3.2.2005

Haja-asutuksen ravinnekuormituksen vähentäminen – RAVINNESAMPO

Asumisjätevettä käsittelevät puhdistamokohteet

Ravinnesampo-hankkeessa tutkittiin lähes kaikentyyppisiä Suomessa markkinoilla olevia kiinteistökohtaisia jätevedenpuhdistamoita. Tulosten perusteella voidaan sanoa, että nykytekniikoilla on mahdollista saavuttaa hajajätevesiasetuksen vaatimukset. Lähes kaikki tutkitut puhdistamot poistivat orgaanista ainetta ja typpeä keskimäärin asetuksessa vaaditulla tavalla. Yli puolet puhdistamoista poisti myös fosforia asetuksen vaatimusten mukaisesti, mutta osalla oli ongelmia. Toisaalta pelkästään puhdistamon oikealla käytöllä ja huollolla voidaan fosforituloksiakin parantaa huomattavasti.

Hankkeessa ei selvitetty puhdistamoiden hankintahintoja eikä rakennus-, asennus- tai käyttökustannuksia, koska ne vaihtelevat käyttökohteesta, paikasta ja puhdistusmenetelmästä riippuen hyvinkin paljon. Puhdistamon valinnan tulisikin aina perustua siihen, että valitaan kiinteistölle parhaiten soveltuva puhdistamo eikä valintaa tehdä pelkästään hankintahinnan perusteella. Investoinnin lisäksi kannattaa huomioida myös puhdistamon käyttö- ja huolto kustannukset vuosiksi eteenpäin. Myös kunnalliseen verkostoon liittyminen maksaa, mikä tulisi huomioida vertailuja tehdessä.

Lähtökohta

Ravinnesampo – hankkeen lähtökohtana oli kiinteistökohtaisten puhdistamoiden ravinteiden poiston kehittämistarve. Aikaisempien tutkimusten mukaan kiinteistökohtaiset puhdistamot poistavat hyvin orgaanista ainetta, mutta sen sijaan fosforin ja typen poistoteho on usein riittämätön. Vuoden 2004 alussa voimaan tullut valtioneuvoston asetus talousjätevesien käsittelystä vesihuoltolaitosten viemäriverkostojen ulkopuolisilla alueilla (542/2003) edellyttääkin orgaanisen aineen vähentämisen ohella tehokasta fosforinpoistoa ja myös jonkin asteista typen vähentämistä.

Asetuksen tarkoituksena on ensisijaisesti säädellä puhdistamoilta lähtevän jäteveden kuormitusta eli ympäristöön johdettavaa grammamääräistä päästöä. Asetuksen mukaan yhden asukkaan aiheuttaa keskimääräinen kuormitus on fosforin osalta 2,2 g/asukas/vrk, typen osalta 14 g/asukas/vrk ja orgaanisen aineen osalta 50 g/asukas/vrk. Näin ollen sallittu fosforin enimmäispäästö peruskäsittelyvaatimuksella (85 %) on 0,33 g/asukas/vrk. Alueilla, joilla sovelletaan lievennettyä käsittelyvaatimusta (70 %) fosforin enimmäispäästö saa olla 0,66 g/asukas/vrk. Typelle vastaavat enimmäispäästöt ovat 8,4 g/asukas/vrk (40 %) ja 9,8 g/asukas/vrk (30 %) ja BOD_7:lle 5 g/asukas/vrk (90 %) ja 10 g/asukas/vrk (80 %).

Toteutus

Asumisjätevesikohteiden osalta tutkimus toteutettiin valitsemalla seurantaan nelisenkymmentä kiinteistökohtaista puhdistamoa, jotka sijaitsivat pääasiassa Uudenmaan alueella ja Lounais-Suomessa. Puhdistamoiden valinnassa kiinnitettiin huomiota erityisesti näytteenoton helppouteen, näytteiden edustavuuteen sekä jäteveden laatuun ja määrään. Koepuhdistamoiksi valittiin pääasiassa yhden talouden kaikki jätevedet käsitteleviä puhdistamoita, muutamaa poikkeusta lukuun ottamatta.

