VESIKOULU

Tietopaketti jätevedestä, sen puhdistuksesta ja ympäristövaikutuksista Suomessa

Aino Pelto-Huikko ja Niina Vieno

13.11.2009

Vesi-Instituutti WANDER/Prizztech Oy

Sisällysluettelo

Esipuhe 3

Sanasto 3

Johdanto 4

Mitä jätevesi on? 4

Viemäriverkosto 7

Jätevesien puhdistaminen 8

Välppäys ja hiekanerotus eli mekaaniset puhdistusmenetelmät 8

Kemiallinen puhdistus 8

Biologinen puhdistus 8

Bakteerit jätevesissä *9*

Jätevesilietteen käsittely 11

Puhdistusprosessit Suomessa 12

Puhdistetun jäteveden purku vesistöön 14

Tehtäviä ja keskustelunaiheita 14

Esipuhe

Vesikoulu on alakoulun 5-luokkalaisille ja yläkoulun 7- tai 8-luokkalaisille tarkoitettu selainpohjainen opetusmateriaali jätevedestä, viemäröinnistä, jätevesien puhdistuksesta ja ympäristövaikutuksista Suomessa. Oppilaiden materiaali löytyy osoitteesta www.vesikoulu.fi. Sivustolla on omat osiot ala- ja yläkoululaisille. Tämä opettajille suunnattu tietopaketti soveltuu sekä ala- että yläkoulun opettajan käyttöön. Tietopaketin tarkoituksena on antaa opettajalle nettisivuja laajempaa tietoa aiheesta sekä antaa ideoita jätevesiaiheen käsittelyyn oppitunneilla. Vesikoulua on valmisteltu yhdessä opettajien kanssa ja sen taustalta löytyvät Vesi- ja viemärilaitosyhdistys, Vesi-Instituutti WANDER ja Borealis Polymers Oy.

Suuret kiitokset opettajille yhteistyöstä ja kaikille materiaalia kommentoineille!

Raumalla 13.11.2009

Aino Pelto-Huikko ja Niina Vieno

Sanasto

Harmaa vesi	Yhteisnimitys pesutiloista ja keittiöstä tulevalle jätevedelle.
Hulevesi	Yhteisnimitys sade- ja sulamisvesille. Käytetään erityisesti hulevesiviemärin eli kaupungin sadevesiverkoston yhteydessä.
Lieteikä	Biologisessa käsittelyssä käytetty termi, joka kuvaa bakteerien keskimääräinen ikää käsittelyaltaassa. Sitä mitataan vuorokausissa.
Mikrobi	Pieneliö. Mikroskooppisen pieni eliö, jota ei voi nähdä paljaalla silmällä. Mikrobeja ovat bakteerit, virukset, alkueläimet sekä homeet ja sädesienet.
Mikro-organismi	ks. mikrobi
Musta vesi	Nimitys pelkästään WC:stä tulevalle jätevedelle.
Patogeeni	Sairautta aiheuttava mikrobi.
Rehevöityminen	Vesikasvien ja levien liiallinen kasvu vesistössä johtuen ravinteiden liiallisesta määrästä.
Sanitaatio	Virtsan ja ulosteiden hygieeninen käsittely. Sanitaatiolla tarkoitetaan myös hygieenisten olosuhteiden ylläpitoa jätteiden ja jäteveden käsittelyn kautta.
Vesihuolto	Yleisnimitys puhtaan veden hankinnalle ja -jakelulle, viemäröinnille ja jätevesien käsittelylle.

Johdanto

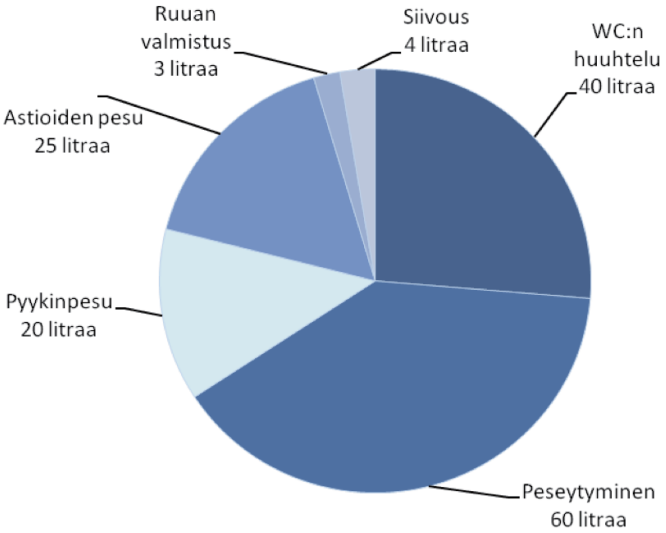
Sadeveden keräystä ja viemäröintiä on harjoitettu jo ammoisina aikoina, mutta varsinaisten jätevesien keräys alkoi vasta 1800-luvun alussa. Bakteerien yhdistäminen tauteihin johti 1800-luvun lopussa siihen, että jätevesiin, niiden johtamiseen ja puhdistamiseen alettiin kiinnittää yhä enemmän huomiota. Ennen tätä käymälävesien saastuttaman juomaveden yhteyttä tauteihin ei ymmärretty. Nykyään jätevesien puhdistus on olennainen osa yhteiskuntaa. Puhdistamalla jätevetemme vältämme ympäristölle haitallisten vaikutusten syntyä, kuten vesistöjen rehevöitymistä.

Viemäröinnin ja jätevedenpuhdistuksen historiaa

- 1800 luku	Sadevesien keräystä ja viemäröintiä
1800-luku	Viemäreiden rakennus käymälävesille alkaa suurimpiin kaupunkeihin
1850-luku	Ensimmäinen jätevedenpuhdistamo rakennetaan Chicagoon
1855	Lontoon laaja koleraepidemia yhdistetään jäteveden saastuttamaan kaivoveteen
1883	Robert Koch eristää kolerabakteerin
1895–98	Turussa rakennetaan verkosto ruutukaava-alueelle johtamaan jätevedet Aurajokeen
1900-luvun alku	Jätevesien viemäröinti ja puhdistus yleistyy
1910	Jätevedenpuhdistus aloitetaan Helsingissä
1932	Pohjoismaiden ensimmäinen aktiivilietelaitos valmistuu Helsinkiin
1970-luku	Jätevedenpuhdistamoiden rakentaminen on Suomessa vilkkaimmillaan
2009	Suomen väestöstä n. 80 % on liittynyt kunnalliseen viemäriverkostoon

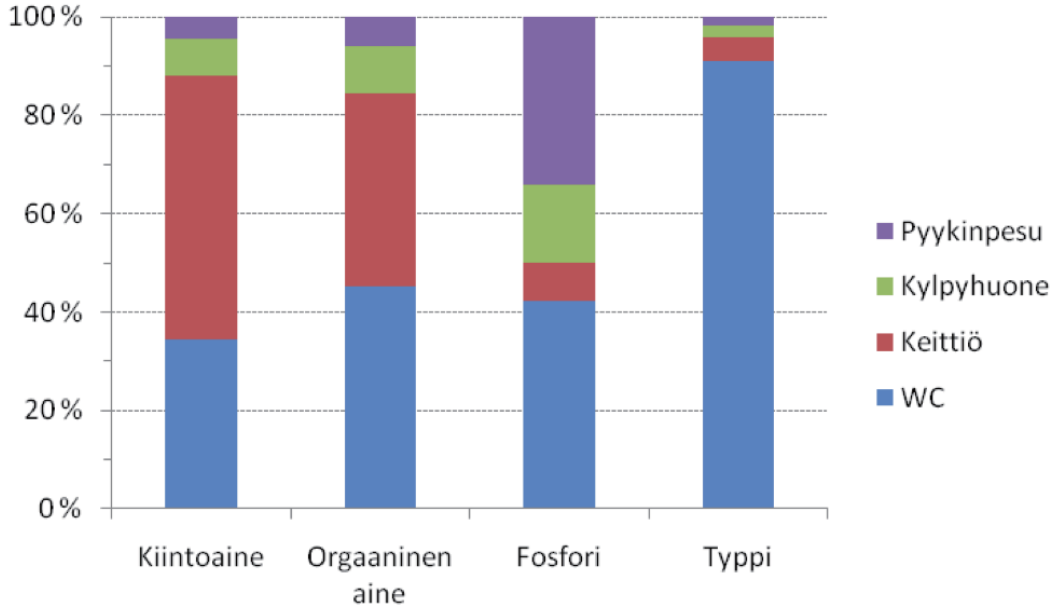
Mitä jätevesi on?

