

FS-BIO-005

POTOPLJENI FILTER

PRERADA OTPADNIH VODA

SADRŽAJ

1. UVOD

2. OPIS

Karakteristike podržanog biofilma

Karakteristike otpadnih voda

Karakteristike provetravanja

3. DIZAJN

Organski sadržaj

3.2.- Ispunjavanje kriterijuma za dizajn modela

Vreme zadržavanja hidraulike (HRT)

Forsirana ozraka

3.5.- Proizvodnja mulja

3.6.- Rezime kriterijuma veličine

4. SEKUNDARNO PROČIŠĆAVANJE

5. TEHNIČKI USLOVI

6. SPECIFIKACIJE U PRERADI OTPADNE VODE

7. PARAMETRI I KONTROLNE STRATEGIJE

8. OPERATIVNI PROBLEMI

REFERENCE

ANNEX 1. PROCENA POTREBNE POVRŠINE

ANNEX 2. GRAFIČKI PRIKAZ UREDJAJA ZA PRERADU

1. - UVOD

Princip rada potopljenog aeriranog filtra (SAF) je da prethodno obrađena ili smeštena otpadna voda prolazi kroz filter sloj gde bakterijska kultura nazvana biofilm degradira rastvoreno organsko zagađenje. Takođe, deo suspendovanih čvrstih materija i koloida absorbuje biofilm i tako se uklanja iz otpadnih voda. Između ostalog, potopljeni filterii imaju sledeće povoljne karakteristike:

- stabilan rad
- jednostavno rukovanje (koristi se i za samostalne stambene jedinice)
- za razliku od suspendovanih procesa biomase, ne zahteva povratak mulja ili recirkulaciju

Svrha ovog dokumenta je da predstavi opšte kriterijume za dizajn potopljenih nepokretnih filtera.

2.- OPIS

Fiksni slojevi su potopljeni biofilmski reaktori u kojima se nosivi ili puni materijal nalazi ispod vodene površine (potopljen).

U fiksnim potpornim ležajevima materijal za punjenje može biti strukturirani modul ili rasuti materijal, ali pretpostavka je da se mora fiksirati bez pomeranja, kao u uobičajenom sloju bakterija. Oni se mogu nazvati procesima biofilma potopljenog provetravajućeg filtera (Submerged Aereal Filter - SAF). Višak biofilma kontinuirano se odvaja erozijom, pa je potrebno konačno taloženje ili filtracija. Međutim, pranje filtera nije potrebno.

U većini slučajeva smatra se dobrom praksom da se postrojenja za prečišćavanje sastoje od više jedinica sa provetravajućim slojevima, tako da se reakciona jedinica deli u nekoliko faza.

Razvoj i uspon ovog procesa počeo je 80-ih, njegov razvoj bio je usmeren kao poboljšanje performansi drobljenih filtera. Trenutno se koriste kao:

- predobrada, uglavnom iz teških industrijskih otpadnih voda
- sekundarna obrada, sa ili bez nitrifikacije
- tercijetna nitrifikacija
- istovremena nitrifikacija / denitrifikacija

Hidraulički mogu funkcionisati kao reaktor sa mešovitim protokom. Mogu raditi kao uzlazni (u smeru strujanja vazduha) ili spuštajući (suprotno strujanju vazduha).

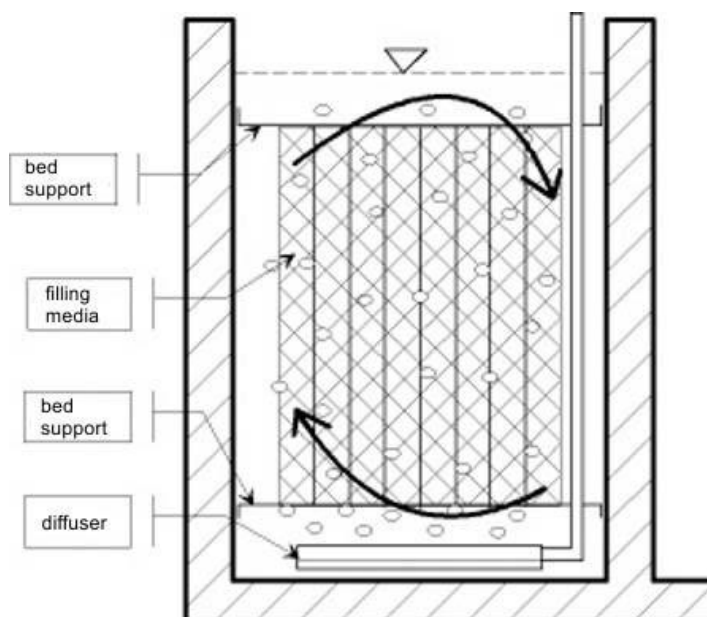


Figura 1. Šema SAF procesa

2.1.- Karakteristike podržanog biofilma:

Kao podrška biofilmu ili punjenju filtera, plastični materijali se trenutno koriste u različitim konfiguracijama, kako u velikim količinama, tako da nasumično pune reaktor ili kao naručeni moduli u obliku sloja.

Glavne promenljive medija za podršku su koje treba razmotriti:

- Specifična površina: podrška raspoloživa površina za rast biofilma po jedinici zapremine ležišta (m^2/m^3).
- Poroznost (odnos praznina): je udeo praznine u količini ležišta. Omogućuje procenu efektivne ili korisne zapremine cirkulacije vode i na taj način procenjuje vreme zadržavanja hidraulike (HRT). Što je veće primenjeno organsko opterećenje, veća mora biti poroznost; jer će biofilm postati gušći.

Specifična površina određuje količinu biofilma (m^2) koja može da raste po jedinici zapremine ležišta. Međutim, sloj s velikom površinom može uključivati povećano zadržavanje ili zadržavanje suspendovanih čvrstih materija, a gubici zbog trenja su veći. Zbog toga će biti potrebno više energije za kretanje vode kroz ležište određenom brzinom. Isto tako, verovatnoća začepljenja je veća ako punilo ima veoma visoku specifičnu površinu. Snažno pranje za odčepljivanje potpornog ležaja podrazumeva eliminaciju mikro -protozoa i mikro -metazoana (rez u lancu hrane) i povećanu proizvodnju mulja. Iz tih razloga, površina nosača koji se koristi za potopljeni fiksni ležaj instaliran za uklanjanje organske materije (sekundarna obrada) obično ne prelazi $150 m^2/m^3$, bez pojave začepljenja sloja.