Asumisjätevesikohteet valittiin yhteistyössä 13 yrityksen ja 2 alueellisen ympäristökeskuksen kanssa siten, että he ehdottivat tutkimukseen vaadittavat kriteerit täyttäviä puhdistamoita. Näistä tutkijat valitsivat sitten tutkimukseen sopivimmat. Osa kohteista oli valmiita ja käytössä olleita puhdistamoita, osa rakennettiin juuri ennen näytteenoton aloittamista. Etenkin monet tavallisista ja fosforinpoistolla tehostetuista maasuodattimista olivat olleet käytössä jo muutamia vuosia. Kutakin puhdistamotyyppiä pyrittiin valitsemaan useampi kuin yksi, mutta lopuksi seurantaan saatiin 1 – 5 kappaletta samanlaisia puhdistamoita. Erilaisia puhdistamotyyppejä oli yhteensä noin 20.

Valittujen puhdistamoiden toimivuutta seurattiin reilun vuoden ajan (kesä 2003 – kesä 2004) ottamalla näytteitä säännöllisin väliajoin yhteensä 5-8 kertaa puhdistamoa kohden. Kaikissa kohteissa selvitettiin kokoomanäyttein puhdistamolta lähtevän veden ominaisuuksia. Varsinaiseen käsittelyyn menevän jäteveden laatu selvitettiin niissä kohteissa, joissa esikäsittely, esimerkiksi saostuskaivoissa, tasasi laatua riittävästi. Lisäksi muutamasta kohteesta otettiin ns. välinäytteitä eri puhdistusvaiheiden välillä.

Tutkittavat kohteet olivat normaalissa käyttötilanteessa ja ohjeiden mukainen ylläpito pyrittiin mahdollisimman hyvin varmistamaan. Näytteenottojen yhteydessä tarkastettiin puhdistamoiden toimivuus ja arvioitiin näytteenottohetkellä mahdolliset toimivuuteen vaikuttaneet tekijät. Jätevesinäytteistä määritettiin kokonaisfosfori, kokonaistyppi, biologinen hapenkulutus (BOD_7), kiintoaine ja fekaaliset streptokokit sekä lisäksi kemiallinen hapenkulutus (COD_{Cr}), ammoniumtyppi, nitriitti-nitraattityppi, liukoinen kokonaisfosfori, lämpötila ja pH. Puhdistamoille ei saanut tehdä mitään rakenteellisia muutoksia seurannan käynnistyttyä. Normaalit huolto – ja korjaustoimenpiteet olivat kuitenkin sallittuja, mutta niistäkin oli ilmoitettava etukäteen hankkeen tutkijoille.

Koekohteiden tulokset

Tutkittavat puhdistamot jaettiin tulosten käsittelyä varten viiteen ryhmään. Kaikki puhdistamot, niiden määrä, laitetoimittajat ja puhdistamoista käytetyt lyhenteet on esitetty seuraavan sivun taulukossa.