Kaikkea viemäriin päätyvää vettä kutsutaan jätevedeksi. Kotitalouksien jätevedet muodostuvat keittiössä ruoanlaiton ja tiskauksen yhteydessä, peseytymisen yhteydessä sekä WC-jätteistä. Käyttämästämme hanavedestä 97–98 % eli keskimäärin 152 litraa/asukas vuorokaudessa päätyy jätevedeksi. Kuvassa 1 on esitetty, mistä toiminnoista ja millaisia määriä jätevettä Suomen kotitalouksissa keskimäärin syntyy.



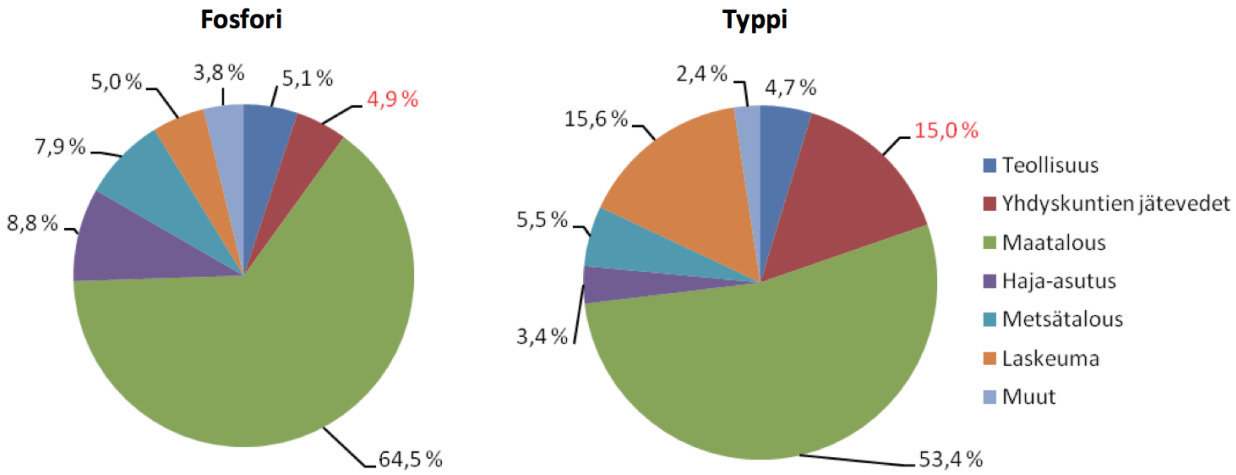
Kuva 1. Suomen kotitalouksissa eri toiminnoista keskimäärin syntyvän jäteveden määrät henkeä kohden vuorokaudessa.

Jätevedet sisältävät paljon kiintoainetta sekä orgaanista eli eloperäistä ainetta, joita päätyy jätevesiin eniten keittiöstä ja WC-vesistä (kuva 2). Jätevesissä on myös fosforia ja typpeä eli ns. ravinteita. Näistä suurin osa tulee WC-vesistä ja fosforia lisäksi fosfaatteja sisältävistä pesuaineista (kuva 2).



Kuva 2. Jäteveden epäpuhtauksien ja ravinteiden päätyminen jätevesiin eri toiminnoista. *Lähde:* RIL 124-2 Vesihuolto II (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2004)

Ravinteiden poisto jätevedenpuhdistamolla on tärkeää, sillä niiden liiallinen määrä vesistöissä aiheuttaa rehevöitymistä. Suurin osa vesistöjen ravinnekuormasta tulee maataloudesta (kuva 3). Yhdyskuntien jäteveden mukana vesistöihin päätyy typpeä n. 15 % ja fosforia n. 5 % vesistöjen ravinnekuormituksesta. Jätevedet sisältävät myös paljon erilaisia kemikaaleja. Niitä päätyy jätevesiin mm. teollisuudesta, pesuaineista, siivouskemikaaleista, kosmetiikasta, tekstiileistä tai kun ihmiset hävittävät lääkkeitä WC-pytyn kautta. Jotkut kemikaaleista voivat haitata jäteveden puhdistamista tai voivat olla ympäristölle haitallisia.



Kuva 3. Vesistöjen fosfori- ja typpikuormituksen lähteet vuonna 2007. Lähde "Muut" pitää sisällään kalankasvatuksen, turkistarhauksen ja turvetuotannon. *Lähde:* Suomen Ympäristökeskus, Vesistöjen ravinnekuormitus ja luonnon huuhtouma (http://www.ymparisto.fi)

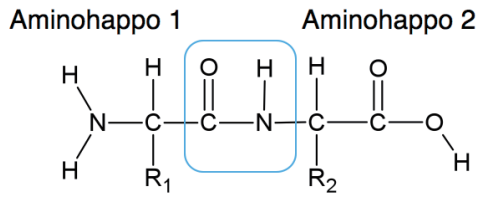
Jätevedet johdetaan yleensä kaikki samaan putkeen, mutta jätevesiä erotellaan joskus jo niiden syntyvaiheessa. Pelkästään WC-vesiä sisältävää jätevettä kutsutaan mustaksi jätevedeksi. Harmaata jätevettä ovat pesutiloista sekä keittiöistä tulevat jätevedet. Harmaita jätevesiä syntyy Suomessa usein kesämökeillä, joissa on ulkokäymälä. Määrällisesti harmaita vesiä syntyy kotitalouksissa mustia enemmän. Mustissa jätevesissä kuitenkin on suurin osa jätevesien eloperäisestä aineesta ja ravinteista.

Rehevöityminen

Rehevöityminen tarkoittaa vesikasvien ja levien liiallista kasvua. Se johtuu ravinteiden eli typpi- ja fosforiyhdisteiden liiallisesta määrästä vedessä. Kun kasvillisuutta on paljon, elollisen aineen hajotustoiminta kiihtyy. Tämä kuluttaa happea vesistöistä ja erityisesti niiden pohjista ja syvänteistä. Myös jätevesien sisältämä eloperäinen aine kuluttaa hajotessaan happea ja edistää näin rehevöitymistä. Hapen vähetessä pohjaan varastoituneita ravinteita vapautuu veteen ja rehevöityminen kiihtyy. Vesistön rehevöityminen johtaa rantakasvillisuuden tiivistymiseen, runsaiden leväesiintymien, kuten sinilevän, yleistymiseen, happikatoon sekä kalastomuutoksiin (pienet särkikalat valtaavat elintilaa muilta kaloilta) tai jopa kalojen kuolemaan.

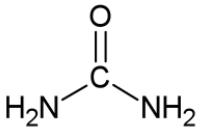
YLÄKOULUN OPETTAJA: Jäteveden typpi ja fosfori

Typpeä (N) päätyy jätevesiin noin 12–15 g/asukas vuorokaudessa. Jäteveden typpi on ensisijaisesti orgaanisessa muodossa. Se voi olla sitoutuneena proteiineihin eli valkuaisaineisiin, jota esiintyy erityisesti eläinkunnan tuotteissa, kuten kananmunissa ja lihassa. Jäteveteen proteiinit päätyvät ihmisten ulosteista sekä ruuantähteistä.



