



Veekäitlusseadmete käsiraamat

Paljude aastate jooksul, mil Veepuhastuse OÜ on tootnud, müünud ja hooldanud veekäitlussüsteeme, on klientidel tihti palju küsimusi vee kvaliteedi parameetrite kohta, küsimusi mikrobioloogia ja keemia vallast ning kuidas need ühilduvad meie süsteemis.

Käsiraamat, mida praegu loete, ongi koostatud eesmärgiga anda rohkem taustinformatsiooni autopesuvee bioloogilise ümbertöötlemise kohta. Tegemist ei ole tehnilise käsiraamatuga, siin tutvustatakse lühidalt meie veekäitlussüsteemide komponente, protsesse ja tingimusi.

Käsiraamat algab vee ümbertöötlemise lühikirjeldusega, järgneb mikrobioloogia ja mõnede selle protsesside tutvustus. Vaadeldakse sõidukite pesemise situatsioonis tekkivaid spetsiifilisi ühendeid ning vee kvaliteedi parameetreid. Edasi antakse detailne ülevaade meie veekäitlussüsteemist ja selle osadest. Käsiraamatu lõpus on ülevaade võimalikest probleemidest ja nende vältimisest, eritähelepanu vajavatest ohutusnõuetest ning lõpuks käsiraamatus kasutatud terminite lühike seletav sõnastik.



Sisukord

1. Autopesula heitvee ümbertöötlemine
 - 1.1 Veekäitlussüsteem
 - 1.2 Vee töötlemine

2. Sissejuhatus mikrobioloogiasse
 - 2.1 Bakterid
 - 2.2 Aeroobsed protsessid
 - 2.3 Anaeroobsed protsessid
 - 2.4 Koostoime
 - 2.5 Toitained
 - 2.5.1 Makroelemendid
 - 2.5.2 Mikroelemendid
 - 2.6 Keskkonna mõjurid
 - 2.6.1 Temperatuur
 - 2.6.2 Hapniku kontsentratsioon
 - 2.6.3 Happelisus ja leeliselisus
 - 2.6.4 Inhibitsioon

3. Autopesula spetsiifilised ühendid: bioloogiline lagundamine ja inhibitsioon
 - 3.1 Puhastusvahendid
 - 3.2 Vahad
 - 3.3 Õlid ja rasvad
 - 3.4 Teekatte saaste
 - 3.5 Soolad
 - 3.6 Raskemetallid
 - 3.7 Akuhape ja muu keemiline saaste

4. Vee kvaliteedi mõõtmine
 - 4.1 Saastekogus
 - 4.1.1 Keemiline hapnikutarve
 - 4.1.2 Biokeemiline hapnikutarve
 - 4.2 Lahustunud hapnik
 - 4.3 pH
 - 4.4 Soolad
 - 4.4.1 Elektrijuhtivus
 - 4.4.2 Lahustunud tahked ühendid
 - 4.5 Heljuvad tahked ühendid

5. Meie veekäitlussüsteem
 - 5.1 Settepaak
 - 5.2 Aeratsiooni paak
 - 5.3 Hüdrotsüklonid



- 5.4 Aereeritud bioreaktor
 - 5.4.1 Biorõngad
 - 5.4.2 Biokile (bakterite kiht biorõngastel)
- 5.5 Toitainete ja kohanenud bakterite lisamine
- 5.6 Puhta vee mahuti

- 6. Ohutusnõuded ja võimalikud probleemid
 - 6.1 Käivitamine
 - 6.2 Autopesuvahendite valik
 - 6.3 Süsteemi toimimine, kui autosid hetkel ei pesta
 - 6.4 Ebameeldiva lõhnaga ühendite teke
 - 6.5 Kahjulikud bakterid

- 7. Lühisõnastik

1. Autopesula heitvee ümbertöötlemine

Puhta vee varud jäävad järjest väiksemaks ning meie kohus on hoida seda vett, mis meil veel alles on. Varude nappuse tõttu tõuseb pidevalt ka vee hind. Lisaks oma lastele ja lastelastele puhta vee tagamisele tähendab vee taaskasutamine täna raha kokkuhoidu (väiksem veetarbimine ja madalamad kanalisatsioonikulud). Autode pesemiseks kasutatakse suurtes kogustes kraanivett. Kraanivesi on autopesuks vajalikust palju puhtam, kasutatakse aga seda, kuna muud sorti vett ei ole.

Iga autopesula tüübi puhul on puhta vee tarbimine erinev. Näiteks iseteenindava käsipesula veekulu on väiksem, kuid aurustumine ja kasutuskaod kõrgemad, kui pesutänavas. Keskmine veekulu pesula tüübi järgi on toodud alljärgnevas tabelis:

Automaatpesula	300 liitrit / sõiduk
Iseteenindav käsipesula	100 liitrit / sõiduk
Pesutänav	250 liitrit / sõiduk
Veautode pesula	800 liitrit / sõiduk

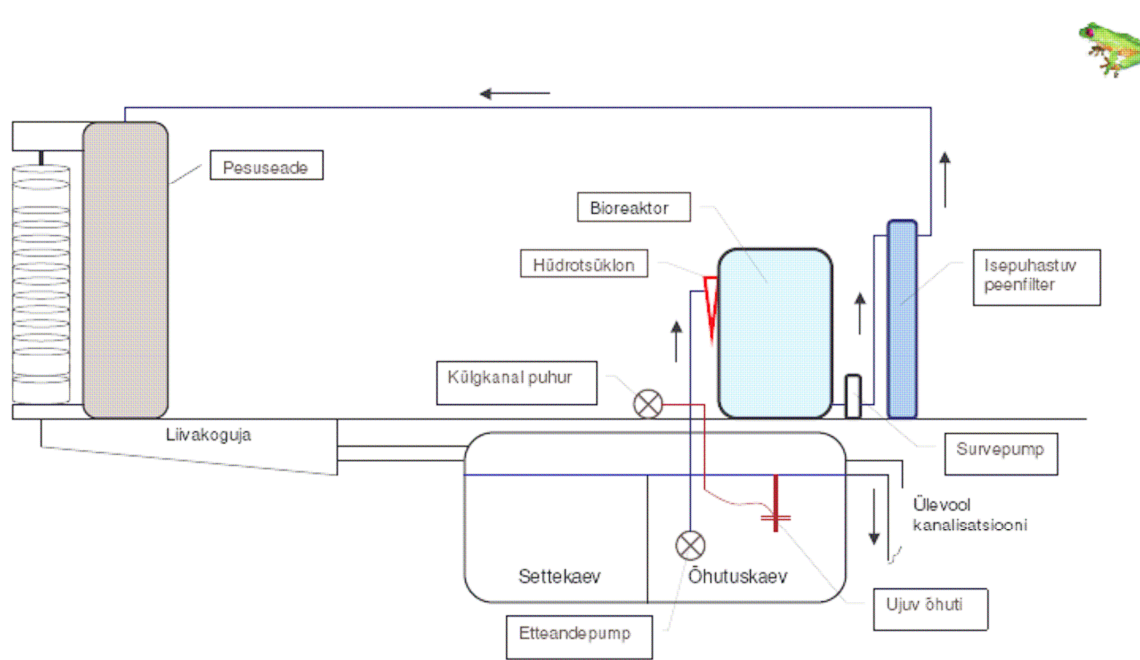
Iga pesulatüübi puhul erinev vee tarbimine erineb veel ka valitud pesu lõikes: kas telliti šassii pesu, topeltloputus jne. Suurte sõidukite (bussid, veautod) pesemiseks kulub loomulikult tunduvalt rohkem vett. Puhta vee kasutamise asendamine pesulas ümbertöödeldud veega võib anda kuni 90% kokkuhoidu puhta vee tarbimises. 100% suletud süsteem pole kunagi võimalik, sest vesi aurustub ja kasutamisel tekivad kaod. Keskmine veekadu on 10-20%. Kokkuhoiule ja keskkonnasäästlikkusele lisaks on puhta vee kasutamisele kehtestatud piirangud hea põhjus vett taaskasutada. Nii suletakse mõnedes riikides soojal suveajal autopesulad üldse või siis kehtestatakse nende vee-



tarbimisele ranged piirangud. Kui on paigaldatud vee ümbertöötlemissüsteem, saab pesula töötada ka kõige rangemate piirangute tingimustes.

