

VESIHALLITUS—NATIONAL BOARD OF WATERS, FINLAND

Tiedotus
Report **200**

KIRSTI MÄKINEN

PIENTEN YKSIKÖIDEN TALOUSJÄTEVESIEN KÄSITTELYMAHDOLLISUUDET

English summary: On-site treatment and disposal system alternatives for household wastewater

HELSINKI 1980



Tekijä on vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesihallituksen virallisena kannanottona

VESIHALLITUKSEN TIEDOTUKSIA koskevat tilaukset: Valtion painatuskeskus PL 516, 00101 Helsinki 10,
puh. 90-539011/julkaisutilaukset

ISBN 951-46-5074-3
ISSN 0355-0745

SISÄLLYSLUETTELO	Sivu
KUALUETTELO	7
TAULUKKOLUETTELO	9
LIITELUETTELO	11
ESIPUHE	13
1. JOHDANTO	15
2. JÄTEVESIEN MÄÄRÄ, LAATU JA KÄSITTELYTARVE	17
2.1 Jätevesien määrä ja laatu	17
2.2 Käsittelytarve	20
2.3 Lainsäädännön vaatimukset	23
2.31 Lainsäädäntö Suomessa	23
2.32 Lainsäädäntö muissa pohjoismaissa	26
3. KÄYTETTÄVISSÄ OLEVIEN MENETELMIEN KUVAUS	29
3.1 Yleistä	29
3.2 Käymäläratkaisut	29
3.21 Ulkokäymälät	29
3.22 Kompostikäymälät	32
3.23 Vähävetiset huuhtelukäymälät ja alipainekäymälät	37
3.24 Muut käymäläratkaisut	39
3.3 Jäteveden käsittelymenetelmät	42
3.31 Biologiset pienpuhdistamot	42
3.32 Kemialliset pienpuhdistamot	48
3.33 Imeytysratkaisut	50
3.34 Saostuskaiivot	52
3.35 Umpikaivot	52
4. ERILAISTEN MENETELMIEN YLEISYYS	53
4.1 Yleisyys Suomessa	53
4.11 Käymälät	53
4.12 Käsittelymenetelmät	55

	Sivu
4.2 Yleisyys muissa pohjoismaissa	57
5. TOIMIVUUS JA KÄYTTÖKOKEMUKSET	61
5.1 Tiedonhankintamenetelmät	61
5.2 Käymälöiden toimivuus	62
5.21 Yleistä	62
5.22 Käymäläjätteen kompostoitumisen edellytykset	63
5.23 Kompostikäymälöiden vertaileva tutkimus Norjassa	65
5.231 Tutkitut käymälämerkit ja tutkimus- menetelmät	65
5.232 Lämmönmuodostus	66
5.233 Ilmanvaihto ja kosteus	68
5.234 Bakteriologiset tutkimukset	70
5.235 Käyttökokemuksia ympärivuotisessa käy- tössä	71
5.24 Pikakompostikäymälätutkimus Ruotsissa	73
5.25 Kuorikkeen käyttö	75
5.26 Käyttäjäkysely kolmen käymälämerkin käyttö- kokemuksista	76
5.261 Kyselyn suorittaminen	76
5.262 Käymälän hankinta	78
5.263 Käyttäjämäärä	78
5.264 Käymälän sijoitus	79
5.265 Haitat ja toimintahäiriöt	81
5.266 Kompostoituminen ja tyhjentäminen	82
5.267 Käymälän hoito ja käyttömukavuus	85
5.268 Loppupäätelmä	85
5.27 Käymälöiden soveltuvuus erilaisiin kohteisiin	86
5.271 Ulkokäymälä	86
5.272 Kompostikäymälä	87
5.273 Vähävetinen huuhtelykäymälä ja alipai- nekäymälä	88
5.274 Muut käymäläratkaisut	89
5.28 Käymäläjätteen jälkikäsitteily	90

	Sivu
5.3 Pienpuhdistamoiden toimivuus	92
5.31 Toimivuuden arviointiperusteet	92
5.32 Teoreettiset toimintaedellytykset	94
5.33 Toimivuus käytännössä	95
5.34 Huonon toiminnan syitä	98
5.341 Puutteellinen hoito	98
5.342 Asennusvirheet ja laiteviat	102
5.343 Kemikaalien syötön ja pH:n säädön vaikeudet	104
5.344 Kuormitusvaihtelut	105
5.35 Biologisen ja kemiallisen pienpuhdis- tamon toiminnan periaatteellisia eroja	108
5.36 Puhdistustuloksia erityyppisiltä pien- puhdistamoilta	109
5.37 Yhteenveto käyttökokemuksista	116
5.371 Kemiallinen suorasaostuslaitos	116
5.372 Biologinen suodatin	118
5.373 Kiertosuodatin	119
5.374 Aktiivilietelaitos	120
5.4 Imeytysratkaisujen toimivuus	121
5.41 Imeytyksen teoreettiset perusteet	121
5.411 Yleistä	121
5.412 Hydraulinen kapasiteetti	121
5.413 Puhdistumisprosessi	124
5.413.1 Orgaaninen aine	124
5.413.2 Patogeeniset organismit	126
5.413.3 Typpi	127
5.413.4 Fosfori	129
5.42 Imeytysratkaisujen rakenne ja mitoitus	130
5.421 Yleistä	130
5.422 Imeytysojasto	133
5.423 Imeytyskaivo	139
5.424 Imeytyskenttä	141
5.425 Maasuodatin	141
5.426 Virtaamajärjestelyt ja lämpö- eristys	144
5.427 Suomalaiset ohjeet	147

	Sivu
5.43 Käyttökokemuksia	151
5.431 Imeytysojasto	151
5.432 Maasuodatin	161
5.433 Imeytyskenttä	171
5.434 Imeytys jälkikäsittelynä	178
5.44 Puhdistustulokseen vaikuttavia tekijöitä	181
5.441 Yleistä	181
5.442 Viipymä ja kuormitus	182
5.443 Kuormitustapa	183
5.444 Raekoko	187
5.445 Kiviainekoostumus	190
5.446 Redox-potentiaali	191
5.447 Lämpötila	193
5.448 Esikäsittely	194
5.45 Imeytyksen vaikutus pohjaveteen	196
5.46 Imeytysratkaisujen toteuttaminen	198
5.461 Tarvittavat esitutkimukset	198
5.462 Rakentaminen	201
5.463 Hoito	202
5.5 Saostuskaivot	203
5.51 Rakenne ja mitoitus	203
5.52 Toimivuus	209
5.6 Umpikaivot	210
5.7 Vaihtoehtoiset käsittelymenetelmät ja niiden kustannukset	212
6. YHTEENVETO	215
7. JATKOTUTKIMUKSEN TARVE	219
8. ENGLISH SUMMARY	225
9. KIRJALLISUUSLUETTELO	231
LIITTEET	

KUALUETTELO

1. Ulkokäymälä (VESIHALLITUS 1980)
2. Kuorikekäymälä
3. Suorakompostikäymälän sijoitusvaihtoehdot
4. Clivus Multrum
5. Toa-Throne. Nuolet kuvaavat ilman kulkua
(GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)
6. Upo-Sähkötuoli
7. Biolo (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)
8. Vähävetinen huuhtelukäymälä
9. Alipainekäymälä (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)
10. Kannettava kemiallinen huuhtelukäymälä
(GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)
11. Paketoiva käymälä (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)
12. Jäädytyskäymälä (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)
13. Vesimies-puhdistamo
14. Kiertosuodatin Rotorsystem TR+K
15. Aktiivilietelaitoksen periaatepiirros (SUOMEN KUNNALLISTEKNINEN YHDISTYS 1975)
16. Argument-aktiivilietelaitos
17. Kemiallinen suorasaostuslaitos Orwa KM
18. Jätevesien imeytysvaihtoehdot loma-asunnolla
(SISÄASIAINMINISTERIÖ ja VESIHALLITUS 1978)
19. Norjalainen imeytysojasto (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977, LINDBAK 1978)
20. Imeytysojaston mitoituksessa käytettävä rakeisuus-käyrädiagrammi (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
21. Imeytysojien sijoitus ja ojaston vaatima pinta-ala sisältäen aluevarauksen toista ojastoa varten. Yhden ojan pituus korkeintaan 25 m (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977)
22. Norjalainen imeytyskaivo (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977)
23. Norjalainen imeytyskenttä (LINDBAK 1978)
24. Norjalainen maasuodatin (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977, LINDBAK 1978)
25. Norjalainen maasuodatinkaivo (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977)
26. Vaappuruuhi ja sifoni (LINDBAK 1978)

27. Jäteveden pumppaaminen maasuodattimeen (LINDBAK 1978)
28. Saostuskaivon jälkeen sijoitettu varmuussuodatin (LINDBAK 1978)
29. Esimerkkejä imeytysojaston lämpöeristyksestä (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977)
30. Suomalainen imeytyskaivo (VESIHALLITUS 1980)
31. Esimerkki 1 amerikkalaisen pientalon imeytysojasta (LINDBAK 1977)
32. Typpi- ja fosforipitoisuudet maassa kuvan 31 esimerkissä (LINDBAK 1977)
33. Esimerkki 2 amerikkalaisen pientalon imeytysojasta (LINDBAK 1977)
34. Viiden norjalaisen maasuodattimen fosfori-, typpi- ja BHK-reduktiot vuosina 1972...1976 (LINDBAK 1978)
35. Venastulin maasuodatin (LINDBAK 1977)
36. Stjernåsenin yhdistetty imeytyskenttä ja imeytysojasto (LINDBAK 1978)
37. Ännin imeytysallas (CARLSSON 1977)
38. Imeytyksen vaikutus pohjaveden sähkönjohtavuuteen Ännissa. Näyteputkien sijainti on esitetty kuvassa 37 (CARLSSON 1977)
39. Tukkeutumisen eteneminen imeytysojassa (LINDBAK 1977)
40. Putken rei'ityksen vaikutus veden leviämiseen norjalaisen kokeen mukaan (LINDBAK 1977)
41. Imeytymisajan mittaaminen (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
42. Norjalainen kolmesta kaivosta rakennettu saostuskaivo (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
43. Norjalainen suorakulmainen paikallavalettu saostuskaivo (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
44. Suomalaisen saostuskaivon rakenne ja mitoitus

TAULUKKOLUETTELO

1. BHK5-, N- ja P-kuormituksen jakautuminen vedenkäyttömuodoittain amerikkalaisissa pientaloissa (SIEGRIST et al. 1976)
2. Jätevesikuormitus vesikäymälällä ja kompostikäymälällä varustetussa pientalossa (KRISTIANSEN & SKAARER 1979)
3. Myytyjen käymälöiden määriä Suomessa syksyllä 1979
4. Myytyjen pienpuhdistamoiden määriä Suomessa keväällä 1980
5. Tutkitut käymälämerkit (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)
6. Ympärivuotisesti käytettyjen käymälöiden massan lämpötila (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)
7. Käymälöiden määrä käyttökohteittain
8. Yleisarviointi käymälän käyttökokemuksista
9. Itävaltalaisen pienpuhdistamoiden toimivuusselvityksen tulokset (BEGERT & RUIDER 1977)
10. Erikokoisten pienpuhdistamoiden hoidon järjestäminen MATTILAN (1975) tiedustelun mukaan
11. Eri puhdistusmenetelmissä syntyviä lietemääriä (VESIHALLITUS 1976b)
12. 17 biologisen pienpuhdistamon toimivuus (ESPOON KAUPUNKI 1976)
13. 10 kemiallisen pienpuhdistamon toimivuus (ESPOON KAUPUNKI 1976)
14. Lähtevän veden BHK7:n ja kokonaisfosforin analyysitulosten keskiarvot ja vaihtelurajat (ESPOON KAUPUNKI 1976)
15. Lähtevän veden analyysituloksia Ruotsista 9 kemialliselta ja 3 biologiselta pienpuhdistamolta (PERSSON 1975)
16. Erityyppisten ruotsalaisten pienpuhdistamoiden lähtevän veden pitoisuuksien keskiarvoja (WERNER 1976)
17. Lähtevän veden analyysituloksia ruotsalaisilta pienpuhdistamoilta (BLOMSTRÖM 1979)
18. Analyysituloksia tanskalaisilta pienpuhdistamoilta (MILJØSTYRELSEN 1977b)

19. Imeytysojaston suojaetäisyydet eri maissa
20. Saostuskaivojen lukumäärän ja kokonaistilavuuden vähimmäisvaatimukset Norjassa (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
21. Maalajinrakeisuuden perusteella määrättävä tarvittava imeytysojan pituus (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
22. Reduktiokerroin imeytysojan pituuden määräämiseksi eri kuormitusryhmissä (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
23. Laskennallisen henkilöluvun määrääminen imeytysojaston mitoitusvarten tanskalaisten ohjeiden mukaan (TEKNOLOGISK INSTITUT BYGGETEKNIK 1979)
24. Imeytyskaivon halkaisijan määrääminen redusoidun ojan pituuden avulla (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
25. Tarvittava maasuodattimen ojan pituus (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
26. Imeytysojaston käyttöaika Connecticutissa Yhdysvalloissa (LINDBAK 1978)
27. Kemialliset ja bakteriologiset analyysitulokset kuvan 31 esimerkissä (LINDBAK 1977)
28. Kemialliset ja bakteriologiset analyysitulokset kuvan 33 esimerkissä (LINDBAK 1977)
29. Tutkitut imeytysojastot (NILSSON & ENGLÖV 1979)
30. Eggbyn imeytysojasto. Kolmen näytteenottokerran kemialliset analyysitulokset (NILSSON & ENGLÖV 1979)
31. Eggbyn imeytysojasto. Bakteriologiset analyysitulokset (NILSSON & ENGLÖV 1979)
32. Analyysituloksia kuudesta norjalaisesta maasuodattimesta vuosilta 1972...1976 (LINDBAK 1978)
33. Venastulin maasuodattimen analyysitulosten keskiarvoja (LINDBAK 1978)
34. Tutkitut maasuodattimet (NILSSON & ENGLÖV 1979)
35. Laimenemisen osuus maasuodattimen typpi- ja fosforireduktioista kanadalaisen tutkimuksen mukaan (BRANDES 1980)
36. Analyysitulosten keskiarvoja viidestä ruotsalaisesta avoimesta maasuodattimesta (NILSSON & ENGLÖV 1979)
37. Muutamien luonnonvaraisten kasvien ravinteiden sitomiskyky ja primäärituotanto eri tutkijoiden mukaan (SKAARER 1976a)
38. Nelihenkisen perheen jätevesille tarvittava imeytyskentän pinta-ala mitoitusperusteiden ollessa kaiken veden haihduttaminen, infiltraatiokyky tai ravinnekuormitus (SKAARER 1976a)

39. Tutkimustuloksia Stjernåsenista imeytyskentän ja imeytysojaston yhdistämisestä. Näyte 1 on otettu ennen laitoksen käyttöönottoa (LINDBAK 1977)
40. Amerikkalaisia tutkimustuloksia biologisesti puhdistetun jäteveden jälkikäsitteystä avoimessa maasuodattimessa (SAUER et al. 1976)
41. Maalajien vedenjohtavuuksia (AIRAKSINEN 1978)
42. Maalajien infiltraatiokyky imeytettäessä laskeutettua jätevettä (STATENS NATURVÅRDSVERK 1974a)
43. Tulevan ja lähtevän veden KHK- ja bakteeripitoisuudet mekaanisesti, biologisesti ja biologis-kemiallisesti käsitellyn jäteveden imeytyskokeessa (NILSSON & ENGLÖV 1979)
44. Imeytystä edeltävän saostuskaivon vähimmäistilavuus eri maissa
45. "Parhaat" jätevesien käsittelytavat erilaisissa kohteissa ruotsalaisen arvioinnin mukaan (ULMGREN 1979)
46. Vaihtoehtoisten käymäläjärjestelmien ja jätevesien käsittelymenetelmien kustannusvertailu vuoden 1979 hintatasossa (VESIHALLITUS 1980)

LIITELUTTELO

1. Suomessa markkinoilla olevia käymälöitä
2. Suomessa markkinoilla olevia pienpuhdistamoita
3. Ruotsissa ja Norjassa markkinoitavia kompostikäymälöitä
4. Käymäläkyselyn lomake
5. Käymäläkyselyn vastausten perusteella laaditut taulukot
6. Jätevesien käsittelymenetelmien arvioitu käyttökel-
poisuus erilaisissa kohteissa

ESIPUHE

Maj ja Tor Nesslingin Säätiön hallitus päätti kokouksessaan 29.5.1979 myöntää apurahan haja-asutuksen ja muiden pienten yksiköiden jätevesien käsittelymahdollisuuksia koskevaan tutkimukseen. Tutkimuksen tavoitteena oli selvittää käytettävissä olevat haja-asutuksen ja muiden pienten yksiköiden käyttöön soveltuvat käymäläratkaisut ja jäteveden käsittelymenetelmät sekä käsitellä eri menetelmien toimivuudesta saatuja kokemuksia. Tutkimus tehtiin kirjallisuusselvityksenä käyttäen hyväksi lähinnä Suomessa ja muissa pohjoismaissa tehtyjä tutkimuksia. Käymälöiden käyttökokemuksia selvitettiin lisäksi käyttäjille lähetetyllä tiedustelulla.

