	24
2.3.4	Disinfezione	26
2.4	<i>Dimensionamento e verifica linea fanghi</i>	28
2.4.1	Produzione dei fanghi di supero	28
2.4.2	Ispessimento	29
2.4.3	Disidratazione con nastropressa impianto A	30
2.4.4	Disidratazione con letti di essiccamento impianto B	32
3.	DIMENSIONAMENTO RETE FOGNARIA E SOLLEVAMENTI.....	33
3.1	<i>Determinazione delle portate</i>	33
3.2	<i>Collettori rete fognaria</i>	34
3.3	<i>Impianto di sollevamento</i>	36
3.3.1	Funzionamento impianto di sollevamento	36
3.3.2	Modalità della verifica.....	39
3.3.3	Calcolo pompa sollevamento IS-	41

1. PREMESSA

Il Comune di Placanica deve provvedere alla depurazione delle acque reflue prodotte dalle utenze presenti sul proprio territorio, in ottemperanza alla procedura d'infrazione 2014/2059.

Poiché nessun depuratore è stato realizzato e considerata l'andamento orografico del territorio comunale per il trattamento di tutti i reflui urbani è necessario realizzare:

- N.ro 2 impianti di depurazione: un impianto tratta gli scarichi del centro urbano e della zona d "S. Tommaso" per una potenzialità complessiva di 1500 abitanti equivalenti (AE) e un secondo impianto al servizio della località "Titi" di potenzialità pari a 400 AE;
- Alcuni tratti di rete fognaria che completano la rete esistente e permettono di collettare tutti gli scarichi fino ai depuratori. In particolare un tratto completa il collettamento del centro storico e della zona "S. Tommaso" dove è prevista la realizzazione di un impianto di sollevamento e un tratto nella zona "Titi". La lunghezza totale dei nuovi tratti, realizzati in PEAD corrugato SN8 DN250 e DN315 , è circa 3000 mt.

2. DIMENSIONAMENTO E VERIFICA DEGLI IMPIANTI DEPURAZIONE

Il dimensionamento delle diverse unità operative che compongono l'impianto è stato fatto in accordo a quanto previsto dalla letteratura specializzata e da riscontri su realizzazioni simili, riguardanti i carichi e le concentrazioni, rispettando i "dati di contesto" riportati nella scheda intervento COD. N. 086.

I due impianti di depurazione previsti vengono convenzionalmente schematizzati come segue:

Impianto	Località	Potenzialità di trattamento richiesto (Abitanti Equivalenti)
A	Centro Abitato	1.500
B	Frazione "Titi"	400

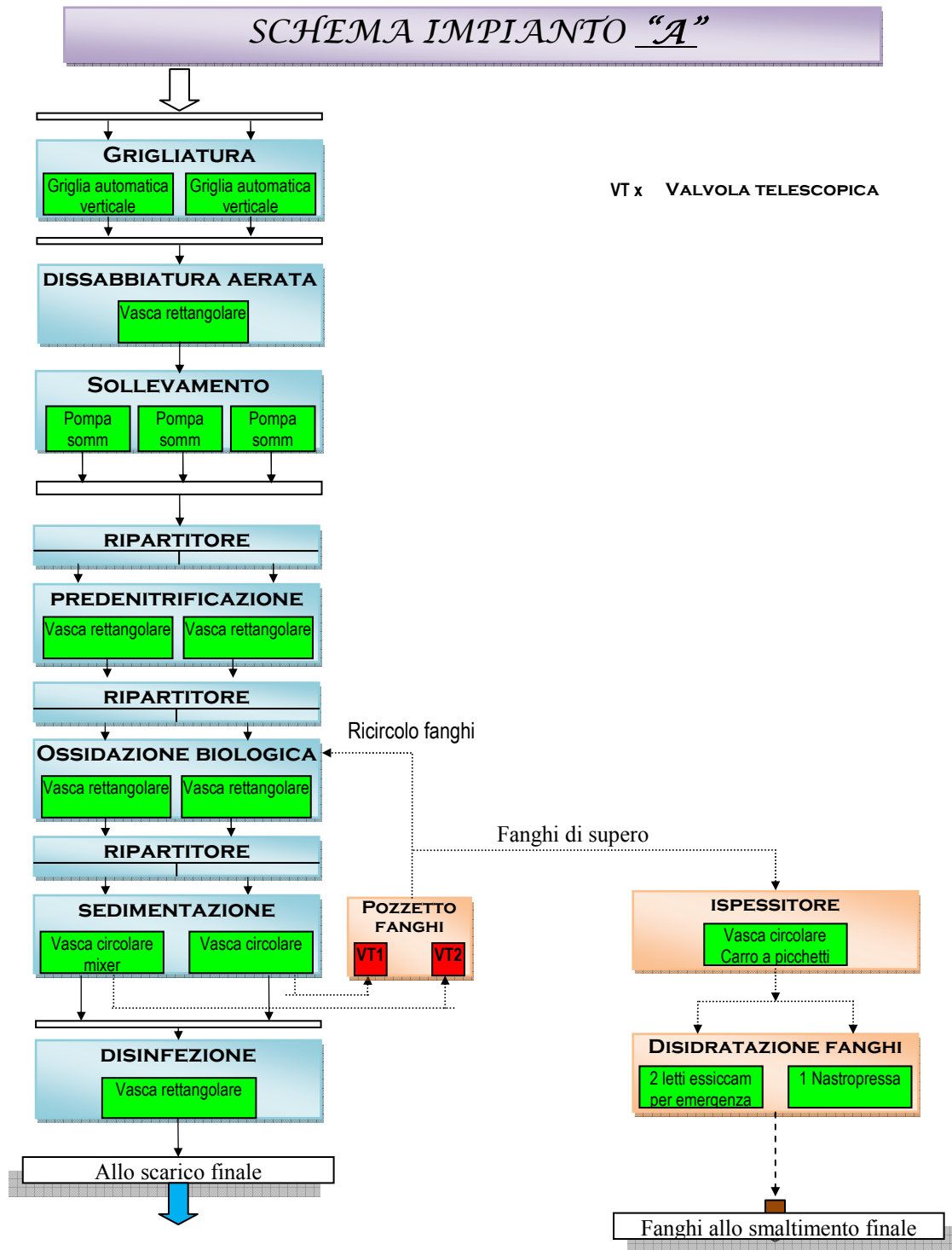
È importante sottolineare come il dimensionamento dello stadio di ossidazione biologica, sia stato effettuato nell'ottica di ottenere la nitrificazione del TKN (azoto ammoniacale) anche alle basse temperature invernali, mentre la scelta delle apparecchiature elettromeccaniche è stata fatta con l'intento di installare macchine identiche per ogni unità, verificandole in tutti i casi di funzionamento, allo scopo di ottenere lo stesso rendimento.

I parametri base adottati per dimensionamento e verifica di ciascuna fase dell'impianto di depurazione attribuiti a ciascun abitante equivalente sono:

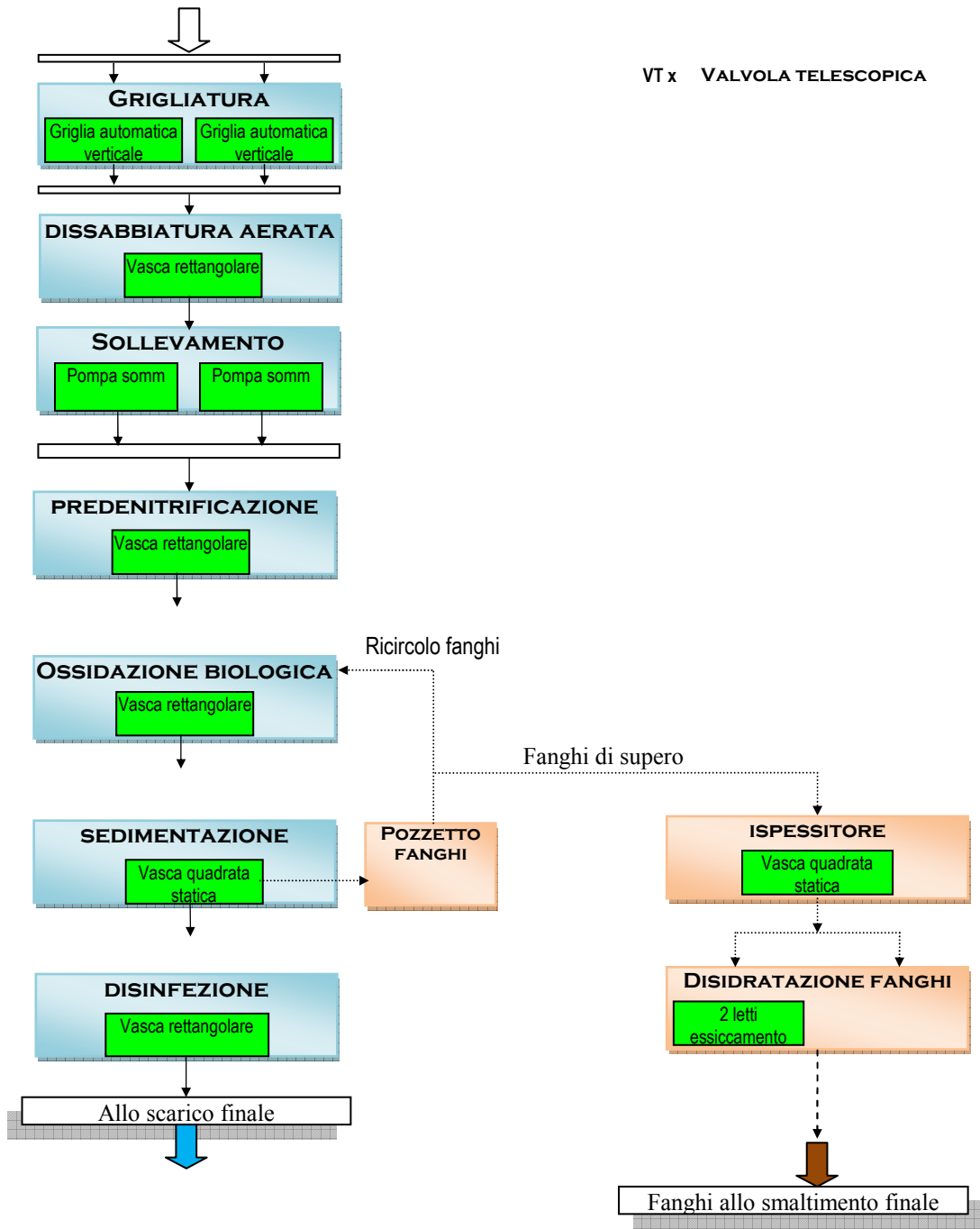
dotazione idrica	250,00	L/ab·d
BOD ₅	60	g/ab·d
Azoto Ammoniacale	12	g/ab·d
Fosforo	3	g/ab·d
Solidi Sospesi	80	g/ab·d
Solidi Sospesi Volatili	80%	

Tabella 1 - Dati di base

Gli schemi seguenti descrivono le unità previste per i due impianti:



SCHEMA IMPIANTO *B*



2.1 Basi di verifica e calcolo

Dai dati riportati nella “tabella 1” si ricavano le basi per la progettazione e la verifica, di seguito riportate per i due impianti in oggetto:

CARICHI IDRAULICI				
Portata giornaliera	[Q_d]		300,00	mc/d
Portata media	[Q_{med}]		12,50	mc/h
Coefficiente di punta			2,21	
Portata di punta nera	[Q_{pk}]		27,60	mc/h