1.1 Meie veekäitlussüsteem

Toodame vee ümbertöötlemissüsteeme autopesulatele. Alltoodud joonis annab ülevaate sellisest süsteemist. Ümbertöödeldud vett kasutatakse pesemise ja loputamise tsüklis. Vältimaks vee kuivamisplekkide teket sõidukil võib viimaseks loputuseks kasutada puhas kraanivett, pöördosmoos-seadme vett või deioniseeritud vett. Olenevalt autopesula tüübist võib viimaseks loputuseks lisatud puhtast veest piisata ka aurustumise ja kasutamiskadude kompenseerimiseks. Kui ei piisa, tuleb süsteemi aeg- ajalt värsket vett lisada.



1.2 Vee töötlemine

Autopesula heitvesi on väga spetsiifiliste omadustega. See erineb autopesula asukoha ja aastaaja lõikes, kuid üldiselt on selles olevad ühendid sarnased. Autopesus kasutatakse aga erinevaid pesu-operatsioone, igal neist on oma vajadused ja omadused ning iga heitvesi on erinev. Kõige tähtsamad erinevused puudutavad:

- vee tarbimiskogust
- sõidukilt maha pestava saaste kogust ja tüüpi
- pesemisprotsessis kasutatavaid kemikaale.



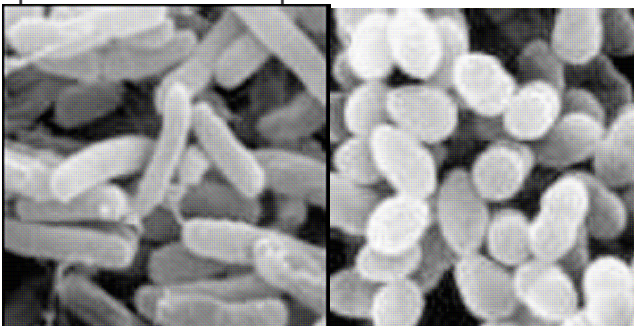
Näiteks: automaatpesulad kasutavad tihti hõõrdumist ja/või survet koos kemikaalidega, et saavutada hea pesukvaliteet. Puutevabad (survepõhised) automaatpesulad tarbivad vett rohkem, kuid kuna kemikaalid peavad tegema kogu töö, tuleb samaväärselise pesukvaliteedi tagamiseks kasutada rohkem kemikaale. Lisaks pesuvahenditele (pindaktiivsed ained) ja vahadele, mida autopesulas kasutatakse, satub heitvette ka õli, teekatte- ning muud saastet pestavatelt sõidukitelt. Pesuvee puhastamiseks kasutame bioreaktorit. Bioreaktoris olevad mikroorganismid peavad olema võimelised eelloetletud ained (teatud määral) pesuveest eemaldama. Peatükk 2 tutvustab lähemalt mikroorganismide tegevust ja nende kasvatamist.

2. Sissejuhatus mikrobioloogiasse

Mikrobioloogia on teadus mikroorganismidest. Mikroorganismide liigid on ainuraksed, vetikad, bakterid ja viirused. Meie bioreaktoris on kõige tähtsamad organismid hapnikku tarbivad bakterid. Hapnik on element, mis võib esineda mitmel kujul. Käesolevas käsiraamatus kasutatakse terminit hapnik mõistes nagu hapnik esineb õhus- O₂ kujul.

2.1 Bakterid

Bakterid on nii väikesed, et neid näeb ainult mikroskoobi all. Üks bakter koosneb vaid ühest rakust, mille keskmine pikkus on 2 ja läbimõõt 0,5 mikromeetrit. Võrdluseks: 1 millimeeter = 1000 mikromeetrit, inimese juuksekarva keskmine läbimõõt on 100 mikromeetrit. Olenevalt bakterite kujust võivad nad olla pikemad või lühemad. Kerajad bakterid on tavaliselt lühemad, kepp- ja spiraalsed bakterid pikemad.



Bakterid on väga mitmekülgsed ja neid leidub praktiliselt igal pool üle kogu planeedi. Iga liik on spetsialiseerunud elama ainult teatud tingimustes. Aeroobsed bakterid näiteks vajavad eluks hapnikku, anaeroobsed kasutavad muid ühendeid (vt. § 2.3) ning surevad kohe, kui hapnikuga kokku puutuvad. Enamus baktereid eelistab mõõdukat temperatuuri, kuid on ka selliseid, mis vajavad paljunemiseks väga madalat või hoopis väga kõrget temperatuuri. Bioreaktoris on eri liiki baktereid. Igaühel neist on oma ülesanne erinevates



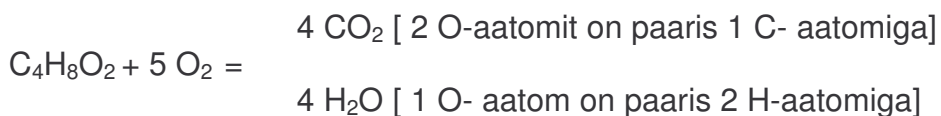
protsessides heitvee puhastamisel. Kõige tähtsamad protsessid bioreaktoris vajavad hapnikku ja seepärast ongi reaktori varustamine hapnikuga eriti tähtis. Kuid ka hapnikuvabad protsessid on kasulikud ja võivad toimuda bioreaktoris paralleelselt.

Neid aeroobseid (hapnikuga) ja anaeroobseid (hapnikuvabu) protsesse käsitleme järgmistes peatükkides lähemalt. Mil moel saavad mõlemad protsessid samaaegselt toimuda seletatakse lahti peatükis 5.

2.2 Aeroobsed protsessid

Kui süsteemis leidub hapnikku, ütlevad mikrobioloogid, et süsteemis on "aeroobsed" tingimused. Bioreaktorit varustatakse pidevalt hapnikuga ja seepärast on ka enamuse reaktoris leiduvatest bakteritest aeroobset tüüpi. Kõik bakterid, nagu ka kõik muud elusorganismid vajavad kasvamiseks toitu. Mikrobioloogias nimetatakse seda substraadiks. Bakterid vajavad toiduks sama, mis inimesedki- rasvu, süsivesikuid ja proteiine. Ning täpselt nagu inimesedki, vajavad aeroobsed bakterid eluks hapnikku- seda kasutatakse toidu "põletamiseks", et sealt energia kätte saada. Põhimõtteliselt aeroobsed bakterid "hingavad" hapnikku nagu meiegi. Kogu vees leiduv orgaaniline aine oksüdeeritakse aeroobsete bakterite poolt. Oksüdeerimine tähendab molekulide degradeerimist hapniku abil.

Keemias väljendatakse molekule valemiga, kus tähed tähistavad aatomeid ja numbrid aatomite arvu. Süsinik = C, hapnik = O ja vesinik = H. Enamuse orgaanilisi ühendeid koosnevadki peamiselt just eelnimetatud kolmest elemendist. Näiteks selline valem: $C_4H_8O_2$. Täieliku oksüdeerimise tagajärjel tekivad süsihappegaas ja vesi. Tegemist on võrrandiga, kus erinevate aatomite arv enne ja pärast võrdust jääb samaks. Meie näites 4 tk C- aatomeid, 8 tk H- aatomeid ja 8 tk O- aatomeid:



See on orgaanilisi ühendeid sisaldava vee bioloogilise töötlemise põhimõte, mis eemaldab orgaanilise saaste. Muundades orgaanilisi ühendeid CO_2 (süsihappegaasiks) ja H_2O (veeks), saavad bakterid energiat ja ehitusmaterjali kasvamiseks. Bakterite kasvamise all mõeldakse nende paljunemist. CO_2 võib veest gaasina välja minna, H_2O on lihtsalt vesi. Lisaks süsinikule, hapnikule ja vesinikule võib orgaanilistes ühendites esineda ka muid aatomeid. Ka neid saab bakterite abil oksüdeerida. Kui näiteks hapnik reageerib lämmastiku (N), fosfori



(P) ja väävliga (S), moodustuvad järgmised ühendid: nitraat (NO_3), fosfaat (PO_4) ja sulfaat (SO_4).