Tutkimuksen laatimisesta on tutkijana vastannut tekn.yo. Kirsti Mäkinen. Tutkimusryhmään ovat hänen lisäksi kuuluneet dipl.ins. Pauli Kleemola tutkimuksen vastuullisena johtajana sekä dipl.ins. Erkki Santala. Tutkimuksen viimeistelyvaiheessa on sen rahoitukseen osallistunut säätiön lisäksi myös vesihallitus. Tutkimus on valmistunut 30.9.1980 ja se perustuu ennen sitä valmistuneisiin selvityksiin ja tutkimuksiin.

1. J O H D A N T O

Valtaosa suomalaisista asuisi tutkimusten mukaan mieluiten pientalossa. Viime vuosina pientalojen osuus koko asuntotuotannosta onkin lisääntynyt. Pientalorakentaminen keskittyy pääasiassa taajamien reuna-alueille, missä kunnallistekniikka on toteutettavissa kaupunkimaisesti. Yhä enemmän on kiinnitetty huomiota myös maaseudun haja-asutuksen ja kyläkeskusten kehittämiseen. Lähtökohtana on yleensä ollut pyrkimys turvata haja-asutusalueiden asukkaille sama asumistaso kuin taajamissa. Sisäkäymälän, vesijohdon ja viemärin hankkimisen tulisi tällöin olla mahdollista.

Asuntojen vedenkulutuksen nousu lisää vesistöihin ja pohjavesiin kohdistuvaa jätevesikuormitusta sekä aiheuttaa hygieenisiiä haittoja asuinympäristölle. Tämän vuoksi on välttämätöntä etsiä yleisten viemäriverkostojen ulkopuolelle jäävään asutukseen sopivia viemärointi- ja jätevesien käsittelymenetelmiä, jotka ovat sekä riittävän tehokkaita että kustannuksiltaan toteuttamiskelpoisia. Jätevesikuormitusta voidaan pienentää myös käyttämällä viemärittömiä käymäläratkaisuja. Ekorakentaminen on osaltaan lisännyt kompostikäymälöihin kohdistuvaa mielenkiintoa.

Tämä tutkimus on lähinnä kirjallisuusselvitys haja-asutuksen ja muiden pienten yksiköiden käyttöön soveltuvista käymäläratkaisuista ja jätevesien käsittelymenetelmistä. Taustatietoina käsitellään tutkimuksessa lyhyesti haja-asutuksen määrää, jätevesikuormitusta, lainsäädännön asettamia vaatimuksia sekä eri menetelmien yleisyyttä Suomessa ja muissa pohjoismaissa. Selvitys painottuu käymälöiden, pienpuhdistamoiden, imeytysratkaisujen sekä saostus- ja umpikaivojen toimivuudesta ja käyttökokemuksista saatujen tietojen esittämiseen. Suomessa eri menetelmien toimivuutta on tutkittu melko vähän. Pääasiassa käsitellään olosuhteiltaan Suomea vastaavissa muissa pohjoismaissa tehtyjä tutkimuksia. Imeytyksen osalta viitataan jossain määrin myös Yhdysvalloissa ja Kanadassa tehtyihin tutkimuksiin, lähinnä

kuitenkin vain siltä osin kuin pohjoismaista tietoa ei ole käytettävissä.

Kolmen käymälämerkin käyttökokemuksia on tutkimuksen yhteydessä selvitetty käyttäjille lähetetyllä tiedustelulla. Mukana oli yksi suorakompostikäymälä, yksi pikakompostikäymälä ja yksi vähävetinen huuhtelukäymälä. Kyselylomakkeita lähetettiin kaikkiaan 382 kappaletta, ja palautettujen vastausten osuus oli 51 %.

Tutkimuksen lopussa on käsitelty haja-asutuksen jätevesien käsittelymenetelmiä koskevan tutkimustoiminnan tarvetta ja käynnissä olevia tutkimuksia. Lisäksi on pyritty kartoittamaan sellaisia tutkimustehtäviä, joiden organisoiminen näyttää tarpeelliselta käytettävissä olevat tiedot ja käynnissä olevat tutkimukset huomioonottaen.

2. JÄTEVESIEN MÄÄRÄ, LAATU JA KÄSITTELYTARVE

2.1 JÄTEVESIEN MÄÄRÄ JA LAATU

Seuraava haja-asutuksen määrää, vedenkulutusta ja jäteveden koostumusta käsittelevä kappale perustuu pääasiassa SANTALAN (1979, 1980) haja-asutuksen jätevesikysymyksiä käsitteleviin esitelmiin.

Suomessa oli vuoden 1979 alussa vielä noin 1,6 milj. asukasta eli 0,5...0,6 milj. taloutta yleisten viemärilaitosten ulkopuolella. Pääosan haja-asutusalueen talouksista muodostavat tilakeskukset ja muut suhteellisen etäällä toisistaan olevat pientalot. Kaupunkien ja taajamien reuna-alueilla on kuitenkin varsin tiheääkin viemäroimätöntä asutusta. Haja-asutus on keskittynyt vesistöjen äärelle lähinnä vain alavien jokivarsien nauhamaisena asutuksena. Järvi-seuduilla on perinteisesti rakennettu etäämmälle rannasta.

Loma-asutus on Suomessa sijoittunut noin 90-prosenttisesti välittömästi vesistöjen ranta-alueille. Vuoden 1979 alussa oli loma-asuntoja kaikkiaan noin 265 000. Niiden määrä on lisääntynyt 1970-luvulla tasaisesti 9 000... 10 000 kappa- leella vuosittain. Loma-asuntoja rakennetaan edelleen pää- asiassa kaavoittamattomille ranta-alueille. Vuosittain muuttuu myös maaseudun ympärivuotisia asuntoja loma-asun- noiksi huomattavia määriä. Toistaiseksi vähäistä mutta tulevaisuudessa ainakin suurimpien kaupunkien lähialueilla yhä tavallisempaa on toisaalta entisten loma-asuntojen ottaminen ympärivuotiseen käyttöön.

Haja-asutukseen rinnastettavia pieniä kuormittajia ovat myös erilaiset majoitusliikkeet, kurssi- ja leirikeskukset, pienet leirintäalueet, lomakylät sekä oppilaitokset, joita ei ole liitetty yleiseen viemäriverkostoon. Tällaisia on koko maassa useita satoja.

Keskitetyn vedenhankinnan piirissä on noin 250 000 asukasta enemmän kuin yleisen viemäröinnin. Itse vedenhankintansa järjestäviä talouksia on siis 0,4...0,5 milj. ja lisäksi valtaosa loma-asunnoista. Ilman rakennuksen sisäisiä vesijohtoja lienee haja-asutusalueilla noin 0,2 milj. taloutta. Jouduttaessa kantaamaan vesi käyttökohteisiin pysyy kulutus varsin vähäisenä, 10...50 l/p.d. Liityttäessä yleiseen vesijohtoon tai jos oma vedenottamo varustetaan sähkökäyttöisellä pumpulla, kasvaa veden kulutus selvästi. Asumistasoa voidaan tällöin kohottaa peseytymistiloja sekä astioiden ja pyykinpesumahdollisuuksia parantamalla. Vesijohdon vetäminen rakennukseen merkitsee usein myös vesikäymälän rakentamista.

Pientaloissa vedenkulutus on kaupunkialueillakin keskimäärin vähäisempää kuin kerrostaloissa. Esimerkiksi Helsingissä vuonna 1975 koko talousveden kulutuksen ollessa 248 l/p.d oli vastaava arvo pientaloissa 157 l/p.d. Espoossa pientalojen vedenkulutus oli samaan aikaan 98 l/p.d. Normaalin henkilökohtaisen hygienian, astioiden ja pyykin pesun sekä ruoanvalmistuksen katsotaan vaativan vesikäymälällä varustetuissa pientaloissa hieman yli 100 litraa vettä asukasta kohti päivässä (YHDYSKUNTIEN VESI- JA YMPÄRISTÖPROJEKTI 1977).

Vedenkulutuksen jakautuma käyttömuodoittain on em. YVY-tutkimuksen mukaan seuraavan jaotelman mukainen, kun vedentarve on kokonaisuudessaan 102 l/p.d:

	l/p.d
juomavesi + ruoanlaitto	4
astioiden pesu	12
siivous	2
henkilökohtainen hygienia	30
WC:n huuhtelu	27
pyykinpesu	17,5
muu kulutus	0,5
yhteensä	102

Haja-asutuksen jätevesi on tonttikohtaiseen käsittelyyn joutuessaan yleensä selvästi likaisempaa kuin suurille puhdistamoille tuleva asumisjätevesi. Tämä johtuu pienemmästä kulutuksesta ja vuotovesien vähäisyydestä. Seuraavassa jaotelmassa on esitetty esiselkeytetyn jäteveden BHK₇-, P- ja N-pitoisuudet erään norjalaisen (LINDBAK 1978) sekä Espossa suoritetun tutkimuksen (ESPOON KAUPUNKI 1973) mukaan:

	Espoo 10 pientaloa (ka.)	Norja 5 pientaloa (ka.)
BHK ₇ mg O ₂ /l	306	324
kok.P mg P/l	21	15
kok.N mg N/l	108	66

Taulukossa 1 on esitetty BHK₅-, P- ja N-kuormituksen jakautuminen vedenkäyttömuodoittain erään amerikkalaisen tutkimuksen mukaan (SIEGRIST et al. 1976). Yhden asukkaan tuottama kuorma oli BHK₅:n osalta 49,5 kg/d ja ravinteiden osalta 4,1 g P/d ja 5,9 g N/d. Lähes 70 % typpikuormasta tuli vesikäymälästä ja yli 50 % fosforikuormasta pyykinpesusta. Jäteveden sisältämät bakteerit olivat peräisin pääasiassa vesikäymälästä, mutta myös pyykinpesu- ja kylpyvedessä voi olla patogeenisiä organismeja. Tutkituissa 11 pientalossa vedenkäyttö oli keskimäärin 160 l/p.d. Miltei kaikissa taloissa oli pyykinpesukone, astianpesukone ja jätemylly. Jätemyllyn aiheuttama kuorma ei kuitenkaan ole mukana taulukon arvoissa.

Taulukko 1. BHK₅-, N- ja P-kuormituksen jakautuminen vedenkäyttömuodoittain amerikkalaisissa pientaloissa (SIEGRIST et al. 1976)

	WC %	astioiden pesu %	pyykin pesu %	kylpy ja suihku %	ominais- kuormitus
BHK ₅	21,7	42,3	29,8	6,2	49,5 g O ₂ /p.d
kok.N	68,1	15,0	11,9	5,0	5,9 g N/p.d
kok.P	13,8	31,2	54,1	0,9	4,1 g P/p.d

Norjalaiset KRISTIANSEN ja SKAARER (1979) ovat tutkineet jätevesikuormitusta kahdeksassa kompostikäymälällä varustetussa pientalossa. Vesikäymälällä varustettuun taloon verrattuna BHK7-kuormituksen on todettu vähenneen 73 %, typpikuormituksen 88 % ja fosforikuormituksen 48 %, (taulukko 2). Fosforikuormitus pieneni vielä huomattavasti, kun käytettiin vähäfosfaattisia pesuaineita. Vedenkulutus tutkituissa taloissa oli suhteellisen pieni, keskimäärin 82 l/p.d. Sen vuoksi jätevesi ei ole aivan laimeaa pienestä kuormituksesta huolimatta. Esimerkiksi BHK7-arvo oli 100...180 mg 02/l.

Taulukko 2. Jätevesikuormitus vesikäymälällä ja kompostikäymälällä varustetussa talossa (KRISTIANSEN & SKAARER 1979)

	talossa vesikäymälä	talossa kompostikäymälä
kiintoaine g/p.d	167	44
KHK g 02/p.d	84	34
BHK7 g 02/p.d	52	14
kok.N g N/p.d	11	1,3
kok.P g P/p.d	2,5	1,3
kok.P g P/p.d käytettäessä vähäfosfaattisia pesuaineita		0,42

Tavanomaiseta asumisjätevedestä lika-ainespitoisuudeltaan poikkeavia jätevesiä syntyy mm. erilaisissa laitoksissa ja ravitsemusliikkeissä, joissa esimerkiksi BHK7 saattaa helposti olla yli 700 mg 02/l (SANTALA 1979).

2.2 KÄSITTELYTARVE

Vesistöjen hajakuormitukseksi Suomessa on arvioitu 2 300 tonnia fosforia ja 40 000 tonnia typpeä vuodessa. Maanviljelyn ja karjatalouden osuus tästä on noin 90 %. Viemäröimättömän haja-asutuksen aiheuttamaksi fosforikuormitukseksi on arvioitu 45...50 tonnia vuodessa ja typpikuormitukseksi 900...1 000 tonnia vuodessa (VESIHALLITUS 1976a). Haja-asutuksen jätevesien vaikutusta ja käsittelytarvetta käsitellään seuraavassa VESIHALLITUKSEN (1980) monisteen "Haja-asutuksen ja muiden pienten yksiköiden jätevesien käsittely" mukaan. Jätevesien vaikutusta pohjavesiin käsitellään tarkemmin kohdassa 5.45.

Vesistömme ovat luonnostaan varsin alttiita pilaantumiaan niihin kohdistuvan kuormituksen vaikutuksesta. Järvien vähäinen vesitilavuus, hidas veden vaihtuvuus, pitkä jääpeitteinen kausi ja runsas maaperästä huuhtoutuva ravinnekuormitus, ns. luonnonkuormitus, ovat omiaan lisäämään järviemme pilaantumisalttiutta. Asumisjätevedet sisältävät runsaasti fosforia ja typpeä. Niiden joutuminen vesistöön merkitsee lisääntyvää levätuotantoa ja rehevöitymistä, mikä on vesistön pilaantumisen ensimmäinen oire. Alkuun päässeeseen pilaantumiskehityksen pysäyttäminen on vaikea tehtävä, mikäli se ylipäänsä onnistuuukaan. Siksi on tärkeää jo ennalta estää vesistön tilan heikkenemistä aiheuttavien jätevesien ja jätteiden joutuminen vesistöön.

Maa- ja metsätalouden sekä pienten yksiköiden jätevesien aiheuttama hajakuormitus nopeuttaa pitkään jatkuessaan vesistössä luontaisesti tapahtuvaa rehevöitymistä. Tällöin veden laadussa ei tapahdu äkillisiä muutoksia, mutta ajan mittaan rehevöityminen saavuttaa haitalliset mittasuhteet. Vaikka haja- ja loma-asutus ovatkin vain osatekijöitä vesistön kuormittajina, voi niiden osuus erityisesti pienissä järvissä olla ratkaiseva. Asumisjätevesi sisältää kasvinravinteiden ja orgaanisen happea kuluttavan aineksen ohella runsaasti myös erilaisia taudinaiheuttajia, jotka voivat aiheuttaa hygieenisiiä haittoja tehden vesistön mm. vedenhankintaan tai uimiseen soveltumattomaksi. Po. jätevesien haitat korostuvat siten juuri asutuksen lähirannoilla aluksi esteettisnä ja hygieenisenä vesialueiden käyttökel- poisuuden alenemisena, josta ranta-asukkaat itse joutuvat ensimmäisenä kärsimään.

Seuraavassa luettelossa on eräitä tyyppiesimerkkejä järvi- vesistöistä, joiden erityisominaisuudet tulee ottaa korostetusti huomioon jäteveden puhdistusvaatimuksia asetettaessa ja kuormituksen vaikutuksia arvioitaessa:

- pienet pitkäviipymäiset tai alhaisten alivirtaamien luonnehtimat latvavesistöjen järvet,
- moniosaiset järvet tai muusta syystä pitkäviipymäiset vesistönosat,

- luontaisesti runsasravinteiset tai kuormituksen vaikutuksesta muuntuneet tai muuntumassa olevat järvet,
- hyvin humuspitoiset järvet sekä
- korkealuokkaista vedenlaatua edellyttävässä käytössä olevat järvet, esim. vedenhankintavesistöt.

Jokivesistöt soveltuvat periaatteessa paremmin jätevesien vastaanottamiseen kuin järvivesistöt, koska veteen joutuneet aineet sekoittuvat niissä tasaisesti koko vesimassaan ja happivarasto täydentyy jatkuvasti. Jokivesistöissä ovat Suomen oloissa kuitenkin usein ongelmana kesäajan pienet alivirtaamat. Vesistöjen merkitys esim. maatalouden ja virkistyksen kannalta olisi kuitenkin tällöin suurimmillaan. Riittämättömästi käsitellyistä jokivarsi-asutuksen jätevesistä voi aiheutua myös hygieenisiä haittoja, jos jätevedet eivät puhdistu maaperässä tai ojissa riittävästi ennen jokeen purkautumistaan.

