



# OTTIMIZZAZIONE DEL PROCESSO DI TRATTAMENTO DELLE ACQUE REFLUE: L'EFFICIENZA NELLE SOLUZIONI PROGETTUALI E NELLA GESTIONE OPERATIVA

*Case history nell'ambito della gestione degli impianti nell'Area Taranto-Brindisi*

---

**Bari, 20 Novembre 2019**

**Ing. Nicola Notarnicola**

## L'impianto di depurazione consortile di Pulsano-Leporano

FASE	NUMERO DI LINEE			15.000	30.000	120.000
- Pregrigliatura	2 (+ by-pass)	abitanti equivalenti	n			
		dotazione idrica	l/ab/g	160	160	160
- Misura di portata	2	coefficiente di afflusso in fogna		0,9	0,9	0,9
		portata media giornaliera (Qd)	m <sup>3</sup> /g	2160	4320	17280
- Dissabbiatura - Disoleatura	3	portata media oraria (Q24)	m <sup>3</sup> /h	90	180	720
		portata di punta tempo secco (Qps = 1,5 Q24)	m <sup>3</sup> /h	135	270	1080
- Grigliatura fine	3	portata massima di pioggia (Qmax = 3 Q24)	m <sup>3</sup> /h	270	540	2160
		portata massima di pioggia al biologico (Qpb = 2 Q24)	m <sup>3</sup> /h	180	360	1440
- Trattamento primario	3	BOD <sub>5</sub> specifico	gr/ab/g	65	65	65
		flusso	kg/g	975	1950	7800
- Biofiltrazione:	6	concentrazione	mg/l	451	451	451
. ossidazione	6	SS specifico	gr/ab/g	90	90	90
. Nitrificazione	3 + 3 (opzionali)	flusso	kg/g	1350	2700	10800
. Denitrificazione		concentrazione	mg/l	625	625	625
- Filtrazione su sabbia (opzionale)	12	TKN specifico	gr/ab/g	12	12	12
		flusso	kg/g	180	360	1440
- Trattamento UV	2	concentrazione	mg/l	83	83	83
		P specifico	gr/ab/g	2	2	2
- Disidratazione meccanica fanghi (*)	2	flusso	kg/g	30	60	240
		concentrazione	mg/l	14	14	14
		Temperatura minima	°C	14	14	14



materiale di  
a flusso  
ersione non  
e.

altezza del

a basse



- nessun problema di bulking

- eliminazione degli inquinanti difficili da degradare biologicamente per un più facile adattamento della biomassa

Il BIOFOR (Biological Filtration Oxygenated Reactor) consente questi risultati grazie alle proprie principali caratteristiche:

- idoneo materiale di supporto
- efficace sistema di aerazione
- processo in equicorrente ascendente
- procedure di lavaggio ottimizzate

L'installazione sarà costituita principalmente da:

- sei linee identiche funzionanti in parallelo, ognuna costituita da un BIOFOR C per il trattamento del carbonio, da un BIOFOR C + N per l'ossidazione dell'azoto ammoniacale. Inoltre per ogni due linee così come sopra descritte sarà associato un BIOFOR DN per la riduzione dei nitrati . Sarà comunque possibile, in quanto progettualmente previsto, realizzare anche la sezione di post denitrificazione su sei linee; così facendo, l'impianto sarà in grado di garantire anche per l'azoto i limiti più restrittivi previsti dalla direttiva CEE per zone sensibili
- il "fronte filtri" con le valvole automatiche, tutte le reti di distribuzione dell'aria e dell'acqua, i passi d'uomo, le soffianti per l'aria di processo
- un locale tecnologico contenente le soffianti per l'aria di lavaggio
- un bacino di stoccaggio dell'acqua trattata per il lavaggio dei filtri (questo bacino coinciderà con quello di accumulo delle acque trattate)
- un bacino di stoccaggio delle acque di ex lavaggio dei filtri



Il principio su cui si basa il funzionamento di questi filtri è una filtrazione biologica aerobica:

- a colture fissate su un materiale di supporto chiamato **BIOLITE**;
- a flusso ascendente equicorrente d'acqua e d'aria, come indicato nello schema 1 allegato alla pagina seguente.

L'azione sull'effluente da trattare è duplice:

- **eliminazione biologica dell'inquinamento disciolto;**
- **ritenzione dei solidi sospesi molto efficace.**

L'ossidazione, necessaria allo sviluppo dei microrganismi, è realizzata attraverso una introduzione di aria, insufflata sul fondo del filtro.