CARICHI INQUINANTI IN ENTRATA				
BOD ₅	300	mg/L	90,00	Kg/d
COD	720	mg/L	216,00	Kg/d
Azoto Kjeldhal	60	mg/L	18,00	Kg/d
Azoto Nitrico	0	mg/L	0,00	Kg/d
Fosforo	12	mg/L	3,45	Kg/d
Solidi Sospesi Totali	450	mg/L	135,00	Kg/d
Solidi Sospesi Volatili	387	mg/L	116,10	Kg/d

Tabella 2 - Acque in ingresso impianto A (1500 AE)

CARICHI IDRAULICI				
Portata giornaliera	[Q_d]		80,00	mc/d
Portata media	[Q_{med}]		3,33	mc/h
Coefficiente di punta			2,87	
Portata di punta nera	[Q_{pk}]		9,60	mc/h

CARICHI INQUINANTI IN ENTRATA				
BOD ₅	300	mg/L	24,00	Kg/d
COD	720	mg/L	57,60	Kg/d
Azoto Kjeldhal	60	mg/L	4,80	Kg/d
Azoto Nitrico	0	mg/L	0,00	Kg/d
Fosforo	12	mg/L	0,92	Kg/d
Solidi Sospesi Totali	450	mg/L	36,00	Kg/d
Solidi Sospesi Volatili	387	mg/L	30,96	Kg/d

Tabella 3 - Acque in ingresso impianto B (400 AE)

CARICHI INQUINANTI IN USCITA (limiti di legge)				
BOD ₅	25	mg/L	7,50	Kg/d
COD	125	mg/L	37,50	Kg/d
Azoto Kjeldhal	2	mg/L	0,60	Kg/d
Azoto Nitrico	13	mg/L	3,90	Kg/d
Fosforo	2	mg/L	0,60	Kg/d
Solidi Sospesi Totali	35	mg/L	10,50	Kg/d

Tabella 4 - Acque in uscita impianto A (1500 AE)

CARICHI INQUINANTI IN USCITA (limiti di legge)				
BOD ₅	25	mg/L	2,00	Kg/d
COD	125	mg/L	10,00	Kg/d
Azoto Kjeldhal	2	mg/L	0,16	Kg/d
Azoto Nitrico	13	mg/L	1,04	Kg/d
Fosforo	2	mg/L	0,16	Kg/d
Solidi Sospesi Totali	35	mg/L	2,80	Kg/d

Tabella 5 - Acque in uscita impianto B (400 AE)

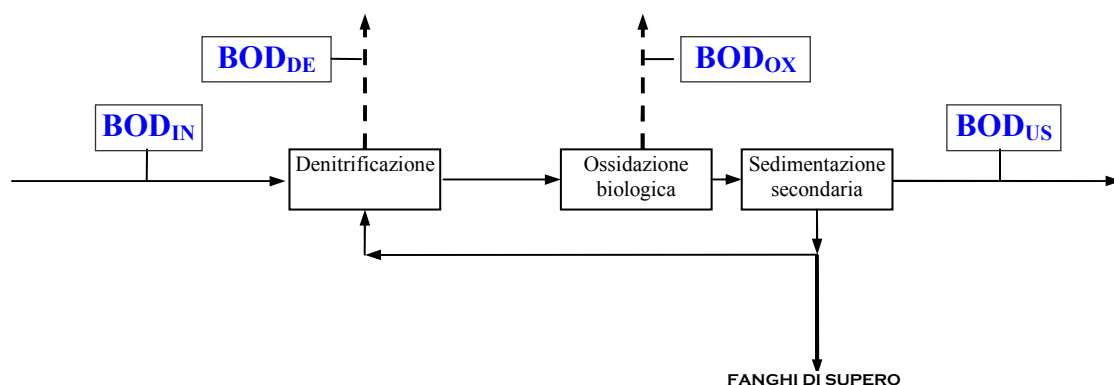
2.2 Bilancio materiale sostanze inquinanti

2.2.1 BOD₅

Il carico inquinante definito come BOD₅ rappresenta la quantità di ossigeno necessaria per l'ossidazione biochimica delle sostanze organiche presenti, in un determinato tempo e ad una determinata temperatura. Esso viene rimosso nelle fasi seguenti:

- **Sedimentazione primaria** quando questa fase è presente. L'impianto proposto è privo della fase di sedimentazione primaria e non vi è pertanto rimozione alcuna;
- **Nella fase di pre-denitrificazione** è il quantitativo di BOD₅ utilizzato contestualmente alla denitrificazione cioè alla riduzione dell'azoto nitrico ad azoto molecolare che avviene nella vasca di denitrificazione posta a monte della vasca di ossidazione.
- **Nella vasca di ossidazione** è il quantitativo di BOD₅ rimosso nella vasca di ossidazione

Il bilancio avviene secondo lo schema seguente:



Dove:

- BOD_{IN} = BOD₅ in ingresso [kg BOD₅/d];
- BOD_{DE} = BOD₅ rimosso in denitrificazione [kg BOD₅/d];
- BOD_{OX} = BOD₅ rimosso in vasca di ossidazione [kg BOD₅/d];
- BOD_{US} = BOD₅ ammesso allo scarico [kg BOD₅/d];

BOD₅ rimosso nella vasca di denitrificazione:

Per ogni kg di azoto denitrificato vengono rimossi 3 kg di BOD₅

Conoscendo il quantitativo dell'azoto denitrificato, noto secondo quanto calcolato nel paragrafo successivo, si ottiene il quantitativo di BOD₅ rimosso nella vasca di denitrificazione

- ***BOD₅ rimosso in denitrificazione nell'impianto A***
 $3,00 * 9,37 = 28,11 \text{ kg BOD}_5/\text{d}$
- ***BOD₅ rimosso in denitrificazione nell'impianto B***

$$3,00 * 2,50 = 7,50 \quad \text{kg BOD}_5/\text{d}$$

2.2.2 Azoto

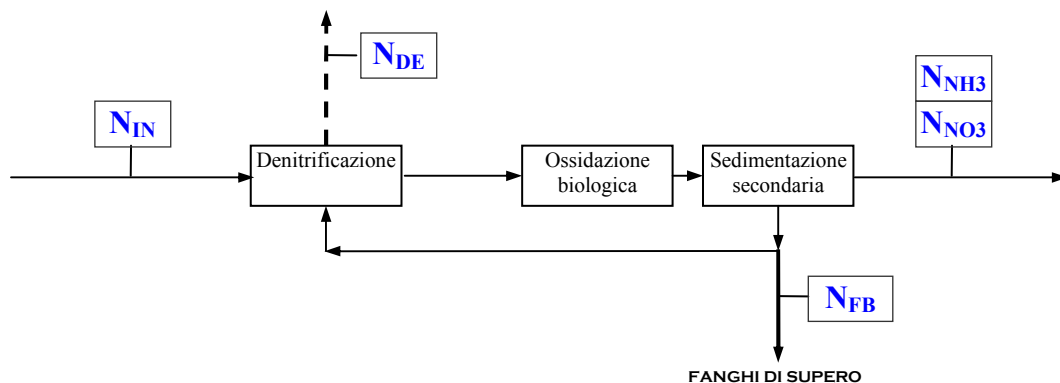
Nei liquami domestici non si fa in genere distinzione tra azoto organico e azoto ammoniacale entrambi compresi nella determinazione analitica del TKN (Total Kjeldhal Nitrogen).

L'azoto TKN rappresenta in genere la totalità dell'azoto contenuto negli effluenti urbani essendo la presenza di nitriti e nitrati trascurabile.

Una parte dell'azoto è ammessa allo scarico sia nella forma nitrica che ammoniacale il cui valore massimo di concentrazione è riportato nella tabella "CARICHI INQUINANTI IN USCITA", il resto deve essere rimosso. La rimozione dell'azoto avviene nelle seguenti fasi:

- **Sedimentazione primaria** quando questa fase è presente. L'impianto proposto è privo della fase di sedimentazione primaria e non vi è pertanto rimozione alcuna;
- **Nella sintesi cellulare** è l'azoto necessario alla sintesi biologica della massa batterica. Quantitativamente corrisponde al 5% circa in peso del BOD₅ rimosso;
- **Nella vasca di denitrificazione** è il quantitativo che deve essere rimosso per evitare che nello scarico la concentrazione totale dell'azoto (ammoniacale e nitrico) non superi i valori ammessi. Esso rappresenta il surplus dell'azoto nitrico ossidato nella vasca di ossidazione che nel processo di denitrificazione viene ridotto ad azoto molecolare.

Secondo lo schema generale



dove:

- N_{IN} = Azoto TKN in ingresso [kg N-NH₃/d];
- N_{DE} = Azoto nitrico denitrificato [kg N-NO₃/d];
- N_{FB} = Azoto utilizzato nella sintesi cellulare e rimosso con i fanghi di supero [kg N-NH₃/d];
- N_{NH3} = Azoto ammesso allo scarico come azoto ammoniacale [kg N-NH₃/d];
- N_{NO3} = Azoto ammesso allo scarico come azoto nitrico [kg N-NO₃/d];

Azoto da denitrificare

L'azoto nitrico da denitrificare risulta dal seguente bilancio:

$$N_{DE} = N_{IN} - N_{NH_3} - N_{NO_3} - N_{FB}$$

Tramite il quale si ottiene il quantitativo di azoto che deve essere denitrificato:

• <i>Azoto da denitrificare per l'impianto A</i>	
TKN in ingresso	18,00 kg N-NH ₃ /d
TKN ammesso allo scarico	0,60 kg N-NH ₃ /d
TKN rimosso per sintesi (5% del totale BODrimosso)	4,13 kg N-NH ₃ /d
TKN rimosso in sedimentazione primaria	0,00 kg N-NH ₃ /d
Azoto da nitrificare	13,27 kg N-NH₃/d
• <i>Azoto da denitrificare per l'impianto B</i>	
Azoto nitrico in ingresso	0,00 kg N-NO ₃ /d
Azoto TKN nitrificato	3,54 kg N-NH ₃ /d
Azoto ammesso allo scarico in forma nitrica	1,04 kg N-NO ₃ /d
Azoto nitrico rimosso in sedimentazione primaria	0,00 kg N-NO ₃ /d
Azoto da denitrificare	N_{DE} = 2,50 kg N-NH₃/d

Azoto da nitrificare

Il quantitativo di azoto ammoniacale da nitrificare nella vasca di ossidazione [N_{NI}] viene calcolato con la seguente relazione:

$$N_{NI} = N_{IN} - N_{NH_3} - N_{FB}$$

• <i>Azoto da nitrificare per l'impianto A</i>	
TKN in ingresso	18,00 kg N-NH ₃ /d
TKN ammesso allo scarico	0,60 kg N-NH ₃ /d
TKN rimosso per sintesi (5% del totale BODrimosso)	4,13 kg N-NH ₃ /d
TKN rimosso in sedimentazione primaria	0,00 kg N-NH ₃ /d
Azoto da nitrificare	13,27 kg N-NH₃/d
• <i>Azoto da nitrificare per l'impianto B</i>	
TKN in ingresso	4,80 kg N-NH ₃ /d
TKN ammesso allo scarico	0,16 kg N-NH ₃ /d
TKN rimosso per sintesi (5% del totale BODrimosso)	1,10 kg N-NH ₃ /d
TKN rimosso in sedimentazione primaria	0,00 kg N-NH ₃ /d
Azoto da nitrificare	3,54 kg N-NH₃/d

2.3 Dimensionamento e verifica linea liquami

2.3.1 Denitrificazione

2.3.1.1 Determinazione volume occorrente

Per la denitrificazione è prevista una apposita sezione dove in condizioni anossiche ed in presenza di sufficiente substrato organico, si ha la trasformazione, ad opera di batteri facoltativi, dell'azoto nitrico ad azoto molecolare.