Vesistön tyyppi, tila ja käyttö vaikuttavat jätevesien käsittelymenetelmälle ja sen tehokkuudelle asetettaviin vaatimuksiin. Riittäviä tutkimuksia vaatimusten asettamiseksi ei pienten kuormittajien osalta ole kuitenkaan yleensä mahdollista suorittaa. Vaikka ei tiedettäisikään aiheutuvan haitan laajuutta, on pyrittävä sitä tehokkaampaan käsittelyyn mitä nopeammin ja välittömämmin jätevedet pääsevät vaikuttamaan vesistöön. Jäteveden purkupaikan ollessa esim. ympäri vuoden virtaava oja tai puro olisi vaatimusten oltava tiukempia kuin silloin, jos purkupaikka on lähes aina kuivana oleva oja. Pohjaveden suojeleminen ja ympäristöhygieeniset seikat saattavat kuitenkin edellyttää tehokasta käsittelyä etäälläkin vesistöistä.

Jätevesiä joutuu maaperään sekä tarkoituksellisesti että tahattomasti tai huolimattomuudesta johtuen. Maaperällä on kyky sitoa itseensä jäteveden lika-aineita, mitä ominaisuutta käytetään hyväksi erilaisissa imeytysjärjestelyissä. Tahattomasti tai huolimattomasti maaperään johdettu jätevesi voi kuitenkin aiheuttaa pohjaveden pilaantumista joko omalla tai naapureiden alueella pohjaveden virtauksen suunnassa. Tätä on kaikin keinoin vältettävä, sillä esim. jäteveden pilaaman kaivon vettä on vaikeata saada uudelleen juomakelpoiseksi.

Riittämättömästi puhdistettu talousjätevesi saattaa aiheuttaa purkupaikkansa lähistöllä hygieenisiä haittoja, kuten taudinaiheuttajien leviämistä ja epämiellyttävää hajua. Nämä haitat tulevat esille erityisesti tiheähkön asutuksen yhteydessä, kun käymäläjätettä sisältävää jätevettä johdetaan esimerkiksi avo-ojaan pelkän saostuskaivokäsittelyn jälkeen. Tällöin esiintyy usein myös esteettisiä haittoja, kuten veden limoittumista tms. Vaikka käymäläjätteet kerättäisiin erikseen umpinaiseen säiliöön, voi muun jäteveden sisältämistä ruuantähteistä yms. silti aiheutua häiritsevää hajua joissakin olosuhteissa. Johdettaessa jätevettä pienivirtaamiseen jokeen tai ojaan, jonka vesi ainakin ajoittain virtaa, saatetaan pilata veden käyttömahdollisuus mm. karjan juottovetenä.

Edellä mainitut haitat ovat usein perusteena yksityistalouksien tai muiden pienten yksiköiden jätevesien käsittelyn tehostamisvaatimuksille, etenkin suhteellisen tiheästi rakennetuilla alueilla, joilla haitat kohdistuvat helpommin naapureihin. Hygieeniset haitat ovat monesti jossain määrin tulkinnanvaraisia, mutta ne ovat kuitenkin yleensä helpommin todettavissa kuin esimerkiksi vesistön hidas rehevöityminen.

2.3 LAINSÄÄDÄNNÖN VAATIMUKSET

2.31 L a i n s ä ä d ä n t ö S u o m e s s a

Tässä käsitellään pieniä alle 200 avl yksiköitä, jotka jäävät vesilainsäädännön ennakkoilmoitusmenettelyn ulkopuolelle. Vesistöön tai maahan ei nimittäin saa johtaa jätevettä sellaisesta viemäristä, jota käyttää enemmän kuin 200 henkilöä, ennen kuin johtamisesta on tehty ilmoitus asianomaiselle vesilautakunnalle (asetus vesiensuojelua koskevista ennakkotoimenpiteistä 4 §).

Haja-asutuksen jätevesien muodostumiseen ja käsittelyyn liittyviä säännöksiä on sekä terveydenhoitolaissa että

vesilaissa. Näiden lakien toisiaan sivuavia määräyksiä on yleisesti ottaen sovellettava niin, että vesivaroihin ja niiden käyttöön ja suojeluun liittyvät kysymykset käsitellään vesilain mukaisesti ja terveydellisen haitan aiheuttaminen puolestaan terveydenhoitolain mukaisesti (LÄÄKINTÖHALLITUS 1979). Seuraavassa esitetään lakien keskeinen sisältö VESIHALITUKSEN (1980) monisteen "Hajautuksen ja muiden pienten yksiköiden jätevesien käsittely" mukaan.

Asemakaava-alueella on yleiseen viemäriin liittyminen pakollista, jos viemäri on enintään 15 metrin etäisyydellä tontista, joka on rakennettu pääasiassa kaavan mukaisesti. Terveyslautakunta voi määrätä liittymisjohdon rakennettavaksi kauempaakin, jos se katsotaan terveydellisistä syistä tarpeelliseksi eikä siitä aiheudu kohtuuttomia kustannuksia.

Vesikäymälän rakentamiseen tarvitaan aina terveydenhoitolain 69 §:n mukaan terveyslautakunnan lupa, jos sitä ei ole liitetty yleiseen viemäriin. Terveyslautakunta määrittelee asiaa ratkaistessaan lupaehdot siltä osin, kun ne perustuvat terveydenhoitolakiin. Vesilain 10. luvun 19 § ja 20 § eivät ole sovellettavissa asemakaava-alueella, joten niiden estämättä tai niistä riippumatta terveyslautakunta voi asettaa ankaratkin käsittelyvaatimukset. Kuitenkin vesilain 1. luvun 22 §:n mukainen pohjaveden pilaamis-kielto on voimassa kaikkialla. Useimmiten edellytetään terveydenhoitoasetuksen 77 §:n perusteella käymäläjätteen keräämistä umpinaiseen säiliöön poiskuljetettavaksi. Terveyslautakunnan lupa tarvitaan asemakaava-alueella myös vesijohdon vetämiseen sellaiseen rakennukseen, jota ei ole liitetty yleiseen viemäriverkostoon tai hyväksytyyn yksityiseen viemäriin. Tällöinkin voidaan jätevesien käsittelylle asettaa ehtoja tai vaatia viemäriin liittymistä kauempaa kuin 15 metrin päästä. Terveyslautakunta voi velvoittaa kokoamaan myös muualta kuin käymälästä tulevat jätevedet, siis erilaiset pesuvedet, umpinaiseen säiliöön poiskuljetettavaksi.

Rakennuskaava-alueella pätevät samat periaatteet yleiseen viemäriverkostoon liittymisestä kuin asemakaava-alueellakin. Vesikäymälän

rakentamiseen tarvitaan samoin terveyslautakunnan lupa. Vesilain 10:19 ja 10:20 säännökset koskevat rakennuskaava-alueita ja niiden perusteella saostuskaivoja on pidettävä vähimmäisvaatimuksena jätevesien rakennuskohtaisessa käsittelyssä. Vesilain 10:20:n nojalla vesilautakunta voi kuitenkin antaa määräyksen jäteveden tehokkaammasta käsittelystä ennen uomaan tai maahan päästämistä, jos sen oletetaan aiheuttavan huomattavaa haittaa. Rakennuskaava-alueellakin terveyslautakunta voi terveydenhoitoasetuksen 77 §:n nojalla asettaa umpikaivon rakentamisvelvoitteen vesikäymäläluvan yhteydessä. Vesijohdon rakentamista koskevat vastaavat säännökset kuin asemakaava-alueella. Pesuvesien käsittelylle voidaan terveydenhoitolain nojalla terveydellisen haitan ehkäisemiseksi asettaa vastaavat vaatimukset kuin asemakaava-alueillakin, mutta muutoin niistä aiheutuvaa haittaa voidaan torjua vesilain 10:20:n nojalla. Edellä esitetty koskee rakennuskaava-alueen lisäksi myös sellaista aluetta, joka kunnanvaltuuston päätöksen mukaisesti on väestökeskus.

Terveydenhoitolain tarkoittaman väestökeskuksen ulkopuolella ei ole vastaavaa velvollisuutta viemäriin liittymisestä kuin väestökeskuksessa. Vesijohdon vetämiselle rakennukseen ei tarvita terveyslautakunnan lupaa. Vesikäymälän rakentamiseen on kuitenkin saatava lupa terveydenhoitolain 69 §:n perusteella, ellei sitä ole liitetty yleiseen viemäriin. Vesilain 10:19 ja 10:20 ovat sovellettavissa väestökeskuksen ulkopuolella, joten saostuskaivo on jätevesien käsittelyn vähimmäisvaatimuksena. Rakennuslupiin sisältyy joissaintapauksissa ehtoja, joilla säännellään viemärointiä. Myös rantakaava-alueiden kaavamääräykset voivat rajoittaa käymälätyypin ja jätevesien käsittelyratkaisun valintaa.

Erilaisia käymäläratkaisuja koskeva lainsäädännöllinen tilanne on epäselvä. Terveydenhoitolaki tuntee vain vesikäymälän ja kuivakäymälän. Ei ole virallista tulkintaa siitä, miten tulisi suhtautua esimerkiksi kompostikäymälään. Terveydenhoitoasetuksen 78 §:n perusteella kuivakäymälän

sijoittaminen on kielletty asuinrakennuksen välittömään läheisyyteen siten, että siitä leviää niihin hajua tai että se muulla tavoin aiheuttaa terveydellistä haittaa. Rakennuksessa oleva kuiva-käymälä on sijoitettava niin, ettei se ole välittömässä yhteydessä asuinhuoneeseen tai keittiöön. Lisäksi terveydenhoitolain 69 §:n mukaan käymälä on sijoitettava ja rakennettava niin, että se voidaan helposti tyhjentää ja puhdistaa, sekä hoidettava niin, ettei siitä aiheudu terveydellistä haittaa.

2.32 L a i n s ä ä d ä n t ö m u i s s a p o h j o i s m a i s s a

Ruotsin ympäristönsuojelulain (miljöskyddslagen) mukaan jätevetä, joka on peräisin vesikäymälästä ja jota ei ole käsitelty tehokkaammin kuin saostuskaivossa, ei saa päästää vesistöön, mereen tai muulle vesialueelle, mikäli ei ole ilmeistä, että se voi tapahtua ilman haittaa. Ympäristönsuojeluasetuksessa (miljöskyddskungörelsen) säädetään edelleen, että talousjäteveden päästämisestä vesistöön on tehtävä ilmoitus lääninhallitukselle. Terveyslautakunta voi kuitenkin vapauttaa yksittäisen talouden ilmoittamisvelvollisuudesta.

Terveydenhoitoasetuksen (hälsovårdstagdan) mukaan vesikäymälää ei saa rakentaa ilman terveyslautakunnan lupaa. Vähävetinen huuhtelukäymälä rinnastetaan vesikäymälään. Kunnallisessa puhtaanapito-laissa (renhållningslagen) säädetään, että kunta hoitaa käymäläjätteen ja lietteen kuljetuksen ja käsittelyn. Terveyslautakunta voi tietyissä tapauksissa antaa luvan jätteen kompostointiin omalla tontilla. Siten kompostikäymäläkin on tavallaan luvanvarainen (STATENS NATURVÅRDSVERK 1971, 1974 KONSUMENTVERKET 1977).

Norjassa ympäristönsuojeluministeriö on antanut määräykset haja-asutuksen jätevesien käsittelystä. Jätevesien päästölle vesistöön tai sen lähelle, mereen tai pohjaveden muodostumisalueelle on haettava lupa. Lupa voidaan myöntää vain silloin, kun jäteveden johtamista suurempaan viemäriin ei voi kohtuudella vaatia. Jäteveden purku vesistöön voidaan sallia vain siinä tapauksessa, että tyydyttävä johtaminen maaperään ei ole käytännössä mahdollista.

Alle kahdeksan talouden yksiköissä kyseeseen tulevan jäteveden käsittelyratkaisuja ovat imeytyskaivo, imeytysjasto, imeytyskenttä

ja maasuodatin. Lupa voidaan myöntää vain, jos laitos on ministeriön vahvistamien ohjeiden mukainen. Sekä määräykset että ohjeet on julkaistu kirjasessa "Kloakkutlipp fra spredt bolig- og fritidsbebyggelse" (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975).

Tanskan ympäristönsuojelulain (miljøbeskyttelseslov) mukaan kunnan on laadittava kokonaissuunnitelma jäteveden käsittelylaitosten rakentamisesta. Suunnitelmaan sisältyy selvitys, kuinka käsitellään sellaiset jätevedet, jotka eivät mene kunnalliselle puhdistamolle. Ympäristönsuojelulaissa säädetään edelleen, että jätevettä ei saa päästää vesistöön, mereen tai maahan ilman lupaa. Myös jäteveden umpisäiliön kaivamiselle maahan tarvitaan lupa. Ministeriön tiedoksiannoissa on ohjeita jäteveden johtamisesta vesistöön, imeytyslaitoksen rakentamisesta ja umpisäiliöstä. Mikäli niiden ehdot on täytetty, lupa voidaan myöntää.

Käymäläjäte kuljetetaan ensisijaisesti jätevedenpuhdistamolle. Käymäläjätettä ei saa sijoittaa tunkiolle eikä levittää maahan, ei edes lannoitteeksi. Jäte on kaivettava maahan omalla tontilla, mikäli sitä ei viedä jätevedenpuhdistamolle. Kompostikäymälä rinnastetaan tavalliseen ulkokäymälään. Kunnanhallitus voi määrätä umpikaivo- ja saostuskaivolietteen sekä käymäläjätteen kuljetuksen kunnan yksinoikeudeksi. Tällöin jokaisen on pakko liittyä kuljetukseen (MILJØSTYRELSEN 1978).

3. KÄYTETTÄVISSÄ OLEVIEN MENETELMIEN KUVAUS

3.1 YLEISTÄ

Seuraavassa esitellään tavallisen vesikäymälän korvaavat käymäläratkaisut ja yleisen viemäriverkoston ulkopuolella käytettävissä olevat jätevesien käsittelymenetelmät. Menetelmien yleiskuvaukset perustuvat pääasiassa SISÄASIANMINISTERIÖN ja VESIHALLITUKSEN (1978) oppaaseen "Loma-asuntojen vesi- ja jätehuolto" sekä VESIHALLITUKSEN (1980) monisteeseen "Haja-asutuksen ja muiden pienten yksiköiden jätevesien käsittely". Merkkikohtaiset tiedot on koottu käymälä- ja pienpuhdistamoesitteistä. Luettelot Suomessa markkinoilla olevista laitteista ovat liitteissä 1 ja 2.

Käymälöistä ja pienpuhdistamoista kuvataan tarkimmin sellaiset laitteet, jotka ovat Suomessa yleisiä tai jatkossa esitettävien toimivuusselvitysten käsittelyn kannalta keskeisiä. Pienpuhdistamoiden mitoittamista ei tarkastella. Tältä osin suositellaan esimerkiksi seuraavia julkaisuja: "Tehdasvalmisteisten pienpuhdistamoiden käytöstä pienten yksiköiden jätevesien käsittelyssä" (MATTILA 1975) ja "Avloppsreningsverk 10...500 Pe" (VATTENRENINGSGRUPPEN INOM SVERIGES MEKANFÖRBUND 1976). Imeytysratkaisujen, saostuskaivojen ja umpikaivojen rakennetta ja mitoittamista käsitellään tarkemmin kohdissa 5.42, 5.51 ja 5.6.

3.2 KÄYMÄLÄRATKAISUT

3.21 Ulkokäymälät

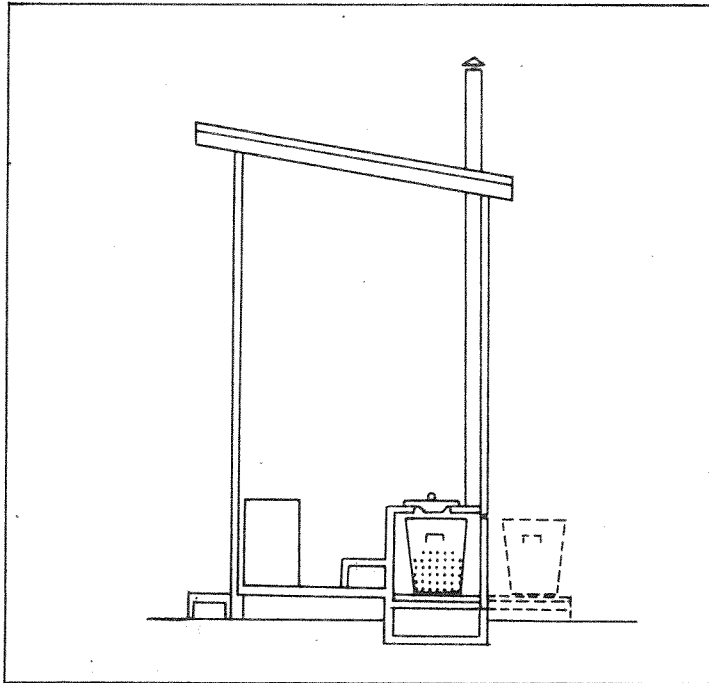
Ulkokäymälä sijoitetaan yleensä erilliseen lämmittämättömään rakennukseen. Jätteet kerätään tiiviiseen säiliöön, astiaan tai syvennykseen, jonka alusta on vedennitävä. Säiliö tyhjennetään kompostiin, pellolle tai kuljetetaan kaatopaikalle. Viimeksimainittu tapa on mahdollinen tiiviisti rakennetulla alueella, jolloin jätteet voidaan koota imulaittein varustetulla autolla. Vaihtoehtoisesti voidaan

käyttää erityistä suljettavaa kertakäyttöistä jäteastiaa. Sirottelemalla jätteen sekaan turvetta, multaa tai puunkuorijätettä ja lisäksi superfosfaattia voidaan vähentää hajua, tehdä jatkokäsittely helpommaksi sekä nopeuttaa jätteen biologista hajoamista. Käymälän ilmanvaihto tapahtuu jäteastiatilaan jäte-tyistä aukoista. Sitä voidaan parantaa johtamalla poistoilma-putki jäteastiasta katon läpi riittävän korkealle.