Durante il funzionamento la crescita e il conseguente accumulo del fango nel filtro rende necessario un lavaggio periodico realizzato con acqua e aria.

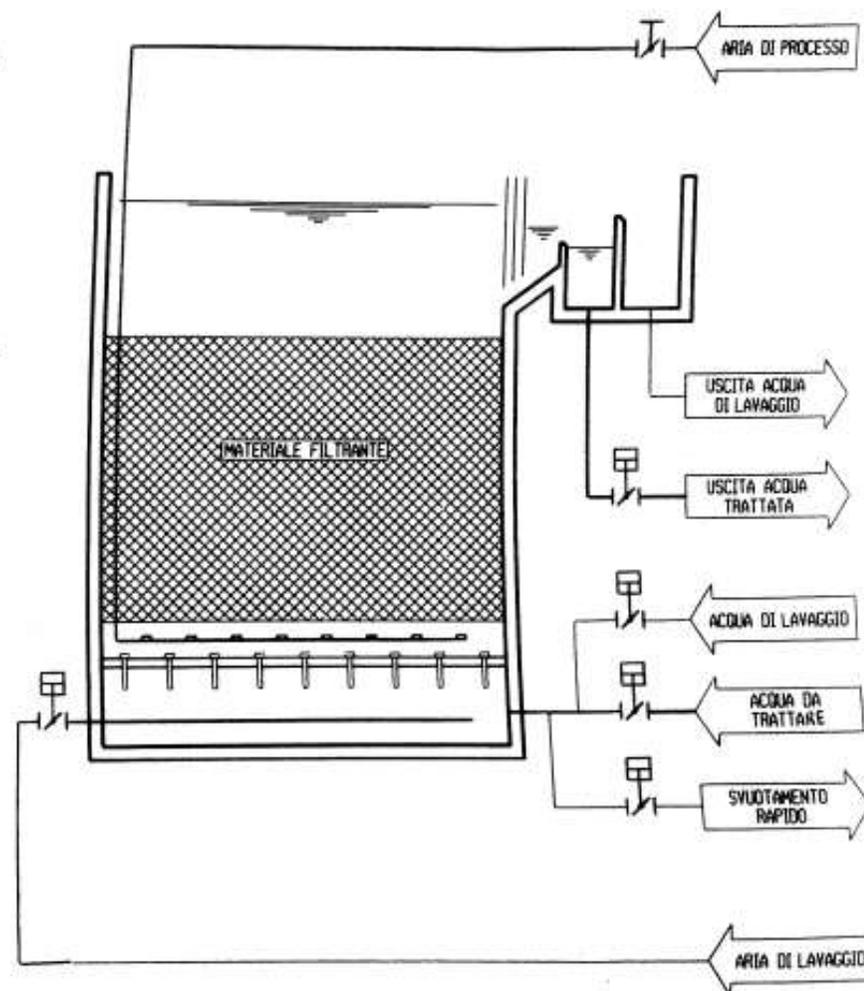
La necessità di un lavaggio è rilevata automaticamente da un indicatore di eccessivo intasamento abbinato ad un temporizzatore.

L'acqua di lavaggio sarà stoccata nella vasca finora impiegata per la disinfezione dei liquami.

L'acqua proveniente dai lavaggi (acqua di ex-lavaggio) sarà inviata ad un apposito bacino di stoccaggio prima di essere sottoposta ad un trattamento di flottazione.

L'aria di lavaggio e l'aria di processo infine sono fornite da compressori ad assi rotanti.