2.3 Anaeroobsed protsessid*

Kohtades, kus puudub hapnik hakkavad kasvama anaeroobsed bakterid. Need bakterid ei suuda hapniku keskkonnas ellu jääda. Hapniku asemel kasutavad anaeroobsed bakterid elamiseks muid ühendeid, nagu näiteks nitraati, sulfaati, lahustunud metalle või orgaanilisi ühendeid. Anaeroobsed bakterid on võimelised lagundama mitmeid ühendeid, mida aeroobsed ei suuda. Mõnede ühendite puhul tähendab see seda, et esmalt lagundavad anaeroobsed bakterid oma osa ja töö viivad lõpule aeroobsed bakterid lagundades juba kõik ülejäänud. Täielik anaeroobne lagundamine koosneb järgmistest osadest:

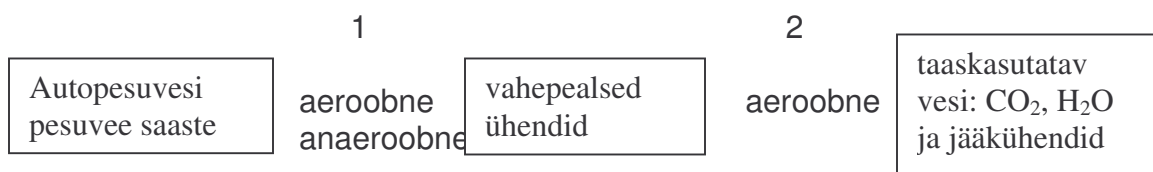
- suured ühendid lagundatakse väiksemateks ühenditeks
- väiksemad ühendid tehakse veelgi väiksemaks: tekivad atsetaat (veiniäädika hape), süsihappegaas ja vesinikgaas
- atsetaat ja vesinik muudetakse lõpp-produktideks: metaaniks (CH_4) ja süsihappegaasiks (CO_2).

Meie veekäitlussüsteemis ei toimu ülalkirjeldatud protsesside järgnemine täismahus. Anaeroobsete protsesside saadused kasutatakse ära aeroobsete bakterite poolt. Aeroobsed bakterid paljunevad kiiremini, kui anaeroobsed ja kasutavad anaeroobsete bakterite saadused ära kohe, kui need tekivad.

* Paljud seostavad anaeroobseid protsesse automaatselt taaskasutatava vee ebameeldiva lõhna probleemidega. See hirm ei ole alati õigustatud. Peatükkides 5.4 ja 6.4 selgitatakse, kuidas veekäitlussüsteemis aitavad anaeroobsed bakterid autopesula heitvett ümber töödelda ilma ebameeldiva lõhna tekketa.

2.4 Koostoime (sünergia)

Aeroobsed ja anaeroobsed bakterid teevad koostööd, et muuta saastatud pesuvett taaskasutuskõlblikuks. Paljusid ühendeid saab lagundada ainult aeroobsete protsessidega, kuid autopesuvees on ka ühendeid, mida saab lagundada ainult hapnikuvabas keskkonnas. Bakterite jagamine aeroobseteks ja anaeroobseteks on vaid väga lai liigitus kahte suurde gruppi. Need kaks põhigruppi koosnevad omakorda paljudest bakterite eri liikidest, millest igaüks tegeleb sellega, milles ta kõige pädevam on.





Ülaltoodud joonis kujutab bioreaktoris toimuvaid protsesse. Esimeses astmes ründavad nii aeroobsed kui anaeroobsed bakterid pesuvees leiduvat saastet ja lagundavad suured ühendid väiksemateks ja keerulised lihtsamateks. Lisaks lagundatakse lihtsamad ühendid juba esimeses astmes täielikult. Vahepealsed ühendid, mis tekivad 1. astme tulemusel lagundatakse aeroobsete bakterite poolt teises astmes. Ideaalis moodustuks lõppsaadusena ainult CO₂ ja H₂O, kuid praktikas jääb alati vette mõningaid väikseid jääkühendeid. See on iga bioloogilise süsteemi puhul normaalne ning tavaoludes ei ole sellel negatiivset mõju taaskasutatava vee kvaliteedile.

2.5 Toitained

Bakterid vajavad lisaks substraatidele ka toitained. Ilma nendeta ei funktsioneerid teatud ühendid bakteri rakus. Mõningaid toitained, mida kutsutakse makroelementideks, vajatakse kõrges kontsentratsioonis, teisi, peamiselt metalle, madalas kontsentratsioonis ja neid nimetatakse mikroelementideks.

2.5.1 Makroelemendid

Kõige tähtsamad toitained on lämmastik, fosfor ja väävel. Bakterid omastavad neid toitained keskkonnast, milles nad elavad. Meie näites on selleks keskkonnaks autopesula heitvesi. Bakterid omastavad väikeseid molekule, mis neid elemente sisaldavad. Näiteks: et saada lämmastikku- ammoniaak, fosforit-fosfaat ja väävlit- sulfaat. Mitte iga keskkond ei sisalda bakterite paljunemiseks piisavalt toitained ja mitte kõik bakterid ei vaja toimimiseks sama kogust. Kui keskkonnas ei ole bakterite paljunemiseks piisavalt toitained, tuleb neid lisada. Liiga suures kontsentratsioonis võivad aga mõned toitained bakterite jaoks mürgised olla.

2.5.2 Mikroelemendid

Lisaks makroelementidele vajavad bakterid väikestes kogustes ka muid toitained, nagu näiteks metalle. Samuti nagu makroelementide, omastavad bakterid neid keskkonnast, milles nad elavad. Kõige vajalikumad on kaalium (K), magneesium (Mg), raud (Fe) ja kaltsium (Ca). Kuigi bakterid vajavad neid väikestes kogustes, võib juhtuda, et nende kontsentratsioon keskkonnas ei ole siiski piisav. Mõnda metalli tarbivad bakterid nii vähe, et isegi tavalises kraanivees on vajalik kogus olemas- näiteks vaske (Cu), koobaltit (Co) ja tsinki (Zn). Kuna nende mikroelementide bakterite jaoks vajalik kontsentratsioon on väga madal, on seda lihtne tagada. Samas on võimalik, et mõnel juhul osutub metallide kontsentratsioon liiga kõrgeks. Liiga kõrge metallide kontsentratsioon on mürgine ja bakteritele pärssiva toimega.



2.6 Keskkonna mõjurid

Keskkond on tähtis kõige elava jaoks. Nii ka Veepuhastuse OÜ poolt kasutatava bioreaktori mikrobioloogilise süsteemi jaoks. Bakteritel on siin oma spetsiifiline ülesanne- puhastada autopesula heitvett. Valides õiged tingimused, ergutatakse ülesande täitmiseks õigete bakterite paljunemist.

2.6.1 Temperatuur

Kõige kõrgem ja kõige madalam temperatuur, mis soodustavad bakterite paljunemist on tavaliselt umbes 30-40°C lahus. Enamik bioreaktoris leiduvatest bakteritest on võimelised paljunema temperatuurivahemikus 10 °C kuni 40 °C. Miinimum- ja maksimumtemperatuuri vahemikus on optimaalne temperatuur, mille tingimustes on paljunemine kõige kiirem. Igal bakteriliigil on talle sobiv optimaalne temperatuur. Madalam temperatuur teeb bakteri lihtsalt passiivsemaks, kõrgem temperatuur aga võib bakteri kergesti tappa.