Proteiinin perusrakenne

Toinen orgaanisen typen muoto on urea, jota muodostuu ihmisten elimistössä sen hajottaessa proteiineja. Urea päätyy jäteveteen virtsan mukana. Virtsa on typen pääasiallinen lähde jätevesissä.


Urea

Ihmisen virtsa

95% vettä

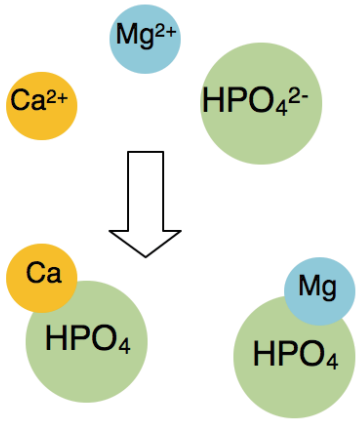
2,5%ureaa

2,5%muita aineita

Osa orgaanisesta typestä hajoaa jätevedessä epäorgaaniseen muotoon, ammoniumtypeksi NH4+, nitriitiksi NO_2^-, ja nitraatiksi, NO_3^-. Ammoniumtyppi on myrkyllistä kaloille. Nitraatti- ja nitriittityppi aiheuttavat rehevöitymistä, sillä kasviplankton ja vesikasvit käyttävät niitä suoraan ravinteinaan. Siksi jätevedenpuhdistuksessa pyritään poistamaan ammonium-, nitriitti- ja nitraattityppi.

Fosfori (P) ei esiinny luonnossa vapaana alkuaineena, vaan se on joko sitoutuneena eläviin soluihin eli ns. orgaanisena fosforina tai fosfaattina eli epäorgaanisena fosforina. Fosforia päätyy jätevesiin noin 3–5 g/asukas vuorokaudessa. Orgaanista fosforia on ihmisen ulosteessa ja ruuantähteissä. Vain 10–15 % jäteveden fosforista on orgaanista. Suurin osa on epäorgaanisessa muodossa fosfaatteina (esim. PO_4^{3-} ja HPO_4^{2-}). Fosfaatteja päätyy jätevesiin pesuaineiden mukana.

Kovassa vedessä on ylimäärin magnesium- ja kalsiumioneja, jotka haittaavat pesua. Pesuaineiden sisältämät fosfaattiyhdisteet sitovat ne.



Ympäristön kannalta fosfaattifosfori on paljon orgaanista fosforia haitallisempaa. Kasviplankton ja vesikasvit voivat käyttää fosforia ainoastaan fosfaattimuodossa. Siksi fosfaatti pyritään poistamaan jätevedenpuhdistuksessa. Fosfaatittomien pesuaineiden käyttöönotto 1990-luvun alussa vähensi jätevedenpuhdistamoille tulevan fosforin määrää noin viidenneksellä.

Näin voit vähentää ympäristön kemikaalikuormitusta

- Vältä turhia kemikaaleja siivouksessa, pyykinpesussa ja kosmetiikassa.
- Valitse ympäristöystävällisiä pesuaineita.
- Annostele pyykin ja astioiden pesuaineet oikein. Suomessa vesi on pehmeää, joten käytä pehmeän veden annostelua.
- Palauta käyttämättömät lääkkeet apteekkiin.
- Vie ongelmajätteet, kuten öljyt ja maalit, ongelmajätteiden keräyspisteeseen

Viemäriverkosto

Viemäröinniksi kutsutaan järjestelmää, jolla jätevedet kerätään ja johdetaan jätevedenpuhdistamolle. Suomessa oli vuonna 2001 viemäriputkia lähes 41 000 km. Viemäreissä vesi joko virtaa luonnollisesti korkeammalta paikalta alaspäin (ns. viettoviemäri) tai sitä pumpataan ns. paineviemäreissä. Viemärijärjestelmä pyritään suunnittelemaan niin, että se toimii viettoviemärinä, koska pumppaaminen lisää kustannuksia. Viemärijärjestelmään kuuluvat myös tarkistuskaivot, jotka tunnistaa kaduilla olevista pyöreistä valurautakansista. Tarkistuskaivojen avulla viemäreitä huolletaan ja kunnostetaan.

Viemärijärjestelmiä on kahdenlaisia, erillisviemäröinti ja sekaviemäröinti. Erillisviemäröinnissä on erikseen putket jätevesille ja hulevesille eli sade- ja sulamisvesille. Hulevesiviemäriin johdetaan usein myös rakennusten perustusten kuivatusvesiä salaojaviemäreistä. Sekaviemäröinnissä jäte- ja hulevedet johdetaan samaan viemäriin. Sekaviemäröintiä on vielä jäljellä kaupunkien vanhoissa keskustoissa, mutta siitä pyritään eroon, koska se aiheuttaa ongelmia jätevedenpuhdistamolla. Jäteveden virtaaman suuret vaihtelut sekä lämpötilan lasku vaikeuttavat puhdistusprosessia. Erityisesti biologinen puhdistus on herkkä muutoksille. Lämpötilan lasku esimerkiksi hidastaa bakteerien toimintaa ja pitkittää näin jäteveden käsittelyaikaa.

Viemäriputket ovat paikoitellen ahtaita ja verkosto on mutkikas. Siksi putket tukkeutuvat helposti. Pumppaamoille voi kertyä kiinteää ainesta, jota pumput eivät pysty hajottamaan ja pumppaamaan eteenpäin. Sen vuoksi viemäriin ei saa laittaa mitään sinne kuulumatonta kiinteää ainetta. Esimerkiksi WC-pyttyyn kuuluu vain virtsa, uloste ja WC-paperi. Virtaaman voimakkuudesta riippuen ylimääräinen aine tai esine voi laskeutua putken pohjalle tai jäädä kellumaan veden pinnalle. Kelluvat ainekset, kuten rasva, muoviesineet ja pumpulipuikot kulkevat veden mukana helposti. Ne voivat kellua koko puhdistusprosessin läpi ja päätyä näin vesistöihin asti. Jotkut aineet, kuten betoni ja rasva, voivat hyytyä putkeen ja aiheuttaa pysyvän tukoksen. Esineet voivat myös laajeta viemärissä ja aiheuttaa tukoksen. Näin käy esimerkiksi vaipoille ja terveyssiteille, jotka imevät vettä itseensä. Lisätietoa tästä asiasta löytyy sivuilta www.pontto.fi ja www.pytty.fi.

Miksi viemäri haisee?

Viemärissä olevan jäteveden paha haju johtuu kaasuista, joita vapautuu, kun pieneliöt hajottavat jäteveden eloperäistä ainetta. Jos viemärissä on hapettomia paikkoja, mikrobit pelkistävät jätevedessä olevaa sulfaattia rikkivedyksi, H2S, joka haisee mädälle kananmunalle.

Amiinit CH_3NH_2 – kalamainen haju

Rikkivety H_2S – mätä kananmuna

Merkaptaanit CH_3SH – mädäntynyt kaali

Jätevesien puhdistaminen

Jätevesi saapuu viemäreitä pitkin jätevedenpuhdistamolle. Jätevedet puhdistetaan Suomessa yleensä keskitetysti isoilla puhdistamoilla. Miljoona suomalaista asuu sellaisissa rakennuksissa, joita ei ole liitetty keskitettyyn viemäröintiin. Nämä ihmiset asuvat yleensä haja-asutusalueilla maaseudulla ja saaristossa ja heidän ja monien mökkiläisten jätevedet puhdistetaan niin sanotuissa pienpuhdistamoissa. Nyt keskitytään kunnallisien isojen puhdistamoiden toimintaan. Niiden käsittelymenetelmät perustuvat mekaanisiin, kemiallisiin ja biologisiin menetelmiin.