## FILTRO BIOFOR





DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO			DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000			15.000	30.000	120.000
<b>OSSIDAZIONE BIOFOR C</b>					<b>Caratteristiche funzionali</b>				
<b>Caratteristiche e numero dei biofiltri</b>					Velocità di filtrazione				
Tipo di filtro		BIOFOR C	BIOFOR C	BIOFOR C	- con tutti i filtri in funzione a:				
- lunghezza	m	5,31	5,31	5,31	. Q24 + Qr	m/h	4,0	4,0	5,3
- larghezza	m	4,28	4,28	4,28	. Qps + Qr	m/h	5,0	5,0	7,9
- numero filtri realizzati	n	6	6	6	. Qpb + Qr	m/h	8,0	8,0	10,6
- numero filtri in funzione	n	2	4	6	- con un filtro in lavaggio (a Q24 +Qr)	m/h	8,0	5,3	6,3
- superficie unitaria	mq	22,7	22,7	22,7	Temperatura di progetto	°C	14	14	20
- superficie totale	mq	45,4	90,8	136,2	Quantità di BOD <sub>5</sub> eliminato pari a	KgBOD <sub>5</sub> /g mg/l	549 126	1098 126	1993 115
Materiale filtrante					Carico specifico applicato	KgBOD <sub>5</sub> / m <sup>3</sup> .g	3,97	3,97	5,14
- tipo		BIOLITE L	BIOLITE L	BIOLITE L	Aria di processo:				
- taglia	mm	2,7	2,7	2,7	- portata	m <sup>3</sup> /h	156	156	202
- altezza strato	m	3,9	3,9	3,9	- prevalenza	m	9	9	9
- volume unitario	mc	88,5	88,5	88,5	Tipo compressori aria di processo (in comune con i BIOFOR C + N)		a lobi rotanti	a lobi rotanti	a lobi rotanti
- volume totale	mc	177	354	531	- numero di compressori installati	n	6+1R*	6+1R*	6+1R*
tipo di aerazione		aria compressa	aria compressa	aria compressa	- numero di compressori in funzione	n	2	4	6
flusso acqua aria		equicorrente ascendente	equicorrente ascendente	equicorrente ascendente	- portata max	m <sup>3</sup> /h	780	780	780
modo di lavaggio		automatico	automatico	automatico	- potenza installata unitaria	kW	30	30	30
tipo di lavaggio		equicorrente simultaneo ascendente acqua/aria	equicorrente simultaneo ascendente acqua/aria	equicorrente simultaneo ascendente acqua/aria	- potenza installata totale	kW	180	180	180
					- potenza assorbita unitaria	kW	25,3	25,3	25,3
					- potenza assorbita totale	kW	50,6	101,2	151,8
					lavaggio biofiltri				
					- quantitativo di acqua di lavaggio per filtro	m <sup>3</sup>		454	
					- portata specifica acqua di lavaggio (media)	m <sup>3</sup> /h . m <sup>2</sup>		20	



DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000
- portata specifica acqua per lavaggio energetico (punta)	m <sup>3</sup> /h . m <sup>2</sup>	30		
tipo di pompa (comuni a BIOFOR C + N e BIOFOR DN)		centrifuga verticale		
numero di pompe	n	2 + 1 R		
portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	342/454		
potenza installata	kW	30		
- portata specifica aria di lavaggio	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	90-100		
- portata media aria di lavaggio per filtro (compresa aria di processo)	m <sup>3</sup> /h	2010		
tipo di compressori per aria di lavaggio (comuni a BIOFOR N)		a lobi rotanti		
numero di compressori	n.	1 + 1 R		
portata	m <sup>3</sup> /h	2286		
prevalenza	m	9		
numero di compressori utilizzati	n	1		
potenza installata	kW	90		
<b>Produzione di fango</b>				
quantità prodotta giornalmente	kgSS/g	612	1224	2000
<b>Rendimenti medi depurativi</b>				
- BOD <sub>5</sub>	%	78	78	73
- SS	%	79	79	77
- TKN	%	28,5	28,5	13,8
<b>Bilancio di materie risultante</b>				
- BOD <sub>5</sub> in entrata	kg/g	704	1408	2730
- BOD <sub>5</sub> eliminato	kg/g	549	1098	1993
- BOD <sub>5</sub> uscita	kg/g	155	310	737

DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000
- SS in entrata	kg/g	562	1124	1620
- SS eliminato	kg/g	444	888	1247
- SS in uscita	kg/g	118	236	373
- TKN in entrata	kg/g	188	376	1224
- TKN eliminato	kg/g	54	108	170
- TKN in uscita	kg/g	54	268	1054
- P in entrata	kg/g	50,5	101	96
- P eliminato	kg/g	5,5	11	20
- P in uscita	kg/g	45	90	76
<b>Concentrazioni inquinanti in uscita dai BIOFOR C</b>				
- BOD <sub>5</sub>	mg/l	36	36	43
- SS	mg/l	27	27	22
- TKN	mg/l	30,7	30,7	61
- P	mg/l	10,3	10,3	4,4



DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000
<b>NITRIFICAZIONE BIOFOR C+ N</b>				
Portate in ingresso:				
. Qd + Qdr	m <sup>3</sup> /g	4368	8728	17280
. Q24 + Qr	m <sup>3</sup> /h	182	364	720
. Qps + Qr	m <sup>3</sup> /h	227	454	1080
. Qpb + Qr	m <sup>3</sup> /h	362	724	1440
<u>Inquinanti in ingresso</u>				
- BOD <sub>5</sub> :				
carico giornaliero	Kg/g	155	310	737
concentrazione	mg/l	36	36	43
- SS				
carico giornaliero	Kg/g	118	236	373
concentrazione	mg/l	27	27	22
- TKN				
carico giornaliero	Kg/g	134	268	1054
concentrazione	mg/l	30,7	30,7	61
- P (tot)				
carico giornaliero	Kg/g	45	90	76
concentrazione	mg/l	10,3	10,3	4,4
<u>Caratteristiche e numero dei biofiltri</u>				
Tipo di filtro				
- lunghezza	m	BIOFOR C+N	BIOFOR C+N	BIOFOR C+N
- larghezza	m	6,63	6,63	6,63
- numero filtri realizzati	n	4,28	4,28	4,28
- numero filtri in funzione	n	6	6	6
- superficie unitaria	mq	1	2	6
- superficie totale	mq	28,4	28,4	28,4
		28,4	56,8	170,4
Materiale filtrante				
- tipo		BIOLITE L	BIOLITE L	BIOLITE L
- taglia	mm	2,7	2,7	2,7

DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000
- altezza strato	m	3,9	3,9	3,9
- volume unitario	mc	110,8	110,8	110,8
- volume totale	mc	110,8	221,6	664,8
tipo di aerazione		aria	aria	aria
		compressa	compressa	compressa
flusso acqua aria		equicorrente	equicorrente	equicorrente
		ascendente	ascendente	ascendente
modo di lavaggio		automatico	automatico	automatico
tipo di lavaggio		equicorrente	equicorrente	equicorrente
		simultaneo	simultaneo	simultaneo
		ascendente	ascendente	ascendente
		acqua/aria	acqua/aria	acqua/aria
<u>Caratteristiche funzionali</u>				
Velocità di filtrazione				
- con tutti i filtri in funzione a:				
. Q24 + Qr	m/h	6,4	6,4	4,2
. Qps + Qr	m/h	8,0	8,0	6,3
. Qpb + Qr	m/h	12,8	12,8	8,5
- con un filtro in lavaggio (a Q24+Qr)				
	m/h	6,4	12,8	5,1
Temperatura di progetto	°C	14	14	14
Azoto ingresso	mg/l	30,7	30,7	61,0
Azoto ammesso in uscita	mg/l	11,6	11,6	11,6
Azoto residuo (5% N ingresso)	mg/l	4,2	4,2	4,2
Azoto assimilato	mg/l	2,9	2,9	2,9
Azoto minimo da nitrificare	mg/l	12	12	42,3
- pari a	kg/g	52	104	731
Azoto atteso in uscita	mg/l	2	2	11,6 (1,4)
- pari a	kg/g	9	18	201 (24)



DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000
Carico specifico applicato	Kg N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> / m <sup>3</sup> .g	1,2	1,2	1,6
Aria di processo (*):				
- portata	m <sup>3</sup> /h	190	380	760
- prevalenza	m	9	9	9
lavaggio biofiltri				
- quantitativo di acqua di lavaggio per filtro	m <sup>3</sup>		568	
- portata specifica acqua di lavaggio (media)	m <sup>3</sup> /h . m <sup>2</sup>		20	
- portata specifica acqua per lavaggio energetico (punta)	m <sup>3</sup> /h . m <sup>2</sup>		30	
tipo di pompa		centrifuga verticale		
numero di pompe (comuni a BIOFOR C e BIOFOR DN)	n	2 + 1 R		
portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	342/454		
prevalenza	m	10		
potenza installata	kW	30		
- portata specifica aria di lavaggio (compresa aria di processo)	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	90-100		
- portata media aria di lavaggio per filtro	m <sup>3</sup> /h	2215		
- numero di compressori (in comune con i BIOFOR C)	n	1+1R	1+1R	1+1R
- numero di compressori utilizzati	n	1	1	1
- portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	2286	2286	2286
- prevalenza	m	9	9	9
- potenza installata unitaria	kW	90	90	90

DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000
Tipo compressori aria di processo (comuni a BIOFOR C)		a lobi rotanti	a lobi rotanti	a lobi rotanti
numero di compressori installati	n	6 + 1 R*	6+1R*	6+1R*
numero di compressori in funzione	n	1	2	6
portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	780	780	780
prevalenza	m			
potenza installata unitaria	kW	37	37	37
potenza installata totale	kW	222	222	222
potenza assorbita unitaria	kW	26,5	26,5	26,5
potenza assorbita totale	kW	26,5	53	159
<b>Produzione di fango</b>				
quantità prodotta giornalmente	kgSS/g	150	301	596