Uopšteno, potopljeni filteri napunjeni su valovitim plastičnim listovima, rezovima od plastičnih cevi, plastičnim



mrežicama itd., sa površinama od nekoliko desetina do stotina m^2/m^3 . Veoma često korišćeni medijum sastoji se od polietilenske mrežaste cevi. Cevi su spojene u pakovanjima dužine ivica 50-60 cm (slika dole). U tim se modulima specifična površina kreće od 100 do $400 m^2/m^3$, sa površinom slobodnog protoka od 50 do 70%, poroznošću od 65 do 92%, a prečnik mrežastih cevi se kreće od 30-70 mm.

Figura 2.- Primeri modularnih filtera, sa kvadarskim saćem

Još jedno poznato punjenje sastoji se od modula ili pakovanja od konopca, a zove se "ogrlica" (slika dole).



Figura 3.- "Ogrlica" pričvršćena konopcem. Čista (levo); kolonizovana biofilmom (desno)

Dobavljači prodaju potporne ležajeve pod imenom SAF procesa. Kada govorimo o SAF proizvodima, gotovo uvek podrazumevaju potopljeni nepokretni filteri. Međutim, u nekim robnim markama fiksna podrška ne podrazumeva strukturirani modul, ali može biti izrađena od ograničenih glomaznih komada, „upakovanih“ poput onih od materijala za punjenje filtera za natezanje (dole).



**Figura 4.- Desno: Podloge za podršku korišćene u SAF procesima koji se koriste (prosečni prečnik: 12-15 cm).
Leva SAF jedinica ispunjena sirovim materijalima tipa Pall-prstenovi (prosečni prečnik 9 cm).**

U svakom slučaju, punjenje kada je potpomognuto lažnim dnom, zasnovanim na metalnoj konstrukciji. Visina medija za punjenje može dostići 6 metara.

2.2.- Karakteristike otpadnih voda

Parametri zagađenja povezani sa radom i dizajnom potopljenih filtera su:

- Suspendovane materije
- Hranljive materije
- Inhibitori
- pH i temperatura, itd.

Da bi se izbeglo začepljenje sloja prethodno je smanjenje suspendovanih čvrstih materija od velikog značaja, posebno kada se koriste noseći mediji velike površine. Međutim, fizičko uklanjanje suspendovanih čvrstih materija uzrokuje porast proizvodnje mulja celokupnog sistema, jer jedan deo ovih čvrstih sastojaka čini organski supstrat kada nema prethodne obrade. Smanjenje stvaranja mulja može se izvršiti anaerobnom hidrolizom suspendovanih čvrstih materija koje se eliminišu fizičkim tretmanom, gde proizvod tečne faze dovodi podvodni sloj. U slučaju malih protoka, kombinacije septičke jame + potopljenog filtera ili anaerobnog filtera + potopljenog filtera služiće za smanjenje stvaranja mulja.

Sistemi biofilma uglavnom imaju veću toleranciju na prisustvo inhibicijskih supstanci. Takođe imaju bolju otpornost na nagle promene pH. Pored toga, što je ležaj uronjen, manje je podložan fluktuacijama temperature okoline.

2.3.- Karakteristike provetravanja

2.3.1.- Oprema za provetravanje

Kao sistemi provetravanja koriste se difuzori grubih ili finih mehurića. Difuzija sitnih mehurića postiže efikasniji prenos kiseonika. Međutim, sistemi grubih mehurića su češći jer sprečavaju začepljenje, a takođe i zbog intenzivnog pokreta koji unose ispod vode što poboljšava prenos mase u biofilm (Šlegel i Koeser, 2007).

Difuzija vazduha, osim što dovodi kiseonik, indukuje unutrašnju recirkulaciju vode omogućavajući intenzivan kontakt biofilma i otpadne vode, vodeći ka optimizaciji prenosa kiseonika i poboljšavajući prinose. Takođe se koriste cevaste membrane koje su obično postavljene na jednoj strani rezervoara.

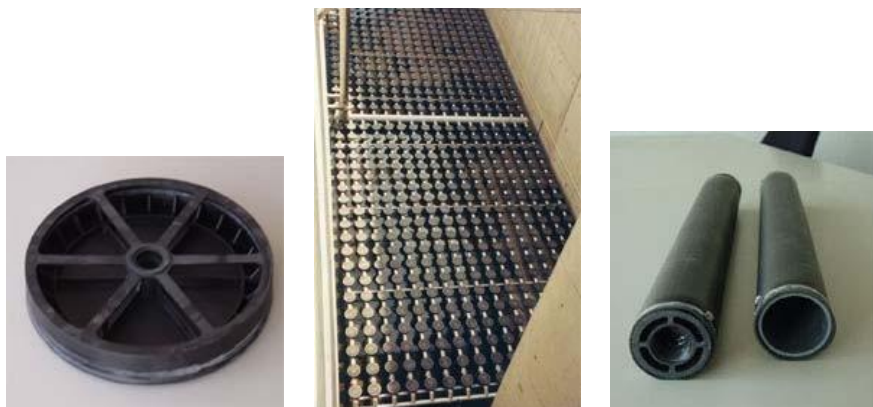


Figura 5.- Nekoliko vrsta difuzera: membranski diskovi (kupole) i cevaste membrane. U srednjem okviru je prikazan sklop kupola difuzora, koji pokrivaju dno SAF jedinice (Preuzeto iz Naston Ltd., 2007, www.naston.co.uk).



Figura 6.- Levo: Sklop BIO-BLOK medija za punjenje, gde se primećuje gruba aeracija mehurića. Desno: sklop difuzora.

2.3.2.- Vrste provetravanja

Provetranje kroz difuzorne sisteme zauzima prostor u reaktoru i instalira se direktno ispod medija za punjenje. Difuzijom vazduha postiže se dovod kiseonika, kao i unutrašnja recirkulacija koja omogućava ponovljeni kontakt sa otpadnom vodom iz biofilma.

Aeracija može biti više vrsta:

- (1) Centralna aeracija, u kojoj vazduh difuguje od vertikalno postavljene cevi osovine, stvarajući radijalni protok recirkulacije (šema b);
- (2) Jednosmerna recirkulacija kada su difuzori postavljeni duž jednog od zidova reaktora (šema a).
- (3) Dvosmerna recirkulacija u kojoj su difuzori vazduha postavljeni duž središnje linije reaktora (šema c).
- (4) Takođe je moguće uvesti mehuriće vazduha direktno kroz ležaj. U jednom slučaju vazduh cirkuliše u podnožju i recirkulacioni protok se formira u reaktoru (šema e), a u drugom se vazduh unosi ravnomerno raspoređenim po reaktoru (šema d).

Efikasnost prenosa kiseonika je veća u sistemu aeracije kroz sloj nego u slučajevima recirkulacije, ali će i odvajanje biofilma biti veće što dovodi do veće količine taloga.