Lyhenne	Kuvaus	Määrä (kpl)	Laitetoimittaja / Rakentaja*
1. Maasuodattimet			
= Reunoilta ja pohjasta vesitiiviisti eristetty tai tiiviiseen maahan kaivettu kenttä tai ojamainen kaivanto, joka täytetään eri tavoin vettä läpäisevillä sepeli- ja hiekkalajikkeilla. Maasuodattimeen voidaan lisätä fosforia sitovaa materiaalia (esim. Fosfilt, Biotiitti). Virtaus voi olla joka ylhäältä alaspäin (tavallinen maasuodatin) tai sivusuuntainen (vaakavirtausmaasuodatin).			
MS	Maasuodatin	2	Lounais-Suomen ympäristökeskus*
MSF	Maasuodatin (Fosfilt)	1	Lounais-Suomen ympäristökeskus *
MSB	Maasuodatin (Biotiitti)	3	Kemira GrowHow / Kemwater
VVMS	Vaakavirtausmaasuodatin (fosforia sitova kerros)	2	Pirkanmaan ympäristökeskus
2. Jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattimet			
= Tavallisen maasuodattimen perään voidaan lisätä fosforin jälkisuodatussäiliö, joka sisältää fosforia sitovaa materiaalia. Tilavuudeltaan jälkisuodatus on yleensä n. 1 m^3, jolloin massa on helppo vaihtaa uuteen puhdistustehon heiketessä.			
MS+JSB	Maasuodatin + Jälkisuodatus (Biotiitti)	2	Kemira GrowHow / Kemwater
MS+JSP	Maasuodatin + Jälkisuodatus (Propipe 1400 Filt)	2	Propipe Oy
MSF+JSP	Maasuodatin (Fosfilt) + Jälkisuodatus (Propipe 1400 Filt)	1	Lounais-Suomenympäristökeskus *
MS+JSA	Maasuodatin + Jälkisaostus ($AlSO_4$)	1	Jita Oy
MS+JSF (H)	Maasuodatin ja Jälkisuodatus (Filtra P) $\rightarrow$ harmaat vedet	1	Nordkalk Oyj Abp
3. Panospuhdistamot			
= Panospuhdistamot ovat ns. laitepuhdistamoita. Ne ovat kompakteja, tehdasvalmisteisia laitteita, joiden puhdistusmenetelmä on yleensä biologis-kemiallinen (aktiivilieteprosessi ja fosforin saostus). Panospuhdistamot toimivat ns. panosperiaatteella eli jätevesi puhdistetaan erissä.			
Upoclean	Panospuhdistamo Upoclean 5	5	Uponor Oy
Wehoputs	Panospuhdistamo Wehoputs 6	3	KWH Pipe Oy
BioKem	Panospuhdistamo BioKem 6 tai 10	3	Wavin-Labko Oy
4. Biosuodattimet			
= Biosuodattimet ovat myös ns. laitepuhdistamoita eli kompakteja, tehdasvalmisteisia laitteita. Biosuodattimissa on suodatinmateriaalia, joka voi olla eri laitteissa hyvinkin eri kokoista ja mallista. Puhdistuminen tapahtuu suodatinmateriaalin pintaan muodostuvan biofilmin avulla. Menetelmä on yleensä biologis-kemiallinen eli käytössä on usein myös fosforin saostus.			
Clewer Bio	Clewer Bio 5	2	Juvegroup Oy
Clewer Bio+JSP	Clewer Bio 5 + Jälkisuodatus (Propipe 1400 Filt)	1	Juvegroup Oy
Bio-PP+MSI	Bio-PP5 + Maasuodatin (Indrän)	1	Teoplast Oy
Bio-PPF	Bio-PP5 fosforin saostuksella	1	Teoplast Oy
GreenPackSako+	Green Pack Sako Plus	1	Green Rock Oy
5. Muut puhdistusmenetelmät			
= Menetelmät, jotka eivät selkeästi kuulu neljään edellä mainittuun ryhmään.			
HVS (kookos)	Harmaavesisuodatin (suodatinmateriaalina kookosrouhe)	5**	Biolan Oy
HVS (sammal)	Harmaavesisuodatin (suodatinmateriaalina vesisammal)	5**	Biolan Oy
FMS	Filtralite-maasuodatin	1	Maxit Oy Ab
FKS	Filtralite-kompaktisuodatin	1	Maxit Oy Ab