Concentrazioni inquinanti attesi in uscita dai BIOFOR C+N				
- BOD <sub>5</sub>	mg/l	8	8	8
- SS	mg/l	8	8	7
- TKN	mg/l	9	9	9
- N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	mg/l	2	2	5 (1,4)
- N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	21,6	21,6	48,9 (52,5)
- P	mg/l	10	10	4,1







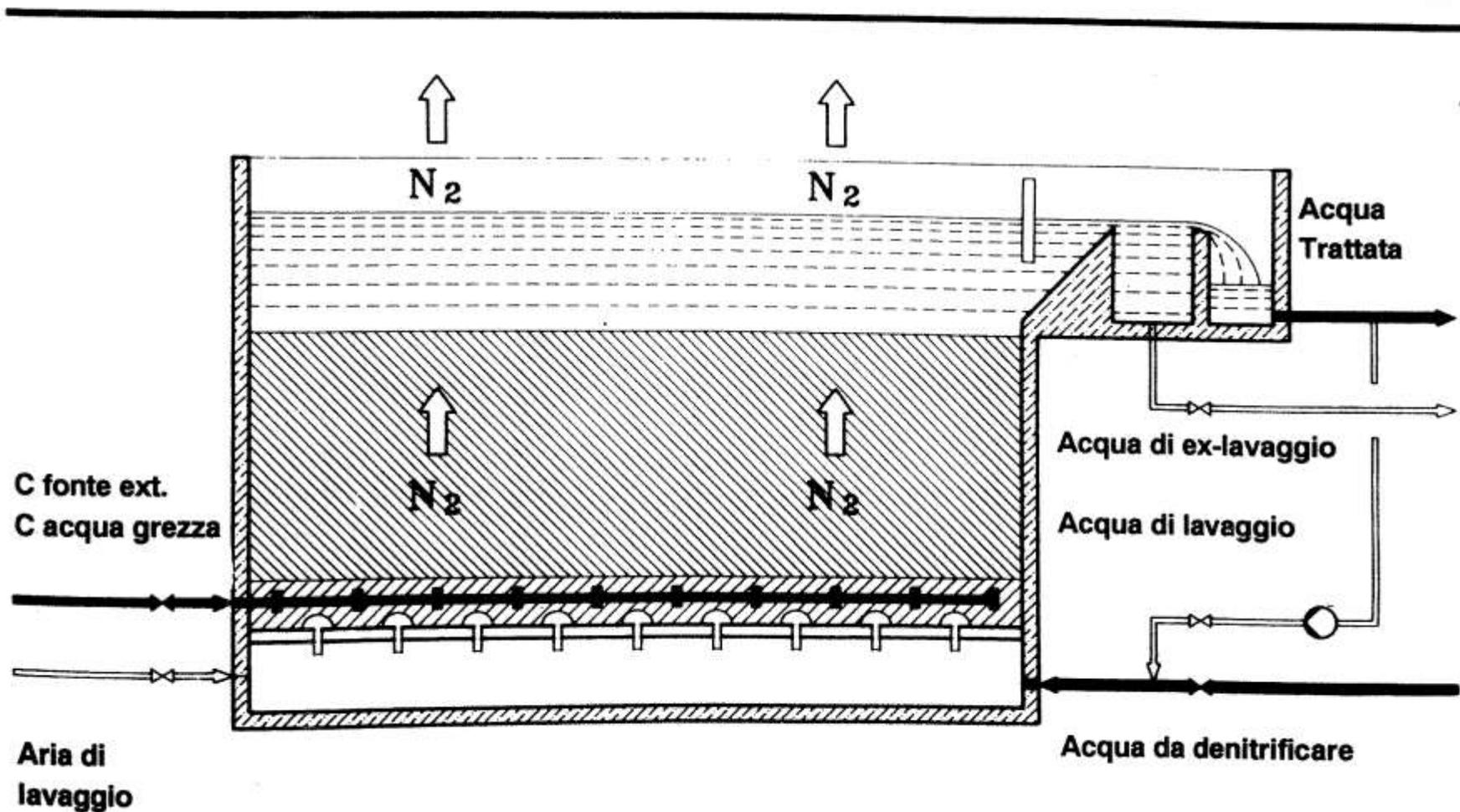
DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000
<b>DENITRIFICAZIONE BIOFOR DN (*)</b>				
Portate in ingresso:				
. Qd + Qdr	m <sup>3</sup> /g	4368	8728	17280
. Q24 + Qr	m <sup>3</sup> /h	182	364	720
. Qps + Qr	m <sup>3</sup> /h	227	454	1080
. Qpb	m <sup>3</sup> /h	362	724	1440
<b>Inquinanti in ingresso</b>				
- BOD <sub>5</sub> :				
carico giornaliero	Kg/g	36	72	140
concentrazione	mg/l	8	8	8
- SS				
carico giornaliero	Kg/g	35	70	120
concentrazione	mg/l	8	8	7
- N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>				
carico giornaliero	Kg/g	94	188	845 (907)
concentrazione	mg/l	21,6	21,6	48,9 (52,5)
- N-NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>				
carico giornaliero	Kg/g	9	17	35
concentrazione	mg/l	2	2	3 (1,4)
- P (tot)				
carico giornaliero	Kg/g	43,5	87	70
concentrazione	mg/l	10	10	4,1
<b>Deficit di carbonio</b>				
sopperito da aggiunta di metanolo	kg/kg N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	3	3	3

DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000
<b>Caratteristiche e numero dei biofiltri</b>				
Tipo di filtro				
- lunghezza	m	BIOFOR DN 2,55	BIOFOR DN 2,55	BIOFOR DN 2,55
- larghezza	m	3,08	3,08	3,08
- numero filtri realizzati	n	3+3*	3+3*	3+3*
- numero filtri in funzione	n	1	2	3+3*
- superficie unitaria	mq	17,1	17,1	17,1
- superficie totale	mq	17,1	34,2	51,9+51,9*
Materiale filtrante				
- tipo		BIOLITE P	BIOLITE P	BIOLITE P
- taglia	mm	4	4	4
- altezza strato	m	2	2	2
- volume unitario	mc	34,2	34,2	34,2
- volume totale	mc	34,2	68,4	102,6+102,6
tipo di aerazione				
		anossia	anossia	anossia
flusso acqua aria				
		equicorrente ascendente	equicorrente ascendente	equicorrente ascendente
modo di lavaggio				
		automatico	automatico	automatico
tipo di lavaggio				
		equicorrente simultaneo ascendente acqua/aria	equicorrente simultaneo ascendente acqua/aria	equicorrente simultaneo ascendente acqua/aria
<b>Caratteristiche funzionali</b>				
Velocità di filtrazione				
- con tutti i filtri in funzione a:				
. Q24 + Qr	m/h	10,6	10,6	14,0 (7,0)
. Qps + Qr	m/h	13,3	13,6	21,1 (10,55)
. Qpb + Qr	m/h	21,2	11,7	27,0 (14,0)
- con un filtro in lavaggio (a Q24+Qr)				
	m/h	10,6	21,2	21,1 (10,55)



DATI DI PROGETTO	UNITÀ DI MISURA	CONDIZIONI DI CARICO IMPIANTO		
		15.000	30.000	120.000
Temperatura di progetto	°C	14	14	14
Quantità di N-NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> denitrificato pari a	Kg/g mg/l	50 11,6	100 11,6	500 28,9
lavaggio biofiltri				
- portata specifica acqua di lavaggio per filtro	m <sup>3</sup> /h . m <sup>2</sup>		20	
- quantitativo medio di acqua di lavaggio per filtro	m <sup>3</sup>		342	
tipo di pompe		centrifuga verticale		
numero di pompe in comune con i BIOFOR C e BIOFOR C+N	n	2 + 1 R		
portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	342/454		
prevalenza	m	10		
portata specifica aria di lavaggio	m <sup>3</sup> /m <sup>2</sup> .h	100		
portata media aria di lavaggio per filtro	m <sup>3</sup> /h	1710		
tipo di compressori		a lobi rotanti		
numero di compressori	n.	1		
portata unitaria	m <sup>3</sup> /h	1710		
prevalenza	m	7		
potenza installata totale	kW	75		
potenza assorbita unitaria	kW	59		
<b>Produzione di fango</b>				
quantità prodotta giornalmente	kgSS/g	50	100	500

# BIOFOR DN











acquedotto  
pugliese  
2014/2018/2020



acquedotto  
pugliese  
l'acqua, bene comune



# GRAZIE PER L'ATTENZIONE

Bari, 20 Novembre 2019

Ing. Nicola Notarnicola