2.6.2 Hapniku kontsentratsioon

Hapniku kontsentratsioon mängib bioreaktoris toimuvate protsesside juhtimises väga tähtsat rolli (vt §2.2 ja §2.3). Tavalises aeroobses heitvee ümbertöötlemisseadmete süsteemis hoitakse hapniku kontsentratsiooni 2 mg/l tasemel. Sellel tasemel on aeroobsetel bakteritel piisavalt hapnikku, et elada ja hapniku siirdamine õhumullidest vette on kõige efektiivsem. Väärtus 2 mg/l on miinimumkontsentratsioon. Meie süsteemis hoitakse hapniku kontsentratsiooni kõrgemal tasemel, et aeroobsetel bakteritel kogu reaktoris oleks hapnikku rohkem kui küllaga.

2.6.3 Happelisus ja leelisus (pH)

pH on suhtelise happelisuse või leelisuse näitaja. Seda mõõdetakse skaalal 0-14. Neutraalseks loetakse pH 7. Vesi, mille pH on alla 7 on happeline ja vesi, mille pH on üle 7 on leeliseline. Mõned näited pH väärtustest: veiniäädika pH on peaaegu 3, puhta vee pH on 7 ja kodumajapidamises kasutatava nuuskiirituse pH on 11.

Täpselt nagu temperatuurigi puhul, on igal bakteri liigil ka oma spetsiifiline miinimum pH, optimaalne pH ja maksimum pH. Enamik bakteritest paljuneb kõige kiiremini, kui pH on vahemikus 6-8 ja optimaalne pH on veidi kõrgem kui 7. Alla pH 4 ja üle pH 9 on enamikule bakteritest surmav. Bakterid omastavad ühendeid neid ümbritsevast keskkonnast. Peale vajalike ainete omastamist



väljutavad bakterid jäägid keskkonda tagasi. Sel moel saavad bakterid ka ise oma keskkonna pH'd mõjutada, seeläbi mõjutades lisaks iseenda ja teiste bakterite paljunemist.

2.6.4 Inhibitsioon

Kui bakterid on pärsitud, tähendab see, et nad ei suuda optimaalselt funktsioneerida. Inhibitsiooni teatud tase võib bakterid isegi tappa. Nõrk inhibitsioon lubab bakteritel oma tööd jätkata, kuid mitte nii tõhusalt, kui nende jaoks optimaalsetes tingimustes. Optimaalsed tingimused hõlmavad temperatuuri, pH-d, hapniku kontsentratsiooni, vajalike substraatide olemasolu, mürgiste kemikaalide puudumist jne. Seega on kõigil käesolevas peatükis käsitletud teguritel oma roll nagu ka kõigel muul, mis vette siseneb, k.a sõidukite pesemiseks kasutatavatel kemikaalidel.

Temperatuur

Autopesulas (tavaliselt umbes 30 °C) pole temperatuur üldiselt probleem, kuigi osade bakterite jaoks oleks optimaalne temperatuur sellest veidi kõrgem. Looduslik valik ja kohanemisvõime tagavad selle, et reaktor töötab hästi madalal temperatuuril. Nii oleks üldjuhul vee soojendamine energia ja raha raiskamine. Reaktori korralikuks funktsioneerimiseks tuleb temperatuur hoida üle 8 °C, seega tuleks eriti külmades maades vajaliku temperatuuri miinimumi säilitamiseks vee soojendamist siiski kaaluda.

Hapnik

Aeroobsed bakterid toimivad hästi, kui hapniku kontsentratsioon on 2 mg/l või kõrgem. Madalam kontsentratsioon põhjustab süsteemi vähem tõhusa funktsioneerimise. Juhul, kui hapniku kontsentratsioon langeb 0 mg/l, funktsioneerivad ainult anaeroobsed bakterid ja see võib põhjustada ebameeldiva lõhnaga ühendite sattumise taaskasutatavasse vette. Niisiis on hapniku õige kontsentratsioonitaseme hoidmine väga tähtis.

Happelisus/leeliselisus

Bakterid on pH muutumisele väga tundlikud. Samas, kui pH muutub aeglaselt ja püsib vahemikus pH 6- pH 9, elab enamik baktereid selle päris hästi üle. Kiired muutused pH tasemes teevad kõige rohkem kahju, sest bakteritel ei ole aega muutustega kohaneda. Kõige turvalisem viis on hoida reaktori pH pidevalt optimaalse lähedal- veidi üle pH 7.

Inhibitsioon autopesula tingimustes

Ülalloetletud tegurid mõjutavad kõiki heitvee puhastussüsteeme. Autopesula on aga väga spetsiifiline keskkond: paljud sõidukite pesemiseks kasutatavad tooted sisaldavad kemikaale, mis pärsivad baktereid ning autodelt mahapestavad ained võivad mõjutada bioreaktorit. Lisaks võivad bakteritele pärssivalt mõjuda ka



õnnetuse tagajärjel või tahtlikult süsteemi lastud kemikaalid (näiteks akuhape). Autopesulas kasutatavate toodete võimalikku pärssivat mõju bakteritele käsitletakse lähemalt peatükis 3.

3. Autopesula spetsiifilised ühendid: bioloogiline lagundamine ja inhibitsioon (pärssimine)

Autopesula heitvesi on spetsiifiliste omadustega. Tüüpilised saastekomponendid, mida seal leidub on pesuvahendid (pindaktiivsed), vahad ja õlid. Iga komponent laguneb erinevalt. Osad neist võivad liiga suurtes kogustes vette sattudes isegi baktereid pärssida, kuid inhibitsioon ei tähenda tingimata seda, et lagundamine ei ole võimalik. Ideaalsel juhul ei ole komponendil baktereid pärssivat mõju ja ta on lihtsalt bioloogiselt lagundatav. Kõige halvemal juhul aga on komponendil baktereid pärssiv mõju ja ta ei ole bioloogiliselt lagundatav.

Ideaalne ↓	lagundatav	mittepärssiv	komponent lagundatakse ära
	lagundatav	pärssiv	lagundatakse ära, kuid mõjub negatiivselt biomassile, võib mõjutada teiste komponentide lagundamist
	ei ole lagundatav	mittepärssiv	lagundamist ei toimu, komponent kuhjub süsteemis ja võib mõjutada, kui kontsentratsioon liiga kõrge
Halvim	ei ole lagundatav	pärssiv	lagundamist ei toimu, mõjub negatiivselt biomassile. Komponent hakkab kuhjuma ja võib põhjustada terve süsteemi rikke



Selle tabeli kohaselt on kõige mõistlikum kasutada ainult autopesuvahendeid, mis on lagundatavad ja mittepärssivad. Praktikas see kahjuks nii ei toimi, näiteks vahade puhul (vt §3.2). Bioloogilise lagundamise aspektist on igal autopesutoote komponendil erinevad omadused.

3.1 Pesuvahendid

Pesuvahendid on pindaktiivsed ained. Kui neid lisada vedelikku, muudavad nad selle vedeliku omadusi. Pindaktiivsetel ainetel on 2 osa- hüdrofiilne (vett armastav) ja hüdrofoobne (vett vihkav) osa. Hüdrofiilne osa lahustub vees, hüdrofoobne mitte. Alljärgnev joonis näitab, kuidas pesuvahendid toimivad:

Rasvane mustus, ei lahustu vees:
raske pinnalt ainult veega eemaldada

Hüdrofiilne osa tahab olla vees, hüdrofoobne mustuses.
Nii näeb mustus välja nagu vesi ja lahustub vees. Nüüd on seda lihtne eemaldada.

Pesuvahendeid jagatakse tavaliselt hüdrofiilsuse alusel nelja gruppi: anioonsed, katioonsed, mitteioonsed ja amfoteersed:

- Anioonsed- negatiivselt laetud molekulid
- Katioonsed- positiivselt laetud molekulid. Eriti sagedasti kasutatakse kaubanduslikes pindaktiivsetes toodetes neljalisandatud ammooniumühendeid
- Mitteioonsed- laenguta molekulid. Mitteioonsetel pindaktiivsetel ainetel on nii hüdrofiilsed kui ka hüdrofoobsed omadused
- Amfoteersed- sõltuvalt vee pH'ist käituvad kui katioonsed või anioonsed pesuvahendid.