Lo schema processuale adottato è definito di "predenitrificazione" cioè la vasca di denitrificazione è posta a monte della vasca di ossidazione.

Il substrato organico necessario alla crescita di batteri denitrificanti viene fornito dalle sostanze organiche presenti nei liquami e che non hanno ancora subito il processo di ossidazione. Il ricorso ad una fonte interna di carbonio determina, contestualmente alla denitrificazione, la rimozione di una parte dell'inquinamento organico biodegradabile

Per definire il volume richiesto per la rimozione dell'azoto nitrico è necessario conoscere la velocità di denitrificazione, espressa in kg di azoto nitrico al giorno ridotto ad azoto molecolare per kg di biomassa (SSV), che può essere calcolata secondo la formula:

$$V_D = V_{D20} \times \frac{C_{NO3}}{K_D + C_{O3N}} \times \frac{S_C}{K_C + S_C} \times \theta^{(T-20)}$$

dove:

V_D = Velocità di denitrificazione alla temperatura media della vasca di ossidazione [kg N-NO₃/kg SSV•d];

V_{D20} = Velocità di denitrificazione alla temperatura di 20 °C [kg N-NO₃/kg SSV•d];

C_{NO3} = Concentrazione dell'azoto nitrico nella vasca di denitrificazione [mg N-NO₃/L];

K_D = Costante di semisaturazione relativa ai nitrati [mg N-NO₃/L];

S_C = Concentrazione del substrato carbonioso biodegradabile presente nella vasca di denitrificazione [mg BOD₅/L];

K_C = Costante di semisaturazione relativa al substrato carbonioso [mg BOD₅/L];

θ = Coefficiente sperimentale temperatura-attività. Valore utilizzato 1,09.

Visti i valori molto bassi delle costanti di semisaturazione ($K_D \cong 0,1$ mg N-NO₃/L e $K_C \cong 0,1$ mg BOD₅/L), la velocità di denitrificazione può essere considerata di ordine zero e la sua determinazione può quindi limitarsi alla formula:

$$V_D = V_{D20} \cdot \theta^{(T-20)}$$

Nota la temperatura minima che si ha nella vasca di denitrificazione e il valore di V_D è possibile determinare il volume della vasca di denitrificazione con la formula seguente:

$$VOL_D = \frac{N_D}{V_D \cdot C_{SV}}$$

dove:

$N_D =$ Azoto nitrico da ridurre per denitrificazione [kgN-NO₃/d]

$C_{SV} =$ Concentrazione dei solidi sospesi volatili nella vasca di denitrificazione in [kg SSV/m³]

Adottando i seguenti parametri di funzionalità:

- Temperatura in vasca di denitrificazione $T = 15$ °C
- Velocità di denitrificazione a 20°C $V_{D20} = 0,072$ kg N-NO₃/kg SSV • d
- Conc. solidi sospesi volatili nella vasca $C_{SV} = 3,00$ kg SSV/m³
- Rapporto rimozione BOD₅/Azoto Nitrico $3,00$ kg BOD₅/kg N_{denitr}

Si calcola il volume necessario per la denitrificazione per:

L'impianto A

- Velocità di denitrificazione a 15°C $V_D = 0,047$ kg N-NO₃/kg SSV • d
- Volume occorrente $VOL_D = 66,00$ m³

Per cui viene adottato il seguente sistema di vasche:

- tipo vasca rettangolare
- numero vasche 2
- larghezza 5,00 m
- lunghezza 2,00 m
- altezza totale 4,50 m
- altezza liquido 4,00 m
- volume utile unitario 40,00 m³
- volume utile **80,00** m³

L'impianto B

- Velocità di denitrificazione a 15°C $V_D = 0,047$ kg N-NO₃/kg SSV • d
- Volume occorrente $VOL_D = 18,00$ m³

Per cui viene adottato il seguente sistema di vasche:

- tipo vasca rettangolare
- numero vasche 1
- larghezza 1,00 m
- lunghezza 4,00 m
- altezza totale 5,00 m
- altezza liquido 4,50 m
- volume utile unitario 18,00 m³
- volume utile **18,00** m³

2.3.1.2 Energia richiesta per la miscelazione

Per garantire che la reazione di denitrificazione abbia luogo è necessario che il contenuto della vasca di denitrificazione sia completamente ben miscelato. L'omogeneizzazione è ottenuta con l'installazione di alcuni miscelatori sommersi installati nella vasca. La potenza specifica da installare dovrà essere dell'ordine di 20÷40 W/m³.

Il sistema installato è il seguente:

L'impianto A

- Tipo miscelatore	ad elica	
- Numero per vasca	2	
- Potenza unitaria	0,75	kW
- Numero totali	4	
- Potenza miscelazione	3,00	kW

VERIFICA

- <i>potenza specifica applicata</i>	37,50	W/m³
--------------------------------------	--------------	------------------------

L'impianto B

- Tipo miscelatore	ad elica	
- Numero per vasca	1	
- Potenza unitaria	0,75	kW
- Numero totali	1	
- Potenza miscelazione	0,75	kW

VERIFICA

- <i>potenza specifica applicata</i>	41,67	W/m³
--------------------------------------	--------------	------------------------

2.3.2 Ossidazione biologica

2.3.2.1 Determinazione volume occorrente

Il dimensionamento della vasca di ossidazione viene condotto mediante la determinazione del carico del fango e del carico volumetrico.

Il carico del fango è definito come la quantità di materia organica biodegradabile, espressa in Kg BOD₅, messa giornalmente a disposizione dell'unità di biomassa presente nel reattore biologico ed espressa in Kg di solidi sospesi volatili.

Il carico volumetrico rappresenta la quantità di materia organica espressa in Kg di BOD₅, trattabile in un giorno per ogni mc di capacità della vasca di aerazione. Esso è legato linearmente al carico del fango e la costante di proporzionalità è rappresentata dalla concentrazione dei solidi sospesi nel bacino di aerazione.

Il volume necessario per la ossidazione si determina dalla:

$$VOL_{OX} = \frac{BOD_5}{C_F \cdot C_{SV}}$$

dove:

BOD₅ = BOD₅ in ingresso nella vasca di ossidazione [kg BOD₅/d]

C_F = Carico organico adottato [kg BOD₅/kg SSV•d];

C_{SV} = Concentrazione dei solidi sospesi volatili nella vasca di ossidazione [kg SSV/m³]

• *Calcolo volume di ossi-nitrificazione impianto A:*

Adottando i seguenti parametri:

$$C_F = 0,08 \text{ kg BOD}_5/\text{kg SS}\cdot\text{d}$$

$$C_{SV} = 3,00 \text{ kg SSV}/\text{m}^3$$

Si ottiene:

$$VOL_{OX} = 258,00 \text{ m}^3$$

La configurazione geometrica del sistema adottato è il seguente:

- tipo vasca	rettangolare
- numero vasche	2
- larghezza	5,00 m
- lunghezza	8,00 m
- altezza totale	4,50 m
- altezza liquido	3,80 m
- volume utile unitario	152,00 m ³
- volume utile	304,00 m³

• *Calcolo volume di ossi-nitrificazione impianto B:*

Adottando i seguenti parametri:

$$C_F = 0,08 \text{ kg BOD}_5/\text{kg SS}\cdot\text{d}$$

$$C_{SV} = 3,00 \text{ kg SSV}/\text{m}^3$$

Si ottiene:

$$VOL_{OX} = 69,00 \text{ m}^3$$

La configurazione geometrica del sistema adottato è il seguente:

- tipo vasca	rettangolare
- numero vasche	1
- larghezza	4,00 m
- lunghezza	4,00 m
- altezza totale	5,00 m
- altezza liquido	4,40 m
- volume utile unitario	70,40 m ³
- volume utile	70,40 m³

2.3.2.2 Verifica per la nitrificazione

Con il termine nitrificazione si intende l'ossidazione biologica con la quale l'azoto ammoniacale e organico (TKN) viene ossidato ad azoto nitrico.

La trasformazione dell'ammoniaca in nitrati avviene schematicamente in due stadi di cui il primo passaggio da ammoniaca a nitriti tramite il genere Nitrosomonas mentre il secondo da nitriti a nitrati tramite un altro genere i Nitrobacter.

La velocità di nitrificazione, espressa in kg di azoto N-NH₃ ossidato al giorno per kg di biomassa nitrificante (SSN), può essere calcolata secondo la formula:

$$V_N = V_{N20} \times \frac{C_N}{K_N + C_N} \times \frac{C_O}{K_O + C_O} \times \beta^{(T-20)}$$

dove:

V_N = Velocità di nitrificazione alla temperatura media della vasca di ossidazione [kg N-NH₃/kg SSN·d];

V_{N20} = Velocità massima di nitrificazione, in assenza di fattori limitanti, alla temperatura di 20 °C. [kg N-NH₃/kg SSN·d];

C_N = Concentrazione di azoto organico ed ammoniacale in vasca di nitrificazione [mg N-NH₃/L];

K_N = Costante di semisaturazione relativa all'azoto organico e ammoniacale [mg N-NH₃/L];

C_O = Concentrazione di ossigeno disciolto mantenuta nella vasca [mg O₂/L];

K_O = Costante di semisaturazione relativa all'ossigeno disciolto [mg O₂/L];

β = Coefficiente di correzione relativo alla temperatura; per i processi di nitrificazione esso corrisponde a 1,12.

Il rapporto fra il quantitativo di azoto ammoniacale da nitrificare (N_{NI} espresso in kg N-NH₃/d) e la velocità di nitrificazione (V_N espressa come sopra) determina il quantitativo minimo di batteri nitrificanti che dovranno essere presente nella vasca di ossidazione.

La massa autotrofa nitrificante è una frazione della biomassa totale che può essere calcolata con la formula:

$$f = \frac{1}{1 + \frac{Y}{Y_n} \times \frac{(BOD_i - BOD_u)}{(TKN_i - TKN_u)}}$$

dove:

$BOD_i - BOD_u$ = BOD_5 rimosso in vasca di ossidazione [kg BOD_5/d];

$TKN_i - TKN_u$ = N_{NI} - Azoto ammoniacale nitrificato in vasca ossidazione [kg N- NH_3/d];

Y/Y_n = rappresenta il rapporto tra le costanti di crescita dei batteri eterotrofi e di quelli autotrofi nitrificanti. Può essere assunto pari a 3,7.