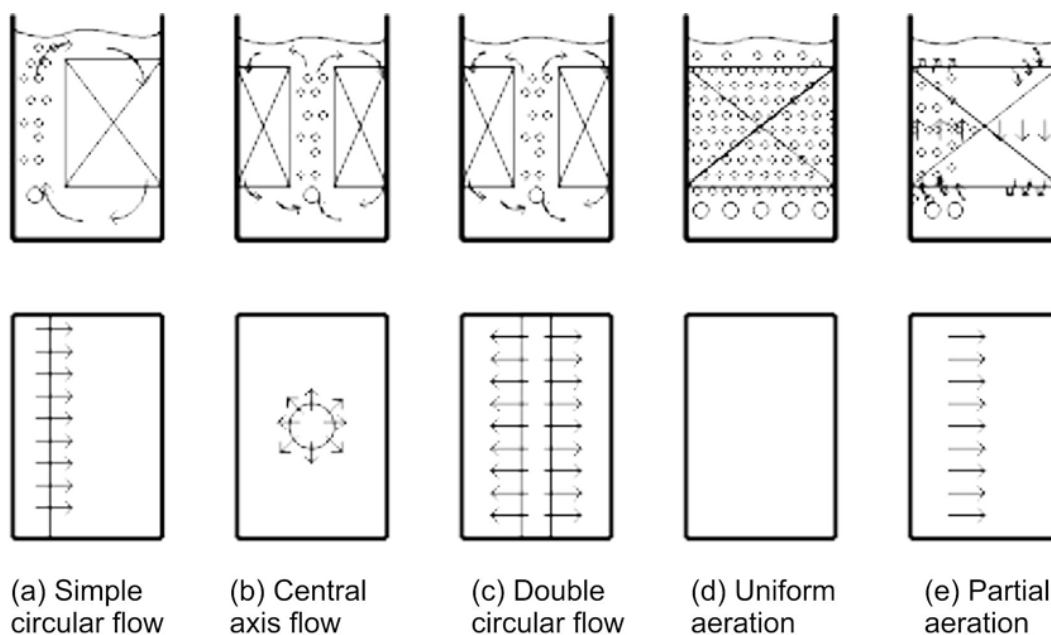


Figura 7.- Vrste aeracije potopljenih filtera (preuzeto od Iwai i Kitao, 1994)

Mehanički sistemi za aeraciju mogu se takođe koristiti za kretanje protoka kiseonika i recirkulacije, ali oni su manje zaposleni od ubrizgavanja vazduha

3.- DIZAJN

3.1.- Organsko opterećenje

Organsko opterećenje je ključni parametar prilikom određivanja veličine sekundarnog tretmana. U dizajniranju procesa biofilma organsko opterećenje može se izraziti površinom ili zapreminom.

3.1.1.-Zapreminsko organsko opterećenje

$$C_{V,COD} = \frac{Q_{ave} L_0}{V}$$

gde je:

$C_{V,COD}$ = organsko opterećenje po jedinici zapremine (kg COD/ m³/d)

Q_{ave} = prosečni dnevni protok (m³/d)

L_0 = prosečni uticaj COD koncentracije bez recirkulacije (kg/m³)

V = ukupna zapremina (m³)

Zapreminsko organsko opterećenje otpadnih voda iz domaćinstva obično je u opsegu od 0.5 do 1.0 kg BOD₅/m³/d. U slučaju COD, to bi bilo od 1.0 do 2.0 kg/m³/d, imajući u vidu da prethodno prečišćena kućna otpadna voda ima COD/BOD₅ odnos od 2.

Sekundarni tretman industrijske otpadne vode iz prerade hrane (posebno povrća) zapreminsko organsko dostiže vrednosti od 4.5 kg COD/m³/d, koristeći medijume za punjenje površine 150 m²/m³

U slučaju prethodne obrade ili biološkog grubog tretmana otpadnih voda iz industrije bojenja tepiha (av.COD=1,500 mg/L) takođe se koristi zapreminsko organsko opterećenje od 4.5 kg COD/m³/d pri čemu se dobija 60% efikasnosti u uklanjanju COD.

Drugi primer dizajna, u industrijskim otpadnim vodama iz tretmana industrije prerade katrana (prosečni COD = prosečno pražnjenje od 80 i DQO 120 mg/L (Šlegel i Koeser, 2007).

2,000 mg/L), koristili su SAF tehnologiju sa organskim opterećenjem od 1.5 do 6.75 kg COD/m³/d, čime se dobije

3.1.2.- Površinsko organsko opterećenje

$$B_{A, COD} = \frac{Q_{ave} L_0}{A}$$

gde je:

$B_{A, COD}$, = primenjeno organsko opterećenje po jedinici površine medija za punjenje (g COD/m²/d)
 A = kontaktna površina materijala za punjenje
 (m²)

U slučaju kućnih otpadnih voda uobičajena maksimalna vrednost je 12 g BOD₅/m²/d (24 g COD/m²/d). U industrijskim otpadnim vodama je opseg 10 do 45 g COD/m²/d.

3.2.- Ispunjavanje kriterijuma za dizajn medija

Generalno, visina ležaja obično nije niža od 1,50 m niti veća od 6,00 m. Podloge za uklanjanje organske materije obično imaju površinu od 100 do 150 m²/m³.

3.3.- Vreme zadržavanja hidraulike (HRT)

$$HRT = \frac{V}{Q_{ave}}$$

gde je V efektivna zapremina tečnosti, uzimajući u obzir poroznost materijala za punjenje.

HRT zavisi od koncentracije otpadnih voda i može dostići vrednosti veće od 1 dana. U svakom slučaju, HRT ne bi trebao biti kraći od 90 minuta.

3.4.- Forsirana aeracija

Potreba za količinom kiseonika povezana je sa potrebama oksidacije supstrata i endogenim disanjem biocenozе. Međutim, nije lako odrediti količinu zadržane biomase u reaktoru kao u slučaju aktiviranog mulja, tako da se vršna potrošnja kiseonika obično procenjuje sa:

$$NO_x = NO_x^b F (L_0 - L_e) C_{p,F} C_{p,BOD}$$

gde je:

NO_x = maksimalna potreba za kiseonikom (kg/h)
 NO_x^b = specifična potreba za kiseonikom (kg O₂/kg uklonjen BOD) (= 0.8) F = prosečan protok prečištača (m³/h)
 L₀, L_e = uticaj i dotok BOD konc., respektivno (mg/L) C_{p,Q} = koncentracija vršnog protoka (= F_{max}/Q)
 C_{p, BOD} = vršni koeficijent (ukoliko nema podataka, uzima se vrednost 1.50)

3.5.- Proizvodnja mulja

Količina proizvodnje mulja povezana je sa organskim opterećenjem i / ili radom. Sledeća tabela je lista specifične proizvodnje mulja u zavisnosti od organskog opterećenja:

Tabela 1.- Specifična proizvodnja mulja u potopljenim filterima

Org.opterećenje (kg BOD ₅ /m ³ /d)	P _f (kg SS/kg BOD ₅)
≤ 0.5	0.50
> 0.5	0.75

Razmatra se koncentracija od 1% u otpadnom mulju

3.6.- Rezime kriterijuma veličine

Tabela 2.-Karakteristike SAF dizajna za uklanjanje organskih materija.