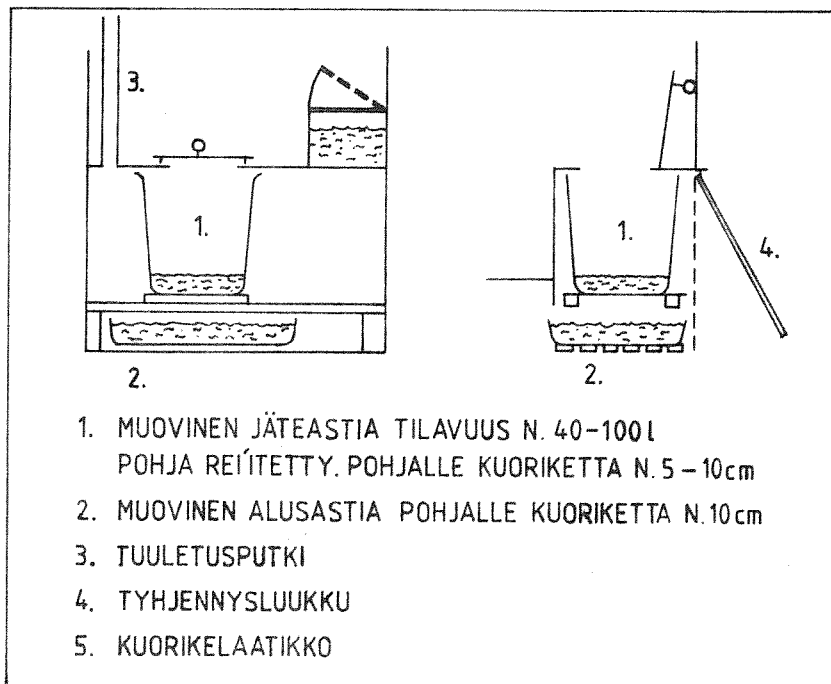
Käymälä olisi kesäaikaisten karpäs- ja hajuhaittojen estämiseksi sijoitettava varjoiseen paikkaan vähintään 15 metrin päähän asuinrakennuksesta. Vähimmäisetäisyyden vesistöistä tulisi olla 15 metriä ja kaivosta 20 metriä. Myös jätteen tyhjennyspaikkana käytettävän kompostin suhteen tulisi soveltaa samoja etäisyyksiä. Tällöin vaara bakteerien joutumisesta tai kaivoon vähentyy.

Ulkokäymälää voidaan käyttää vuodenajasta riippumatta. Tekemällä istuimen pinta lämpöä eristävästä aineesta paranee myös talvi-käytön miellyttävyyys. Käymälärakennus on perinteisesti rakennettu itse. Ohjeita on esimerkiksi RT-korteissa 936.70, 936.72 ja 936.73. Nykyisin on saatavana myös valmiita käymälärakennuksia.

Tavallisesta ulkokäymälästä on kehitetty kuorikekäymälä, kuva 2. Siinä kuivikkeena käytetään puunkuorirouhetta eli kuoriketta. Jäteastian on 40...100 l muoviastia, jonka pohja on rei'itetty. Jäteastian pohjalle laitetaan 5...10 cm:n vahvuinen kerros kuoriketta. Jokaisen käytön jälkeen sirotellaan jätteen päälle ohut kerros kuoriketta. Liika neste poistuu reikien kautta alus-astiaan, jonka pohjalle laitetaan noin 10 cm:n kerros kuoriketta. Täyttynyt jäteastia ja alusastia tyhjennetään reikäpohjaiseen 100...200 l esikompostointiastiaan ja 2...6 viikon kuluttua jälki-kompostointikehikkoon. Kuorikekäymälä on Suomessa kehitetty ratkaisu, jota markkinoidaan Kompus-käymälän nimellä. Siitä on olemassa sekä ulkhuoneeseen että asuinrakennukseen sijoitettava malli. Viimeksi mainittu voitaisiin lukea kuuluvaksi myös kompostikäymälöihin. Kuoriketta voi hyvin käyttää myös tavallisessa ulkokäymälässä.



Kuva 1. Ulkokäymälä (VESIHALLITUS 1980)



Kuva 2. Kuorikekäymälä

3.22 K o m p o s t i k ä y m ä l ä t

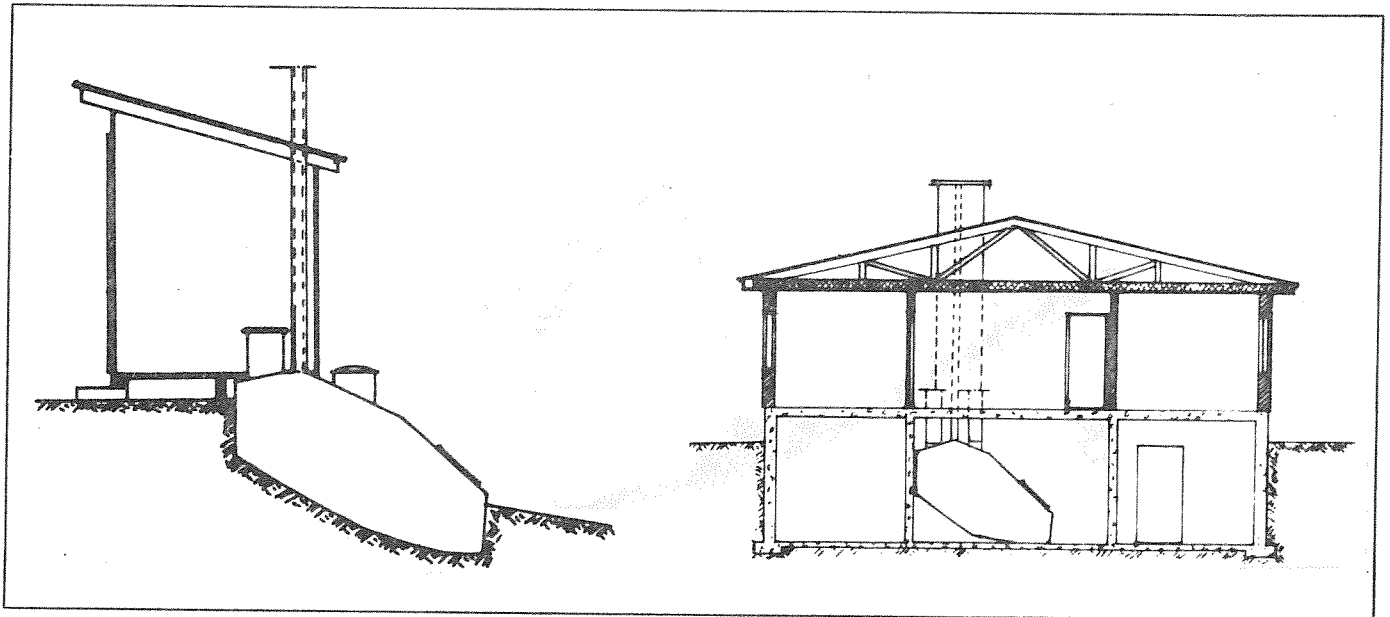
Kompostikäymälöiden periaatteena on käymäläjätteen hajottaminen bakteeritoiminnan avulla jo jätesäiliössä. Hajoaminen saadaan tapahtumaan ylläpitämällä säiliössä sopiva kosteus ja lämpötila. Säiliön pohjalle on aluksi levitettävä multaa, turvetta tai muuta luonnollista bakteerikantaa sisältävää humusainetta. Kompostikäymälöitä valmistetaan tehdasmaisesti kahta eri päätyyppiä.

Suorakompostikäymälä (jatkuvasti kompostoiva käymälä) muodostuu suuresta lujitemuovisäiliöstä, johon on liitetty käymäläistuimien ja mahdollisesti erillinen kuilu tai aukko talousjätteitä varten. Käymälä vaatii kellaritilaa asunnon yhteyteen sijoitettuna tai se voidaan kaivaa osittain maahan ulkokäymälärakennuksen yhteyteen, kuva 3. Käymäläjätteet, joihin on sekoitettu talousjätettä, puuden lehtiä tms. hajoavat vähitellen mullaksi. Säiliön pohja on käymäläistuimesta pois päin viettävä, joten multa kerääntyy säiliön takaosaan. Sitä poistetaan tyhjennysluukun kautta yleensä kerran pari vuodessa, ensimmäisen kerran kuitenkin vasta useamman käyttövuoden jälkeen.

Kompostoitumisen edellytyksenä on säiliön riittävä ilmanvaihto. Sen järjestämisessä markkinoilla olevat kaksi merkkiä poikkeavat toisistaan. Clivus Multrumissa ilmakehän vaihto on kuvan 4 mukainen. Ilman sisäänotto tapahtuu tyhjennysluukun alapuolella olevista rei'istä ja ilma poistuu painovoimaisesti korkean tuuletusputken kautta. Jos poistoputkeen asennetaan puhallin, ei putken korkeudella ole merkitystä. Toa-Thronessa (kuva 5) säiliössä on vierekkäin kolme ylöspäin kuperaa ilmakehän vaihtoa. Ilman sisäänotto tapahtuu porraskanteisen pohjan kautta. Tuuletusputkessa on sähkökäyttöinen puhallin.

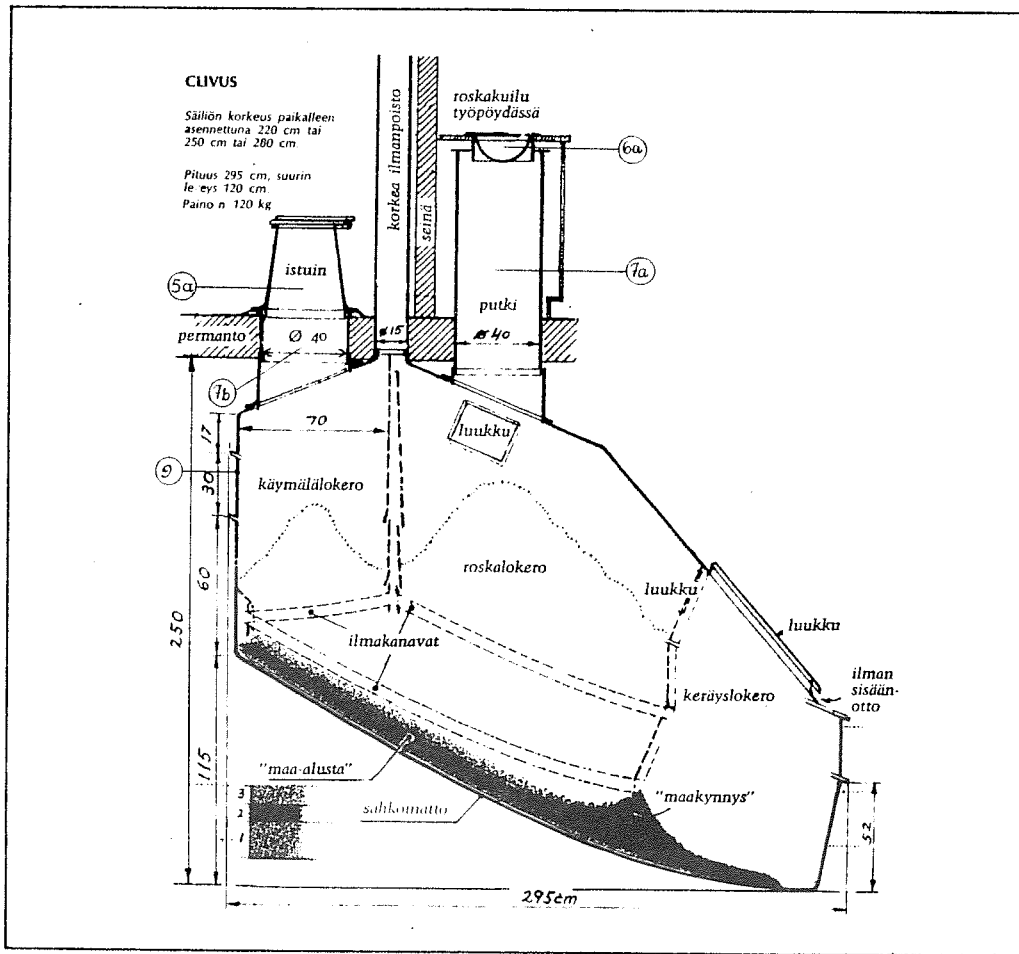
Jos suorakompostikäymälää käytetään talvella, on kylmään tilaan sijoitettava säiliö lämpöeristettävä. Clivus Multrumin pohjaan voidaan säiliön tekovaiheessa valaata termostaattiohjattu sähkövastusverkko. Toa-Thronessa puolestaan ilmanottoaukkojen alla olevaan tilaan on mahdollista sijoittaa sähkölämmitin. Myös tuuletusputki on lämpöeristettävä kylmässä tilassa olevalta osaltaan.

Clivus Multrumia valmistetaan neljää eri kokoa. Pienin malli sopii loma-asunnoille ja 2..3 henkilön pientaloihin. Seuraavien kapasiteetiksi on ilmoitettu 3...5 henkilöä ja 4...7 henkilöä ympärivuotisessa käytössä. Suurin malli on tarkoitettu lähinnä suurtalouksiin, uimarannoille ja leirintäalueille. Toa-Thronen kapasiteetin pitäisi riittää kuuden hengen taloudelle jatkuvassa käytössä.

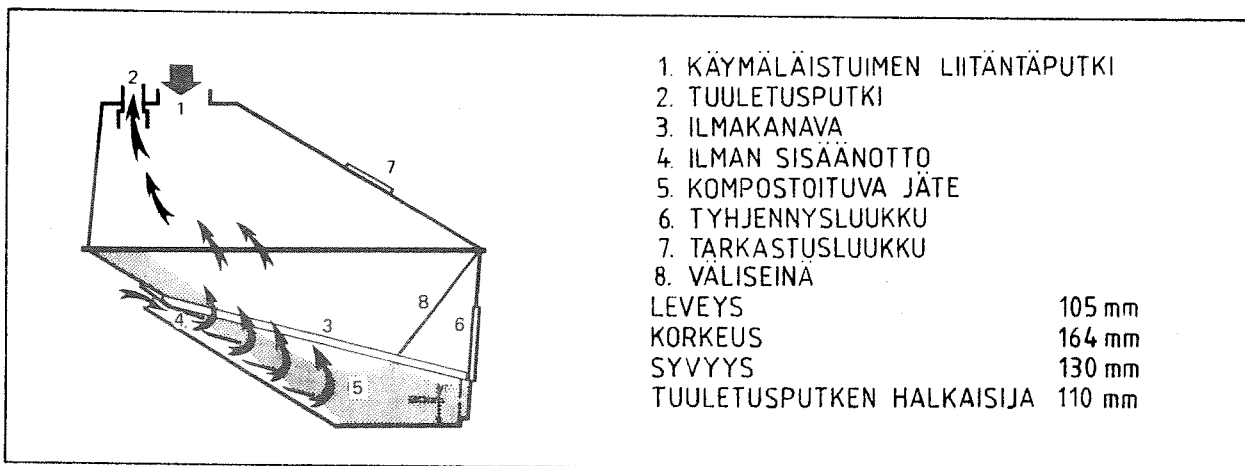


Kuva 3. Suorakompostikäymälän sijoitusvaihtoehdot

Suorakompostikäymälästä on kehitetty loma-asuntokäyttöön sopiva pienempi tyyppi, Mökkimultio, joka voidaan sijoittaa tavallisen kokoiseen ulkokuoneeseen. Muissa pohjoismaissa on lisäksi saatavana useita toisistaan jonkin verran poikkeavia malleja, joista muutamia esitellään liitteessä 3. Suomessakin oli jonkin aikaa markkinoilla vuosilokerokompostikäymälän nimellä tunnettu sovellutus. Siinä on neljä erillistä lokeroa. Täyttyneen lokeron tilalle käännetään karusellimaisen laitteen seuraava lokero, ja jätteillä on täten 3...4 vuotta aikaa lahota ennen tyhjentämistä.