Välppäys ja hiekanerotus eli mekaaniset puhdistusmenetelmät

Kun jätevesi saapuu puhdistamolle, siitä poistetaan ensin kiinteät jätteet (esim. WC-paperi, juurekset, käsipaperit ja pumpulipuikot). Tämä hoidetaan välppien eli siivilöiden avulla. Tämän jälkeen poistetaan hiekka, sora ja rasva. Hiekkaa päätyy jätevesiin erityisesti sekaviemäröinnissä sadevesien mukana. Jätevesistä kerätään vuosittain hiekkaa 5–20 l/asukas. Rasvaa ja öljyä päätyy jäteveteen kotitalouksien lisäksi autokorjaamoista, huoltoasemilta, suurkeittiöistä ja teurastamoilta. Hiekka ja sora laskeutuvat altaan pohjalle, josta ne poistetaan. Rasva taas kelluu ja se poistetaan veden pinnalta. Prosessiin voidaan puhaltaa ilmaa altaan pohjasta, jolloin aineiden erotus tehostuu. Välppäyksessä ja hiekanerotuksessa syntyvä jäte kuivataan ja viedään kaatopaikalle.

Ennen jatkokäsittelyä vedestä voidaan poistaa osa eloperäisestä aineesta ns. esiselkeytyksessä. Siinä vettä raskaampien hiukkasten annetaan vajota altaan pohjalle. Tämän jälkeen altaan yläosasta johdetaan puhdistettua vettä eteenpäin jatkokäsittelyyn.

Kemiallinen puhdistus

Kemiallisessa käsittelyssä veteen lisätään kemikaaleja, jotka reagoivat jäteveden eloperäisen aineen ja veteen liuenneen fosfaatin kanssa. Näin syntyneet yhdisteet ovat kiinteitä ja painuvat altaan pohjalle. Altaan yläosasta johdetaan puhdistettua vettä eteenpäin jatkokäsittelyyn. Kemiallinen käsittely poistaa erittäin tehokkaasti ympäristöä rehevöittävää fosfaattia. Jäteveden fosforista voidaan tällä käsittelyllä poistaa 75–98 %. Jätevedenpuhdistamolla saostuskemikaalia lisätään yleensä biologisen käsittelyn kanssa samaan altaaseen, jolloin puhutaan rinnakkaissaostuksesta. Biologinen ja kemiallinen puhdistus tapahtuu siis samanaikaisesti.

YLÄKOULUN OPETTAJA: Fosfaatin poisto kemiallisella saostuksella

Kemiallista saostusta käytetään vedessä olevan fosfaatin eli PO_4^{3-} poistoon. Usein käytetty kemikaali on ferrosulfaatti $FeSO_4$, joka hajoaa vedessä seuraavasti:

$FeSO_4 \rightarrow Fe^{2+} + SO_4^{2-}$

Kun vedessä on happea ja pH on alle 7, hapettuu rauta seuraavasti:

$4Fe^{2+} + O_2 + 4H^+ \rightarrow Fe^{3+} + 2H_2O$

Fe^{3+} reagoi fosfaatin kanssa muodostaen veteen niukkaliukoista rautafosfaattia:

$Fe^{3+} + PO_4^{3-} \rightarrow FePO_4$

Rautafosfaatti saostuu ja voidaan erottaa vedestä antamalla sen vajota altaan pohjalle tai nostamalla ilmakuplien avulla altaan pinnalle.

Biologinen puhdistus

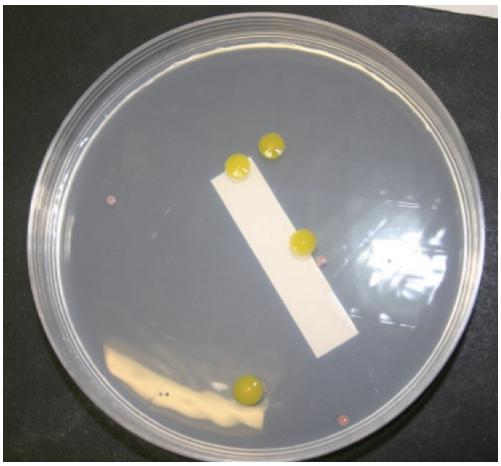
Biologisessa puhdistuksessa bakteerit syövät jäteveden eloperäistä ainetta ja hajottavat veteen liuenneista ravinteista erityisesti typpeä. Biologisessa puhdistuksessa veteen puhalletaan ilmaa tai happea, jolloin pieneliöt alkavat kasvaa ja lisääntyä. Näin muodostuu aktiivilietettä. Tietyn puhdistusajan jälkeen vesi johdetaan jälkiselkeyttimeen, jossa liete vajoaa altaan pohjalle ja puhdas vesi jää altaan yläosaan. Osa lietteestä kerätään talteen ja kierrätetään biologisen puhdistuksen alkuun. Tällä ylläpidetään aktiivista bakteerimassaa eli bakteerit ovat heti valmiina uuteen ”ruokailukierrokseen”. Selkeyttimen yläosasta johdetaan puhdistettu jätevesi vesistöön (jokeen, järveen tai mereen) tai jatkokäsittelyyn.

Bakteerit jätevesissä

Bakteerit ovat yksisoluisia eliöitä, jotka lisääntyvät jakaantumalla. Ne ovat kooltaan niin pieniä (millin tuhannesosa tai pienempi), ettei niitä yksittäin voi nähdä paljaalla silmällä. Miljoona bakteeria muodostaa yhdessä pesäkkeen, jonka voi nähdä paljaalla silmällä (kuva 4). Bakteereja tutkitaan mikroskoopin avulla.

Jätevesissä on paljon bakteereita ja muita mikrobeja, joita niihin päätyy ihmisten ulosteiden mukana. Bakteerit eivät kuitenkaan aina ole haitallisia, vaan niitä myös hyödynnetään jätevesien puhdistuksessa. Esimerkiksi biologisessa jätevedenpuhdituksessa aktiivilietteeseen rikastuu bakteerilajeja, jotka käyttävät jäteveden eloperäistä ainetta ravinnokseen.

Lisätietoa bakteereista ja niiden rakenteesta löytyy osoitteesta http://www.solunetti.fi/



Kuva 4. Bakteereiden muodostamia pesäkkeitä (keltaiset ja ruskeat pisarat) kasvualustalla.

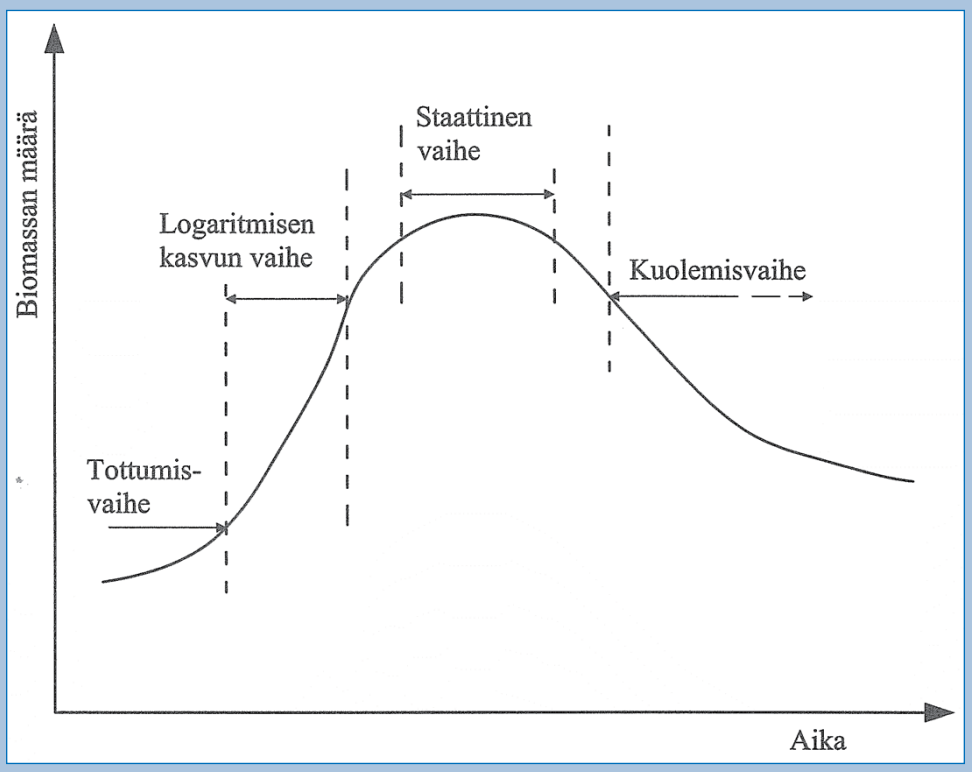
YLÄKOULUN OPETTAJA: Bakteerien lisääntymiseen vaikuttavat tekijät