Parametar	Vrednost
Površina medija, A_s , (m^2/m^3)	100 do 150
Organsko opterećenje, B_A ($g\ COD/m^2/d$)	10 – 45
Visina punjenja (m)	1.50 – 6.00

3.6.1.- Performanse

Izvođenje biološkog tretmana ima veze između ostalih faktora i sa stepenom biorazgradivosti otpadnih voda. Kada je faktor, odnosno odnos, COD/BOD manji ili jednak 2,0 do 2,5, može se postići učinak od 90% u uklanjanju organske materije (COD ili BPK), jer je organsko opterećenje manje ili jednako $10g\ COD/m^2/d$.

4.- SEKUNDARNO PROČIŠĆAVANJE

Optimalan dizajn taložnika je od suštinskog značaja za postizanje traženih performansi sekundarnog tretmana. Ako čvrste materije nisu zadržane od strane prečišćavača, one će doprineti povećanju BOD otpadnih voda.

Za jednostavne sedimentacije mogu se koristiti statički kružni ili pravougaoni čistači. Koncentracija potopljenih filtera na izlazu iz reaktora može dostići ili premašiti $400\ mg/L$, primenivši zonsku teoriju sedimentacije.

4.1.- Promenljivost dizajna

- Površinski stepen hidrauličnog opterećenja: zasnovan na stvarnoj brzini protoka kroz jedinicu, odnosno koja prolazi kroz ispust (odvod).

$$HLR = \frac{Q}{A_{HLR}}$$

gde je:

HLR = površinska brzina hidrauličnog punjenja (m/h)

Q = odvod (m^3/h)

A_{HLR} = horizontalna površina prečišćivača (m^2)

- Vreme zadržavanja hidraulike:

$$HRT = \frac{V}{F}$$

gde je:

HRT = Vreme zadržavanja hidraulike (u satima)

H = dubina vode uz bočni zid (m)

V = korisna zapremina za prečišćavanje (m^3)

$F = F_{max}$ (m^3/h)

- Brzina preliva:** odgovara brzini protoka otpadnih voda po linearnom metru odvoda.

$$WOR = \frac{F}{W_L}$$

gde je:

WOR = brzina preliva ($m^3/h/m$)

W_L = dužina staze (m)

$F = F_{max}$ (m^3/h)

4.2.- Sažetak bitnih parametara za dizajn

Sledeća tabela sažima tipične vrednosti za parametre dizajna.

Tabela 3. – Projektne vrednosti za sekundarne taložnike iz fluidovanih filtera

Parametar	Vrednost
HLR (m/h)	< 0.6 (F_{av}) < 1.5 (F_{max})
HRT (h)	> 2 (F_{max})
WOR (m ³ /h/m)	< 10 (F_{max})
Koncentracija mulja (%)	≤ 1
H (m)	≥ 2.5

Kada je prečnik jedinice za pročišćavanje manji od 5 metara, preporučuje se upotreba skraćenih čistača u obliku konusa bez strugača, koji se nazivaju i vertikalni protočni prečistači. U ovim dekanterima efektivna horizontalna površina postavlja se na sredini tačke udaljenosti. Da bi se olakšala stvarna sedimentacija mulja, nagib zida konusne zone mora odgovarati nagibu većem ili jednakom 60°.

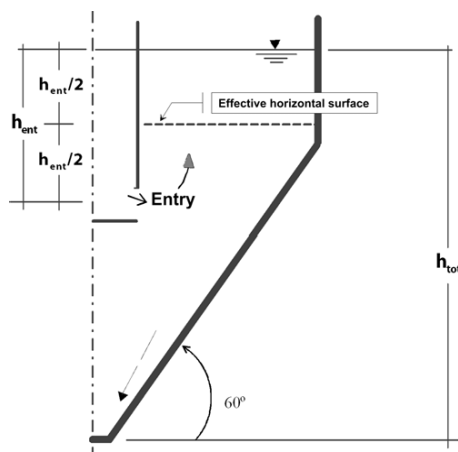


Figura 3.- Trup prečistača konusnog oblika (preuzeto od DWA 2000)

6.- POSEBNI TEHNIČKI USLOVI

Reaktor

Visina kade može dostići 6 metara. Materijal za punjenje kade je poduprt na lažnom dnu, zasnovan na metalnoj konstrukciji. SAF reaktori koji se sastoje od više jedinica sa jednim filterskim slojem smatraju se dobrom praksom. Radi se o deljenju procesa (slika dole).

SAF postupak se takođe koristi za uklanjanje ukupnog azota nitrifikacijom/denitrifikacijom. U ovom slučaju je potrebno ugraditi jedan ili više potopljenih neaerizovanih filtera (anoksičnih), obično kao faze pred-denitrifikacije (slika dole). Međutim, anoksični ili neazirani sloj mora da se snabdeva sistemima za prozračivanje grubih difuzora sa difuzorom, kako bi se isprao suvišni biofilm i/ili oslobodio akumulacije gasa azota.

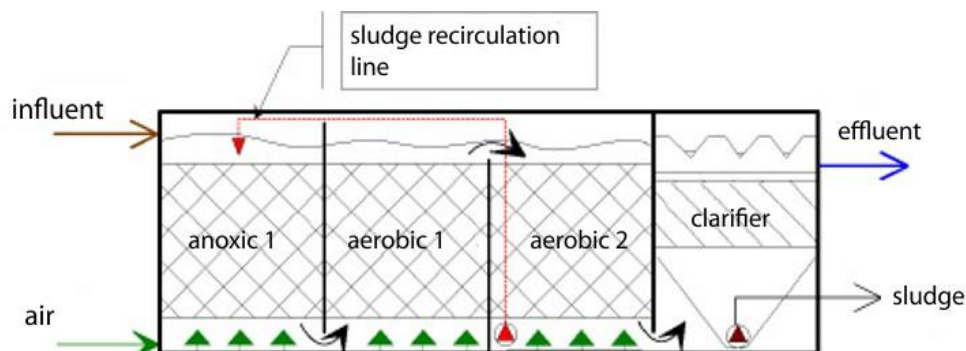


Figura 9.- Šema sistema za nitrifikaciju i denitrifikaciju zasnovana na potopljenim filterima sa 3 stepena. Zračenje koje se primenjuje na anoksičnom sloju vrši se za pranje, kao pročišćavanje akumuliranog azota ili čak za proces.