Kuva 4. Clivus Multrum



Kuva 5. Toa-Throne. Nuolet kuvaavat ilman kulkua
(GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)

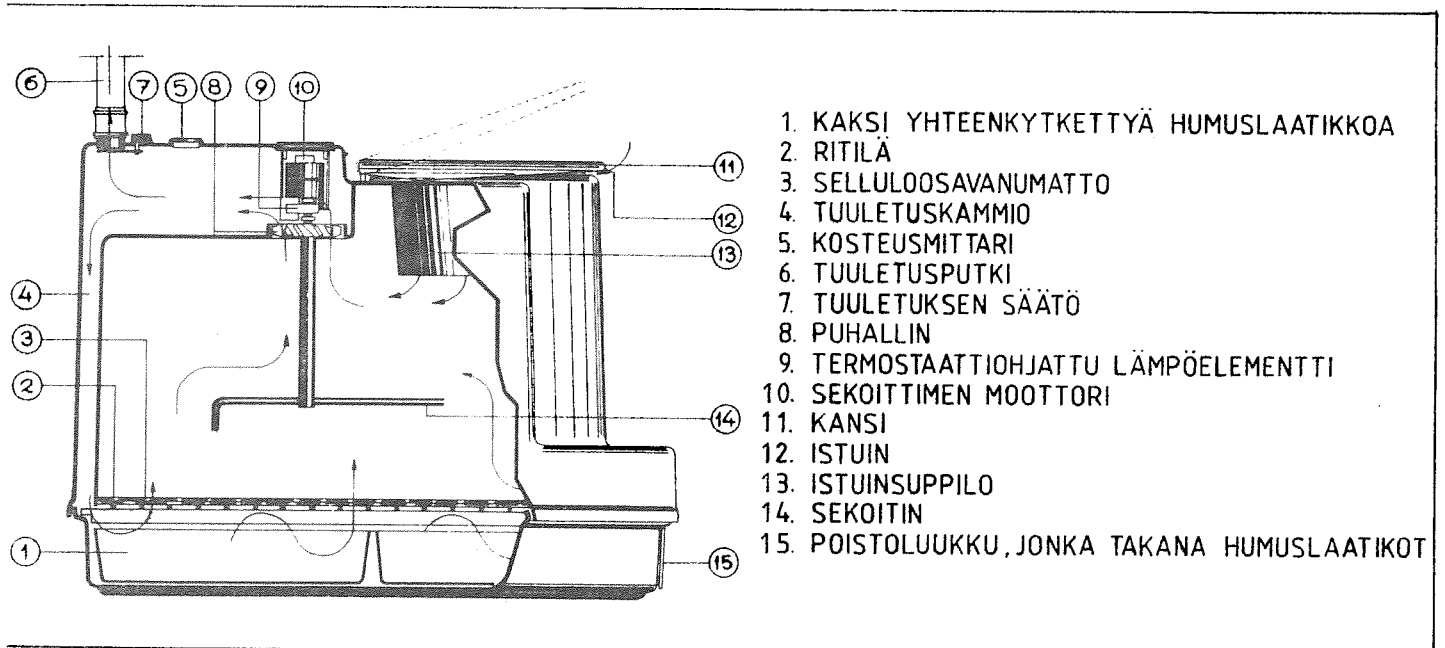
Pikakompostikäymälä (tehostettu kompostikäymälä, lämmin-ilmakäymälä) on suorakompostikäymälää pienempi, vain normaalin käymälätilan tarvitseva. Käymäläistuvin ja jätesäiliö muodostavat yhden kokonaisuuden. Jätteet lämmitetään sähkövastuksella, joten käymälä vaatii sähköliitännän. Riittävän ilmankierron aikaansaamiseksi ja liian kosteuden haihduttamiseksi käytetään sähkökäyttöistä puhallinta. Tuuletusputki on lämpöeristettävä. Käymälä sijoitetaan lämpimään huonetilaan, johon turvataan riittävä ilman saanti. Maatunut jäte kerääntyy tyhjennystilaan, josta se poistetaan tarvittaessa. Suomessa on myynnissä Sähkötuoli- ja Bioloomerkkiset pikakompostikäymälät sekä Unilec-sähkö-WC. Liitteessä 3 on lisäksi esitetty muutamia Ruotsissa ja Norjassa markkinoitavia laitteita.

Upo-Sähkötuolissa (kuva 6) ritilä jakaa säiliön kahteen osaan. Automaattinen sekoitin levittää jätteen tasaisesti kompostitilaan. Lisäksi jätettä sekoitetaan irrallisella multakoukulla, jolloin alinna oleva maatunein jäte tippuu ritilän läpi tyhjennyslaatikoihin. Lämpöelementti, jonka teho on 200 W, on sijoitettu säiliön yläosaan. Puhaltimen teho on 20 W. Ilman otto tapahtuu istuimen kautta. Kosteus pidetään sopivana poistoilman määrää säätämällä. Upo-Sähkötuolin kapasiteetin pitäisi riittää 3...4 henkilölle loma-asuntokäytössä.

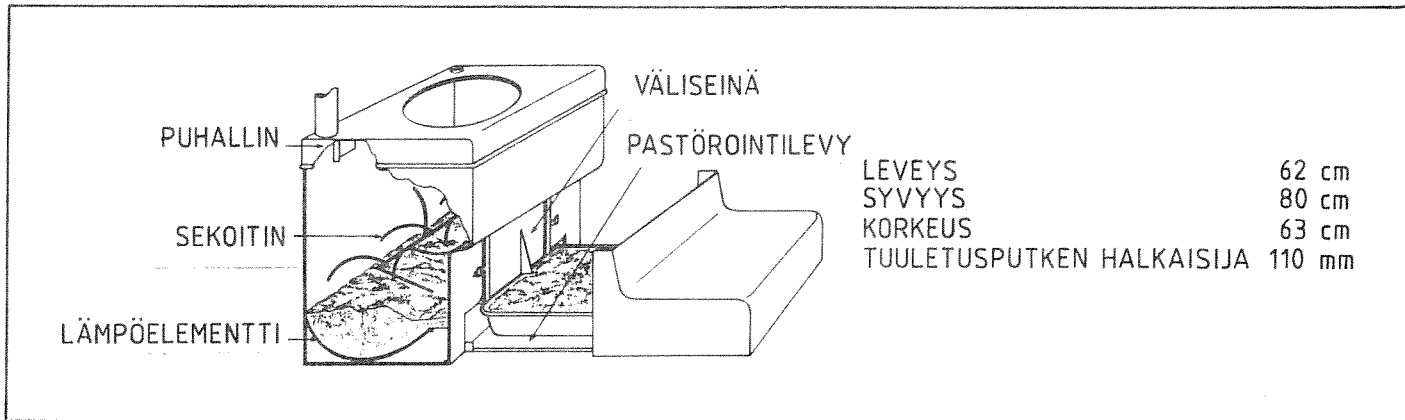
Iso-Sähkötuoli on suunniteltu 4-henkisen perheen ympärivuotiseen käyttöön. Se on kooltaan jonkin verran Upo-Sähkötuolia suurempi. Lämpöelementin ja puhaltimen tehoja on lisätty. Ne ovat 300 W ja 35 W. Uusimmassa mallissa lämpöelementti ja puhallinmoottori on sijoitettu säiliön takaosaan. Isossa-Sähkötuolissa ei ole automaattista sekoitinta. Sen sijaan käsikäyttöisen multaraapan (korvaa multakoukun) rakennetta on parannettu.

Bioloo-käymälässä (kuva 7) kompostisäiliössä on karhimainen sekoitin, jota pyöritetään ulkopuolella olevasta vivusta joka käytön jälkeen. Pyöreän pohjan alla on 100 W lämpöelementti. Säädettävä ilmanottoaukko on säiliön yläpinnassa. Puhaltimen teho on 23 W. Kun massa ulottuu noin sekoittimen akselin korkeudelle, väliseinä avataan ja massa työnnetään sekoittimen avulla pastörintilevyn päällä olevaan laatikkoon. Pastörintilevyn teho on 160 W. Kun levy kytketään päälle, multa lämpiää noin 70-asteiseksi kuuden tunnin ajaksi. Käymälän kapasiteetti on neljä henkilöä ympärivuotisessa käytössä.

Unilec-sähkö-WC:ssä jäte kuivatetaan sähkövastuksen avulla. Neste kerääntyy haihdutuslevylle ja moottorin pyörittämä ns. huuhtelulevy jakaa kiinteän jätteen tasaisesti säiliöön. Tämä sisäsäiliö vaihdetaan uuteen tyhjennyksen yhteydessä.



Kuva 6. Upo-Sähkötuoli



Kuva 7. Biolo (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)

3.23 V ä h ä v e t i s e t h u u h t e l u k ä y m ä l ä t j a a l i p a i n e k ä y m ä l ä t

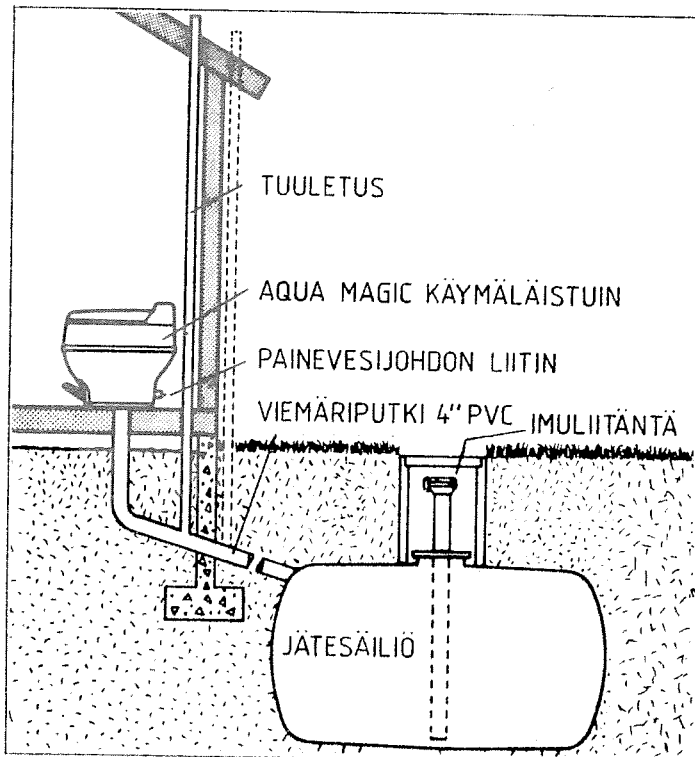
Vähävetisessä huuhtelukäymälässä (kuva 8) käymäläistuimella on yhdistetty sen alapuolelle tai lähelle maahan kaivettuun umpisäiliöön, johon jätteet huuhdotaan pienellä vesimäärällä. Säiliö tyhjenetään imulaittein varustetulla autolla. Säiliöstä johdetaan tuuletusputki katolle. Käymälä vaatii painevesijohdon tai oman vesisäiliön ja pumpun. Vedenkulutus, huuhtelumekanismi ja käymäläistuimen rakenne vaihtelevat merkeittäin.

Aqua Magicin vedenkulutus on noin 0,5 l huuhtelukertaa kohti. WC-laitteessa on sisäänrakennettu vesijohtoverkkoon liitettävä huuhtelujärjestelmä ja hajulukkona toimiva, vaakasuoraan avautuva mekaaninen sulkulaite, ns. lehtiventtiili. Huuhdeltaessa painetaan poljinta, jolloin huuhtelujärjestelmän venttiili ja lehtiventtiili avautuvat. Huuhteluvesi tekee kulhossa pyörivän liikkeen ylhäältä alaspäin. Kun poljin päästetään alkuasentoonsa, lehtiventtiili sulkeutuu, mutta vettä tulee vielä sen verran, että kulhon pohjalle muodostuu 5...7 cm:n korkuinen vesipatsas. Aqua Magicin materiaalina on polyeteenimuovi.

Cipax Saiturissa muovi on korvattu posliinilla WC-kulhon sisäpinnassa. Käymälä voidaan liittää vesijohtoon tai sähköpumpulla varustettuun omaan vesisäiliöön. Se toimii noin 0,8 l huuhteluvesimäärällä. Huuhdeltaessa vesilukko kääntyy alaspäin samanaikaisesti kun vesisuihku suuntautuu aukkoa kohti.

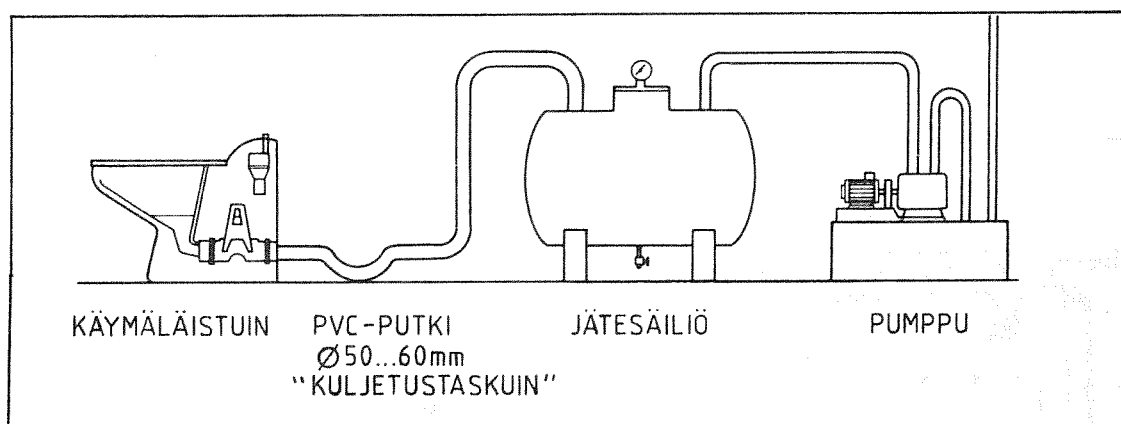
Wärtsilän 3 l:n WC:n käymäläistuin on aivan tavallisen WC:n kaltainen. Materiaalina on posliini. Huuhtelusäiliöön on asennettu rajoitinastia, joten vedenkulutus on vain noin 3 l kerralla. WC-laite on varustettu tyhjäventtiilillä, joka estää vesilukon tyhjäksi imeytymisen. Käymälä liitetään vesijohtoon.

Lähinnä työmaille, ulkoilu- ja leirintäalueille jne. tarkoitettu Wanto Snål poikkeaa selvästi edellisistä. Siinä WC-laite ja keräilyssäiliö muodostavat kiinteän kokonaisuuden, joka on asennettu valmiiseen käymäläkojuun. Käymälä liitetään vesijohtoon tai pumpulla varustettuun säiliöön. Vettä kuluu 0,6...0,8 l huuhtelukerralla.



Kuva 8. Vähävetinen huuhtelukäymälä

Alipainekäymälässä (kuva 9) jätteet kerätään säiliöön sähkökäyttöisen tyhjöpumpun aikaansaamalla alipaineella. Vettä tarvitaan noin litra huuhtelukertaa kohti. Viemärin ei tarvitse olla virtaussuuntaan viettävä. Samaan säiliöön voidaan liittää useampia käymäläistuimia. Järjestelmä sopiikin lähinnä tiheästi rakennetuille alueille laajempina verkostona. Laitteet vaativat sähkövirran ja painevesijohdon. Keräyssäiliö tyhjenetään imulaittein varustetulla autolla. Suomessa on markkinoilla kaksi alipaineviemärijärjestelmää, Electrolux ja Evak. Edellistä valmistetaan myös siirrettävänä WC-vaununa, jolloin vesijohto voidaan korvata omalla vesisäiliöllä ja sähköpumpulla.



Kuva 9. Alipainekäymälä (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)

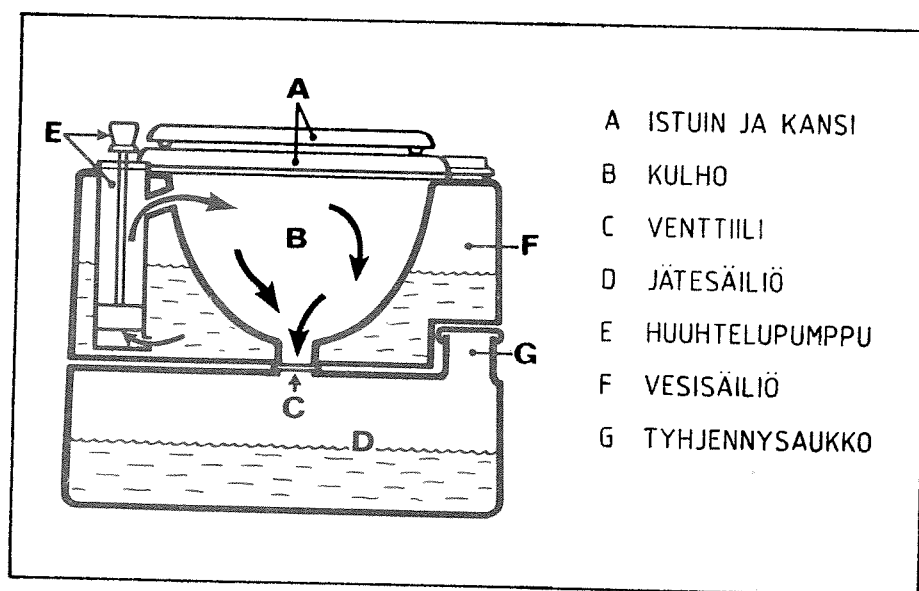
3.24 Muut käymäläratkaisut

Kemiallisessa käymälässä jätteeseen lisätään yleisimmin formaliinipitoista nestettä, joka bakteereja tappamalla estää väliaikaisesti orgaanisen aineen hajoamisen ja pahanhajuisten yhdisteiden muodostumisen. Samalla kemikaali muuttaa jätteen nestemäiseksi ja helnoksi tyhjentää. Käymälä tyhjenetään maakuoppaan, kompostiin tai kaatopaikalle.