** Suodatinmassa vaihdettu kookosrouheesta vesisammaleeseen tutkimuksen aikana.

Tulevan jäteveden laatu

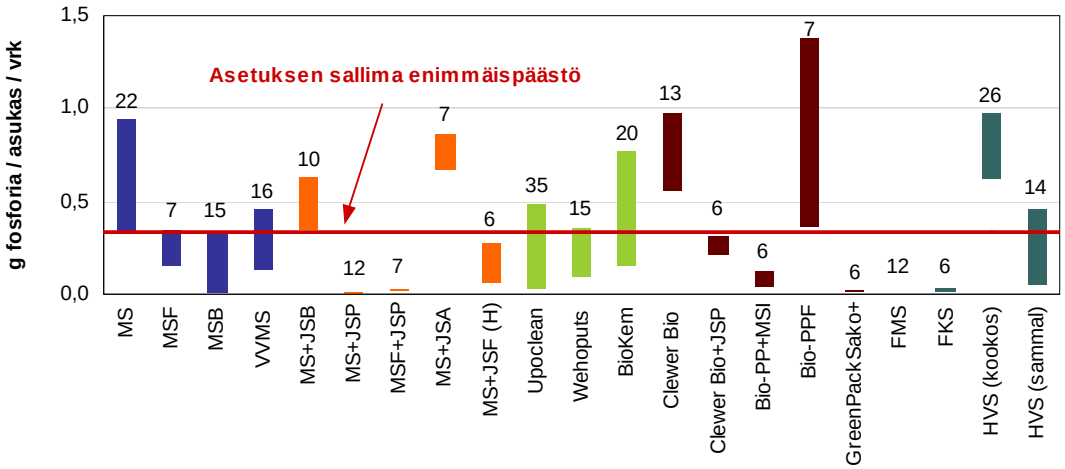
Puhdistamoihin tulevan jäteveden näytteiden perusteella lasketut tulevan jäteveden kuormitukset asukasta kohden vuorokaudessa olivat seuraavat:

- Kokonaisfosfori 2,2 g/vrk/asukas
- Kokonaistyppi 12,3 g/vrk/asukas
- BOD_7 44,3 g/vrk/asukas

Vertaamalla saatuja lukuja asetuksen mukaisiin kuormituslukuihin (kok-P 2,2, kok-N 14 ja BOD_7 50 g/vrk/as.) huomataan, että fosforin kohdalla luku on täsmälleen sama ja typellä ja BOD_7:llä hieman alhaisemmat, mutta kuitenkin samaa suuruusluokkaa. Eli ainakin keskimäärin seurattujen puhdistamoiden tulevan jäteveden laatu oli asetuksen kuormituslukujen mukainen. Voidaan myös todeta, että asetuksessa käytetyt arvot vastaavat varsin hyvin todellisten puhdistamoiden kuormitusta.

Puhdistustulokset

Alla olevissa kuvissa on esitetty tutkittujen puhdistamotyyppien fosfori-, typpi- ja orgaanisen aineen päästöjen vaihtelua. Tuloksista on karsittu pois alin ja ylin neljännes eli huonoimmat ja parhaimmat tulokset. Mitä pidempi kunkin puhdistamotyypin palkki on, sitä enemmän tulokset vaihtelivat. Kuvissa on lisäksi esitetty punaisella viivalla asetuksen peruskäsittelyvaatimusten mukaisesti lasketut sallitut enimmäispäästöt fosforille, typelle ja orgaaniselle aineelle (BOD_7). Lievennettyjen käsittelyvaatimusten mukaiset sallitut enimmäispäästöt löytyvät tämän raportin ensimmäiseltä sivulta.



Kuva 1. Eri puhdistamoiden fosforipäästöjen vaihteluvälit, joista karsittu pois alin ja ylin neljännes. Punainen viiva kuvaa asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen 85 % mukaisesti laskettua sallittua fosforin enimmäispäästöä. Numerot palkkien päällä kertovat kuinka moneen näytteeseen tulokset perustuvat.