Moguće je da će se nakon dužeg perioda rada kvalitet otpadnih voda pogoršati zbog oslobađanja viška biofilma. Ako je potrebno, akumulacija biofilma mora se ukloniti uređajem za pranje, koristeći protok vazduha velikom brzinom (20m/h). Operacije pranja mogu trajati otprilike 10 do 20 minuta. Brzina prozračivanja odnosi se na područje koje zauzima kada. Nemačka praksa preporučuje svakodnevno pranje uz gore navedene kriterijume (20m/h, 10 min, protok vazduha) kako bi se sprečilo začepljenje, odnosno moglo bi se koristiti kao preventivno pranje (DVA / ATV, 1997).

Što se tiče dizajna sekundarnog prečišćivača, primenjuje se sledeće:

- odvod vode za dekantovanje; mora biti od nerđajućeg čelika 304L, pričvršćen na profile sastavljene sa istim materijalima.
- U svakom slučaju, sekundarni prečišćivač mora imati pregradu kako bi se izbeglo ispuštanje plovih materijala
- Povučene pene i plutajući materijali nikada se neće vraćati na početak postrojenja ili u crpne stanice.
- Konstrukcijski dizajn će uzeti u obzir pražnjenje prečišćivača.
- Iz sekundarnog prečišćivača voda se gravitaciono prenosi do konačnog pražnjenja, što će imati otvor za sprečavanje pojave pene, i nepovratni ventil kako bi se sprečio povratni tok.

7.- SPECIFIKACIJE ZA OBRADU OTPADNIH VODA U TEKSTILNOJ INDUSTRIJI

Potopljeni filteri uspešno su primenjeni kao prethodna obrada industrijskih otpadnih voda pre ulaska u komunalni otpad. Ova obrada je povoljna u slučajevima koji sadrže otpadne vode sa jakim organskim zagadjenjem ili kada organske materije imaju teško ili sporo razgradjivanje. Za teško zagadjene industrijske otpadne vode (IWW), utvrđeno je da je recirkulacija prečišćene vode poželjna.

Još uvek je malo iskustava sa SAF -om za stvarno tretiranje otpadnih voda tekstilne industrije. U svakom slučaju, osnovni pristup ostaje isti kao i za prečišćavanje kućnih otpadnih voda: dizajn mora da osigura da se "ne začepi kada". Ne radi se samo o postizanju određenih performansi za uklanjanje organske materije, već i o tome da je kada uvek u dobrom stanju..

U Nemačkoj su dizajnirani i instalirani procesi u stvarnom obimu za obradu različitih vrsta industrijskih otpadnih voda, npr. prehrambene industrije, farmaceutske industrije, katrana i obojenih tepiha.

U Severnoj Irskoj je preduzeta prava demonstracija SAF-a za tekstilnu industriju IWW. Vođa projekta bio je QUESTOR centar (Centar za istraživanje nauke i tehnologije u oblasti životne sredine) sa Kraljičinog Univerziteta.

Slučaj: industrija farbanja tepiha, tekstilna industrija

Cilj potopljenog filtera je bio da se prerade organski zagadjene otpadne vode ove industrije. IWW je povezan sa komunalnim uređajem za prečišćavanje otpadnih voda Nottuln-Appelhulsen (Vestfalija) koji je projektovan za 27.000 e-h (na bazi BOD), uz pretpostavku da 4.000 e-h odgovara tekstilnoj industriji. Međutim, porast fabričke proizvodnje umnožio je industrijsko zagadjenje za 4, i stoga je ekvivalentna populacija dostigla 16.000 e-h.

Tako je dizajniran i napravljen potopljeni filter od 1400 m³ za predobradu IWW, koristeći medijum za punjenje od 150 m²/m³ koji zauzima zapreminu od 800 m³. Tekstilna otpadna voda je pokazala odnos COD/BOD = 3,8, što ukazuje da se radi o sporoj ili teškoj razgradnji. Nakon dugog perioda prilagođavanja (tri godine), tehnologija SAF postigla je sledeće rezultate:

Tabela 4.- Prosečan sastav dovodne i odvodne vode kod potopljenog filtera za prethodnu obradu otpadnih voda iz industrije bojenja tepiha

Parametar	Jedinica	Dovod	Odvod	Odvod nakon 3 godine upotrebe
Dotok	m ³ /d	800 a 1200		
Organsko zagađenje	g COD/m ² /d	10 a 30		
COD	mg/L	1500 a 6000	1000 a 2000	800 a 1200

Zatim se odvod iz SAF prečišćavača ugrađuje u liniju za prečišćavanje vode komunalnog prečišćavača (Nottuln-Appelhülsen) zasnovanog na tretmanu aktivnim muljem, pri čemu se dobija konačni odliv sa 5/32 /0.2/5 mg/L u BOD, COD, azot-amonijum i azot-nitrat.

Iz prikupljenih podataka ove studije izvučena su najmanje 3 projektna kriterijuma

- 1) najveće konstrukcijsko organsko opterećenje (30 g COD/m²/d, izraženo u gornjoj tabeli),
- 2) približno HRT s obzirom na ukupnu zapreminu (HRT=1400/1000 = 1.4 dana)
- 3) frakcija punjenja reaktora (800/1400 = 0.57).

Izveštaj ne kaže ništa o koncentraciji boje u tretiranoj vodi. U industrijama fokusiranim na bojenje analiza boja trebalo bi da bude ključni parametar kontrole tretmana.

Slučaj: demonstrativni projekat SAFTEX

2002, Centar QUESTOR, zajedno sa grupom kompanija (Villiam Clark & Sons Ltd., STG Ltd., i Madden Associates), vodio je projekat koji je pokazao upotrebu i primenjivanje potopljenog filtera za prečišćavanje otpadnih voda tekstilne industrije. Projekat se zvao SAFTEKS („SAF“ potopljeni filter i „TEX“ za tekstil).

Opšte karakteristike SAFTEX dizajna u punom obimu bile su:

- Ukupna zapremina: 60 m³
- Kapacitet prerade: 240 kg BOD₅/d

Tip medijuma za punjenje bio je sličan onome nazvanom Pall-prstenovi. Sistem tretiranja je uključivao prethodnu homogenizaciju. Proces je testiran sa velikim organskim opterećenjem : preko 4 kg BOD₅/m³/d čime se dobija biofilm s ekvivalentnom koncentracijom od 10,000 mg/LMLSS.

Iako rezultati performansi i / ili rezultati kvaliteta vode nisu bili objavljeni, sažetak projekta ukazuje da je proces optimizacije omogućio da se dostigne nivo prečišćavanja dovoljno da se udovolji zahtevima ograničenja ispuštanja.



Figura 10.- Biofilm odgajen na SAFTEX podupirućim medijima. Ova podrška je Pall-prstenovi ili slične vrste.