Kõige laialdasemalt kasutatakse anioonseid ja mitteioonseid pindaktiivseid pesuvahendeid. Katioonsed pesuvahendid ei ole väga tõhusad, kuid on vahades head, sest neil on omadus pindadele kleepuda (sõidukitel on negatiivselt laetud pinnad). Katioonseid ühendeid käsitletakse lähemalt § 3.2 vahade all.

Bioloogiline lagundamine

Enamik mitteioonseid, anioonseid ja amfoteerseid aineid on kergelt lagundatavad ning kõrvaldatakse tavatingimustes autopesuveest probleemideta. Bioloogiliselt mittelagundatavate ainete kasutamist reguleeriv seadusandlus läheb ülemaailmselt pidevalt rangemaks, kuna need ained saastavad keskkonda. Seega lagundavad ka meie veekäitlussüsteemis bakterid autopesuvahendeid üha lihtsamalt, kuid eri pesuvahendid alluvad lagundamisele siiski alati erinevalt.



Inhibitsioon

Baktereid võivad pärssida isegi väga hästi bioloogiliselt lagundatavad ained, kui nende kontsentratsioon on liiga kõrge. Pindaktiivsed ained muudavad pindade omadusi ja seega ka bakterite pindade omadusi. Bakteri "nahk" on väga õhuke membraan ja kui pindaktiivsed ained selle omadusi liialt muudavad, võib see pöördumatult kahjustuda. Paakides pidevalt sisalduv rohke veekogus hoiabki enamikel juhtudel pindaktiivsete ainete kontsentratsiooni madalal.

3.2 Vahad

Vaha kasutatakse sõidukile kaitsva kihi tekitamiseks. Automaatpesulates kasutatakse vaha pritsimist veega. Seega on vahadel spetsiifiline omadus sõiduki külge kinni jääda ja mitte veega maha tulla. Vahade võimalikud koostisosad on Brasiilia vahapalmi vaha ja silikoonid.

Bioloogiline lagundamine

Vahad on ilmselt kõige raskemad materjalid bioloogilises reaktoris lagundamiseks. Vaha eesmärk on kleepuda sõiduki külge ja moodustada sellele kaitsekiht. Omadused, mis seda saavutada lubavad on aga paraku samad, mis teevad vaha väga raskelt bakterite poolt lagundatavaks. Näiteks silikoonid on peaaegu lagundamatud ja kuhjuvad süsteemi. Õnneks ei ole silikoonid teadaolevalt mürgised ning nende olemasolu süsteemis ei kahjusta baktereid. Küll aga mõjutab see teatud aja pärast taaskasutatava vee kvaliteeti. Näiteks muudavad silikoonid vee väljanägemist: suur silikoonide kontsentratsioon muudab vee häguseks.

Inhibitsioon

Vahad sisaldavad lisaks inertsetele ühenditele nagu silikoonid ka aineid, mis pärssivad baktereid, näiteks neljalisasendatud ammooniumsooli, mis on mürgised ja paljud neist ka raskesti lagundatavad. See tekitab süsteemis kuhjumise ja bakterite inhibitsiooni. Suurtes kogustes neljalisasendatud ammooniumsooli aga vähendab tunduvalt ümbertöötlemise efektiivsust. Mõned neljalisasendatud ammooniumsoolad on kergemini lagundatavad, neid on aga palju erinevaid ja igal erinev bioloogilise lagundatavuse ja mürgisuse aste. Neljalisasendatud ammooniumsooladel on suurepäraseid vetthülgavad omadused ning nad jäävad hästi sõiduki külge. Seepärast kasutatakse neid paljudes vahatoodetes ja tänapäevani ei ole neile eriti alternatiive leiutatud. Bioloogiliselt kergesti lagundatavate alternatiivide väljatöötamine on aga ainult aja küsimus.



3.3 Õlid ja rasvad

Autopesuvesi sisaldab õliseid aineid. Need võivad vette sattuda sõiduki pinnal kasutatavatest naftatoodetest, sõiduki lekkivatest osadest või seadmete määrideõlidest. Nende ainete täpne koostis on teadmata, sest enamus õlidest on eri ühendite segud.

Bioloogiline lagundamine

Vees sisalduva õli ja rasva koguse lõplikku bioloogilise lagundamise astet on raske ennustada, sest vette satub palju erinevaid õli ja rasva ühendeid. Üldiselt võib aga öelda, et bioloogilise lagundamise aste suureneb, kui molekulide suurus ja keerukus väheneb. Sirgeid ahelaid (A) on kergem lagundada, kui harudega ahelaid (B), mida on lihtsam lagundada, kui ringstruktuure (C). Kõige raskemini lagunevad mitmikringsed struktuurid (D).

Paljude õli-ühendite madal vees lahustuvus raskendab bakterite rünnakut nende vastu. Kuna baktereid peab ümbritsema vesi, peavad lagundatavad ühendid olema enne vees lahustunud, kui bakterid neid töödelda saavad. Selles mõttes on esimene lagundamisel tekkiv probleem ühendite kättesaadavus bakteritele. Samas sisaldab autopesuvesi rohkelt pindaktiivseid aineid ja need võivad suurendada bakteritele kättesaadavate õliühendite kogust, sest pindaktiivsed ained ja lahustid parandavad muidu halvasti lahustuvate ühendite lahustuvust vees. Teine probleem on mõnede ühendite suurus ja stabiilsus. Ringstruktuurid, näiteks, on väga tugevad ja bakterid peavad kõigepealt ringid purustama, et ühendit üldse lagundada saaks.

Inhibitsioon

Paljud "õlid ja rasvad"- gruppide kuuluvad ühendid pärsvivad baktereid, kuid nende hulk autopesuvees ei ole märkimisväärne ja tavaliselt probleeme ei tekita. Tänu sette- ja aeratsioonipaagile toimub nimelt lahjendamine. Eriti suurtel kogustel, mis on sattunud süsteemi näiteks mootoriõli väljalaskmisel, on kindlasti süsteemile (ajutiselt) negatiivne mõju. Bioreaktori taastumiseks vajaminev aeg sõltub aine kogusest, mis süsteemi sisenes.

3.4 Teekatte saaste

Bioloogiline lagundamine

Enamus teekatte saastest, nagu liiv, tolm ja sool, ei ole bioloogiliselt lagundatavad. Orgaanilised ained nagu õietolmu terakesed ja taimne aines on osaliselt lagundatavad. Teekatte saastet ei peeta mürgiseks, kuid kuna see koosneb põhiliselt tahkest aineist võib ta sellegipoolest tekitada probleeme puhastussüsteemides, millel puuduvad tahkete ainete eemaldamise võimalused. Tahked ained ummistavad torud ja aeratsiooni süsteemi. Meie veekäitlussüsteem tegeleb tahkete ainetega kolmes kohas: settepaagis,



hüdrotsüklonis ja ränikivi filtris. Settepaagi põhja jäävad raskemad tahked ained nagu jäme liiv. Kergemad ained voolavad veega aeratsioonipaaki. Aeratsioonipaagist pumpab vett edasi purustav pump, mis jahvatab tahke materjali väiksesteks osakesteks. Enne bioreaktorisse sisenemist läbivad vesi ja need tahked väikesed osakesed hüdrotsükloni, milles tahked osakesed veest eemaldatakse. Peale bioloogilist protsessi filtreeritakse vesi lõplikult ränikivi filtris. Teekatte saastel ei ole teadaolevalt bakteritele pärssivat mõju.

3.5 Soolad

Autopesukemikaalid sialdavad küll soolasid nagu naatriumhüdroksiid, naatriumkloriid jpt, kui see ei tähenda, et kõigis autopesulates oleks vees suures kontsentratsioonis soola. Suured soolakogused satuvad vette hoopis teekatte jäätumist takistavate soolade näol. Suurtes kogustes tekitab sool aga probleeme. Selle tulemusel jäävad autod peale pesemist laiguliseks juba väiksemagi soolasisalduse tõusu puhul pesuvees. Kui kontsentratsioon tõuseb liiga kõrgeks, tuleb osa taaskasutatavast veest asendada värske veega. Vee ümbertöötlemissüsteemis on taskaalus uus vesi, mis süsteemi siseneb ja "vana" taaskasutatav vesi, mis süsteemist väljub (autode pinnal peale pesu jne.). Sel moel ei tohiks vee soolasisaldus kuigi kiiresti tõusta.