Tutkittujen puhdistamoiden fosforipäästöt vaihtelivat paljon. Yli puolet puhdistamoista poistivat fosforia asetuksen vaatimusten mukaisesti, mutta osalla puhdistamoista oli selviä ongelmia. Kaikkien puhdistamoiden keskimääräinen fosforipäästö 0,35 g/asukas/vrk oli kuitenkin vain hieman korkeampi kuin asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen 85 % mukaan laskettu fosforin sallittu enimmäispäästö 0,33 g/asukas/vrk.

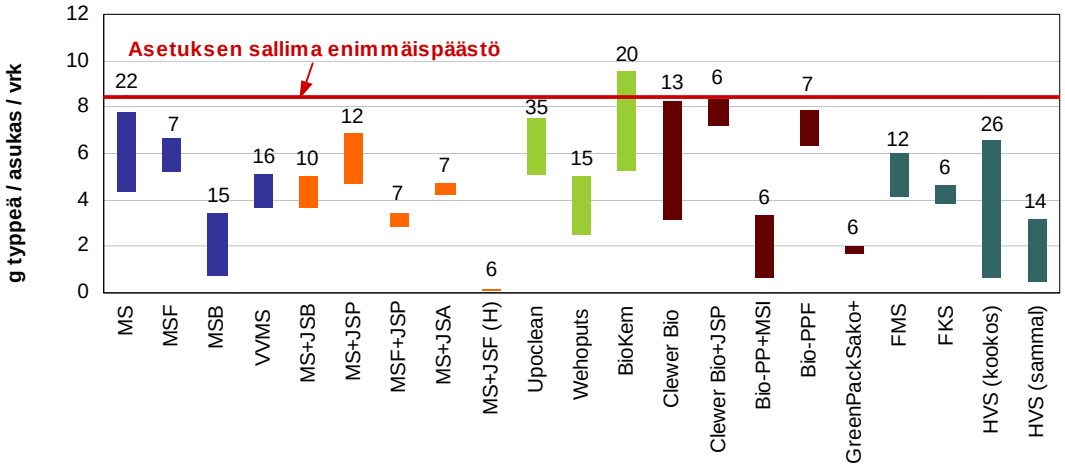
Tavalliset maasuodattimet (MS) pystyivät harvoin poistamaan fosforia asetuksen mukaisesti ja fosforipäästöt ylittivätkin asetuksen enimmäispäästörajan lähes joka kerta. Maasuodattimien joukossa oli sekä uusia että jopa 10 vuotta vanhoja puhdistamoita. Maasuodattimen iän vaikutuksesta fosforinpoistoon ei saatu riittävästi havaintoaineistoa varmojen johtopäätösten tekemiseksi.

Lisäämällä fosforia sitovaa ainetta maasuodatinhiekan joukkoon (MSF, MSB, VVMS), voitiin maasuodattimen fosforinpoistoa parantaa selvästi ja suurin osa fosforituloksista oli näillä puhdistamoilla alle asetuksen enimmäispäästörajan. Fosforinpoistoa saatiin tehostettua myös lisäämällä maasuodattimen perään erillinen jälkisuodatussäiliö. Jälkisuodattimista parhaiten toimi Propipe 1400 Filt-massaa sisältävä jälkisuodatin (MS+JSP). Myös Filtra P-massaa sisältävä jälkisuodatin (MS+JSF) toimi hyvin. Sen sijaan Biotiitti-massaa sisältävä jälkisuodatin ei toiminut odotetulla tavalla (MS+JSB), mutta maasuodatinhiekan joukkoon lisättynä Biotiitti toimi hyvin (MSB). Fosforin jälkisaostus alumiinisulfaatilla (MS+JSA) ei toiminut ongelmitta.