Yksinkertaisimmillaan kemiallinen käymälä on istuinrenkaalla varustettu kannellinen sanko, johon ennen käyttöä kaadetaan kemikaalia. Sisäsäiliö voi olla irrotettava. Tätä tyyppiä edustavat Elsan, Perdisan ja Baci. Esimerkiksi

Porta Potti-käymälässä on sisäänrakennettu vesisäiliö ja erillinen irrotettava jätesäiliö, joka on helppo kantaa tyhjennyspaikalle (kuva 10). Kaikkia edellä mainittuja on saatavana useampia kokoja ja ne on tarkoitettu lähinnä asuntovaunuihin, veneisiin ja loma-asunnoille.

Kemiallisessa kiertohuuhtelukäymälässä kemikaalia sisältävää huuhteluvettä kierrätetään laitteessa useita kertoja. Kun huuhteluvesi tulee liian likaiseksi, se tyhjenetään käymälän lattian alla olevaan säiliöön. Jätesäiliö voi olla myös WC-laitteeseen sisäänrakennettu. Markkinoilla oleva kiertohuuhtelukäymälä on nimeltään Newmatic. Wanto Slam-käymäläkojussa WC-istuin on yhdistetty suoraan suureen jätesäiliöön, jonka pohjalla on kemikaalia sisältävää vettä. Säiliö tyhjenetään imulaittein varustetulla autolla.

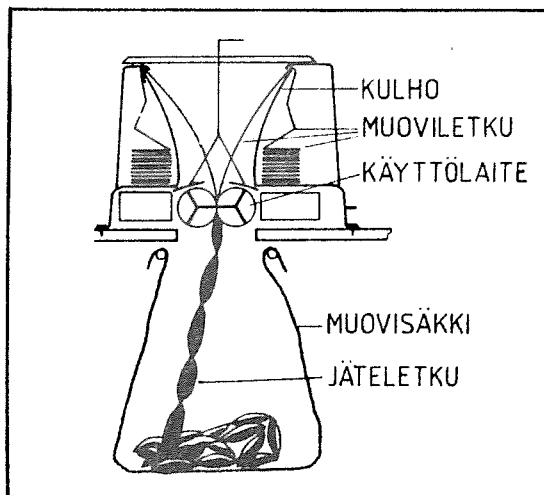


Kuva 10. Kannettava kemiallinen huuhtelukäymälä (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)

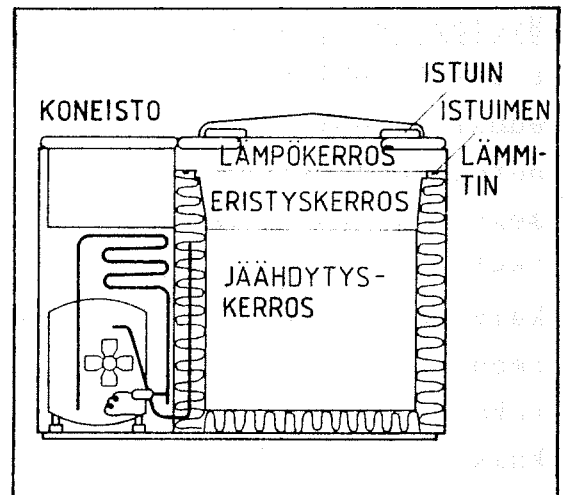
Paketoivassa käymälässä (kuva 11) jätteet joutuvat jatkuvaan muoviletkuun. Käytön jälkeen käynnistettävät, sähkömoottorin pyörittämät sylinterit kuljettavat letkua noin 30 cm alaspäin ja hitsaavat sen umpeen. Jätteet muodostavat muovipäällysteisen "helminauhan", joka jää istuimen alla olevaan keräilysäkkiin ja voidaan kuljettaa kaatopaikalle. Paketoivaa Pacto-käymälää

valmistetaan kahta mallia, joista toinen on tarkoitettu loma-asunnoille ja toinen työmaille. Jälkimmäistä myydään myös kiinteästi valmiiseen käymäläkojuun asennettuna. Käymälä liitetään yleensä sähköverkkoon, mutta se toimii myös 12 V akulla.

Osby-jäädytyskäymälä (kuva 12) jäädyttää ulosteet ja virtsan $-15...-20^{\circ}\text{C}$ lämpötilaan, jolloin bakteeritoiminta lakkaa lähes kokonaan ja jätteet ovat hajuttomia. Käymälä toimii kuten pakastin. Kompressorikäyttöistä kylmäkojetta ohjaa termostaatti. Höyrystinputket ympäröivät säiliötä, ja lauhdutinputket kiertävät istuimen alla lämmittäen itse istuinta. Jätteet putoavat säiliöön laitettavaan paperisäkkiin. Täyttynyt säkki kuljetetaan kaatopaikalle tai jäte kompostoidaan. Sulettuaan jätteet ovat miltei alkuperäisessä muodossa. Käymälä vaatii sähköliitännän.



Kuva 11. Paketoiva käymälä
(GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)



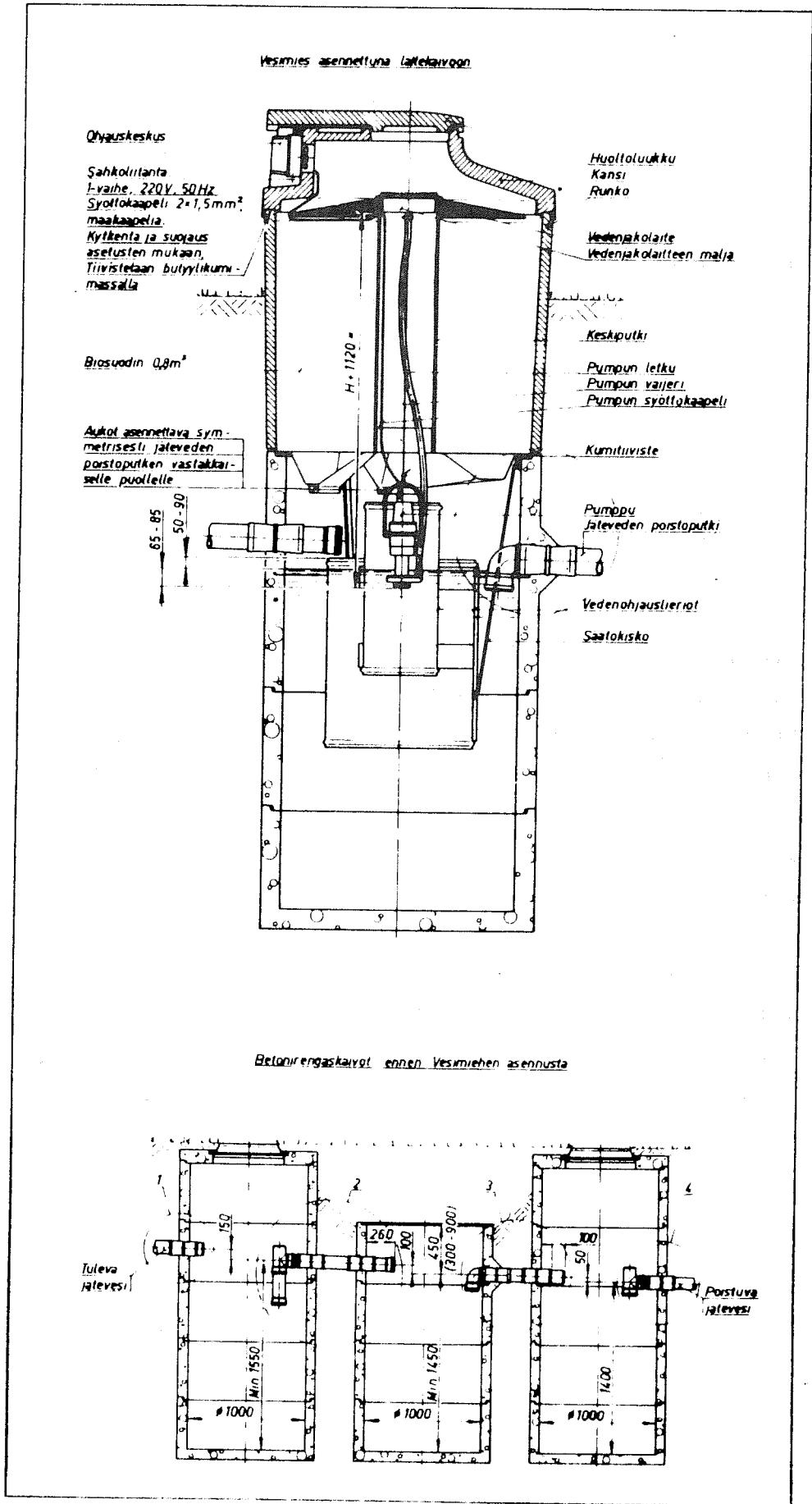
Kuva 12. Jäädytyskäymälä
(GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)

3.3 JÄTEVEDEN KÄSITTELYMENETELMÄT

3.31 Biologiset pienpuhdistamot

Biologisella puhdistuksella pyritään vähentämään jäteveden BHK-kuormaa erottamalla siitä laskeutumattomat hienojakoiset ja liuenneet orgaaniset lika-ainekset. Pieneliöt käyttävät orgaanista ainetta ravinnokseen ja muodostavat uutta eliömassaa, joka voidaan erottaa selkeyttämällä. Nämä pieneliöt tarvitsevat happea, joten jätevesi on ilmastettava tehokkaasti. Biologinen puhdistus voidaan tehokkaamman ravinteiden poiston aikaansaamiseksi täydentää biologis-kemialliseksi käyttämällä esisaostusta, rinnakkaissaostusta tai jälkisaostusta. Oikein mitoitettu ja hyvin hoidettu biologinen puhdistamo vähentää jäteveden orgaanista ainetta 80...95 % ja fosforia 10...40 %. Rinnakkaissaostuksella päästään vastaavasti arvoihin 80...95 % ja 70...90 %. Biologista jäteveden puhdistusta sovelletaan biologisissa suodattimissa, kiertosuodattimissa ja aktiivilietelaitoksissa eri muunnoksineen.

Biologisessa suodatuksessa orgaanista ainetta hajottava pieneliöstö kehittyy kiinteän suodatinmateriaalin pinnalle. Menetelmää edustaa Suomessa Vesimies-puhdistamo (kuva 13). Se asennetaan betonirengaskaivoihin suodatinosan jäädessä osittain maanpäälliseksi. Kaivoja tarvitaan tyypistä riippuen kolme tai neljä. Ensimmäinen kaivo toimii mekaanisen puhdistusvaiheen saostuskaivona, toinen kaivo laitekaivona ja viimeinen kaivo lisälaitteena tarvittaessa asennettavan kloorauslaitteen sijoituspaikkana sekä reaktio- ja jälkiselkeytystilana. Suurimmissa tyypeissä on kaksi laitekaivoa. Puhdistettava jätevesi pumpataan laitekaivon keskitilasta ylös vedenjakoilaitteeseen, josta se valutetaan suodattimelle. Suodattimen materiaalina on LD-polyeteeni- tai PVC-muovi. Vettä kierrätetään suodattimella useita kertoja. Puhdistamo toimii tasaisella virtaamalla ympäri vuorokauden. Kuormitustaukojen aikana laite käyttää hyväkseen pumppukaivoon varastoitua jätevedettä. Tarvittava happi saadaan raitisilmapuhalluksen avulla. Puhdistamo tuuletetaan johtamalla poistoilma viemärin kautta kiinteistön viemärin tuuletusputkeen. Laite on lämpöeristetty termostaatin ja lämpövastuksen säädelläessä lämpötilan. Vesimiehen

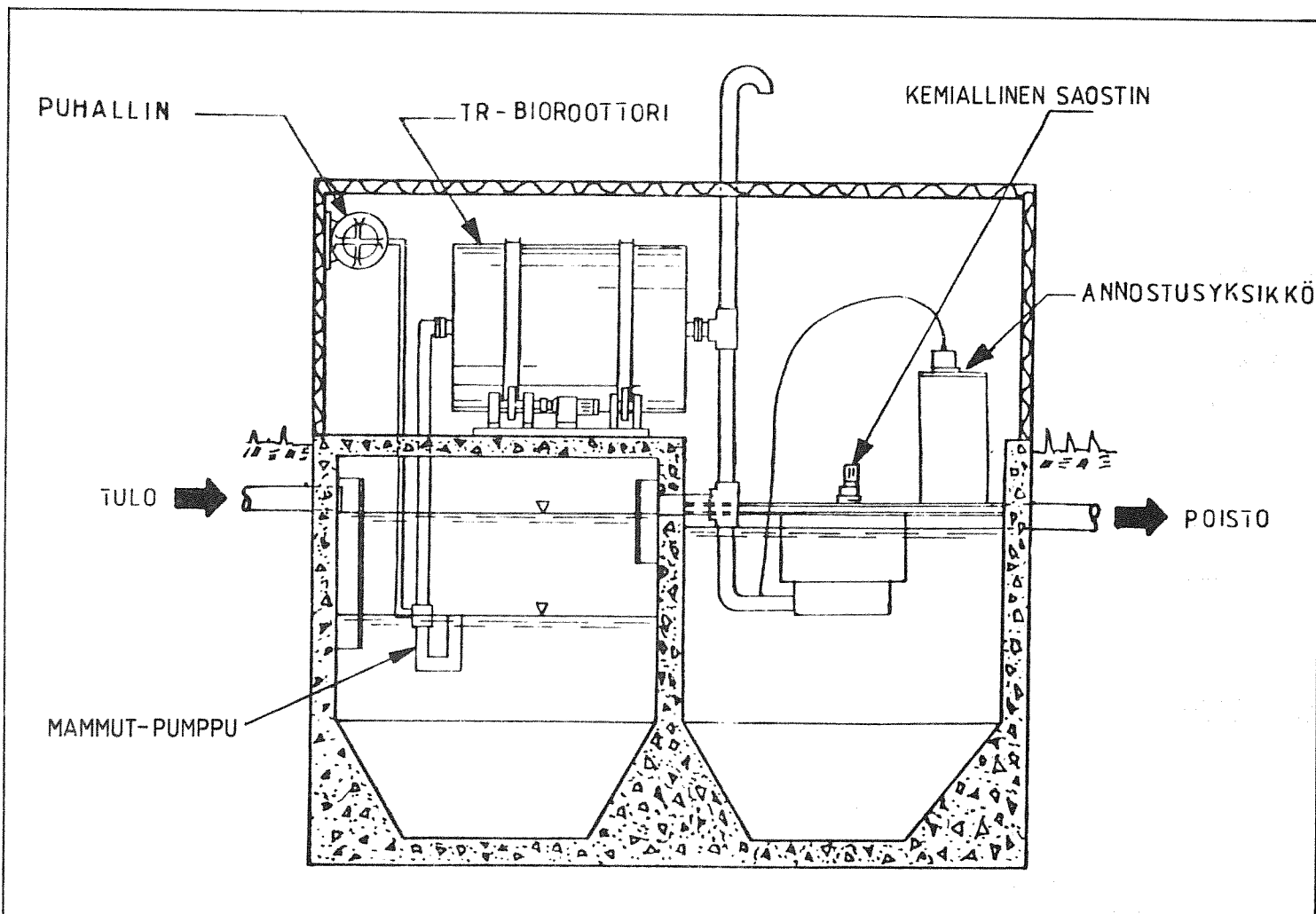


Kuva 13. Vesimies-puhdistamo

perusmalli on tarkoitettu 1...3 perheen tarpeisiin (1,8...2,8 m³/d). Asentamalla päällekkäin lisämoduleja tai kaksi Vesimiestä sarjaan, kapasiteettia voidaan nostaa aina 40 henkilön kuormitusta vastaavaksi (10 m³/d).

Vesimies-puhdistamo edelsi Upo-Vesipöika, jota markkinoitiin vuoteen 1976 saakka. Siinä suodattimen muodostaa kymmenen suodatuspatjaa, jotka on sijoitettu maanpäälliseen kaappiin. Jälkiselkeytys tapahtuu pumppukaivossa olevassa venttiilillä varustetussa selkeytyssuppilossa.