Bioloogiline lagundamine

Soolad ei ole bioloogiliselt lagundatavad ja kuhjuvad süsteemi vette sisenemise kohas.

Inhibitsioon

Meie süsteemis töötavad bakterid kannatavad teatud koguses soola välja, kuid see kogus võib siiski olla väga väike. See ja autode laiguliseks tegemine pesus on põhjused, miks soolade kontsentratsioonile tuleb tähelepanu pöörata.

3.6 Raskemetallid

Sõidukeid valmistatakse metallist, kuid raskemetallide sisaldus pesuvees ei ole peaaegu kunagi liiga kõrge. Juhul, kui autopesula seadmetes on kasutatud galvaniseeritud torusid, võib mõnikord üle normi piiri esineda tsinki ja vaske. Tsinki võib eralduda ka värvist ja piduriklotsidest.

Bioloogiline lagundamine

Metallid kui sellised ei ole bioloogiliselt lagundatavad, kuid bakterid taluvad neid, sest nagu kirjeldatud §2 vajavad bakterid madalat metallide kontsentratsiooni paljunemiseks.



Inhibitsioon

Kui kontsentratsioon tõuseb liiga kõrgeks, mõjub see bakteritele pärssivalt. Samas on risk, et see juhtub autopesuvee koostisega, minimaalne.

3.7 Akuhape ja muu keemiline saaste

Kui peaks mõni klient otsustama kasutada autopesulat, kui keemiliste jäätmete hoidlat, võib see süsteemi tõsiselt kahjustada. Kõige suurem on risk iseteenindavates pesulates, kus äravoolu kallatakse mida iganes. Vee ümbertöötlemissüsteemid, kus bakterid kinnituvad kandvale materjalile on üldiselt toksilistele šokkidele vastupidavamad kui vabalt vees olevate bakteriga süsteemid. Sellele vaatamata on suur kogus eriti mürgist ainet nagu akuhape süsteemile väga kahjulik. Kõige halvemal juhul sureb enamus baktereid ja kogu süsteem tuleb uuesti käivitada. Ainult juhtudel, kus kogu biomass ei ole surnud võib abi olla süsteemi loputamisest värkse veega ja taastusperioodist.

4. Vee kvaliteedi mõõtmine

Heitvee puhastamisel määratakse vee kvaliteeti erinevate parameetrite mõõtmise teel. Käesolevas peatükis kirjeldatakse neist autopesula heitvee ümbertöötlemissüsteemi jaoks tähtsamaid.





4.1 Saastekogus

4.1.1 Keemiline hapnikutarve (COD)

COD on heitvee puhastamises laialt kasutatav parameeter. Vee proovis määratakse ainete hulk, mida on võimalik oksüdeerida väga tugeva keemilise oksüdandi abil. Protseduur viiakse läbi kontrollitud tingimustes laboratooriumis. Koos oksüdandiga lisatakse proovi tugevat hapet ja segu hoitakse 150° C juures kaks tundi. Edasi lastakse segul jahtuda ja analüüsitakse seda. COD näitab vees leiduva orgaanilise saaste kogumäära. Kuna COD läbiviimiseks kasutatakse tugevat kemikaali, ei näita resultaat paraku, kas vees leiduv saaste on ka bioloogiliselt lagundatav. Tulemust väljendatakse tavaliselt milligrammi hapnikku liitri kohta (mg/l). Peale ümbertöötlemist peaks vee COD olema väga madal.

4.1.2 Biokeemiline hapnikutarve (BOD), Eestis nimetatakse seda BHT

Teine tihti kasutatav parameeter on biokeemiline hapnikutarve. Vastupidiselt COD-le näitab BOD vees leiduva saaste kogumäära, mida on võimalik aeroobsete bakterite poolt oksüdeerida. Seega ei ole need kaks näitajat kunagi võrdsed, BOD on alati madalam. Kõige tavalisem BOD meetod on "viie päeva BOD" e. BOD₅. Laboratooriumis külvatakse vee proovi väike kogus baktereid. Pudel tihendatakse õhukindlaks ja selles leiduva hapniku kogust mõõdetakse regulaarselt viiel järjestikusel päeval. Kui proovis sisaldub bioloogiliselt lagundatavat materjali, saavad bakterid seda paljunemiseks ära kasutada ja hakkavad tarbima hapnikku, et seda lagundada. Bakterite poolt ära tarbitava hapniku kogus on mõõduks vee proovis leiduva bioloogiliselt lagundatava materjali kogusele.

Bakterid ei suuda kunagi oksüdeerida sama palju, kui keemiline oksüdant, seepärast on BOD alati madalam kui COD. Ka BOD väljendatakse mg/l. Lõpuks kaob BOD täiesti, mis näitab, et kogu bioloogiliselt lagundatav materjal on eemaldatud. Kogu bioloogiliselt lagundatavat materjali ei ole võimalik lühikese ajaga oksüdeerida, sellepärast jääb alati jääkkontsentratsioon aeglaselt lagunevatest ühenditest. Meie veekäitlussüsteemis, kuhu pidevalt lisatakse uusi substraate, ei eemaldata kunagi BOD täielikult.

4.2 Lahustunud hapnik (DO)

Bioreaktor on bioloogiline süsteem, mis koosneb peamiselt aeroobsetest bakteritest ja seal on vees lahustunud hapniku kontsentratsioon väga tähtis. Hapniku kogust mõõdetakse anduri abil ja tavaliselt väljendatakse mg/l või % küllastusest. Bioloogiliste aeroobsete vee ümbertöötlemissüsteemide jaoks on 2 mg/l miinimumkontsentratsioon. Lahustunud hapnikku mõõdetakse DO-anduriga, mis tavaliselt suudab tulemust väljendada nii mg/l kui ka %-na.

Hapniku maksimaalne hulk, mis vees võib lahustuda sõltub temperatuurist ja väiksemal määral ka baromeetrilisest õhurõhust ning soolade sisaldusest. Mida



soojem vesi, seda vähem hapnikku lahustub. Näiteks: madala soolasisaldusega, 15 °C, merevee taseme kõrgusel vees lahustub hapnikku maksimaalselt 10 mg/l. Kui aga lahustub 2 mg/l on see maksimumist 20%. Samas vees, kui temperatuur on 20 °C on maksimumkontsentratsioon ainult 9 mg/l. Kui siin lahustub näiteks 2 mg/l on see 22% maksimumist.

4.3 pH

Vee happelisust (või leeliselisust) väljendatakse pH-ga (vt §2.5.3). Analüüsitava vee pH on vesinikioonide kontsentratsiooni mõõt. Kõrgema pH juures on vesinikioone vähem, kui madala pH juures. Kui on vaja eriti täpseid tulemusi, mõõdetakse vesinikioonide kontsentratsiooni anduriga. Kontrollimaks, et pH väärtus on õiges vahemikus, kasutatakse ka "pH paberit". See paber annab iga pH kohta erineva värvi. pH arvutatakse selliselt, et ühe pH ühiku muutmine peegeldub kümnekordses vesinikioonide kontsentratsiooni muutuses. Näiteks on pH 6 juures on vesinikioone kümme korda rohkem kui pH 7 juures. Seega oleks bioreaktori ideaalne pH veidi kõrgem, kui 7.

4.4 Soolad

Soolade kontsentratsioon on oluline, sest kõrge soolasisaldusega pesuvei jätab sõidukid laiguliseks ja mõjub pärssivalt bakteritele. Soolasisaldust mõõdetakse kahel erineval viisil. Olenevalt riigist eelistatakse üht või teist.