8.- PARAMETRI I KONTROLNE STRATEGIJE

Kontrola procesa zasniva se na proceni i upravljanju određenim međusobno povezanim faktorima koji favorizuju efikasno prečišćavanje otpadnih voda. Ovi faktori su:

- Zahtevan kvalitet izlazne vode.
- Protok, koncentracija i karakteristike ulaznih otpadnih voda.
- Količina potrebnog kiseonika da bi se zadovoljila potreba za kiseonikom u ulaznoj otpadnoj vodi i održavao adekvatan nivo kiseonika za potrebe mikroorganizama.
- Raspodela vode u protoku koji ulazi u sve identične procesne jedinice (dva ili više dekantera ili bioloških reaktora).
- Prenosjenje zagađivača iz mikroorganizama otpadnih voda (biofilm) i odvajanje suspendovanih čvrstih materija iz tretirane vode.
- Efikasna kontrola i ekstrakcija otpada (čvrsti, plutajući i supernatanti) za konačno uklanjanje bez stvaranja novih zagađivača.

8.1.- Kontrola prozračivanja

Činjenica od velikog značaja koja treba da se kontroliše u biološkim reaktorima je koncentracija rastvorenog kiseonika (DO). Za ovo merenje koristi se fiksna ili prenosiva DO sonda. Da bi se postigla efikasna oksidacija organske materije, smatra se da je opseg DO između 1 i 2 ppm prihvatljiv. U većim postrojenjima je aeracija obično automatizovana, tako da će se aparat za prozračivanje koji zavisi od merne OD sonde pokrenuti i li zaustaviti. Pored toga, ako postoje frekvencijski pretvarači koji su dostupni u sistemu za prozračivanje, reguliše se protok vazduha.

U slučaju malih postrojenja za prečišćavanje, obično se koriste vremenski aktivirani sistemi, pa je preporučljivo testirati dnevni raspored gde se nalaze vrhovi potreba za kiseonikom, koji se obično odnose na vršne protoke i kada su potrebe za kiseonikom manje. Ne treba zaboraviti da u malim postrojenjima za prečišćavanje, gde obično nema mešača, sistem za aeraciju služi kao mehanizam za održavanje mikroorganizama suspendovanih u vodenom medijumu, omogućavajući pravilan tretman otpadnih voda. Stoga, prozračivanje ne bi trebalo da ima produženo vreme zaustavljanja, kako bi se sprečilo taloženje čestica u reaktoru. Stoga se mora utvrditi maksimalno vreme zaustavljanja (10-20 minuta).

8.2.- Kontrola taloga i otpadnog mulja

U slučaju više linija za obradu, mora se osigurati da se tretirana voda koja izlazi iz jednog ili više reaktora, ravnomerno raspoređuje među svim sekundarnim prečišćivačima.

Takođe, preporučljivo je sprečiti da se nataloženi mulj dugo čuva u čistaču. Ovo zahteva kontrolu perioda ispuštanja mulja. Generalno, vršice se satno čišćenje.

Iako se instalacija pravilno uradi, određena količina odvojenog biofilma i/ili končastih algi niske gustine popeće će na vrh dekantera. Površinska pregrada će sprečiti da ovi plutajući materijali napuste prečišćivač sa tretiranom odlivnom vodom.

8.3.- Svakodnevna provera u reaktoru i u prečišćivaču

Zadaci koje treba kontrolisati i obavljati su:

- Posmatrati izgled vode u reaktorima i taložnicima.
- Odgovarajuće održavanje i podmazivanje u uređaju za prozračivanje.
- Čišćenje izlaznih otvora prečišćivača.
- Uklanjanje masti i drugih plutajućih materijala kao što su komadi gume i plastike.

9.- REŠAVANJE PROBLEMA U RADU

Glavni problem eksploatacije koji može predstavljati potopljene gazirane filtere je začepljenje sloja . Kako ovaj problem može biti prisutan samo u reaktorima sa uklanjanjem organske materije , konstrukcijsko opterećenje je ograničeno na 10 g COD/m²/d a površina pomoćnog materijala na 150 m²/m³.

Drugi problem može biti začepljenje i/ili lom difuzora vazduha. Da bi se rešio ovaj problem, sistemski dizajn bi trebao olakšati pristup difuzorima, na primer, ostavljajući neko razdvajanje između modula ležišta (pristupna komora).

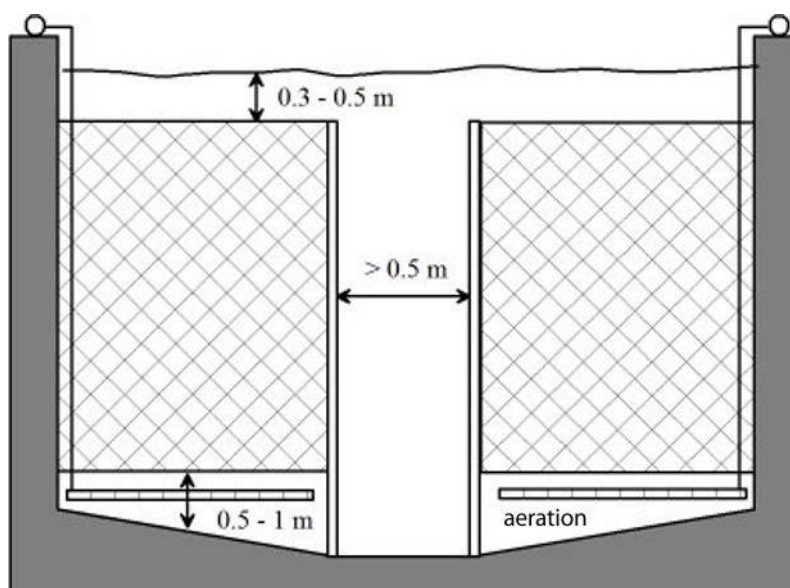


Figura 11.- Predložena konfiguracija radi dizajniranja jednostavnog pristupa zoni aeracije radi aktivnosti održavanja.

Pored toga , kombinacija visokog sadržaja zaostalog deterdženta u vodi uz jaku aeraciju , posebno sa finim mehurićima, može dovesti do prekomerne proizvodnje pene. Problem je u tome što je deterdžent u rastvorljivoj organskoj materiji, pa hemijski proces, poput koagulacije i /ili flokulacije , kao prethodne obrade neće poboljšati kvalitet otpadnih voda . Rešenje u tim slučajevima može biti složeno , uključujući: potrošnju deterdženata za optimizaciju (smanjenje izvora), povremenu aeraciju unutar reaktora i upotrebu sredstva za stvaranje pene.