Bakteereita on paljon erilaisia ja jokaisella on sille ominainen paras kasvuympäristö, jossa lisääntyminen on nopeinta. Solu jakaantuu sitä tiheämmin, mitä ihanteellisemmat olosuhteet ovat, jopa useampia kertoja tunnissa. Bakteerien lisääntymiseen vaikuttavat monet asiat:

- *Hapen määrä:* Happi on aine, jota toiset bakteerit tarvitsevat elääkseen, mutta toisille se on kuolemaksi.
- *Lämpötila:* Mikrobit kasvavat nopeimmin 8°C–60°C:n lämpötilassa. Jokaisella bakteerilajilla on oma optimaalinen kasvulämpötilansa. Liian alhainen lämpötila hidastaa bakteerien lisääntymistä ja siksi biologinen puhdistusprosessi on välillä kovilla Suomen talviolosuhteissa. Liian korkea lämpötila tappaa bakteerit ja tätä käytetään hyväksi esimerkiksi tuhottaessa jätevesilietteen sisältämiä patogeenejä.
- *pH:* Bakteerit eivät yleensä viihdy kovin happamassa tai emäksisessä ympäristössä. Niiden kasvun optimaalinen pH-alue on 6,5–7,5.
- *Myrkylliset aineet:* Myrkyllisiä aineita voi jäteveteen päästä teollisuuslaitosten häiriötilanteessa. Suuret määrät myrkyllisiä aineita estävät biologisen puhdistuksen toimimisen. Erityisesti typenpoistosta vastaavat bakteerit ovat herkkiä myrkyille.

YLÄKOULUN OPETTAJA: Bakteerien kasvun eri vaiheet

Kun ympäristötekijät ovat suotuisia ja bakteereille sopivaa ravintoa on tarjolla, alkavat bakteerit kasvaa ja lisääntyä. Bakteerien kasvua kuvataan ns. kasvukäyrällä (kuva 5), josta voidaan erottaa neljä vaihetta:



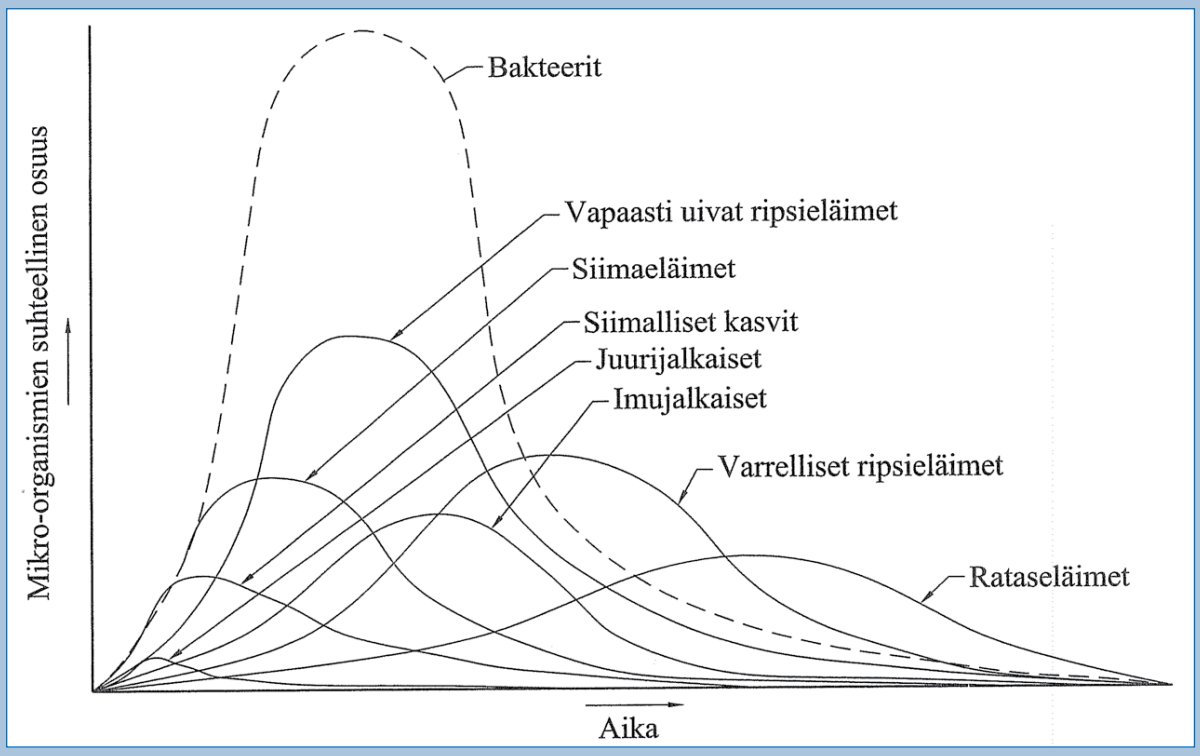
Kuva 5. Bakteerien kasvukäyrän eri vaiheet. *Lähde:* RIL 124-2 Vesihuolto II (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2004)

1. Tottumisvaihe, jolloin bakteerit mukautuvat uuteen ympäristöön.
2. Logaritmisen kasvun vaihe, jolloin bakteerit lisääntyvät niin nopeasti kuin ravinnonottokyky antaa myöten.
3. Staattinen vaihe eli hidastuvan kasvun vaihe. Ravinto alkaa loppua.
4. Kuolemisvaihe. Ravinto on loppunut.

Jätevedenpuhdistamon prosessit ovat yleensä jatkuvatoimisia eli altaaseen johdetaan koko ajan uutta puhdistettavaa vettä ja syntynyttä lietettä poistetaan. Näin bakteereilla on aina riittävästi ravintoa. Suurin osa poistetusta lietteestä kierrätetään takaisin prosessin alkuun, jolloin bakteerit ovat jo tottuneet ympäristöön.

Yksi biologisen prosessin ohjauksessa käytetty parametri on lieteikä. Se tarkoittaa yksinkertaisesti bakteerien keskimääräistä ikää käsittelyaltaassa. Lieteikä lasketaan jakamalla lietteen määrä altaassa päivittäin poistetun lietteen määrällä. Lieteikää mitataan vuorokausissa ja se on yleensä 5–15 vuorokautta. Jätevesi viipyy puhdistusprosessissa noin 6–20 tuntia.

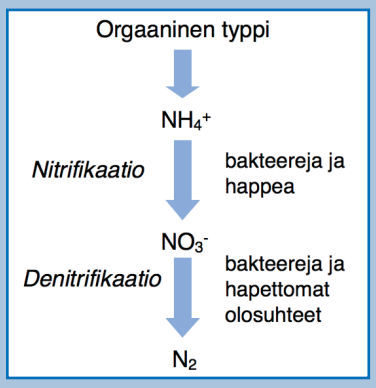
Riippuen lieteiästä, käsittelyaltaaseen rikastuu erilaisia bakteerilajeja ja myös erilaisia mikrobilajeja, kuten kuvasta 6 nähdään.