I dati di base a cui si deve verificare la nitrificazione sono:

$T =$	15,00 °C
$V_{N20} =$	1,80 kg N- NH_3/kg SSN • d
$C_N =$	2,00 mg/L
$C_O =$	2,00 mg/L
$K_O =$	1,30 mg/L
$K_N =$	0,57 mg/L
$Y/Y_N =$	3,70 kg SSN/kg SST

Il risultato della verifica è qui di seguito sintetizzato:

Impianto di A

Velocità nitrificazione a 15 °C	V_N	0,59 kg N- NH_3/kg SSN • d
Batteri nitrificanti occorrenti	M_N	23,00 kg
Frazione batteri nitrificanti	f	6,19%
Biomassa necessaria	M_{VSS}	379,00 Kg SSV
Concentrazione minima richiesta per la biomassa		1,30 Kg SSV/ m^3
Concentrazione biomassa adottata		3,00 Kg SSV/m^3

Impianto B

Velocità nitrificazione a 15 °C	V_N	0,59 kg N- NH_3/kg SSN • d
Batteri nitrificanti occorrenti	M_N	6,00 kg
Frazione batteri nitrificanti	f	6,17%
Biomassa necessaria	M_{VSS}	99,00 Kg SSV
Concentrazione minima richiesta per la biomassa		1,40 Kg SSV/ m^3
Concentrazione biomassa adottata		3,00 Kg SSV/m^3

2.3.2.3 Sistema di ossigenazione

2.3.2.3.1 Fabbisogno di ossigeno

Il quantitativo di ossigeno richiesto in condizioni medie dalla flora batterica presente è valutabile mediante la seguente formula:

$$O_2 = a \cdot \Delta B + b \cdot V_{OX} \cdot X_A + 4,6 \cdot N_N$$

Dove:

- O_2 = Quantità di ossigeno utilizzata in [Kg O_2 /d];
 a = Coefficiente di respirazione attiva che tiene conto del consumo dei batteri nelle reazioni di sintesi cellulare [Kg O_2 /Kg BOD₅ rimosso];
 ΔB = BOD₅ rimosso in vasca di ossidazione (BOD_i–BOD_u) [kg BOD₅/d];
 b = Coefficiente che tiene conto della respirazione endogena [Kg O_2 /kg SSV•d];
 V_{OX} = Volume utile della vasca di aerazione [m³];
 X_A = Concentrazione di fanghi attivi mantenuta nella vasca [Kg VSS/m³];
 N_N = Carico di azoto da nitrificare [kg N-NH₃/d];

Il valore del parametro **b**, che per i liquami domestici è stimato pari a 0,10 a 20 °C, è influenzato:

- *Dalla temperatura* che si ha nella vasca di ossidazione ed in particolare decresce con essa secondo la: $b = b_{20} \cdot 1,084^{(T-20)}$ per tale motivo è stato assunto in fase progettuale il valore relativo alla temperatura di 20 °C per porsi nelle condizioni più gravose
- *Dal carico organico adottato* secondo il coefficiente $1,30 \cdot C_F^{0,16}$ ciò tiene conto della variazione del rapporto fra i batteri attivi nel fango e la totalità dei solidi sospesi che si ha al variare del carico organico.

Con i seguenti dati operativi:

Temperatura media in vasca ossidazione	T =	20,00 °C
Coefficiente di sintesi	a =	0,50 kg O_2 /kg BOD ₅
Coeff. resp. Endogena = $b_{20} \cdot 1,3 \cdot C_F^{0,16}$	b =	0,09 kg O_2 /kg SSV•d

• **Calcolo ossigeno da fornire nella vasca di ossi-nitrificazione impianto A**

BOD ₅ rimosso	ΔB =	54,39 kg BOD ₅ /d
Volume vasca ossidazione	V_{OX} =	304,00 m ³
Concentrazione fanghi attivi in vasca ox	X_A =	3,00 kg SSV/m ³
Azoto TKN da nitrificare	N_N =	13,27 kg N-NH ₃ /d
Coefficiente di punta per sintesi e nitrificazione		1,30

O ₂ per sintesi	27,20	KgO ₂ /d
O ₂ per respirazione endogena	82,10	KgO ₂ /d
O ₂ per nitrificazione	61,00	KgO ₂ /d
RICHIESTA MEDIA GIORNALIERA	170,30	KgO₂/d
RICHIESTA ORARIA DI PUNTA:		
$(1,3 \cdot 27,20 + 82,10 + 1,3 \cdot 61,00) / 24$	8,20	KgO₂/h

• **Calcolo ossigeno da fornire nella vasca di ossi-nitrificazione impianto B**

BOD ₅ rimosso	$\Delta B =$	14,50	kg BOD ₅ /d
Volume vasca ossidazione	$V_{OX} =$	70,40	m ³
Concentrazione fanghi attivi in vasca ox	$X_A =$	3,00	kg SSV/m ³
Azoto TKN da nitrificare	$N_N =$	3,54	kg N-NH ₃ /d
Coefficiente di punta per sintesi e nitrificazione		1,20	
O ₂ per sintesi		7,30	KgO ₂ /d
O ₂ per respirazione endogena		19,00	KgO ₂ /d
O ₂ per nitrificazione		16,30	KgO ₂ /d
RICHIESTA MEDIA GIORNALIERA		42,60	KgO₂/d
RICHIESTA ORARIA DI PUNTA:			
$(1,2 \cdot 7,30 + 19,00 + 1,2 \cdot 16,30) / 24$		2,00	KgO₂/h

2.3.2.3.2 Capacità di ossigenazione

Si definisce come capacità di ossigenazione, di un sistema di aerazione, la massa di ossigeno che essa è in grado di solubilizzare in un tempo unitario e nelle reali condizioni operative.

E' chiaro che per uno stesso sistema di aerazione questa capacità varia in funzione di diverse condizioni. Per questo motivo è opportuno riferire la capacità di ossigenazione a condizioni standards che prevedono:

- acqua pulita di acquedotto
- temperatura di 20 °C
- pressione di 1 atm
- concentrazione di ossigeno disciolto nulla.

Riferendosi alle sopracitate condizioni normalizzate la capacità di ossigenazione richiesta al sistema di aerazione O_{2st} è ricavabile mediante la relazione:

$$O_{2st} = \frac{O_2}{K}$$

dove O_2 è il fabbisogno di ossigeno in condizioni medie o di punta (kg/h) già precedentemente ricavato, K è un coefficiente correttivo valutabile mediante la relazione:

$$K = \alpha \times 1,024^{(T-20)} \times \left(\beta \times \frac{C_s^* - C}{C^*} \right)$$

Dove:

- α = Coefficiente che tiene conto del fatto che il trasferimento dell'ossigeno non avviene in acqua pulita ma in presenza della biomassa sospesa;
- β = Rapporto tra la solubilità dell'ossigeno in presenza di sali e quella in acqua distillata;
- T = Temperatura operativa;
- C = Concentrazione dell'ossigeno nella vasca di ossidazione nelle condizioni operative;
- C_s^* = Concentrazione dell'ossigeno a saturazione relativa ad acqua pulita nelle condizioni operative;
- C^* = Concentrazione dell'ossigeno relativa ad acqua pulita alla temperatura di 20°C ed alla pressione di 1 Bar.

Con i seguenti parametri operativi:

Coefficiente tipo acqua	$\alpha =$	0,80
Coefficiente per presenza Sali	$\beta =$	0,92
Conc. saturaz. O ₂ alle condizioni operative	$C_s^* =$	9,17 mg/lt
Concentrazione di saturazione O ₂ a 20 °C	$C^* =$	9,17 mg/lt
Concentrazione ossigeno disciolto in vasca	$C =$	2,00 mg/lt

Ossigeno reale richiesto per l'ossidazione impianto A

RENDIMENTO alle condizioni STD	0,56
CAPACITA' OSSIGENAZIONE NECESSARIA	14,80 KgO₂/h

Ossigeno reale richiesto per l'ossidazione impianto B

RENDIMENTO alle condizioni STD	0,56
CAPACITA' OSSIGENAZIONE NECESSARIA	3,60 KgO₂/h

2.3.2.3.3 Sistema di ossigenazione

Le dimensioni del bacino hanno notevole influenza nel sistema di ossigenazione ad insufflazione.

In generale i diffusori possono essere utilizzati in bacini da 3 a 7 metri di profondità; valori inferiori riducono eccessivamente i rendimenti di trasferimento dell'ossigeno mentre per valori superiori i costi delle attrezzature diventano eccessivi. Tra 3 e 7 metri il rendimento di ossigenazione e l'energia consumata per m³ d'aria sono approssimativamente proporzionali alla profondità di immersione. Di conseguenza il dispendio di energia resta quasi invariato.

Il criterio di scelta della profondità è, pertanto, più un problema di ottimizzazione che di processo propriamente detto. La larghezza dei bacini è condizionata dalla dispersione dei diffusori sul fondo dei bacini: pavimento o "spiral-flow".

Per quanto riguarda il sistema a pavimento, che riguarda il presente caso, non risulta necessario adottare accorgimenti particolari; la larghezza viene scelta unicamente in funzione delle norme seguite per il flusso a pistone.

Con il sistema adottato, del tipo a bolle fini, si può assumere un rendimento medio di dissoluzione dell'ossigeno superiore al 20% (in condizioni standard). Va altresì verificato che il quantitativo di aria immessa sia sufficiente a garantire una sufficiente agitazione.

L'aria da immettere corrisponde al più grande dei due valori calcolati sia per l'ossigenazione che per la miscelazione.

Dato che un m³ di aria contiene, in condizioni standard, 0,28 kg di O₂ si determina il quantitativo di aria necessaria.

Aria necessaria per ossidazione Impianto A

Quantità d'aria contenente 14,80 kg di ossigeno	52,86 Nm ³
Efficienza trasferimento O ₂	24%

Aria necessaria per ossidazione Impianto B

Quantità d'aria contenente 3,60 kg di ossigeno	12,86 Nm ³
Efficienza trasferimento O ₂	20%

Il sistema da installare per la compressione e diffusione aria è il seguente:

Impianto A

SISTEMA COMPRESSIONE ARIA

Tipo compressore	a lobi
Numero compressori	3
di cui di riserva	1
Portata aria x unità	140,00 Nm ³ /h
Portata d'aria totale	280,00 Nm ³ /h
Prevalenza	0,55 Bar
Energia elettrica assorbita per unità	2,80 kWh/h

SISTEMA DIFFUSORI ARIA

Tipo	disco a microbolle
Portata aria unitaria minima	3,00 Nm ³ /h
Portata aria unitaria massima	6,00 Nm ³ /h
N.ro minimo compr. funzionanti	1
N.ro max compr. funzionanti	2
Portata minima di aria	140,00 Nm ³ /h
Portata max di aria	280,00 Nm ³ /h
Numero totale	47
FLUSSO ALLA PORTATA MINIMA	2,98 Nm ³ /h
FLUSSO ALLA PORTATA MAX	5,96 Nm ³ /h

VERIFICA OSSIGENAZIONE

O₂ fornito	18,82 KgO ₂ /h
Efficienza trasferimento O ₂ richiesto	18,88%

VERIFICA MISCELAZIONE CON ARIA

Volume liquido aerato	304,00 m ³
Portata aria specifica per miscelazione	15,35 (litri/min)/mc vasca

Impianto B

SISTEMA COMPRESSIONE ARIA

Tipo compressore	a lobi
Numero compressori	2
di cui di riserva	1
Portata aria x unità	70,00 Nm ³ /h
Portata d'aria totale	70,00 Nm ³ /h
Prevalenza	0,55 Bar
Energia elettrica assorbita per unità	1,70 kWh/h

SISTEMA DIFFUSORI ARIA

Tipo	disco a microbolle
Portata aria unitaria minima	3,00 Nm ³ /h
Portata aria unitaria massima	6,00 Nm ³ /h
N.ro minimo compr. funzionanti	1
N.ro max compr. funzionanti	1
Portata minima di aria	70,00 Nm ³ /h
Portata max di aria	70,00 Nm ³ /h
Numero totale	23
FLUSSO ALLA PORTATA MINIMA	3,04 Nm ³ /h
FLUSSO ALLA PORTATA MAX	3,04 Nm ³ /h

VERIFICA OSSIGENAZIONE

O₂ fornito	3,92 KgO₂/h
Efficienza trasferimento O ₂ richiesto	18,37%

VERIFICA MISCELAZIONE CON ARIA

Volume liquido aerato	70,40 m ³
Portata aria specifica per miscelazione	16,57 (litri/min)/mc vasca

2.3.2.4 Fanghi attivi di supero

La rimozione del carico inquinante effettuata dalla popolazione microbica comporta un incremento di quest'ultima per effetto dei fenomeni di sintesi e moltiplicazione batterica diminuito della scomparsa cellulare; ciò comporterebbe un accumulo nel sistema per effetto della separazione della biomassa nella sedimentazione secondaria e suo ricircolo in aerazione se non si intervenisse mediante uno spurgo continuo in modo da mantenere costante la concentrazione della microflora nel bacino di ossidazione.