Panospuhdistamoilla (Upoclean, Wehoputs, BioKem) fosforipäästöt vaihtelivat asetuksen enimmäispäästörajan molemmin puolin. Tasaisimmin panospuhdistamoista toimi Wehoputs 6, jolla lähes kaikki fosforipäästöt olivat alle asetuksen enimmäispäästörajan. Myös Upoclean 5 toimi hyvin, vaikka fosforipäästöt nousivatkin ajoittain yli enimmäispäästörajan. Sen sijaan BioKemin fosforinpoistossa oli vielä parantamisen varaa. Toisaalta suuri osa BioKemin huonoista tuloksista aiheutui joko fosforin saostuksessa olleista ongelmista tai puhdistamolle tulleesta epänormaalista kuormituksesta, joka tappoi puhdistavan biolietteen. Jos nämä ongelmat saataisiin hallintaan, olisi silläkin edellytykset toimia asetuksen mukaisesti.

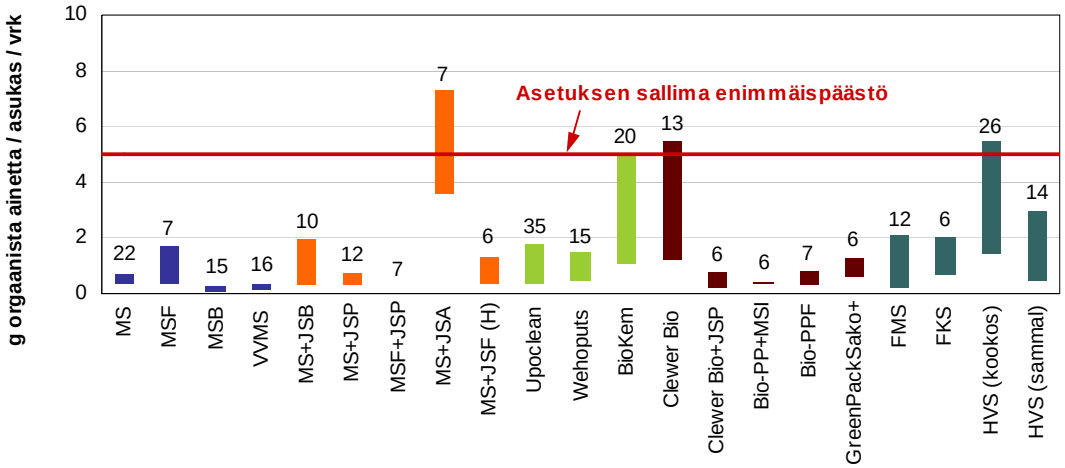
Biosuodattimien fosforipäästöt vaihtelivat paljon mallista riippuen. Esimerkiksi Green Pack Sako Plus toimi erinomaisesti, kun taas sekä Clewer Bio:lla ja Bio-PPF:llä oli ongelmia fosforin poiston suhteen. Kun Clewer Bio täydennettiin fosforin jälkisuodatuksella (JSP) ja Bio-PP maasuodattimella (MSI), laski niissäkin fosforipäästöt alle enimmäispäästörajan.

Filtralite-suodattimilla (FMS, FKS) fosforipäästöt olivat erittäin alhaiset ja harmaavesisuodattimillakin fosforipäästöt laskivat merkittävästi, kun suodatinmassa vaihdettiin kookosrouheesta vesisammaleen (HVS(kookos) → HVS(vesisammal)).



Kuva x. Eri puhdistamoiden typpipäästöjen vaihteluvälit, joista karsittu pois alin ja ylin neljännes. Punainen viiva kuvaa asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen 40 % mukaisesti laskettua sallittua typen enimmäispäästöä. Numerot palkkien päällä kertovat kuinka moneen näytteeseen tulokset perustuvat.

Kuten fosforipäästöt, myös typpipäästöt vaihtelivat paljon eri puhdistamotyyppien välillä. Kaikkien puhdistamoiden keskimääräinen typpipäästö oli 4,6 g/asukas/vrk eli reilusti alle asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen 40 % mukaan lasketun sallitun enimmäispäästörajan 8,4 g/asukas/vrk. Lähes kaikkien puhdistamotyyppien typpipäästöt olivatkin alle asetuksen enimmäispäästörajan.