Kuva 6. Jätevedenpuhdistamolla tavattavien pieneliöiden kasvukäyriä hapellisissa olosuhteissa. x-akselin "Aika" kuvaa lieteikää. *Lähde:* RIL 124-2 Vesihuolto II (Suomen Rakennusinsinöörien Liitto RIL ry, 2004)

YLÄKOULUN OPETTAJA: Typen biologinen poisto

Perinteisellä aktiivilietekäsittelyllä typpeä voidaan poistaa jätevedestä 20–40 %. Typpeä ei voida saostaa kemiallisesti kuten fosforia, mutta sen poistoa voidaan tehostaa biologisesti. Tätä prosessia kutsutaan nitrifikaatio-denitrifikaatio –menetelmäksi ja sen avulla voidaan saavuttaa 75–85 % typen poisto.



Jätevedessä typpi esiintyy pääasiassa ammonium-ioneina NH4+, jotka ovat syntyneet orgaanisen typen hajotessa. Puhdistamolla bakteerit hapettavat ammoniakin ensin nitraatiksi ns. nitrifikaatiossa. Hapettavat bakteerit kasvavat hitaasti ja ne vaativat hapelliset, neutraalit ja myrkyttömät olosuhteet. Nitrifikaatio riippuu voimakkaasti lämpötilasta. Prosessin optimilämpötila on 30–35 °C ja 10 asteen pudotus lämpötilassa kolminkertaistaa jäteveden käsittelyajan.

Nitraatti on ympäristölle haitallinen aine ja lisäkäsittelyä tarvitaan sen saattamiseen haitattomaan muotoon. Tämä tapahtuu ns. denitrifikaatiolla. Siinä bakteerit pelkistävät nitraatin typpikaasuksi hapettomissa olosuhteissa. Typpikaasu poistuu ilmakehään.

Jätevesilietteen käsittely

Suomessa yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoilla syntyy vuosittain lietettä kuiva-aineeksi laskettuna noin 150 000 tonnia. Lietettä saadaan puhdistamolta selkeytyksien yhteydessä ja suurin osa (97–99,5 %) sen tilavuudesta on vettä. Ennen lietteen käsittelyä siitä poistetaan vettä tiivistämällä tai lingoilla. Lietteen jatkokäsittelyn helpottamiseksi kuiva-ainetta pitää olla yli 30 %.

Liete sisältää eloperäistä ainetta ja ravinteita ja siitä saadaan energiaa ja maanparannusainetta, jota käytetään esimerkiksi viherrakentamisessa ja maisemoinnissa. Lietteessä on kuitenkin paljon patogeenejä, jotka on tuhottava ennen hyötykäyttöä. Siksi lietteeseen lisätään kemikaalia, sitä kuumennetaan tai sitä mädätetään 55 °C lämpötilassa. Mädätys on hyvä esimerkki lietteen hyötykäytöstä. Siinä lietettä

käsitellään useita viikkoja hapettomissa olosuhteissa, jolloin eloperäinen aine hajoaa metaaniksi (CH_4) ja hiilidioksidiksi (CO_2). Näin syntyvää biokaasua käytetään lämmön tai sähkön tuottoon. Käsittelyn aikana myös lietteen määrä vähenee.

Lietettä voidaan myös kompostoida. Kompostissa pieneliöt hajottavat eloperäistä ainetta hapellisissa olosuhteissa, jolloin kompostin lämpötila nousee ja hajoaminen nopeutuu. Kompostoitua lietettä voidaan käyttää myös puutarhan hoidossa.

Jätevesilietteen kompostointi

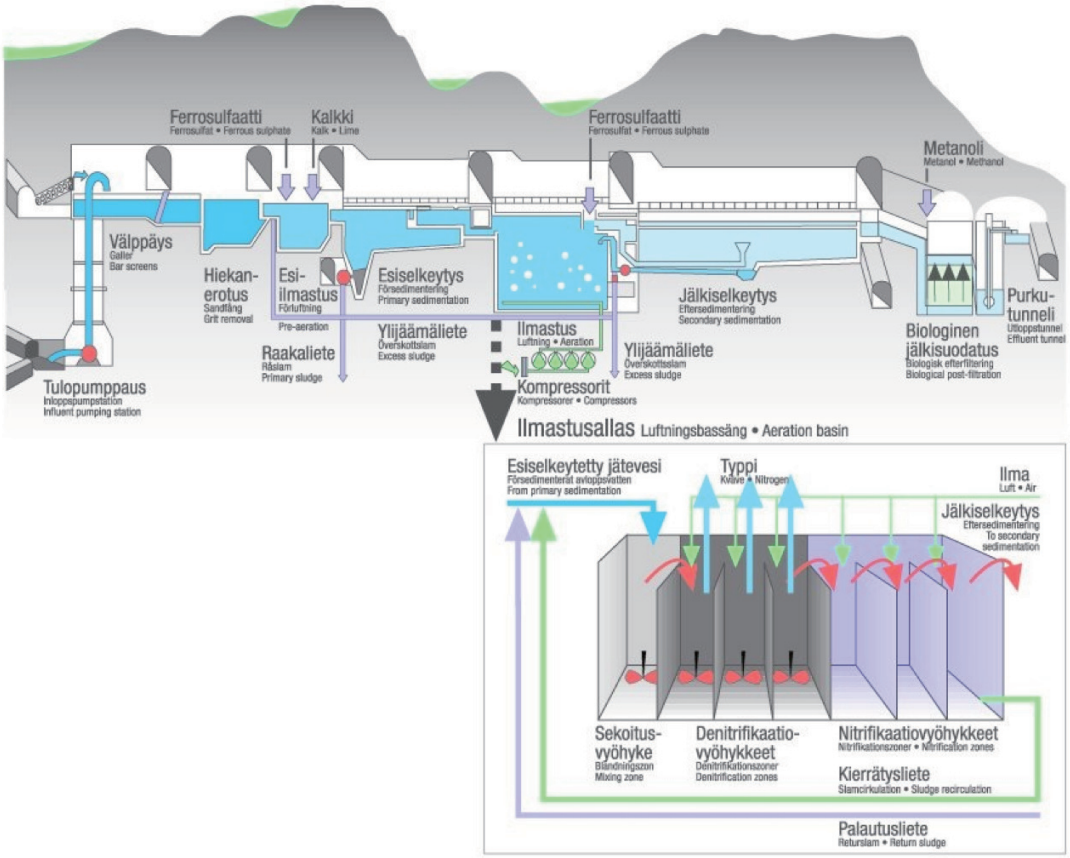
Kompostoinnissa bakteerit, sienet, sädesienet ja lierot hajottavat lietteen eloperäistä ainetta. Kompostoinnissa vapautuu vesihöyryä, hiilidioksidia, ravinteita ja lämpöä. Kompostin lämpö syntyy pieneliöiden toiminnasta. Pieneliöt tarvitsevat happea elämiseen ja hapen kulkua kompostissa helpotetaan lisäämällä tukiaineeksi puunkuorta ja turvetta. Lisäksi kompostia käännetään riittävän usein hapen saannin varmistamiseksi. Jos kompostissa ei ole happea, alkaa se helposti haista eloperäisen aineen mädäntyessä. Kompostin kosteus on tärkeää pieneliöille, sillä ne ovat pääasiassa uimareita. Komposti ei kuitenkaan saa olla liian märkä, sillä se haittaa kompostoitumisprosessia. Ravinteita pieneliöt saavat kompostoitavasta lietteestä sekä toisistaan. Tärkeintä on hiilen ja typen suhde, vaikka muitakin ravintoaineita tarvitaan. Mikäli kompostissa on liikaa typpeä, komposti ”palaa” kuumana, mutta haisee ammoniakille.