Inoltre bisogna tenere conto dei solidi sospesi entranti nello stadio aerobico e che non vengono metabolizzati dalla biomassa; anche questi comportano un accumulo nel sistema.

La produzione dei fanghi biologici di supero è valutabile mediante la seguente formula:

$$SS = a \cdot \Delta B - b \cdot V_{OX} \cdot X_{AN}$$

dove:

SS =	Quantità di fanghi biologici prodotti	[Kg SSV/d]
a' =	Coefficiente di crescita cellulare [Kg SSV/Kg BOD ₅ rimosso]	
ΔB =	BOD ₅ rimosso in vasca di ossidazione (BOD _i -BOD _u)	[kg BOD ₅ /d];
b' =	Coefficiente di scomparsa nella fase endogena	[Kg SSV/ Kg SSV•d]
V _{OX} =	Volume utile della vasca di aerazione	[m ³].
X _{AN} =	Concentrazione di fanghi attivi mantenuta nella vasca	(Kg SSV/m ³).

Impianto A

PARAMETRI DI FUNZIONALITA'

Coefficiente crescita batteri	a' =	1,00	KgSS/KgBOD ₅ rim
BOD ₅ rimosso in vasca denitrificazione	ΔB_D =	28,11	kg BOD ₅ /d
BOD ₅ rimosso in vasca ossidazione	ΔB_{OX} =	54,39	kg BOD ₅ /d
Coeff. scomparsa fase endogena	b' =	0,05	KgSSV/kg SSV•d
Volume vasca denitrificazione	V_{DE} =	80,00	m ³
Volume vasca ossidazione	V_{OX} =	304,00	m ³
Concentrazione fanghi attivi in vasca ox	X_A =	3,00	kg SSV/m ³

CRESCITA IN OSSIDAZIONE

VSS per crescita batterica		54,39	kgSSV/d
VSS scomparsi in fase endogena		41,88	kgSSV/d
Produzione giornaliera solidi volatili		12,51	kgSSV/d

CRESCITA IN DENITRIFICAZIONE

VSS per crescita batterica		28,11	kgSSV/d
VSS scomparsi in fase endogena		12,00	kgSSV/d
Produzione giornaliera solidi volatili		16,11	kgSSV/d

CRESCITA SPECIFICA

Crescita specifica SSV in ossidazione		0,23	kgSSV/d
Crescita specifica SSV in denitrificazione		0,57	kgSSV/d
Crescita specifica SSV	Y =	0,35	kgSSV/d

CRESCITA SOLIDI VOLATILI

BOD ₅ totale rimosso		82,50	kg BOD ₅ /d
Produzione giornaliera solidi volatili		28,88	kgSSV/d

Impianto B

PARAMETRI DI FUNZIONALITA'

Coefficiente crescita batteri	$a' =$	1,00	KgSS/KgBOD ₅ rim
BOD ₅ rimosso in vasca denitrificazione	$\Delta B_D =$	7,50	kg BOD ₅ /d
BOD ₅ rimosso in vasca ossidazione	$\Delta B_{OX} =$	14,50	kg BOD ₅ /d
Coeff. scomparsa fase endogena	$b' =$	0,05	KgSSV/kg SSV•d
Volume vasca denitrificazione	$V_{DE} =$	18,00	m ³
Volume vasca ossidazione	$V_{OX} =$	70,40	m ³
Concentrazione fanghi attivi in vasca ox	$X_A =$	3,00	kg SSV/m ³

CRESCITA IN OSSIDAZIONE

VSS per crescita batterica		14,50	kgSSV/d
VSS scomparsi in fase endogena		10,56	kgSSV/d
Produzione giornaliera solidi volatili		3,94	kgSSV/d

CRESCITA IN DENITRIFICAZIONE

VSS per crescita batterica		7,50	kgSSV/d
VSS scomparsi in fase endogena		2,70	kgSSV/d
Produzione giornaliera solidi volatili		4,80	kgSSV/d

CRESCITA SPECIFICA

Crescita specifica SSV in ossidazione		0,27	kgSSV/d
Crescita specifica SSV in denitrificazione		0,64	kgSSV/d
Crescita specifica SSV	$Y =$	0,40	kgSSV/d

CRESCITA SOLIDI VOLATILI

BOD ₅ totale rimosso		22,00	kg BOD ₅ /d
Produzione giornaliera solidi volatili		8,80	kgSSV/d

2.3.3 Sedimentazione secondaria

2.3.3.1 Determinazione superficie occorrente

Di seguito alla fase di aerazione il liquame passa nelle vasche di sedimentazione finale entro le quali ha luogo la separazione dei fanghi attivi dal liquido depurato.

Di tutte le fasi dell'impianto di depurazione la sedimentazione secondaria è fondamentale per assicurare la separazione dei fanghi attivi dal liquido depurato. Essa costituisce lo stadio finale nella produzione di un effluente ben chiarificato e depurato e d'altra parte rappresenta anche un anello critico nel funzionamento dell'intero processo depurativo.

Il dimensionamento della superficie del sedimentatore è funzione del carico idraulico limite ammissibile (o velocità terminale) che potrà essere applicato e che è funzione delle caratteristiche del fiocco del fango attivo.

Il carico idraulico dovrà essere contenuto nei seguenti valori (Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering: TREATMENT DISPOSAL REUSE" MCGRAW-HILL):

Processo adottato	Carico idraulico [m ³ /m ² ·h]			
	Alla portata media		Alla portata di punta	
	Min	Max	Min	max
Ossidazione prolungata	0,33	0,67	1,00	1,33
convenzionale	0,67	1,33	1,67	2,00

La superficie necessaria per garantire la separazione richiesta si determina dal valore maggiore delle due espressioni:

$$S_{SEC} = \frac{Q_{med}}{CI_{MED}} \quad S_{SEC} = \frac{Q_{PK}}{CI_{PK}}$$

dove:

CI_{med} = Carico idraulico ammissibile alla portata media

CI_{PK} = Carico idraulico ammissibile alla portata di punta

Occorre inoltre assicurare che:

- il carico di solidi sospesi per unità di superficie sia inferiore a 6 kg SS/ m²•h, sotto la portata massima più il ricircolo.
- il carico specifico allo stramazzo sia inferiore 15 m³/m•h.

Il sistema proposto e le condizioni di funzionamento sono qui di seguito riportati:

PARAMETRI DI FUNZIONALITA'

Velocità terminale alla Q_{med}	0,50 m/h
Velocità terminale alla Q_{pk}	1,00 m/h
Carico specifico allo stramazzo alla Q_{med}	5,00 $m^3/m \cdot h$
Carico specifico allo stramazzo alla Q_{pk}	15,00 $m^3/m \cdot h$
Carico solidi sospesi alla Q_{med}	5,00 kg SS/ $m^2 \cdot h$
Carico solidi sospesi alla Q_{pk}	10,00 kg SS/ $m^2 \cdot h$

Impianto A

Superficie occorrente alla Q_{med}	25,00 m^2
Superficie occorrente alla Q_{pk}	28,00 m^2

SISTEMA DI VASCHE ADOTTATO

Tipo vasca	rettangolare
N.ro vasche	2
Lunghezza	3,80 m
larghezza	3,80 m
Altezza totale	3,80 m
Altezza liquido	3,30 m
Superficie utile unitaria	14,44 m^2
Superficie utile	28,88 m^2
Volume liquido totale	95,30 m^3

VERIFICA

Velocità di risalita alla Q_{max}	0,96 m/h
Velocità di risalita alla Q_{med}	0,43 m/h
Portata allo stramazzo	0,82 $m^3/m \cdot h$
Carico solidi sospesi	2,97 SS/ $m^2 \cdot h$
Tempo di ritenzione	7,62 h

Impianto B

Superficie occorrente alla Q_{med}	7,00 m ²
Superficie occorrente alla Q_{pk}	10,00 m ²

SISTEMA DI VASCHE ADOTTATO

Tipo vasca	rettangolare
N.ro vasche	2
Lunghezza	3,80 m
larghezza	3,80 m
Altezza totale	3,80 m
Altezza liquido	3,30 m
Superficie utile unitaria	14,44 m ²
Superficie utile	28,88 m²
Volume liquido totale	95,30 m ³

VERIFICA

Velocità di risalita alla Q_{max}	0,33 m/h
Velocità di risalita alla Q_{med}	0,12 m/h
Portata allo stramazzo	0,22 m ³ /m ² •h
Carico solidi sospesi	0,77 SS/ m ² •h
Tempo di ritenzione	28,62 h

2.3.4 Disinfezione

La disinfezione delle acque residue ha lo scopo di eliminare, o almeno ridurre sensibilmente, i pericoli di infezione connessi con la presenza di microorganismi patogeni, che possono essere contenuti nei liquami.

Tra gli elementi disinfettanti è stato scelto l'ipoclorito di sodio che esercita una potente azione battericida. Il prodotto di assai facile reperimento e con pochi problemi connessi con il suo utilizzo e stoccaggio.

Lo stoccaggio della soluzione di ipoclorito di sodio è realizzato in un serbatoio in vetroresina avente un volume tale da consentire un'autonomia media adeguata.

Il dosaggio del reattivo viene assicurato da pompe dosatrici aventi un'unità predisposta per la riserva e soccorso e funzionanti a portata variabile.

Il sistema di dosaggio può essere automatico, asservito al valore residuo misurato all'uscita della vasca di disinfezione.

All'inizio del canale è installato un miscelatore che garantisce un'intima miscelazione e permette di ridurre il tempo di contatto aumentando in modo notevole l'efficienza della sterilizzazione. I calcoli dettagliati sono allegati alla presente con l'elenco degli impianti che utilizzano e confermano le caratteristiche descritte.