Kuva x. Eri puhdistamoiden orgaanisen aineen päästöjen vaihteluvälit, joista karsittu pois alin ja ylin neljännes. Punainen viiva kuvaa asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen 90 % mukaisesti laskettua sallittua orgaanisen aineen enimmäispäästöä. Numerot palkkien päällä kertovat kuinka moneen näytteeseen tulokset perustuvat.

Puhdistamoiden orgaanisen aineen päästöt olivat lähes kaikilla puhdistamotyypeillä vähäisiä. Kaikkien puhdistamoiden keskimääräinen orgaanisen aineen päästö oli 2 g/asukas/vrk eli reilusti alle asetuksen peruskäsittelyvaatimuksen 90 % mukaan lasketun sallitun enimmäispäästörajan 5 g/asukas/vrk.

Bakteereiden (fekaaliset enterokokit) osalta puhdistamoiden välillä oli jonkin verran eroja. Tavallisilla ja fosforia sitovaa materiaalia sisältävillä maasuodattimilla puhdistetun jäteveden bakteereiden määrä oli keskimäärin 150 kpl desilitrassa. Jälkisuodatuksella tehostetuissa maasuodattimissa vastaava bakteerimäärä oli 15 kpl desilitrassa. Panospuhdistamoilla ja biosuodattimilla lähtevän jäteveden bakteerimäärät nousivat usein yli 1000 kappaleeseen desilitrassa. Toisaalta biosuodattimissa jälkikäsittelyllä bakteerimäärät saatiin tippumaan alle sataan desilitraa kohden. Filtralite-suodattimilla lähtevän jäteveden bakteerimäärät olivat erittäin alhaisia, koska pH suodattimissa nousi hyvin korkeaksi tappaen kaikki bakteerit. Harmaavesisuodattimilla kookosmassaa käytettäessä bakteerimäärät olivat yleensä tuhansia, kun taas vesisammalta käytettäessä määrät laskivat muutamaan sataan. Näitä arvoja voidaan verrata esimerkiksi uimaveden laatuluokitukseen (sosiaali- ja terveysministeriö päätös 41/99), jonka mukaan uimiseen sopivassa vedessä fekaalisten enterokokkien määrän tulee olla alle 200 kpl / 100 ml.

Johtopäätöksiä

Tulosten perusteella olemassa olevilla puhdistustekniikoilla kiinteistökohtaisilla puhdistamoilla on mahdollista saavuttaa hajajätevesiasetuksen vaatimukset. Lähes kaikki tutkitut puhdistamot poistivat orgaanista ainetta ja typpeä asetuksessa vaaditulla tavalla. Fosforin suhteenkin yli puolet puhdistamoista toimi hyvin, mutta osalla oli ongelmia.

Monilla puhdistamoilla vaadittu fosforinpoistoteho saavutettaisiin, jos puhdistamoita muistettaisiin huoltaa vaaditulla tavalla. Etenkin monet laitepuhdistamot (panospuhdistamot ja biosuodattimet) olivat selvästi herkempiä häiriöille kuin maasuodattimet. Valitettavan usein niihin oli unohdettu lisätä esim. fosforin saostuskemikaalia ajoissa ja seurauksena oli hyvinkin korkeita fosforipäästöjä. Myös laitepuhdistamoiden monimutkaisempi tekniikka (pumput, ym. sähköä vaativat laitteet) saattaa altistaa ne useammin häiriöille.

Tavalliset maasuodattimet riittivät harvoin puhdistamaan jätevesien fosforin tarpeeksi tehokkaasti asetuksen vaatimuksiin nähden. Ainoastaan yhdellä kuudesta maasuodattimesta parhaat tulokset olivat asetuksen mukaisia. Tavallinen maasuodatin onkin syytä varautua täydentämään mahdollisella fosforin lisäkäsittelyllä (esim. jälkisuodatus) ainakin niillä alueilla, joilla sovelletaan fosforin peruskäsittelyvaatimusta (85 %). Lievennettyä käsittelyvaatimusta soveltavilla alueilla tavallinen maasuodatinkin on usein toimiva puhdistusmenetelmä.