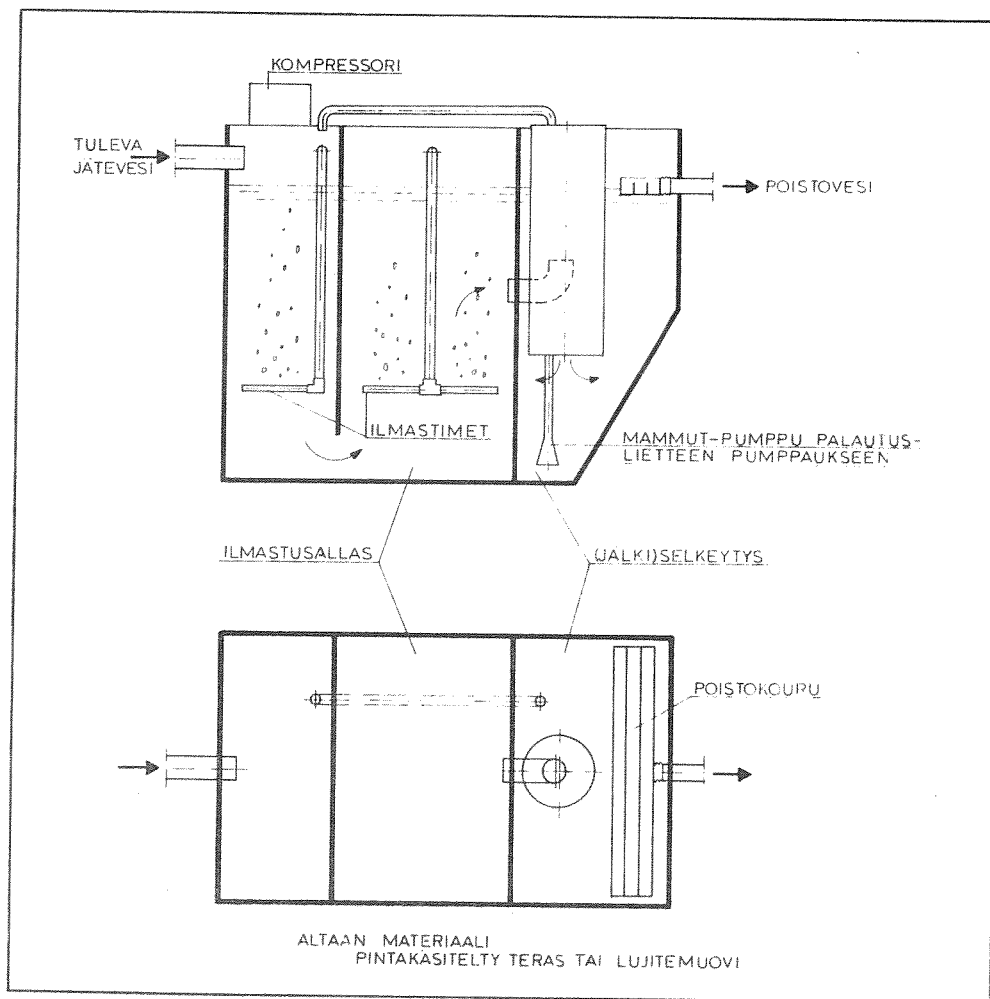
Kiertosuodattimessa eli sukelluskiekkopuhdistamossa biologisesti aktiivinen kerros muodostuu puoliksi ilmassa, puoliksi käsiteltävässä jätevedessä hitaasti pyörivälle levysarjalle. Suomessa on markkinoilla Rotorsystem PBF ja TR puhdistamot. Molempiin voidaan liittää fosforin jälkisaostus. TR-tyypissä bioroottori on asennettu kuivaan tilaan (kuva 14), PBF-tyypissä se kelluu veden pinnalla. Roottori koostuu pyöreistä pystysuoraan asennetuista aaltolevyistä. Ilmaa ja jätevettä johdetaan roottoriin sen tulopäädyn kehällä olevien aukkojen kautta. Sekä ilma- että vesimäärää voidaan säätää BHK-kuorman mukaan. Vesi jakaantuu tasaisesti levyjen pinnoille, joille kehittyy kerros orgaanista ainetta hajottavia pieneliöitä. Turbulenttinen virtaus puhdistaa jatkuvasti levyjen pinnat kuolleesta biomassasta estäen roottorin umpeenkasvamista ja tukkeutumista. Biomassan muodostus on voimakkainta roottorin alkupäässä hidastuen jatkuvasti poistopäätä kohti veden puhdistuessa. Jätevettä voidaan kierrättää suodattimen läpi useita kertoja pumpaamalla osa roottorin poistovedestä tulopuolelle. PBF-puhdistamon kapasiteetti on 3...125 m³/d (12...450 avl) ja TR-puhdistamon 25...210 m³/d (90...775 avl).



Kuva 14. Kiertosuodatin Rotorsystem TR+K

Aktiivilietemenetelmässä orgaanista ainetta käyttävä biomassa on suspensiona ilmastusaltaassa. Ilmastus estää aktiivilietteen laskeutumisen altaan pohjalle ja ylläpitää mikro-organismien tarvitseman happipitoisuuden. Ilmastusaltaasta jätevesi johdetaan selkeytykseen, jossa liete saostuu. Osa lietteestä palautetaan ilmastusaltaaseen ja osa poistetaan ylijäämalietteenä. Pienimmät aktiivilietelaitokset toimivat yleensä pitkäilmastusperiaatteella. Aktiivilietettä ilmastetaan kunnes, lähes kaikki orgaaninen aine on mineralisoitunut. Näin poistettavaa lietettä syntyy vähemmän kuin tavallisessa aktiivilietemenetelmässä. Pitkä viipymä ja suuri palautuslietteen määrä tasoittavat lisäksi kuormitusvaihteluita.

Metoxy-puhdistamoita valmistetaan mitoitusvirtaamalle $4,3...375 \text{ m}^3/\text{d}$, mikä vastaa $17...1500 \text{ avl.}$ Teräsrakenteisista moduleista kootaan paikallisiin olosuhteisiin sopiva biologinen tai biologis-kemiallinen (rinnakkais- tai jälkisaostus) puhdistamo. Pienimmissä puhdistamoissa esikäsitteilyä on yleensä vain välppä tai jätehienonnin. Suurehkoissa kohteissa voi tulla kyseeseen myös hiekan- ja rasvanerotus sekä esiselkeytys. Tarvittaessa laitos voidaan varustaa myös lähtevän veden kloorauksella. Ilmastus kestää $16...24$ tuntia. Ilmastimet ovat pohjailmastimia. Jälkiselkeytykseen jätevesi johdetaan vaakasuoraa rauhoitusputkea pitkin selkeyttämön keskellä olevaan pystyputkeeseen. Lietteen palautus hoidetaan mammut-pumpulla. Tämän tyyppisen pienen aktiivilietelaitoksen periaatepiirros on kuvassa 15.



Kuva 15. Aktiivilietelaitoksen periaatepiirros (SUOMEN KUNNALLIS-TEKNINEN YHDISTYS 1975)

Ilmastuksen ja lietteen palautuksen suhteen edellisen kaltaisia ovat myös Oxigest- ja Addigest-, Valmet- sekä Vesi-Seppo-puhdistamot. Oxigest- ja Addigest-puhdistamoiden kapasiteetti on 25...530 avl. Valmet-puhdistamossa jälkiselkeytys on sijoitettu ilmastustilan keskelle. Puhdistamo koostuu erillisistä moduleista ja siihen on saatavana myös lietteen stabilointiyksikkö. Vesi-Seppo-puhdistamo puolestaan valmistetaan teräslevystä kunkin tapauksen asettamien vaatimusten mukaiseksi.

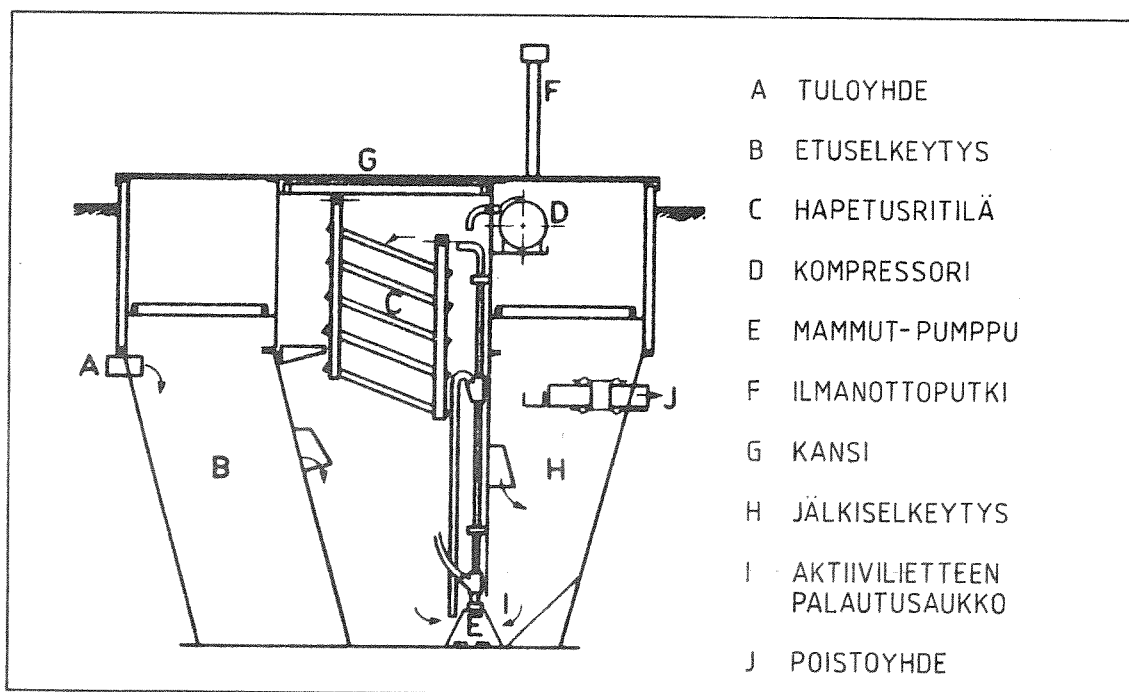
Aquarex-puhdistamossa ilmastus ja selkeytys tapahtuvat samassa altaassa. Kun ilmastus pysäytetään, liete laskeutuu altaan pohjalle ja selkeytynyt jätevesi pumpataan pois. Altaan pohjalle jäänyt liete sekoittuu tulevan jäteveden kanssa, ja ilmastus käynnistetään uudelleen. Selkeytyksen aikana tuleva vesi varastoidaan pumppukaivoon. Selkeytys ja tyhjennys tapahtuvat 1...2 kertaa vuorokaudessa.

Argument-puhdistamossa (kuva 16) teräsallas on jaettu väliseinillä kolmeen osaan, esiselkeytykseen, ilmastukseen ja jälkiselkeytykseen. Ilmastus tapahtuu pisaroittamalla johtamalla vesi paineilman avulla ritilöiden läpi. Mammut-pumppu kierrättää vettä ilmastusaltaassa. Jälkiselkeytyksessä laskeutuva liete palautuu alaosassa olevan aukon kautta takaisin ilmastustilaan. Argument-puhdistamoita valmistellaan 2,4...15 m³/d mitoitusvirtaamille (4...50 avl).

Orwa OX on biologis-kemiallinen pienpuhdistamo, joka asennetaan betonirengaskaivoihin. Ensimmäisessä kaivossa tapahtuu esiselkeytys, toisessa ilmastus ja fosforin saostus ja kolmannessa jälkiselkeytys ja mahdollinen klooraus. Ilmastimena on pintailmastin, joka samalla kierrättää aktiivilietettä ilmastuskaivossa. Kemikaali syötetään vaappuruohen ohjaamana samoin kuin kohdassa 3.32 esiteltävässä Orwa KM-puhdistamossa. Orwa OX-puhdistamo on saatavana 1...35 avl:n kuormitukselle.

Pintailmastusperiaatteella toimii myös Soaf-puhdistamo. Laitteisto on asennettu lujitemuoviseen altaaseen. Jälkiselkeytystila on ilmas-
tusaltaan ympärillä ja suurimmissa malleissa erillisenä yksikkönä. Puhdistamon kapasiteetti on 10...240 avl.

Suurehkoissa puhdistamoissa voidaan pitkäilmastuksen sijasta käyttää kontaktistabilointia. Siinä palautuslietettä ilmastetaan erillisessä aktivointialtaassa ennen sen joutumista varsinaiseen ilmastusaltaaseen, johon tuleva jätevesi johdetaan. Kontaktistabilointiin perustuvan Kaiko-Wallax-puhdistamon kapasiteetti on 4...250 m³/d. Puhdistamoon liittyy jälkisaostus ja ylijäämälietteen käsittely liete-
siilossa.



Kuva 16. Argument-aktiivilietelaitos

3.32 K e m i a l l i s e t p i e n p u h d i s t a m o t

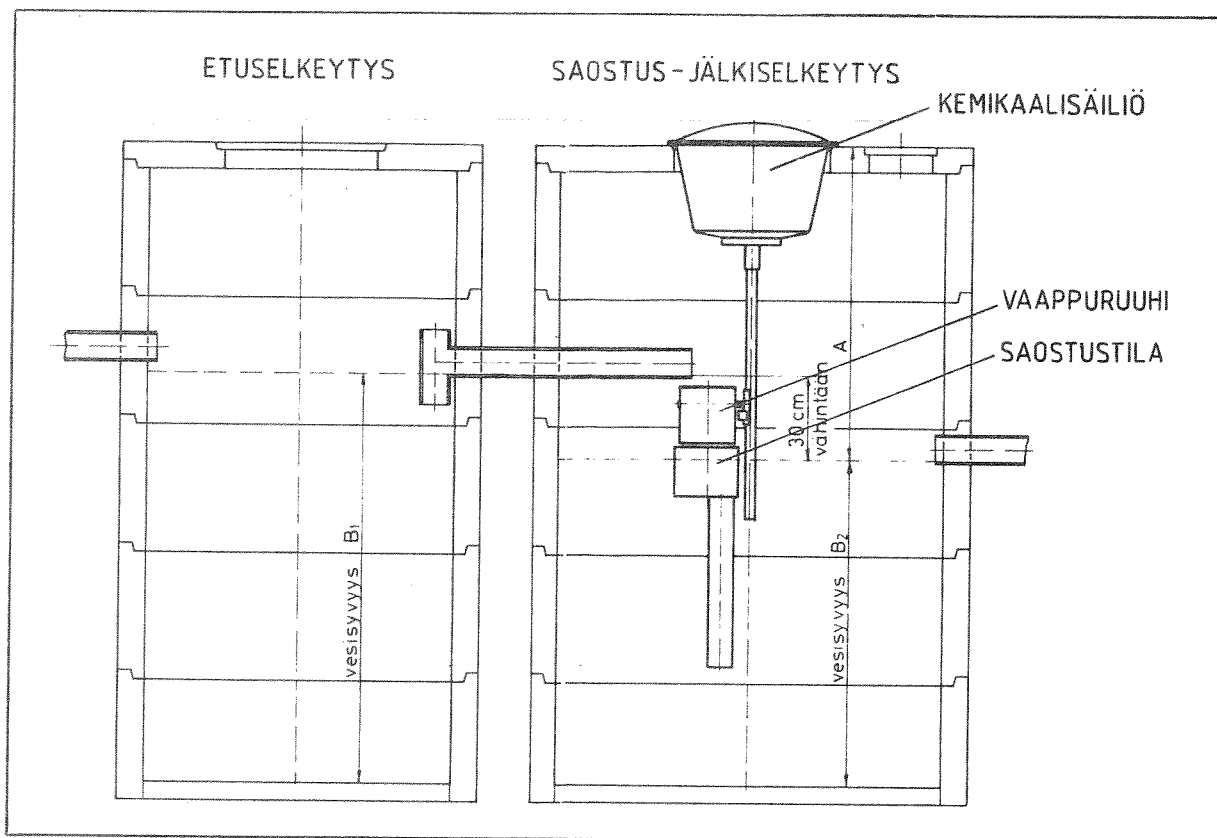
Kemiallisilla jätevedenpuhdistusmenetelmillä pyritään vesistöä rehevöittävien kasvinravinteiden, yleensä fosforin, poistamiseen. Fosfori pyritään erottamaan saostamalla se kemikaalien avulla. Pienten yksiköiden käyttöön tarkoitetut kemialliset jätevedenpuhdistamot ovat yleensä ns. suorasaostuslaitoksia, joissa saostuskemikaali sekoitetaan tulevaan jäteveteen ja muodostuneen sakan annetaan

keräytyä laskeutustilan pohjalle. Puhdistamoihin voidaan liittää kloorauslaitteet lähtevän veden desinfiointiseksi. Kemiallisella puhdistamolla on mahdollista poistaa fosforista 70...90 % ja orgaanisesta aineesta (BHK) 40...70 %, mikäli laitos on oikein rakennettu ja sitä hoidetaan hyvin.