Jätevesilietteet kompostoidaan yleisimmin aumakomposteissa. Aumakompostissa uloin kerros toimii eristeenä ja sisäkerroksissa lämpötila on korkeampi ja kompostoituminen tehokkaampaa. Suomessa lämpötila usein hidastaa kompostoitumista. Jätevesilietteen kompostointi kestää noin vuoden.

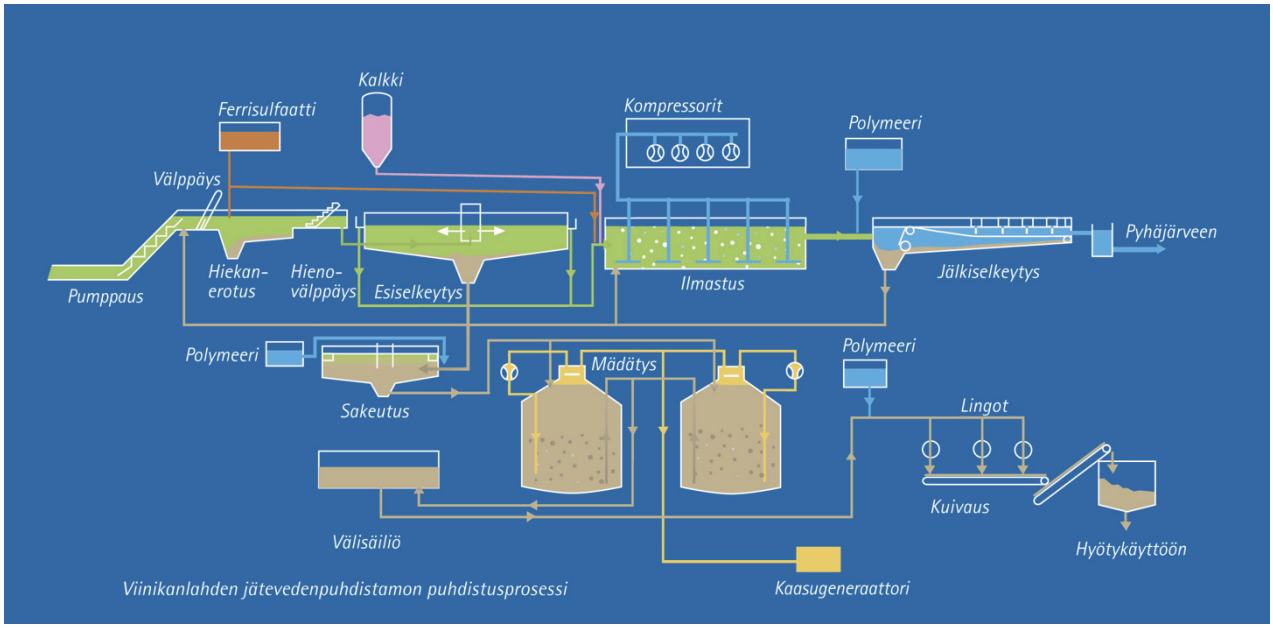
Lisätietoa lietteen kompostoinnista löydät sivuilta: www.metsapirtinmulta.fi

Puhdistusprosessit Suomessa

Jätevesiä puhdistetaan Suomessa edellisten kappaleiden kuvausten mukaisesti. Suomen jätevedenpuhdistamot poistivat vuonna 2004 jäteveden eloperäisestä aineesta keskimäärin 96 %. Fosforia poistettiin samana vuonna keskimäärin 95 %. Typen osalta poistuma oli 49 %, mutta seuraava vuonna jo 56 %. Tämä johtuu siitä, että typen poiston tehostamiseen on viime vuosina kiinnitetty erityisesti huomiota. Suurempaa poistotehokkuutta on ryhdytty vaatimaan 1990-luvun puolivälistä alkaen sellaisilla puhdistamoilla, joiden purkuvesistö on todettu typen suhteen herkäksi. Helsingin Veden Viikinmäen jätevedenpuhdistamolla (kuva 7) on nykyään käytössä biologinen jälkisuodatus, jonka ansiosta typen poistuma on n. 90 %. Tampereen Viinikanlahden perinteisessä aktiivilieteprosessissa (kuva 8) typpeä poistuu keskimäärin 26 %. Eloperäisen aineen ja fosforin suhteen molemmat prosessit toimivat yhtä tehokkaasti.



Kuva 7. Helsingin Veden Viikinmäen jätevedenpuhdistamon prosessikaavio. Prosessi sisältää typen biologisen poiston (nitrifikaatio-denitrifikaatio –menetelmä) lisäksi myös typen poiston tehostamiseen tarkoitetun biologisen jälkisuodatuksen.



Kuva 8. Tampereen Viinikanlahden jätevedenpuhdistamon prosessikaavio. Prosessi on perinteinen aktiivilietelaitos. Huomaa, että kuvassa on mukana myös lietteen käsittely mädättämällä.

Puhdistetun jäteveden purku vesistöön

Puhdistamolta käsitelty jätevesi johdetaan putkessa jokeen, järveen tai mereen. Puhdistetun jäteveden laatua seurataan tarkasti erilaisin mittauksin. Erityisen tärkeitä ovat ravinteiden määrät puhdistetussa jätevedessä. Jos vesistöön pääsee liikaa ravinteita, alkavat kasvit ja levät kasvaa vedessä kiihtyvällä vauhdilla. Ne kuluttavat veden happea, jolloin vesistöihin voi syntyä hapettomia kohtia. Esimerkiksi Itämeren pohjassa on laajoja hapettomia alueita, joissa ei ole elämää. Suomessa jo tutuksi käyneet kesän vaaralliset sinileväkukinnot ovat peräisin liian suuresta ravinnekuormituksesta. Erityisesti liiallinen fosforin määrä vesistöissä lisää sinilevän kasvua. Ravinteita päätyy vesistöihin pääasiassa pelloilta, mutta myös yhdyskuntien ravinnekuormitukseen on kiinnitettävä huomiota ja pyrkiä sen vähentämiseen.

Vesistöjen laatua seurataan säännöllisesti. Vesistä mitataan esimerkiksi orgaanisen aineen ja ravinteiden määrää, happamuutta eli pH-arvoa sekä hapen määrä. Vesistä seurataan myös kasvien, kalojen ja pohjaeläimien esiintymistä ja määriä.

Sinilevät

Sinilevistä käytetään nykyään myös nimitystä syanobakteerit, koska niiden rakenne vastaa bakteereita. Toiminnallisesti ne muistuttavat leviä ja tuottavat kasvien tavoin yhteyttäessään happea, mitä varsinaiset bakteerit eivät koskaan tuota.

Sinilevät kuuluvat Suomen luontoon. Ne viihtyvät ravinteikkaassa, lämpimässä vedessä ja niiden määrä lisääntyy heinäkuussa vesien lämmetessä. Osa sinilevistä on myrkyllisiä ja ne tuottavat ihoa ärsyttäviä aineita sekä maksa- ja hermomyrkkyjä. Sinilevien määrä lisääntyy vesistön ravinnekuormituksen myötä. Tilannetta pahentaa ilmaston lämpeneminen, koska samalla myös vedet lämpenevät ja rankkasateet lisääntyvät. Myrskyjen myötä vedet sekoittuvat ja samalla vesistöjen pohjasta nousee ylös ravinteita, mikä suosii leväkasvustoja.

Sinilevän esiintyminen vedessä rajoittaa veden käyttöä virkistyksessä, peseytymisessä, juomana sekä ruoan valmistuksessa.