Yleisesti ottaen maasuodattimet vaativat vähemmän huoltotoimenpiteitä kuin laitepuhdistamot. Toisaalta jälkisuodatuksella tehostetuissa maasuodattimissakin fosforia sitova massa täytyy vaihtaa uuteen parin vuoden välein. Laitepuhdistamoiden hyvänä puolena on se, että ne vaativat huomattavasti vähemmän tilaa kuin maasuodattimet. Laitepuhdistamot soveltuvat yleensä myös tontille kuin tontille, kun taas maasuodatinta ei kaikkiin paikkoihin voida rakentaa.

Tämän tutkimuksen tulosten perusteella suositeltavimpia puhdistusmenetelmiä hajaasutusalueella sijaitsevan kiinteistön kaikkien jätevesien käsittelyyn ovat jälkisuodatuksella tehostetut maasuodattimet ja hyvin toimivat laitepuhdistamot. Fosforia sitovaa massaa sisältävät maasuodattimet toimivat myös hyvin, mutta niistä massa on hankalampi vaihtaa uuteen fosforinpoiston heiketessä kuin fosforin jälkisuodattimista. Myös Filtralite-suodattimilla päästään erinomaiseen tulokseen.

Mikäli käymäläjätteet otetaan talteen esimerkiksi kompostikäymälässä ja jatkokäsitellään asianmukaisesti, jää käsiteltäväksi vain harmaata jätevettä. Harmaiden vesien käsittelyyn soveltuvat esimerkiksi harmaavesisuodattimet, joissa käytetään vesisammalta suodatinmateriaalina. Myös tavalliset maasuodattimet soveltuvat hyvin harmaiden vesien käsittelyyn.

Tässä tutkimuksessa mukana olleet puhdistamot edustavat useimmiten parin vuoden takaista tekniikkaa. Monia puhdistusmenetelmiä onkin kehitetty edelleen myös tutkimuksen aikana ja sen jälkeen.

Käytännön olosuhteissa puhdistamon hyvä toimivuus edellyttää useimpien puhdistamoiden kohdalla käyttäjältä tietämystä omasta puhdistamostaan, jotta puhdistamo toimisi vaaditulla tavalla. Sopivan puhdistusmenetelmän valinnan tulisi perustua aina kohteen tarpeisiin ja olosuhteisiin. Valinnassa tulisi kiinnittää huomiota myös siihen, minkä tyyppinen puhdistamo parhaiten soveltuu kiinteistön omistajalle eli mitä huoltotoimenpiteitä on valmis tekemään ja kuinka usein. Ainoastaan halvin hinta ei ole pätevä kriteeri puhdistamon valinnassa.

Lisätietoja

Hankkeen loppuraportit julkaistaan kevään 2005 aikana Suomen ympäristö-sarjassa kahdessa osassa, joista ensimmäinen käsittelee asumisjätevesikohteita ja toinen maitohuonekohteita. Loppuraportit, joissa tulokset esitetään yksityiskohtaisemmin, julkaistaan myös sähköisessä muodossa SYKEn www-sivuilla. Sieltä löytyy myös lisätietoa hajajätevesien käsittelystä sekä meneillään olevista hankkeista.

→ www.ymparisto.fi/hajajatevesi

Lisätietoja asumisjätevettä käsittelevien puhdistamoiden
toiminnasta Ravinnesampo-hankkeessa antavat myös:

Tutkimusinsinööri Riikka Vilpas, SYKE
riikka.vilpas@ymparisto.fi
p. 09-4030 0323

Kehitysinsinööri Katriina Kujala-Räty
katriina.kujala-raty@ymparisto.fi
p. 09-4030 0435

Yli-insinööri Erkki Santala, SYKE
erkki.santala@ymparisto.fi
p. 09-4030 0434