Konačno, prekomerna koncentracija ulja i masti u otpadnim vodama (npr. Iz procesa pranja sirove vune) je

nepoželjna za sve biološke procese . Glavni negativni uticaji su : gubitak efikasnosti u prenosu kiseonika i mogućnos t akumulacije u biomasi. Bilo koji od ovih efekata dovodi do gubitka performansi procesa lečenja . Međutim, problem je lako rešiti, jer se može prevazići tretmanom otpadnih voda koji uključuje jednostavnu fizičku operaciju , kao što je odmašćivanje.

REFERENCE

ACORN Environmental Systems Limited. (2002) "Acorn Submerged Aerated Filter". www.v63.net/acornsystems.

ADVANCED BIOTECH Ltd. (2002). "Submerged Aerated Filter sewage treatment plants for single dwellings". www.advanced-bio-tech.com/saf.htm

BioKube Int. Ltd. (2007). "BioKube on-site wastewater treatment systems". www.biokube.dk

BORD na MÓNA Environmental Ltd. (2007). "Platinum Mini: Wastewater Treatment Plant". www.bnm.ie

CDS Technologies, Inc. (2007) "Submerged Aerated Filter (SAF)". www.cdstech.com

COOPER-SMITH, G (2006). "Treatment technologies for smaller WwTW". "CIWEM North Western & Wales: 4th National Wastewater Conference.

COPA Ltd. (2007). "Case Studies- SAF". www.copa.co.uk

DWA/ATV (1997). "Plants with submerged fixed beds – ATV Manual for Biological and Avanced Wastewater Treatment (in german), 4th edn, Ernst und Sohn: Berlín.

ENVICON (2003). "VCK: Compact Wastewater Treatment Plants". <http://envicon.net/UK/Klaertechnik/VCKDatenblatt.htm>

GÓMEZ, L. A. (1998). "Optimización del proceso BLAS II® aplicando altas cargas orgánicas con agua residual urbana". Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. España.

GONZÁLEZ, S., y DUQUE, L. (1992). "Aerobic submerged biofilm reactors for wastewater treatment". *Wat. Res.*, 26 (6): 825 – 833.

GRADY, L.E., DAIGGER, G.T., LIM, H. (1999). "Biological wastewater treatment", 2nd. Edition. Marcel Dekker: New York.

GROOM E. (2007). "Effluent treatment using a submerged aerated filter". A BIO-WISE Demonstrator Project. En: *Ecotextiles: the way forward for sustainable development in textiles*. Woodhead Publishing Limited: Abington Cambridge (England).

HARREMOËS, P., HENZE, M. (1995). "Biofilters". En: *Wastewater treatment. Biological and Chemical Processes*. Springer-Verlag, Berlín.

HYNDS Environmental (2004) "Submerged Aerated Filtration". www.hynds.co.nz

IWAI, S. y KITAO, T. (1994) "Wastewater treatment with microbial films"; Tecnomica, Suiza.

JÁCOME A., MOLINA J., NOVOA R., SUÁREZ J., FERREIRO S. (2014). "Simultaneous carbon and nitrogen removal from municipal wastewater in full-scale unaerated/aerated submerged filters". *Water Science and Technology* (WST), 69(1): 217- 221.

KEE Process Ltd. (2006). "EnviroSAF. Wastewater Treatment Systems: Submerged Aerated Filter (SAF)". www.keeprocess.com.

NASTON Limited (2007) "SAF Packaged Sewage Treatment Plant". www.naston.co.uk

- NOVOA, R., JÁCOME, A.; MOLINA, J.; SUÁREZ, J.; FERREIRO, S. (2011). Removal of carbon and nitrogen of municipal wastewater with submerged filters. Experience from a full-scale plant. *Smallwat' 11*. Sevilla (España). Abril.
- SANTAMARÍA C. (1998). "Desarrollo de un reactor biopelícula de lecho aireado y sumergido, con soporte fijo (BLAS II®) para la eliminación de carbono orgánico". Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria. España.
- SCHLEGEL S., TEICHGRÄBER B. (2000). "Operational results and experience with submerged fixed-film reactors in the pretreatment of industrial effluents". *Wat. Sci. Tech.*, **41**(4-5): 453-459.
- SCHLEGEL S., KOESER H. (2007). "Wastewater treatment with submerged fixed bed biofilm reactor systems – design rules, operating experiences and ongoing developments". *Wat. Sci. Tech.*, **55**(8-9): 83-89.
- SEVERN TRENT Services (2005). "TETRA SAF™ System. Submerged Aerated Filter for Wastewater Treatment". www.severntrentservices.com.
- TEJERO I.; JÁCOME A.; LORDA I.; SANTAMARÍA C. (1996). Procesos biopelícula de depuración de aguas residuales: procesos convencionales. *Retema*, nº 45: pág. 68 - 84.
- WERF (2000). "Investigation of hybrid systems for enhanced nutrient control". Project 96-CTS-4. Water Environment Research Foundation, Alexandria (VA-USA).
- WEF, ASCE-EWRI. (2010). Design of municipal wastewater treatment plants", fifth edition. Volume 2: Liquid treatment processes. McGraw-Hill: New York.
- www.nsw.com/eng/products_services/plastic_environmental_products/ (21-06-02)
- www.expo-net.dk/ (18-07-02)
- www.stg-wastewater.com (18-07-02)
- www.capitalcontrols.net/pages/tetra_saf.shtml (8-11-02)
- www.proequipment.com/biological_process/ifas.htm (21-06-02)
- www.nottingham.ac.uk/~enzetc/guide/engsol (08/11/02)

ANNEX 1

PROCENA POTREBNE POVRŠINE

1.- POTREBNA POVRŠINA ZA BIOLOŠKI REAKTOR

U sledećoj tabeli je prikazana potrebna površina za biološki potopljeni filter koji je predviđen za različite veličine tekstilne industrije u smislu prosečnog protoka prerade. Smatra se da je rezervoar za homogenizaciju protoka i koncentracije.

Opšte početne hipoteze su:

- Homogenizovana BOD⁵ koncentracija = 300 mg O₂/L
- Homogenizovana COD koncentracija = 1000 mg O₂/L

Glavni kriterijum projektovanja je organsko zagađenje, koje ne sme prelaziti:

- 0.5 kg BOD₅/m³/d
- 10 g COD/m²/d

Specifična površina medija za punjenje neće biti veća od 150 m²/m³.

Potrebna površina zavisi od prihvaćene visine kade . U svakom slučaju, to neće biti manje od 1,80 m i ne više od 6,0 m.