4.4.1 Elektri (eri)juhtivus

Erijuhtivus on vee omadus juhtida elektrivoolu. See on otseses seoses vees lahustunud soola kogusega, sest just lahustunud sool transpordib voolu läbi vee. Erijuhtivust mõõdetakse spetsiaalse anduriga, millel on kaks üksteisest täpselt 1.0 cm kaugusel asuvat elektroodi. Elektroodid on pideva pinge all, mis saadab elektrivoolu läbi vee- mida kõrgem on vees lahustunud soola kontsentratsioon, seda kõrgem on elektrivool. Juhtivust väljendatakse mikrosiimensites sentimeetri kohta ($\mu\text{S}/\text{cm}$).

4.4.2 Lahustunud tahked ühendid (TDS)

"Lahustunud" ja "tahke" näivad vastandlikena, kuid kui vesi aurustada, jääb alles valik tahkeid ühendeid. Need jäägid sisaldavad kõiki mineraale, soolaid ja metalle, mis vees olid lahustunud. TDS kontsentratsiooni vees määratakse laboratooriumi tingimustes. Mõõdetud kogus analüüsivat vett lastakse läbi filtri, mis peab kinni kõik vees mittelahustunud materjali. Filtreeritud vesi pannakse keraamilisse anumasse, mille kaal on teada ja tõstetakse temperatuur 105 °C. Kui proov on kuivanud, tõstetakse temperatuur üheks tunniks 180 °C, et kindlustada kogu vee aurustumine. Anuma kaal koos kuivanud prooviga miinus



tühja anuma kaal annabki algses veeproovis lahustunud tahkete ühendite kaalu. Saadud kaalu ja algse veeproovi koguse alusel arvutatakse TDS määr mg/l.

4.5 Heljuvad tahked ühendid (SS)

Heljuvate tahkete ühendite määr on vee selguse aspektist tähtis näitaja. Tahkete osakeste vees ringi hõljumise tulemusel näib vesi räpane. Näiteks võib taaskasutatavas vees leiduda reaktorist juhuslikult vette sattunud biomassi või tsüklonitest läbi pääsenud imeväikeseid saviosakesi (alla 5 μm). Heljuvaid ühendeid mõõdetakse nagu lahustunud ühendeidki eelkaalutud filtrit kasutades. Mõõdetud kogusega proov vett filtreeritakse, misjärel filter kuivatatakse. Filtrile jäänud tahke materjali kaalu ja proovi koguse alusel arvutatakse SS kontsentratsioon, mis väljendatakse mg/l.

5. Meie veekäitlussüsteem

Enne bioreaktorit eemaldatakse autopesuveest tahke materjal. Bioreaktorisse sisenevas vees leidub ainult lahustunud aineid ja väga väikesi tahkeid osakesi (alla 10 μm). Bakterid, kes reaktoris elavad, eemaldavad heljuvad tahked osakesed ja lahustunud orgaanilise saaste kinnipüüdmise ja bioloogilise lagundamise teel.

5.1 Settepaak

Tahked materjalid nagu liiv, mis ei jäänud pidama restkaevu, settivad settepaagi põhjale. Aja järgi, kui kaua vesi paaki läbib, saab määrata, kas settivad ainult raskemad materjalid nagu liiv või ka kergemad, nagu näiteks savi. Osa settepaaki jäävast settest on bioloogiliselt lagundatav. Igas settepaagis leidub ka baktereid ja nii lagundatakse osa settest juba seal ära. Veekäitlussüsteemis stimuleeritakse orgaanilise aine lagundamist settepaagis veelgi. Hüdrotsüklonite (§5.3) poolt võetakse veest välja väike kogus aeratsioonipaagis (§5.2) eluvõimelisi baktereid ja juhatakse settepaaki, nii suurendades aktiivsete bakterite hulka seal. Töödeldav vesi sisaldab lahustunud toitainete jääke (§5.5), mida paagis elavad bakterid saavad tarbida. Settepaagis leiduva sette parem lagundamine tähendab ka seda, et paak ei saa nii kiiresti täis ja seda ei pea nii tihti hooldama/puhastama.

5.2 Aeratsiooni paak

Settepaagist voolab vesi edasi aeratsiooni paaki. Aeratsioon on protsess, mille käigus puhutakse vette õhku eesmärgiga transportida õhus leiduv hapnik vee sisse. Seda saab teha ujuva, eriliste membraanidega aeraatori abil. Selle



protsessi järgselt on bioreaktorisse sisenevas vees juba olemas hapniku kontsentratsioon. Lisaboonus on vee segamine, mis tekib aeratsiooni mõjul. Uus pesuvesi, mis aeratsioonipaaki siseneb, seguneb seal juba leiduva veega, lahjendades kõikvõimalikke pärssivaid ühendeid. Lisaks sellele funktsioneerib tänu aeratsioonile see paak ka nn. "eel-bioreaktorina". Paagi seintele ja aeratsiooni süsteemile tekib sarnaste bakterite kiht, mis leiduvad ka bioreaktoris. Need bakterid alustavad juba tasapisi vee puhastamist, kuid loomulikult võrreldes reaktoriga, ei ole see ulatuslik.

5.3 Hüdrotsüklonid

Aeratsiooni paagist pumbatakse vesi purustava pumba abil hüdrotsüklonisse. Purustav pump kindlustab selle, et osakesed, mis jõuavad tsüklonisse on väiksemad kui 1 mm, et vältida ummistumist. Vesi siseneb tsüklonisse ülevalt ja selle eriline ehitus sunnib vett spiraalselt liikuma. Hüdrotsükcloneid on võimalik tellida täpselt teatud mõõtu osakeste eraldamiseks veest ("löikepunkt"). Süsteemis sunnitakse spiraalselt üles liikuma väiksemad osakesed, kui 10 µm ja enamuse vett ning osakesed, mis on suuremad, kui 10 µm ja väike osa veest sunnitakse spiraalselt allapoole. Ülevalt tulev suurtest tahketest osakestest vaba vesi suunatakse bioreaktorisse. Alt tulev tahkete osakeste sisaldusega vesi suunatakse tagasi settepaaki. Hüdrotsüklonites on maksimumläbivool, meie süsteemis on see 2 kuni 4,5 m³/h.

5.4 Aereeritud bioreaktor

Bioreaktorisse pumbatakse pidevalt õhku, et kindlustada vee puhastamiseks korralik hapnikuvaru. Kui bakterid, kes seda hapnikku tarvivad ei saa seda piisavalt, ei toimi reaktor hästi. Õhu lisamine on oluline ka reaktoris toimuva segunemise jaoks. Süsteem tuleb hästi läbi segada, et kõik vees leiduv saaste satuks bakteritega kontakti. Ainus muu segamissüsteem, mida reaktoris veel kasutatakse, on vee ülesvool.

5.4.1 Biorõngad

Autopesuveest saaste kättesaamisel mängib olulist rolli bakterite hulk bioreaktoris. Kui bakterid heljuksid vabalt vees, siseneksid ja väljuksid nad bioreaktorist koos sellega. Aeratsiooni mõjul toimuks ilmselt mingisugune puhastumine, kuid mitte piisav, et tagada kvaliteetset taaskasutatavat vett. Seepärast on bioreaktoris nn "biorõngad". Kui tingimused bioreaktoris on õiged, hakkavad bakterid nendel rõngastel kihtidena paljunema ja lõpuks katavad need täielikult. Need spetsiifilist kilet tootvad bakterid väljutavad liimisarnast ainet, mis ankurdab nad biorõngaste külge. Nii ei ole neil võimalik bioreaktorist väljuda. Kuna nad on tihedalt koos, saavad nad väga tõhusalt töötada: lühikesed



vahemaad teevad substraatide ja toitainete transpordi bakteri vahel väga lihtsaks. Erinevates kohtades kihtidel leidub erinevaid bakteritüüpe, sõltuvalt sellest, kus on parimad kasvutingimused.