Tehtäviä ja keskustelunaiheita

1. Keskustelunaiheita

a. Miettikää mistä kaikista toiminnoista syntyy jätevettä. Mistä toiminnoista jätevettä syntyy eniten?

b. Jos vesien laatu huononee, miten se vaikuttaa sinun elämääsi.

c. Jos vedessä on sinilevää, miten tulee toimia:
   - Vedessä ei saa uida
   - Vettä ei saa juoda
   - Vettä ei saa käyttää sauna- tai pesuvetenä

d. Miten itse voit omalla toiminnallasi vähentää ympäristön kemikaalikuormitusta:
   - Vältä turhia kemikaaleja siivouksessa, pyykinpesussa ja kosmetiikassa.
   - Valitse ympäristöystävällisiä pesuaineita.
   - Annostele pyykin ja astioiden pesuaineet oikein. Suomessa vesi on pehmeää, joten käytä pehmeän veden annostelua. Astianpesukoneeseen ei myöskään tarvitse lisätä suolaa.
   - Palauta käyttämättömät lääkkeet apteekkiin.
   - Vie ongelmajätteet, kuten öljyt ja maalit, ongelmajätteiden keräyspisteeseen.

e. Oletko heittänyt viemäriin tai WC-pönttöön esineitä tai asioita, joita sinne ei kuulu? Miettikää, miten nämä asiat ovat haitanneet viemärin tai jätevedenpuhdistuksen toimintaa. Lisätietoa tästä saat tämän tietopaketin kohdasta ”Viemäriverkosto” sekä sivuilta www.pontto.fi ja www.pytty.fi.

2. Yläkoululaisille: Posteri oman kunnan vesihuollosta

Tehkää ryhmätyönä tai koko luokan voimin posteri tai postereita, jossa kuvaatte oman paikkakuntanne vesihuoltoa. Posterissa kuvataan raakavesilähde, juomaveden puhdistusprosessi, jätevesien puhdistusprosessi sekä purkuvesistö. Väliin voi lisätä puhtaan veden jakeluverkoston, asuintaloja, vesitornit ja viemärin. Posterin eri kohtiin voi lisätä tietoruutuja esimerkiksi vesilaitoksilta saatavista mittaustuloksista tai vaikkapa vesitornin historiasta. Mukaan voi liittää myös valokuvia.

3. Tutkikaa erilaisten aineiden käyttäytymistä vedessä

a. Ota lasiin vettä ja kaada sen päälle ruokaöljyä. Huomaat, että öljy kelluu, koska se on vettä kevyempää. Vaikka sekoittaisit vesi-öljyseosta lusikalla, nousee öljy taas vähän ajan kuluttua takaisin veden pinnalle.

b. Ota lasiin vettä ja laita sinne hiekkaa. Huomaat, että hiekka painuu lasin pohjalle, koska se on vettä painavampaa. Miten käy hiekalle kun sekoitat vettä? Sekoita vettä ja odota hetki. Mitä tapahtuu?

c. Ota lasiin lämmintä vettä ja lisää sinne esim. suolaa tai sokeria. Sekoita vettä ja huomaat, että aineet liukenevat veteen.

d. Ota ämpäriin vettä ja laita sinne vauvan vaippa tai terveysside. Vähän ajan kuluttua huomaat, miten vaippa on laajentunut, kun se on imenyt itseensä vettä.

Miettikää, miten nämä erilaiset esineet ja aineet käyttäytyvät viemäreissä ja jätevedenpuhdistuksessa.

4. Perustakaa komposti

Ohjeita kompostin perustamiseen ja hoitoon löytyy esimerkiksi Biolanin sivuilta http://www.biolan.fi/suomi/default4.asp?active_page_id=522 tai YTV:n sivuilta http://www.ytv.fi/FIN/jatehuolto/lajittelu/kompostointi/etusivu.htm.

5. Yläkoulun oppilaalle: Veden kovuus ja pesuaineet

Kovassa vedessä on ylimäärin magnesium- ja kalsiumioneja, jotka haittaavat pesua. Pesuaineiden sisältämät fosfaattiyhdisteet sitovat nämä ionit.

a. Mitkä ovat kalsiumin ja magnesiumin kemialliset lyhenteet?

Vastaus: Ca ja Mg

b. Miten kirjoitat kemiallisella kielellä kalsiumioni? Entä magnesiumioni?

Vastaus: Ca^{2+} ja Mg^{2+}

c. Fosfaatti-ionin kemiallinen yhtälö on PO43-. Miten kirjoitetaan vetyfosfaatin kemiallinen yhtälö?

Vastaus: HPO_4^{2-}.

d. Kirjoita reaktioyhtälö, kun magnesiumioni reagoi vetyfosfaatin kanssa ja nimeä tuote.

Vastaus: $Mg^{2+} + HPO_4^{2-} \leftrightarrow MgHPO_4$ (magnesiumvetyfosfaatti)

Kirjoita vastaava reaktio kalsiumionille ja nimeä tuote.

Vastaus: $Ca^{2+} + HPO_4^{2-} \leftrightarrow CaHPO_4$ (kalsiumvetyfosfaatti)

6. Yläkoulun oppilaalle: Saostuksen kemiaa

Pesuaineissa on usein fosfaattia eli PO_4^{3-}:a. Sen poistoon voidaan käyttää ferrosulfaatti $FeSO_4$. Kirjoita reaktioyhtälö siitä, miten ferrosulfaatti hajoaa vedessä:

Vastaus: $FeSO_4 \rightarrow Fe^{2+} + SO_4^{2-}$

Vedessä rauta hapettuu reaktiolla $4Fe^{2+} + O_2 + 4H^+ \rightarrow Fe^{3+} + 2H_2O$. Kirjoita kolmenarvoisen raudan eli Fe^{3+} reaktioyhtälö fosfaatin kanssa ja nimeä tuote:

Vastaus: $Fe^{3+} + PO_4^{3-} \rightarrow FePO_4$ (rautafosfaatti)

Kun kahdenarvoinen rauta hapettuu vedessä kolmenarvoiseksi, kuluttaa 1 g rautaa 0,14 g happea. Kun ferrosulfaatti sisältää rautaa 19 %, niin montako grammaa ferrosulfaatti yksi gramma happea hapettaa?

Vastaus: 1 gramma happea hapettaa 1/0,14 g= 7,14 g rautaa. Ferrosulfaatissa on rautaa 19 % eli ferrosulfaattia hapettuu yhdellä grammalla happea 7,14/0,19 g= 37,6 g.

7. Mielenkiintoisia linkkejä

Mitä WC-pyttyyn saa laittaa? Lisätietoa tästä löytyy sivuilta

http://www.pytty.fi

http://www.pontto.fi

Jätevesilietteen kompostoinnista (Metsäpirtin multa)

http://www.metsapirtinmulta.fi

Ohjeita kompostin perustamiseen ja hoitoon (Biolan ja YTV)

http://www.biolan.fi/suomi/default4.asp?active_page_id=522

http://www.ytv.fi/FIN/jatehuolto/lajittelu/kompostointi/etusivu.htm

Tietoa bakteereista ja niiden rakenteesta:

http://www.solunetti.fi/

Helsingin ja Turun kaupungit ovat haastaneet eri tahot toimenpiteisiin Itämeren tilan parantamiseksi. Voit tutustua haasteeseen osoitteessa

http://www.itamerihaaste.net

Itämeri–projekti (The Baltic Sea Project) on Unescon kansainvälinen ympäristökasvatushanke, joka pyrkii parantamaan oppilaiden ymmärrystä Itämeren alueen tilasta ja alueen ympäristöongelmista sekä lisäämään koulujen välistä yhteistyötä ja hyvien käytäntöjen vaihtoa

http://www.bspinfo.lt/

http://db3.edu.fi/keke/projektit2.asp?ID=21