Tako su dobijeni sledeći rezultati:

Tabela 1.- Procena površine za potopljene filtere pri različitim protocima obrade

Protok (m ³ /d)	Zapremina (m ³)	Visina punjenja (m)	
		1.80	6.00
		Površina (m ²)	Površina (m ²)
20	13.33	8	3
200	133.3	80	30
1000	666.65	400	150
2000	1333.3	800	300

2.- POTREBNA POVRŠINA ZA SEKUNDARNO PREČIŠĆAVANJE

Da bi se procenila potrebna površina taloženja, primenjuju se sledeći kriterijumi za projektovanje:

Hidraulička stopa punjenja (Q_{ave}) = 0.6 m/h

Minimalna dubina vode = 3.00 m

Rezultati su predstavljeni u sledećoj tabeli:

Tabela 2.- Procena potrebnog područja za postupak sekundarnog prečišćavanja primenjena za potopljene filtere u zavisnosti od protoka obrade

Protok (m ³ /d)	Površina (m ²)
20	1.4
200	14
1000	69
2000	139

Najzad, minimalna površina potrebna za "sekundarnu obradu" se dobija dodavanjem površine reaktora i prečišćivača. Rezultati su predstavljeni u sledećoj tabeli:

Tabela 3.- Procena minimalne ukupne površine za sekundarnu obradu (SAF reaktor + taložnik)

Protok (m ³ /d)	Visina kade (m)	
	1.8	6.0
	Površina (m ²)	Površina (m ²)
20	10	5
200	89	37
1000	441	182
2000	880	362

ANNEX 2

GRAFIČKI PRIKAZ UREDJAJA ZA PRERADU



Figura 1
SAF prefabrikovani sistemi. BIOCLERE® (www.naston.com, 22/07/02)

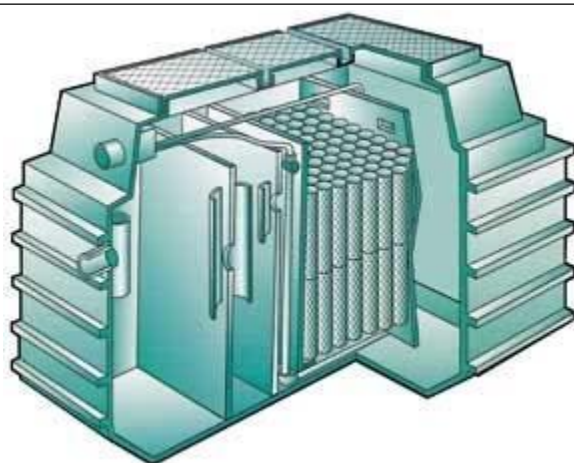


Figura 2
BAF proces (Biološki Aerirani Filter). Primarni tretman je septički dvokomorni tip. Sekundarni mulj se vraća u primarni tretman (www.v63.net, 14/11/02).



Figura 3
SAF prefabrikovani sistemi (www.nottingham.ac.uk/~enztc/guide/engsol, 08/11/02)

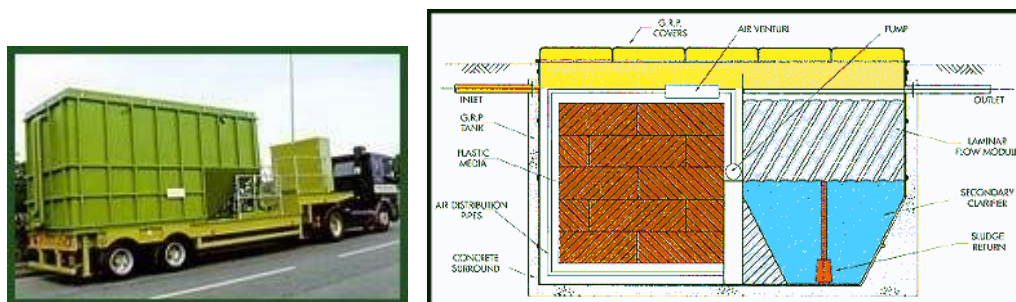


Figura 4

Kompaktno čelično postrojenje. SAF proces sa odvojenim taložnikom. BIOCLERE® (www.naston.com,

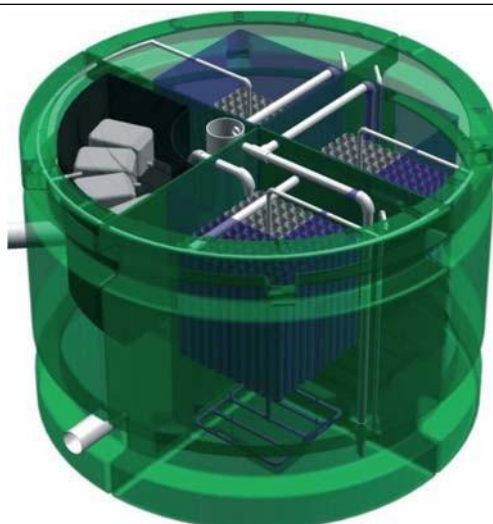


Figura 5

Kompaktni sistem BioKube, do 30 osoba. Sastoji se od 3 SAF komore u seriji za oksidaciju BOD i amonijaka (Biokube International, www.biokube.dk)



Figura 6

SAF proces malim slobodnim nepokretnim filterima. Specifična površina može biti 120 ili 210 m²/m³, povratno pranje nije potrebno (Cooper-Smith, 2006)



Figura 7
 Gradsko postrojenje za preradu za 1500 osoba. Dve linije SAF procesa (2 x 4 kade u seriji) (www.copa.co.uk)

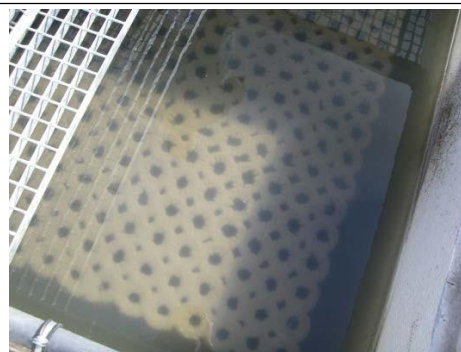
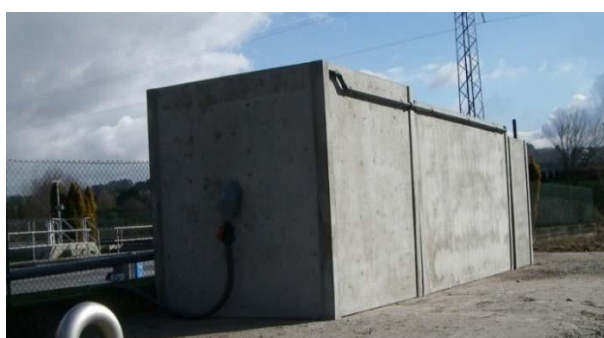


Figura 8
 SAF proces od betona. Desno, materijal za ispunu se vidi kolonizovan (prekriven) biofilmom. (Courtesy of INNDES, Ltd.)



Figura 9
 Opšta instalacija SAFTEX projekta (Sustainable Technologies Group (STG) Ltd.).