Agente disinfettante	Sodio ipoclorito
Tempo contatto alla Q_{med}	25,00 min
Tempo contatto alla Q_{pk}	15,00 min
Cloro attivo da dosare	4,00 gr/m ³ effluenti

Impianto A

Volume occorrente alla Q_{med}	5,20 m ³
Volume occorrente alla Q_{pk}	6,90 m ³

SISTEMA DI VASCHE ADOTTATO

tipo vasca	rettangolare
numero vasche	1
larghezza	4,00 m
lunghezza	4,00 m
altezza totale	1,50 m
altezza liquido	1,00 m
volume utile unitario	16,00 m ³
volume utile	16,00 m³

Impianto B

Volume occorrente alla Q_{med}	1,40 m ³
Volume occorrente alla Q_{pk}	2,40 m ³

SISTEMA DI VASCHE ADOTTATO

tipo vasca	rettangolare
numero vasche	1
larghezza	0,80 m
lunghezza	3,00 m
altezza totale	2,00 m
altezza liquido	1,50 m
volume utile unitario	3,60 m ³
volume utile	3,60 m³

2.4 Dimensionamento e verifica linea fanghi

2.4.1 Produzione dei fanghi di supero

La rimozione del carico inquinante è associata alla seguente produzione di fanghi:

Impianto A

FANGO INERTE NON RIMOSSO IN DISSABBIATURA

SS in ingresso con il liquame	20,00	kg SS/d
SS rimossi in dissabbiatura	15,12	kg SS/d
<i>SS inerti in ingresso al biologico</i>	4,88	kg SS/d

FANGO BIOLOGICO DI SUPERO

SS volatili prodotti per rimozione BOD ₅	28,88	kg SSV/d
Concentrazione fanghi di ricircolo	7,00	kg/m ³
<i>Volume giornaliero fanghi di supero biologici</i>	4,00	m³/d

PRODUZIONE TOTALE DI FANGHI

<i>Solidi totali</i>	33,76	kg SS/d
<i>Volume</i>	4,00	m³/d
<i>Solidi volatili</i>	28,88	kg SSV/d

Impianto B

FANGO INERTE NON RIMOSSO IN DISSABBIATURA

SS in ingresso con il liquame	10,00	kg SS/d
SS rimossi in dissabbiatura	4,03	kg SS/d
<i>SS inerti in ingresso al biologico</i>	5,97	kg SS/d

FANGO BIOLOGICO DI SUPERO

SS volatili prodotti per rimozione BOD ₅	8,80	kg SSV/d
Concentrazione fanghi di ricircolo	7,00	kg/m ³
<i>Volume giornaliero fanghi di supero biologici</i>	1,00	m³/d

PRODUZIONE TOTALE DI FANGHI

<i>Solidi totali</i>	14,77	kg SS/d
<i>Volume</i>	1,00	m³/d
<i>Solidi volatili</i>	8,80	kg SSV/d

2.4.2 Ispessimento

Il dimensionamento della fase di ispessimento viene eseguita determinando, mediante il criterio del flusso solido limite, la superficie orizzontale necessaria affinché non si verifichino, in condizioni di regime, fenomeni di accumulo di solidi che comportano l'espansione della zona di ispessimento e vadano ad interessare la zona occupata dal chiarificato.

Tale trattamento viene effettuato in vasche a sezione circolare con la parte centrale del fondo sagomato a tramoggia. Il fango viene immesso in un diffusore centrale e di qui si distribuisce nel bacino stesso.

Il fango sedimentato viene raccolto in continuo mentre l'acqua surnatante viene sfiorata in continuo da una canaletta periferica e di qui ritorna in testa all'impianto.

PERFORMANCES

Recupero solidi	90%
Concentrazione fanghi ispessiti	2,50%

PARAMETRI DI FUNZIONALITA'

Flusso solido	20,00	(KgSS/d)/m ²
---------------	-------	-------------------------

Impianto A

SISTEMA DI VASCHE ADOTTATO

Tipo vasca	circolare
N.ro vasche	1
▼ Diametro	▼ 4,00 m ▼
Altezza totale	4,50 m
Altezza liquido	3,70 m
Superficie utile unitaria	▼ 12,57 m ²
Superficie utile	▼ 12,57 m²
Volume liquido totale	▼ 46,51 m ³

Impianto di B

SISTEMA DI VASCHE ADOTTATO

Tipo vasca	rettangolare
N.ro vasche	1
▼ Lunghezza	▼ 3,00 m ▼
▼ larghezza	▼ 3,00 m ▼
Altezza totale	4,50 m
Altezza liquido	3,70 m
Superficie utile unitaria	▼ 9,00 m ²
Superficie utile	▼ 9,00 m²
Volume liquido totale	▼ 33,30 m ³

2.4.3 Disidratazione con nastropressa impianto A

La nastropressa opera in modo continuo ed è costituita essenzialmente da due nastri senza fine che si muovono guidati da una serie di rulli di diametro diverso. Il percorso dei nastri è complesso con numerosi cambiamenti di direzione.

Il fango viene alimentato in una prima zona sulla tela inferiore insieme alla soluzione di polielettrolita condizionante dove avviene una pre-disidratazione che consente al fango di raggiungere una concentrazione elevata tale da impedire una fuoruscita laterale quando la tela inferiore viene a contatto con quella superiore.

La capacità di disidratazione della nastropressa cioè la possibilità di ottenere un fango ad alto contenuto di secco con un recupero dello stesso di oltre il 95% è influenzata dai seguenti fattori: 1) tipo di fango; 2) condizionamento; 3) tensione del nastro; 4) tipo di nastro; 5) velocità del nastro; 6) carico idraulico.

I primi quattro possono essere variati in campo mentre la velocità del nastro e il carico idraulico devono essere scelti a priori e determinano la scelta della nastropressa.

Il dimensionamento della nastropressa viene eseguito determinando, mediante il criterio del carico del fango e del carico idraulico sul nastro, la larghezza del nastro necessario affinché non si verificano, in condizioni di regime, fuoruscite laterali di solidi e consenta di raggiungere la concentrazione finale richiesta.

La velocità alla quale il nastro opera dipende dalla portata del fango e dalla sua concentrazione in ingresso ossia dal quantitativo del solido secco da trattare. Essa è quindi proporzionale al carico del fango sul nastro filtrante che è espresso in kg di SS all'ora per m di larghezza del nastro.

Il carico idraulico si riferisce alla portata della sospensione da disidratare applicata per unità di larghezza del nastro

I valori per il carico del fango e per il carico idraulico che potranno essere applicati dovranno essere contenuti nei seguenti valori (Metcalf & Eddy, "Wastewater Engineering: TREATMENT DISPOSAL REUSE" McGRAW-HILL):

Parametro	Unità misura	min	max
Carico del fango	(kgSS/h) / m largh	90,00	680,00
Carico idraulico	(m ³ /h) / m largh.	6,00	23,00

Adottando i valori per il carico del fango e per il carico idraulico entro l'intervallo riportato e in funzione della tipologia di fango che si ritiene di trattare si determinano le larghezze del nastro relative:

- per il carico del fango con la formula:

$$L_{NA} = \frac{(W_{FA} / H_D)}{CF_{FA}}$$

- dove: W_{FA} = Quantitativo dei solidi in ingresso alla nastropressa [kgSS/d];
 H_D = Ore di funzionamento della nastropressa al giorno [h/d];
 CF_{FA} = Carico del fango [(kgSS/h)/m largh];

➤ per il carico idraulico con la formula:

$$L_{NA} = \frac{(Q_{FA} / H_D)}{CI_{FA}}$$

dove: Q_{FA} = Portata dei fanghi in ingresso alla nastropressa [m³/d];
 H_D = Ore di funzionamento della nastropressa al giorno [h/d];
 CI_{FA} = Carico idraulico [(m³/h)/m largh];

Il massimo dei due valori rappresenta il valore minimo della larghezza del nastro della nastropressa alle condizioni adottate.

Impianto A

PARAMETRI DI FUNZIONALITA'

Carico specifico fanghi adottato	100,00	(kgSS/h)/m
Portata specifica alimentazione adottata	10,00	(m ³ /h)/m

BILANCIO MATERIALE

Fanghi in ingresso da disidratare

SS Totali	17,98	KgSS/d
Umidità	98,00%	
Volume giornaliero	0,90	m ³ /d

Fanghi in uscita disidratati

SS Totali	17,98	KgSS/d
Quantità di fango umido prodotto	89,90	Kg/d
Peso specifico fango umido	1050,00	kg/m ³
Volume giornaliero fango disidratato prodotto	0,09	m ³ /d

FUNZIONAMENTO NASTROPRESSA

Ore lavorative giornaliere	8	h/d
Giorni lavorativi per settimana	3	d/sett
Ore lavorative per settimana	24	h/sett
Portata ponderale SS	5,24	KgSS/h
Portata fango da disidratare	0,26	m ³ /h

DETERMINAZIONE NASTROPRESSA

min larghezza nastro necessaria (su carico fanghi)	0,05	m
min larghezza nastro necessaria (su port. Spec.)	0,03	m

SPECIFICA IMPIANTO DA INSTALLARE

Numero unità	1	
Larghezza nastro singola nastropressa	1,20	m
Larghezza nastro totale	1,20	m
Potenza installata	2 x 0,75	kW

2.4.4 Disidratazione con letti di essiccamento impianto B

PARAMETRI DI FUNZIONALITA'

Abitanti per metro quadro	10,00 ab/mq
Superficie specifica	0,10 mq/ab
superficie necessaria	41,00 mq

SISTEMA DI VASCHE ADOTTATO

numero vasche	2
larghezza	3,00 m
lunghezza	7,00 m
superficie utile	42,00 m ²
altezza utile	0,80 m
volume utile	33,60 m ³

VERIFICA

Superficie specifica	0,11 mq/ab
----------------------	------------

3. DIMENSIONAMENTO RETE FOGNARIA E SOLLEVAMENTI

3.1 Determinazione delle portate

Per il dimensionamento delle condotte di progetto e degli impianti di sollevamento, si è fatto riferimento alle dotazioni idriche previste nelle “ Procedure di individuazione degli Ambiti Territoriali Ottimali sul territorio regionale” - Assessorato ai LL.PP. della Regione Calabria:

- Fabbisogno dovuto ai residenti 300 lt/ab/giorno;
- Fabbisogno dovuto ai fluttuanti 200 lt/ab./giorno.

Il calcolo delle portate nere in tempo asciutto afferente al pozzetto dalla rete a gravità è stato sviluppato nel seguente modo:

- la dotazione idrica pro-capite “ D_i ” in litri per abitante al giorno;
- il coefficiente di afflusso alla fogna “ C_f ”, si assume pari a 0,8
- la portata media giornaliera relativa alla popolazione, indicata con la notazione “ Q_{m24} ”, viene calcolata dalla seguente formula:

$$Q_{m24} = \frac{Ab \cdot C_f \cdot D_i}{1000} \quad \text{in m}^3/\text{d}$$

Per il dimensionamento dell’impianto di sollevamento va calcolata la *portata di punta diurna* “ Q_p ”. Fra i vari metodi adottati per il calcolo della portata di punta e in considerazione della delicatezza che gli impianti in oggetto hanno si adottano i valori medi indicati nella seguente tabella:

ABITANTI	Portata di punta (m ³ /h)
<5000	$Q_{m24}/8$
5000-10000	$Q_{m24}/10$
10000 - 50000	$Q_{m24}/12$
50000 - 250000	$Q_{m24}/14$
>2500000	$Q_{m24}/16$

Dove sono indicate le oscillazioni delle portate delle acque cittadine in funzione della popolazione e risultano sufficientemente conservative nel dimensionare un impianto di sollevamento.

Va inoltre rilevato che agli effetti del dimensionamento delle pompe per ogni pozzetto alla portata di punta calcolata va aggiunta la portata, se c’è, del sollevamento di valle precedente

Con le suindicate assunzioni si determineranno le portate di punta in ingresso dalla rete a gravità, le portate da altri sollevamenti e quindi la portata totale da sollevare. Il calcolo è riassunto nella seguente tabella:

3.2 Collettori rete fognaria

Il problema di verifica di un canale di fognatura, o più in generale di una rete fognaria, consiste nel determinare i tiranti idrici h e le velocità V che si instaurano, per effetto delle portate di verifica Q_{ver} , nei canali dei quali sono noti: forma, materiali, dimensioni e pendenze.