5.4.2 Biokile (bakterite kiht rõngastel)

Seoses sellega, et bakterid kasvavad kihtidena, saab hapnik ainult osaliselt biokillesse siseneda. Väliskihtidel leiduvad aeroobsed bakterid võtavad kogu hapniku endale ja nii arenevad sisemistel kihtidel anaeroobsed bakterid. Sel moel saavad bioreaktoris toimuda paralleelselt nii aeroobsed kui anaeroobsed protsessid. Läbilõike kaetud biorõngast leiate allolevalt skeemilt, kus sinisega on välja toodud hapnikurikkad- ja pruuniga hapnikuvaesed tsoonid ning nooltega näidatud biokile sees toimuv ühendite transport. See toimub erinevates suundades:

- vesi aeroobsesse tsooni: igat sorti ühendid
- aeroobne tsoon anaeroobsesse: osaliselt lagundatud ja aeroobselt mittelagundatavad ühendid
- anaeroobne tsoon aeroobsesse: lagundamissaadused
- aeroobne tsoon vette: lõplikud aeroobse lagundamise saadused

5.5 Toitainete ja kohanenud bakterite lisamine

Autopesuvees pole mitte alati bakteritele piisavalt toitaineid. Bakterite jaoks õige koguse toitainete saamine tagab ka bioreaktori hea toimimise. Sellepärast tuleb süsteemi regulaarselt lisada SR20 spetsiaalset toitainete segu, mis sisaldab ka spetsiaalselt pesuvahendite ja õlide degradatsiooniks kohandatud baktereid ja pärmi. Bakterite ja toiteainete õige segu on kasulik reaktori kiireks käivitamiseks ja taastusperioodi lühendamiseks pärast õnnetusi nagu pärssivate ainete süsteemi sattumine. Kõik SR20-s sisalduvad koostisained on Ameerika Toidu- ja Ravimiliidu poolt koostatud "üldiselt turvaliseks peetavas" nimekirjas.

5.6 Puhta vee mahuti

Ümbertöödeldud e. taaskasutatav vesi voolab puhta vee säilitusmahutisse. Sealt võetakse vett, kui toimub autopesu. Ka puhta vee paaki õhutatakse, et tagada aeroobsete bakterite domineerimine ja sellega välditakse halva haisu teket vees.

6. Ohutusnõuded ja võimalikud probleemid

6.1 Käivitamine

Igal bioloogilise töötlemise süsteemil on käivitamisperiood, mille ajal bakterid paljunevad ja kohanduvad tingimustega. Meie veekäitlussüsteemis lisatakse kiire



käivitamise tagamiseks baktereid ja toitaineid. Bakterid kinnituvad reaktoris seintele ja hakkavad alguses kergemaid ühendeid lagundama. Edasi nad paljunevad rõngastel ja kohanevad autopesuvee omadustega. Samal ajal, kui rõngad kattuvad bakteritega tõuseb vee ümbertöötlemissüsteemi tõhusus kuni saavutab maksimumi.

6.2 Autopesuvahendite valik

Peatükis 3 selgitati, et vee puhastamise efektiivsus sõltub sellest, millised ühendid vette satuvad. Küsimused, mida endalt küsida, kui otsustate mingi toote kasutamise poolt või vastu: kas toote koostisained on bioloogiliselt lagundatavad? ega toote koostis baktereid pärsi?. Siinkohal saame alati nõu anda. Saates meile kasutada soovitava kemikaali MSD- ankeedi (materjali ohutuse ankeet), saab enamikul juhtudest tuvastada tootes sisalduvad potentsiaalselt kahjulikud ühendid.

6.3 Süsteemi toimimine, kui autosid hetkel ei pesta

Ajal, mil autopesula lühiajaliselt ei tööta, näiteks öösel või nädalavahetustel, töötab süsteem edasi. Läbi kogu süsteemi pumbatakse regulaarselt õhku ja lisatakse baktereid. Bakteritel on bioreaktoris sel ajal küll vähem toitaineid, kuid teisalt annab väike paus aega rahulikult taastuda autopesula töötamise ajal vette sattunud võimalike pärssivate ühendite mõjust.

Autopesula pikemaegne seismine põhjustab bioreaktoris probleeme - mingil ajahetkel ei ole bakteritel enam toitaineid, mida nad saaks paljunemiseks kasutada. Täpselt nagu inimestele, on ka bakteritele vajalik teatud miinimum toidukogus, et ellu jääda. Toitainete puudumine pikemat aega võib põhjustada osade bakterite surma. Teised bakterid elavad selle üle minnes "uinuvasse" olekusse. Niipea, kui pesula tööle hakkab "ärkavad" nad üles ja elavad edasi, kuid reaktori efektiivsus ei saavuta veel mõnda aega seisakueelset taset.

6.4 Ebameeldiva lõhnaga ühendite teke

Kõikide autopesulaomanike suurim kartus on ebameeldiva lõhna tekkimine. Üldjuhul on see seotud anaeroobsete tingimuste tekkega kuskil veesüsteemis. Peatükis 2.3 selgitati juba, et meie veekäitlussüsteemi biomass sisaldab anaeroobseid baktereid. Võib-olla näib see esmalt ebasoodus, pidades silmas tugevat seost anaeroobsete tingimuste ja ebameeldiva lõhna probleemide vahel. Kuid need bakterid on väga kasulikud, et lagundada pesuvees sisalduvat orgaanilist materjali. Juhul, kui nad oma tööd tehes ka tekitavad ebameeldivat lõhna, eemaldatakse see aerobsete bakterite poolt hapnikku sisaldavates biokile tsoonides. Kui aeratsioon ei ole piisav, võivad ebameeldiva lõhnaga ühendid läbida aerobse tsooni ilma, et neid ära oksüdeeritaks ning sattuda



vette. Seepärast ongi meie süsteem 24 tundi päevas, 7 päeva nädalas aereeritud - nii on hapniku kontsentratsioon süsteemis alati piisav.

6.5 Kahjulikud bakterid

Teadaolevalt on kahjulike bakterite nagu näiteks *Legionella* või muude patogeenide sattumise võimalikkus taaskasutatavasse vette minimaalne. Taaskasutatav vesi ei ole kontaktis kodumajapidamistes tekkiva heitveega, mis teeb inimese patogeenidega saastumise ebatõenäoliseks. *Legionella*'t võib leida peaaegu igas veesüsteemis, kuid siiani ei ole seda veel avastatud autopesulates, mis kasutavad meie vee ümbertöötlussüsteemi. *Legionella* eelistab sooja ja seisvat vett. Süsteemis, kus vee temperatuur on madalam ja vesi ringleb 24 tundi päevas ei ole *Legionella* probleem.

7. Lühisõnastik

Veekäitluses rahvusvaheliselt kasutatavad terminid:

Aeration	aeratsioon (õhk läbib vee, mille tulemusel õhus sisalduv hapnik lahustub vees)
Aerobic	aeroobne (hapnikku sisaldav)
Aerobic bacteria	aeroobsed bakterid (bakterid, mis vajavad elamiseks hapnikku)
Anaerobic	anaeroobne (hapnikuvaba)
Anaerobic bacteria	anaeroobsed bakterid (bakterid, mis ei suuda elada hapniku juuresolekul)
Biofilm	biokile (biorõngastel asuvate bakterite kihtidest koosnev biomass)
BOD	biokeemiline hapnikutarve. Eestis kasutatakse mõistet BHT
COD	keemiline hapnikutarve
Inhibition	inhibitsioon, pärssimine (mõjub bakteritele halvasti)
Nutrient	toitained (ühendid, mida bakterid vajavad paljunemiseks)



Organic compounds orgaanilised ühendid (molekulid, mis põhinevad süsinikul)

Intermediate compounds vahepealsed ühendid (autopesuvees algselt sisaldunud ühendite lagundamisel tekkinud uued ühendid, tavaliselt väiksemad või lihsalt teisenenud)

Oxidise oksüdeerima (lagundama kasutades hapnikku)

Reclaim water taaskasutatav vesi (ümbertöödeldud heitvesi)

Sensor andur (mõõdab teatud ühendite kontsentratsiooni)

Substrate substraat, toitaine (bakteri söök)

Trace metals mikrometallid (põhimetallid, mida bakterid vajavad imeväikeses kontsentratsioonis)

Wash water autopesuvesi (vesi, mida on juba kasutatud sõiduki pesemiseks)