Utilizzando la formula Chezy:

$$Q = \Omega \cdot A \cdot \sqrt{R \cdot i}$$

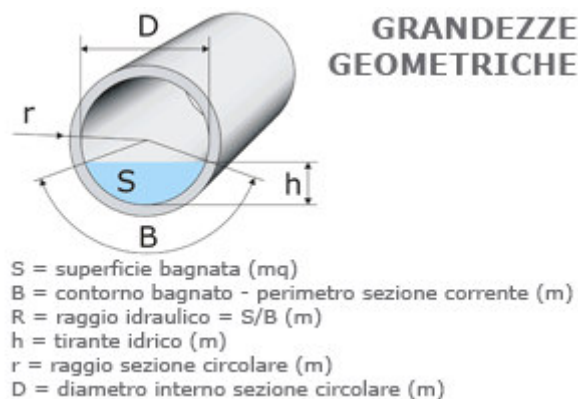
dove, secondo Manning:

$$\Omega = \frac{1}{n} \cdot R^{\frac{1}{6}}$$

Con:

- $n = 0,011$ per il tubo in PEAD
- A (area della sezione bagnata) in m^2 ;
- R (raggio idraulico) in m ;
- i (pendenza del collettore) in m/m ;

si calcola il tirante idrico ossia l'altezza della superficie libera rispetto al fondo della condotta e la velocità del fluido.



Il calcolo dell'altezza dell'acqua avviene per iterazioni assegnando un valore di primo tentativo. Si è quindi calcolata l'altezza della superficie libera rispetto al fondo della condotta e la velocità del fluido che, per ogni linea, sono riportate nelle rispettive tabelle.

In ogni tabella, oltre alle caratteristiche di ogni singolo tratto (identificazione, materiale, dimensioni, pendenza e portata da smaltire, sono riportate le caratteristiche idrauliche di funzionamento:

- ANGOLO AL CENTRO il valore dell'angolo in gradi radianti che sottende la corda individuata dal pelo libero;
- ALTEZZA IDRICA è la distanza dal fondo dalla superficie del pelo libero;
- VELOCITA' è la velocità media in metri/sec del flusso idrico nella tubazione;
- PORTATA MAX corrisponde al valore della massima portata che si può avere nella tubazione mantenendo le condizioni di flusso a pelo libero

Le portate di punte, calcolate come sopra definito sono:

	<i>tratto centro storico</i>	<i>Tratto zona "Titi"</i>
Abitanti interessati:	1.500	400
Dotazione idrica pro-capite l/ab• d	250	250
coefficiente d'afflusso	0,80	0,80
Portata media giornaliera m ³ /d	300	80
Portata di punta l/s	17	33

La verifica è fatta per la minima e la massima pendenza di ciascun tratto:

TRATTO	TUBAZIONE			SCABR. Manning s/m ^(1/3)	PENDENZA %	PORTATA lt/sec	ALTEZZA IDRICA mm	VELOCITÀ m/sec	PORTATA MAX l/sec
	Mater.	DN mm	DI mm						
<i>tratto "Titi" pendenza max</i>	PEAD PN10	250	200,00	0,011	4,50%	2,78	25,2	1,213	87,73
<i>tratto "Titi" pendenza min</i>	PEAD PN10	250	200,00	0,011	0,31%	2,78	48,5	0,473	23,03
<i>tratto centro storico pendenza max</i>	PEAD PN10	315	257,60	0,011	3,60%	10,56	47,1	1,616	154,10
<i>tratto centro storico pendenza min</i>	PEAD PN10	315	257,60	0,011	0,30%	10,56	88,4	0,667	44,48

3.3 Impianto di sollevamento

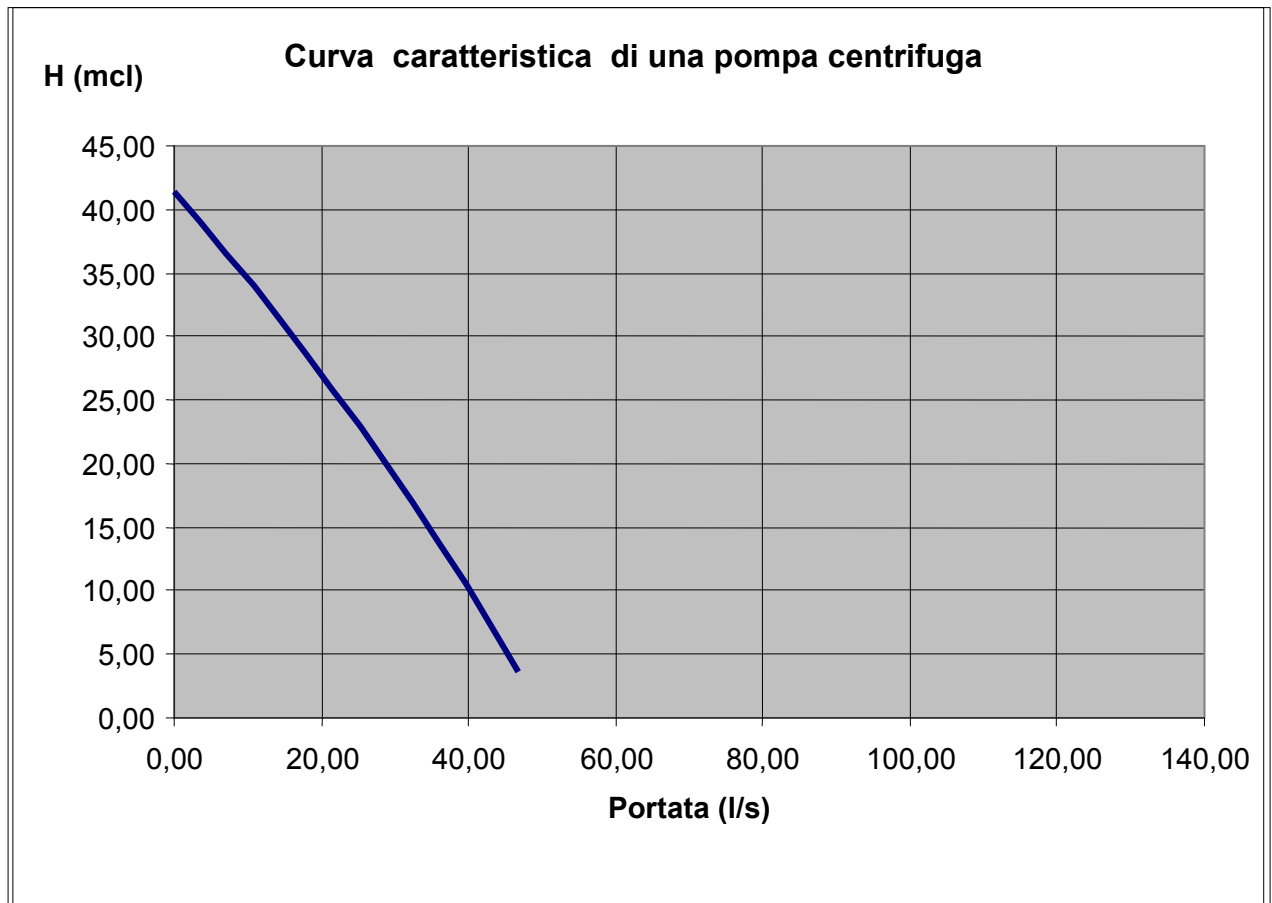
3.3.1 Funzionamento impianto di sollevamento

L'importanza della definizione delle portate per gli impianti di sollevamento con pompe centrifughe è vitale per garantire la capacità di trasferimento necessaria poiché per poter adeguare la portata di pompaggio a quella di afflusso si associano più pompe in parallelo.

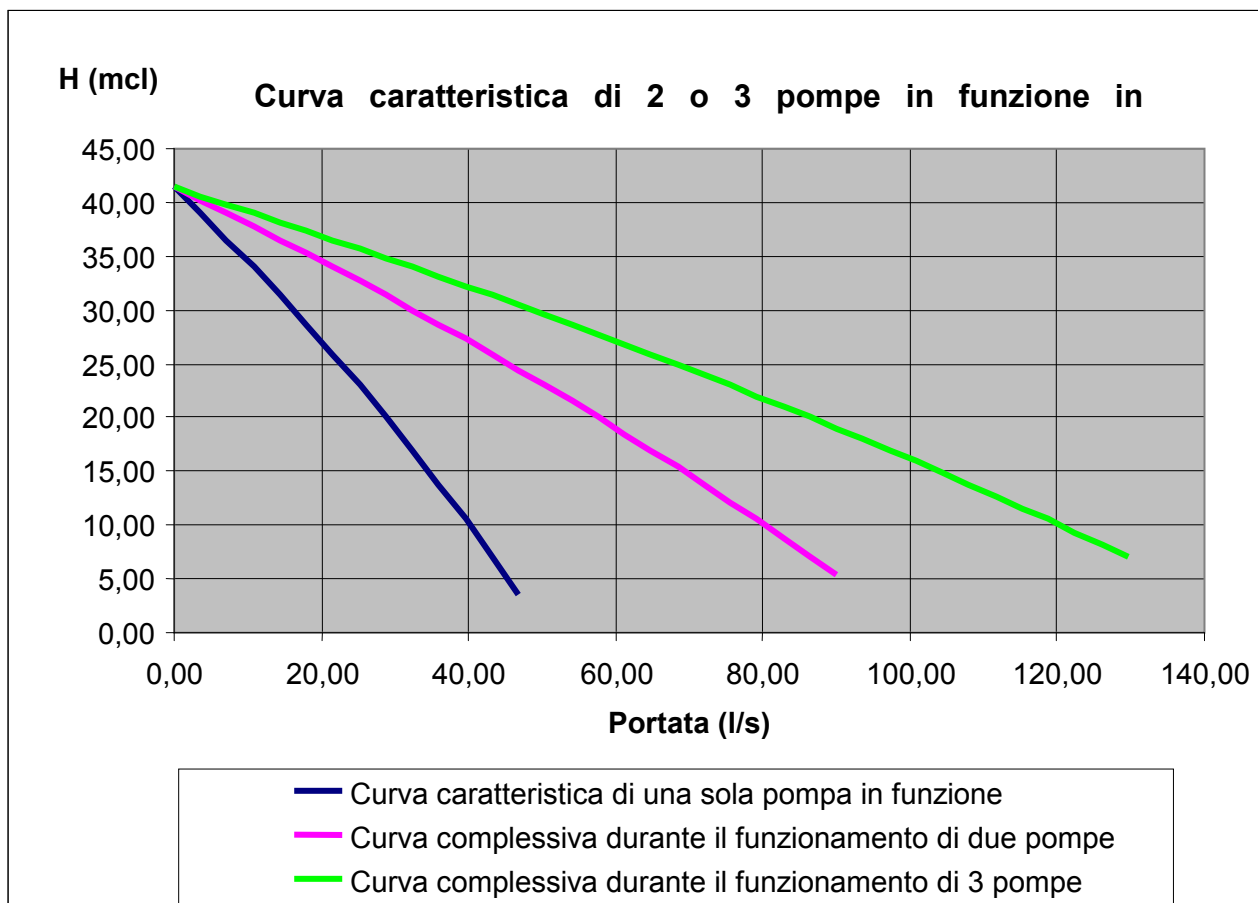
I parametri fondamentali che descrivono il funzionamento delle pompe centrifughe sono:

1. la portata Q_p
2. La prevalenza totale H_t

tra loro legati da una relazione che assume un'espressione particolare per ciascuna pompa e come tale è detta funzione caratteristica. Essi sono tra loro inversamente proporzionali ossia all'aumentare della portata nella pompa diminuisce l'energia che la pompa cede ad ogni kg di liquido (prevalenza). La curva caratteristica è schematizzata qui di seguito:

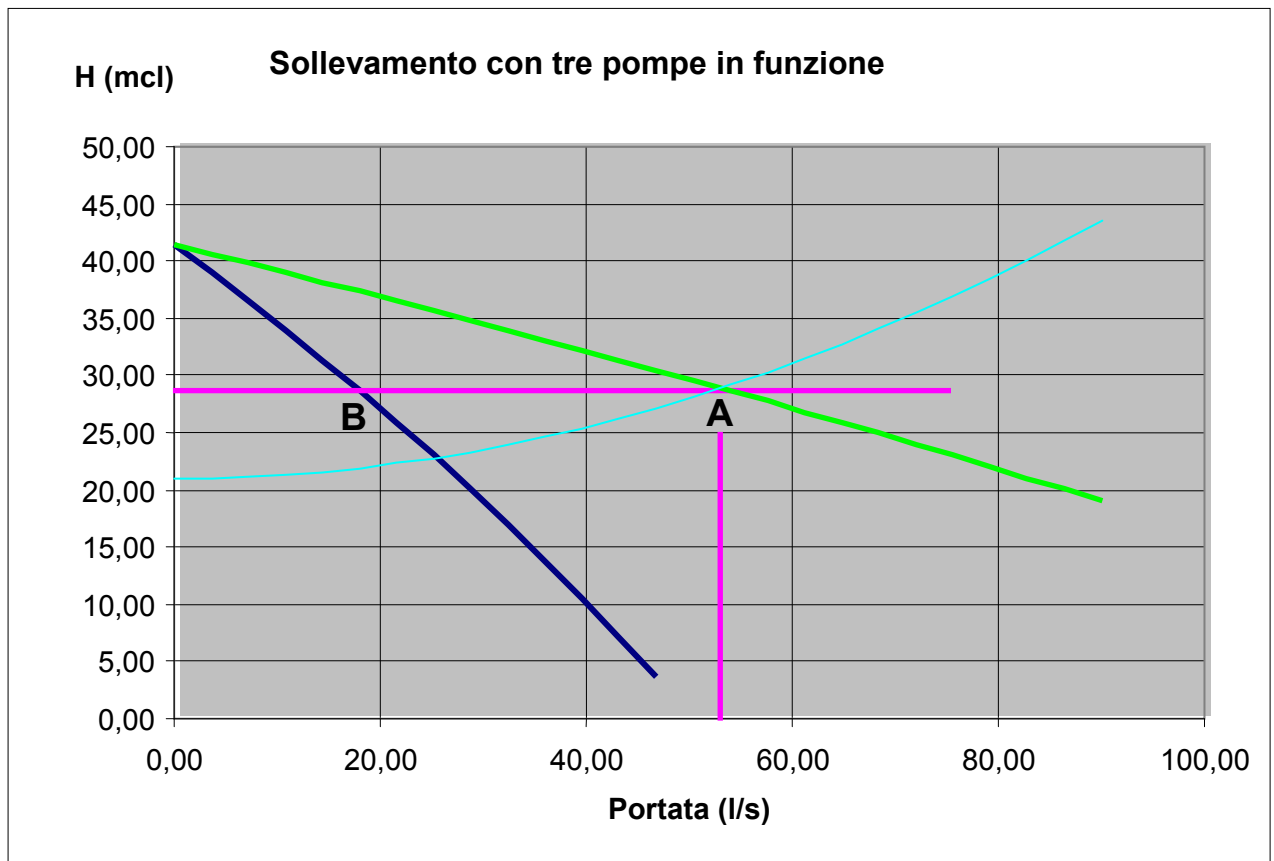


Quando le pompe in funzione sono più di una la curva caratteristica complessiva si ottiene dalla curva caratteristica singola raddoppiando, se sono in due, o triplicando, se sono tre, la portata allo stesso valore della prevalenza. Il grafico assume la seguente caratteristica:



La portata con tre pompe in funzione non corrisponde, ed è sempre inferiore, alla portata moltiplicata per 3 che si ha quando funziona una sola pompa. Infatti aumentando la portata nella tubazione premente si ha un aumento delle perdite di carico e questo richiede un aumento della prevalenza richiesta alla singola pompa a cui corrisponde una diminuzione della portata.

Per questo è stata fatta la verifica per ciascun impianto di sollevamento alle varie configurazioni verificando le reali portate in funzione del numero delle pompe funzionanti. Per un ulteriore chiarimento e nell'ipotesi che siano tre le pompe funzionanti, introducendo la curva della caratteristica della condotta, il funzionamento dell'impianto è riportato nello schema successivo:



IL punto **A** rappresenta il punto effettivo del funzionamento dell'impianto mentre il punto **B** rappresenta il punto effettivo di funzionamento di ciascuna pompa.

3.3.2 Modalità della verifica

Il dimensionamento idraulico è stato effettuato conformemente ai criteri qui di seguito esposti:

3.3.2.1 Tubazioni in pressione

I calcoli per le perdite di carico sono stati effettuati con la formula:

$$\Delta h = \lambda \cdot \frac{L}{D} \cdot \frac{V^2}{2 \cdot g}$$

dove:

Δh = Perdita di carico espressa [metri colonna acqua];

λ = coefficiente di attrito;

L = lunghezza del tubo [m];

D = diametro interno del tubo [m];

V = velocità media dell'acqua [m/s]

g = accelerazione di gravità pari a 9,81 m/s²;

Per il calcolo di f si è utilizzata la formula di Colebrook:

$$\frac{1}{\sqrt{\lambda}} = -2 \cdot \log \left[\frac{2,51}{\text{Re} \cdot \sqrt{\lambda}} + \frac{\varepsilon / D}{3,71} \right]$$

dove:

Re = numero di Reynolds;

ε = scabrezza del tubo [m].

3.3.2.2 Perdite di carico concentrate

Per le perdite di carico concentrate si è adottata la formula generale:

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

dove:

ΔH = perdita di carico espressa in metri di colonna di acqua [m.c.a.];

V = velocità media dell'acqua [m/s];

g = accelerazione di gravità pari a 9,81 [m/s²];

con:

K = 1,00 per sbocco;

K = 0,50 per imbocco;

K = 0,35 per curva a 90° ad elevato grado di curvatura;

K = 1,00 per raccordo a T diretto

L'impianto di sollevamento è costituito da un pozzetto nel quale vengono alloggiare le pompe. I liquami raggiungeranno il pozzetto di sollevamento dove saranno installate le pompe sommerse addette al loro sollevamento.

Il funzionamento delle pompe in esercizio avverrà automaticamente, essendo asservito ad un controllo di livello di tipo capacitivo che regolerà la partenza delle pompe in sequenza in funzione dei livelli prefissati; mentre la partenza della pompa di riserva avverrà automaticamente in caso di avaria della pompa in esercizio (intervento del suo relè magnetotermico).

L'ordine di partenza assegnato alle pompe sarà invertito automaticamente ad ogni avviamento in modo da garantire a ciascuna pompa lo stesso tempo di funzionamento.

Il numero e le caratteristiche delle pompe da installare sono conseguenti dell'andamento della portata durante l'intero arco della giornata.

Le pompe sommerse saranno comandate da un QUADRO ELETTRICO LOCALE in lamiera d'acciaio, stagno in protezione IP 55; completo delle protezioni dei motori elettrici e delle logiche d'automatismo.

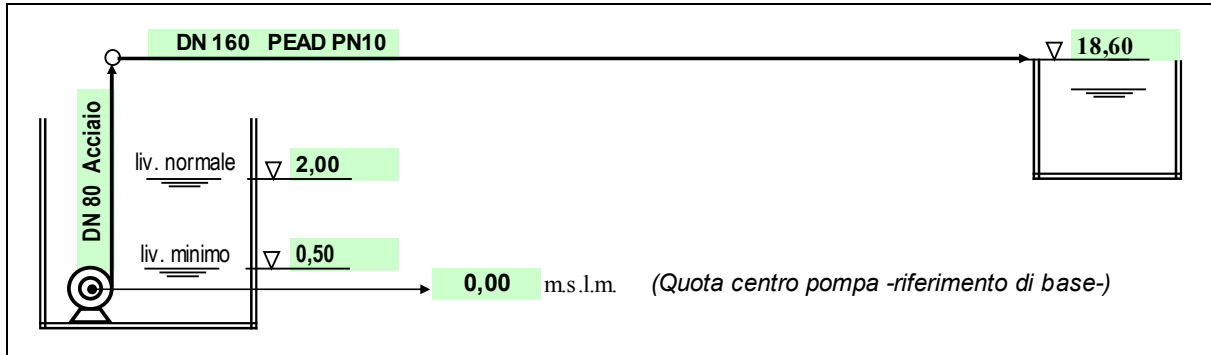
Detto quadro sarà installato all'interno di un locale.

Dal quadro elettrico si dipartiranno i condotti in PVC pesante contenenti i cavi elettrici di potenza e controllo di alimentazione delle varie utenze summenzionate, che saranno tutte collegate tramite cassette stagne di derivazione.

Le pompe sommerse saranno dotate di "piede di accoppiamento" (zancati al fondo in cemento delle vasche); nonché di tubi guida zincati e di catene di sollevamento pompe.

Le caratteristiche delle principali apparecchiature elettromeccaniche sono illustrate nelle allegate Specifiche Tecniche.

3.3.3 Calcolo pompa sollevamento IS-



INFORMAZIONI DI BASE				
n.ro pompe installate		2		
di cui di riserva		1		
portata unitaria		12,00	L/s	
		ASPIRAZIONE	MANDATA	
			SINGOLA POMPA	COLLETTORE
TUBAZIONE				
Lunghezza	m		3,00	120,00
Diametro Nominale	DN		80	160
Materiale			Acciaio	PEAD PN10
Diametro interno (D)	mm		82,50	130,80
Scabrezza interna (ε)	mm		2,00	2,00
FLUSSO				
Portata	mc/h		43,20	43,20
Viscosità (a 15 °C)	cst		1,14	1,14
Velocità	m/s		2,24	0,89
Numero di Reynolds			162.105	102.116
Coefficiente resistenza (f)			0,052618	0,044396
Perdita di carico unitaria (i)	m/m		0,163275	0,013717
PERDITE DI CARICO				
Tubazione	m.c.l.		0,49	1,65
Imbocco	m.c.l.	1	0,13	0,00
Sbocco	m.c.l.	1	0,26	0,04
Curva a 90°	m.c.l.	1	0,13	0,04
Valvola saracinesca	m.c.l.	1	0,05	0,00
T diretto	m.c.l.	1	0,26	0,00
Valvola di ritegno	m.c.l.	1	0,65	0,00
App. 1	m.c.l.	0		0
App. 2	m.c.l.	0		0
Perdite di carico totali	m.c.l.		3,70	
CALCOLO PREVALENZA				
CONDIZIONI ALL'ASPIRAZIONE				
Livello normale a monte aspirazione	m. s. l. m.			2,00
Battente normale sull'aspirazione	m.c.l.			2,00
carico normale all'aspirazione (H1)	m.c.l.			2,00
CONDIZIONI ALLA MANDATA				
Altezza di scarico	m. s. l. m.			18,60
Differenza geodetica (altezza scarico - centro pompa)	m.c.l.			18,60
carico normale alla mandata (H2)	m.c.l.			22,30
PREVALENZA RICHIESTA				
Normale (H2 - H1)	m. c.l.			20,30
Max	m.c.l.			22,20