Orwa KM-puhdistamo (kuva 17) asennetaan betonirengaskai-
voin, joita tarvitaan kaksi. Ensimmäinen kaivo toimii
esiselkeytystilana. Sieltä vesi virtaa toiseen kaivoon asen-
nettuun vaappuruuhen, joka on tasapainotettu niin, että
täyttyttyään se kaatuu ja tyhjenee. Kaatuessaan se avaa
hetkeksi kemikaalin annosteluventtiilin, jolloin saostus-
kemikaali virtaa vaappuruuhen. Vaappuruuhi tyhjenee flok-
kaustilaan, josta vesi johdetaan putkea pitkin jälkiselkey-
tyskaivon alaosaan. Saostuskemikaalina käytetään ferrosul-
faattia, ferrikloridia, alumiinisulfaattia tai finferriä.
Puhdistamo ei tarvitse sähkövirtaa. Kapasiteetti on 0,3...
15 m³/d eli 1...50 avl.

Myös Kaiko-Wallax-puhdistamossa kemikaalin annostelu tapahtuu
vaappuruuhen ohjaamana. Puhdistamo on asennettu lujite-
muoviseen kaivoon. Vaappuruuhi, flokkauskartio ja jälki-
selkeytystila on pienimmissä malleissa sijoitettu esiselkey-
tyksen keskelle. Suurimmissa on erillinen esiselkeytyskaivo.
Saostuskemikaalina käytetään alumiinisulfaattia. Kaiko-
Wallax-puhdistamoja on kapasiteetille 2...20 m³/d.

Suurehkoissa suorasaostuslaitoksissa kemikaalien syöttö ja
sekoitus tapahtuvat erillisessä flokkausaltaassa, josta vesi
johdetaan jälkiselkeytysaltaaseen. Esimerkiksi edellä
aktiivilietemenetelmän yhteydessä esitettyjen Metoxy- ja
Valmet-puhdistamoiden moduleista voidaan koota myös suora-
saostuslaitos.



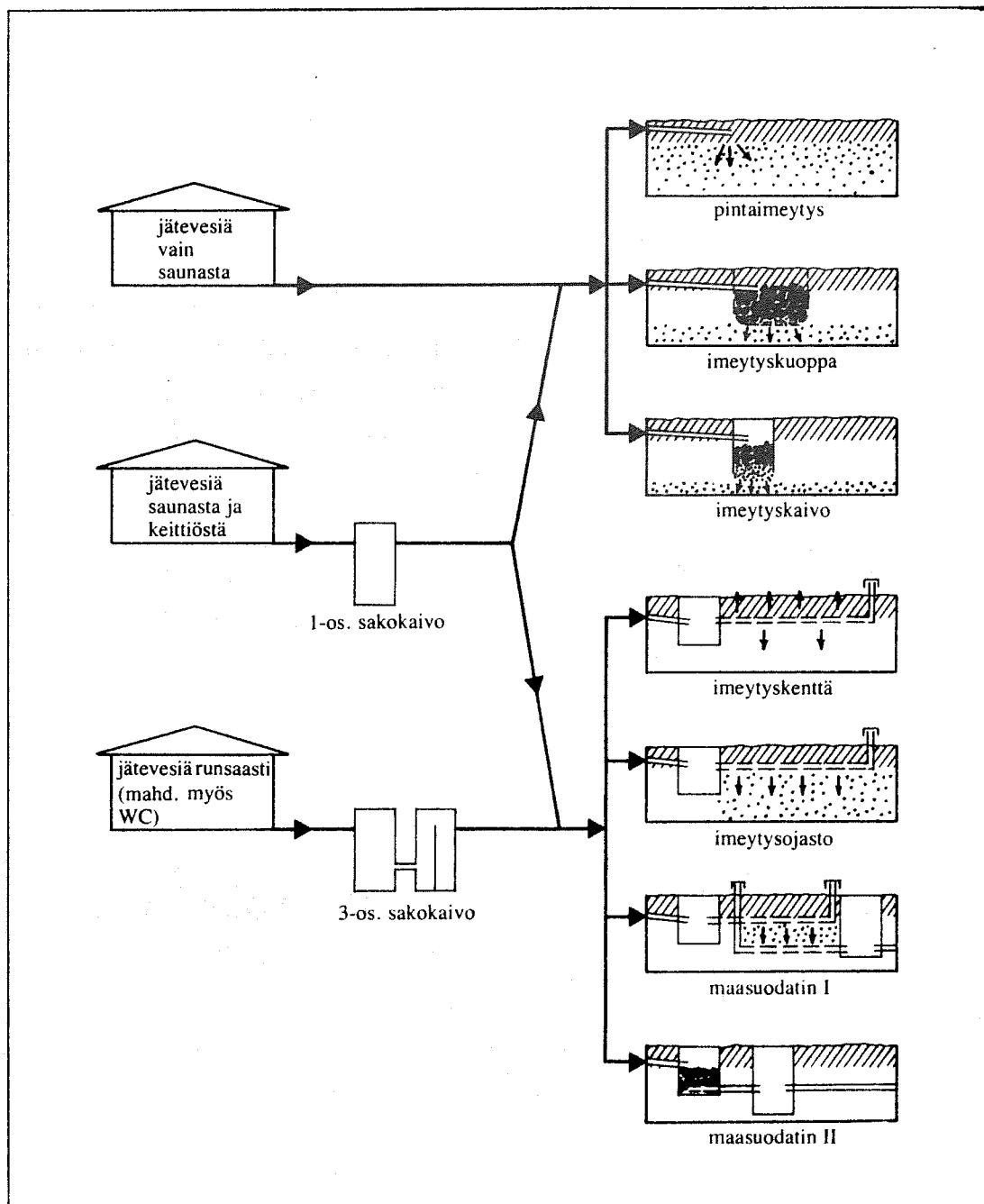
Kuva 17. Kemiallinen suorasaostuslaitos Orwa KM

3.33 Imeytysratkaisut

Sopivissa maasto- ja maaperäolosuhteissa jätevesi voidaan imeyttää maahan. Menetelmän valinta riippuu jätevesimäärästä ja maaperän vedenläpäisevyydestä. Käytettävissä olevat vaihtoehdot on kuvassa 18 esitetty loma-asuntoja ajatellen. Imeytys soveltuu suurempiinkin yksiköihin ja myös ympärivuotiseen käyttöön. Mitoitusta ja rakenteen yksityiskohtia käsitellään kohdassa 5.42.

Imeytyskaivoa voidaan käyttää silloin, kun jätevesimäärä on vähäinen ja maaperä on hyvin vettä läpäisevää. Imeytyskaivo rakennetaan esimerkiksi betonirenkaista, joista alimman tulee ulottua vettä läpäisevään maakerrokseen. Kaivon alaosa täytetään soralla tai sepelillä tukkeutumisen estämiseksi.

Imeytysojaston käyttö tulee kysymykseen silloin, kun maaperän vedenläpäisevyys on niin pieni tai vesimäärä on niin suuri, että imeytymistä ei ehdi tapahtua riittävästi imeytyskaivoa käytettäessä. Periaatteena on johtaa jätevesi maanalaisten rei'itettyjen putkien avulla laajemmalle alueelle imeytymään ja puhdistumaan ennen kuin se joutuu pohjaveteen. Ympärivuotisessa käytössä putket sijoitetaan roudattomaan syvyyteen, jollei niitä lämpöeristetä. Kesäkäytössä riittää pienempikin syvyys.



Kuva 18. Jätevesien imeytysvaihtoehdot loma-asunnolla (SISÄASIAINMINISTERIÖ JA VESIHALLITUS 1978)

Imeytyskentässä jätevesi ja sen sisältämät ravinteet pyritään sitomaan kasvillisuuteen. Levityspotket sijoitetaan melko lähelle maan pintaa ja peitetään vettä läpäisevällä maalla. Kenttään istutetaan sopivaa kasvillisuutta, joka ottaa alustasta vettä ja ravinteita. Talvella sitoutumista kasveihin ei tapahdu, joten imeytyskenttä toimii imeytysojastona. Kesälläkin osa vedestä aina imeytyy maahan.

Maasuodatin muistuttaa rakenteeltaan imeytysojastoa, mutta siinä hiekkakerroksen läpi suotautunut jätevesi kerätään salaojaputkien avulla edelleen ojaan tai vesistöön johdettavaksi. Vähäisille, esimerkiksi yhden loma-asunnon jätevesimäärille suodatin voidaan tehdä myös betonirenkaista rakennettuun kaivoon. Maasuodatin voidaan periaatteessa rakentaa maaperän laadusta riippumatta, sillä suodattava hiekkakerros tuodaan muualta.

3.34 S a o s t u s k a i v o t

Saostuskaivo on mekaaninen käsittelymenetelmä, jossa vettä raskaamat ja kevyemmät hiukkaset erottuvat jätevedestä. Tarkoituksena on vähentää ennen kaikkea kiintoaineen määrää. BHK- ja ravinnekkuorman väheneminen jää pieneksi. Saostuskaivoa voidaan käyttää itsenäisenä käsittelymenetelmänä. Lisäksi se liittyy esikäsittelynä imeytysratkaisuihin ja esi- tai jälkiselkeytyksenä useisiin tehdasvalmisteisiin pienpuhdistamoihin. Saostuskaivo tehdään 2- tai 3-osaisena betonirengaskaivona tai betonista paikallavalettuna. Saatavana on myös valmiita lujitemuovisia saostuskaivoja. Rakennetta ja mitoituskaavaa käsitellään tarkemmin kohdassa 5.51.

3.35 U m p i k a i v o t

Mikäli muut käsittelymenetelmät eivät olosuhteista johtuen ole mahdollisia tai riittävän tehokkaita, voidaan jätevedet koota umpikaivoon tai -säiliöön ja kuljettaa käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle. Umpikaivoon kerätään usein vain käymäläjätevedet, jolloin pesuvedet johdetaan saostuskaivoon tai imeytetään maahan. Joissakin tapauksissa voidaan vaatia kerättäväksi kaikki jätevedet umpikaivoon. Umpikaivon käyttö edellyttää, että jätevedet vastaanottava puhdistamo on niin lähellä, etteivät kuljetuskustannukset nouse kohtuuttoman suuriksi. Tosin nykyisin umpikaivojätettä viedään myös kaatopaikoille ja lasketaan viemäriverkostoihin etäälläkin puhdistamoista.

4. ERI LAISTEN MENETELMIEN YLEISYYS

4.1 YLEISYYS SUOMESSA

4.11 Käymälät

Aikaisemmin ulkokäymälä oli haja-asutusalueilla ainoa mahdollinen käymäläratkaisu. Keskitetyn vedenhankinnan laajentumisen myötä vesikäymälä on yleistynyt. Merkitseehän vesijohdon vetäminen rakennukseen usein myös vesikäymälän hankkimista. Edellä todettiin, että Suomessa on vielä 0,4...0,5 milj. itse vedenhankintansa järjestävää taloutta. Näistä osalla on kuitenkin oma vesijohto ja vain noin 0,2 milj. taloutta lienee ilman rakennuksen sisäisiä vesijohtoja. Yleisten viemäriverkostojen ulkopuolella on kuitenkin 0,5...0,6 milj. taloutta. Haja-asutusalueilla on siis enintään 0,3...0,4 milj. vesikäymälällä varustettua asuntoa, joiden jätevedet käsitellään tontti-kohtaisesti. Tarkkaa tietoa vesikäymälälöiden ja ulkokäymälöiden määristä ei ole käytettävissä. Vain muutamia alueellisia selvityksiä on tehty.

Aurajoen valuma-alueella on selvitetty karjataloustopilojen vesi- ja jätehuoltoa (VESIHALLITUS 1979 b). Tutkituista 168 tilasta yli 90 %:lla oli vesijohto asuinrakennukseen. Vesi otettiin miltei poikkeuksetta omasta kaivosta. Vesikäymälä oli 126 (75 %) tilalla. Vain joka neljäs käytti ulkokäymälää. Jätevedet johdettiin yleensä omaan viemäriin eli yksi- tai useampiosaisen saostuskaivon kautta pellon ojaan tai sala-ojaan. Kahden tilan WC-jätevedet menivät lietesäiliöön ja yhden umpisäiliöön. Kahdella tilalla WC- ja talousjätevedet johdettiin kemiallisen pienpuhdistamon kautta ojaan. Toinen näistä tiloista sijaitsi vedenottamon suoja-alueella. Vain yksi tila oli liitetty kunnan viemäriin.

Tuusulanjärven seutu edustaa eteläsuomalaista, melko tiivistä haja-asutusta. Siellä on kartoitettu haja-asutuksen vesien-suojeluratkaisuja haastattelemalla 516 kiinteistöä, joista 62 oli loma-asuntoja (TUUSULANJÄRVEN VESIENSUOJELUYHDISTYS r.y. 1980). Vesikäymälöitä oli 302 ja ulkokäymälöitä 244

kappaletta. Kemiallinen käymälä oli käytössä viidessä taloudessa. Avo-oja oli ylivoimaisesti yleisin jätevesien purkupaikka. WC-jätevedet koottiin umpisäiliöön 27 tapauksessa. Tällöin pesuvedet johdettiin yleensä saostuskaivon kautta ojaan. Niissä taloissa, joissa ei ole vesikäymälää, jätevesi yleensä imeytettiin maahan (kompostiin).

Sisä-Suomen haja-asutusalueilla vesikäymälä ei liene aivan yhtä yleinen kuin rannikolla. Esimerkiksi POHJOIS-SAVON SEUTUKAAVALIITON (1979) selvityksen mukaan Pohjois-Savon maaseudulla 35 %:ssa talouksista oli vesikäymälä. Virkamies- ja liikkeenharjoittajaperheissä se oli selvästi yleisempi kuin maanviljelijätalouksissa.

Loma-asuntojen varustetaso on selvästi alhaisempi kuin pysyvän haja-asutuksen. Vesijohtoa ei yleensä ole, joten ulkokäymälä on tavallisin käymäläratkaisu. Esimerkiksi LEINosen (1976) tutkimuksessa oli mukana 408 Keski-Suomen pienten järvien rannoilla sijaitsevaa loma-asuntoa. Vesijohto oli 4 %:lla, mutta yhdelläkään ei ollut vesikäymälää. Kemiallisia käymälöitä oli muutamia. Jätevedet käsiteltiin imeyttämällä tai johtamalla maan pinnalle.

Pyrkimys nostaa loma-asuntojen varustetasoa on kuitenkin ollut havaittavissa varsinkin Etelä-Suomessa. TUONosen (1971) haastattelututkimuksen otoksena oli 100 Uudenmaan järvien rannoilla sijaitsevaa loma-asuntoa. Joka viidennellä oli vesijohto keittiöön ja saunaan. Vesikäymälöitä oli 12 kappaletta. Jätevedet johdettiin useimmiten maahan joko suoraan tai saostuskaivon kautta.

Ulkokäymälään ja vesihuuhtelukäymälään verrattuna muita käymäläratkaisuja on toistaiseksi käytetty hyvin vähän. Syksyllä 1979 oli laitteita myyty kaikkiaan taulukossa 3 esitetyt määrät. Taulukko ei ole täydellinen ja siitä puuttuvat kaikki sellaiset käymälämerkit, joiden markkinointi Suomessa on lopetettu. Niiden vaikutus kokonaismäärään on kuitenkin pieni.

Kompostikäymälöitä on myyty kaikkiaan lähes 4 000 kappaletta. Niistä valtaosa on Sähkötuoli-merkkisiä pikakompostikäymälöitä. Sähkötuolin tyypillinen käyttötapa lienee vakinaisessa asunnossa rinnakkaiskäymälänä vanhan ulkokäymälän ohella. Clivus Multrum-suorakompostikäymälöitä

on sekä vakinaisissa asunnoissa että loma-asunnoilla ja lisäksi esimerkiksi leirintäalueilla, lomakodeissa ja leirikeskuksissa.

Vähävetisiä huuhtelukäymälöitä käytetään lähinnä yksityisissä pientaloissa, jonkin verran myös loma-asunnoilla. Kaikkiaan niitä on Suomessa noin 5 000 kappaletta. Yleisin merkki on Cipax Saituri. Julkisissa tiloissa vähävetisen huuhtelukäymälän korvaa alipainekäymälä. Yleensä samaan järjestelmään on liitetty monta käymäläistuinta. Varsinaisessa haja-asutuksessa alipainekäymälöitä on toistaiseksi käytetty hyvin vähän.

Kappalemäärältään yleisimmäksi käymälätyypiksi kohoaa kemiallisten käymälöiden ryhmä. Jo yksin Porta Pottia, suosituinta kemiallista käymälää, on myyty noin 9 000 kappaletta. Kemiallisia käymälöitä on lähinnä asuntovaunuissa, veneissä ja jonkin verran myös loma-asunnoilla. Markkinoilla on taulukossa esitettyjen lisäksi muitakin merkkejä.

Paketoivia käymälöitä on myyty noin 2 000 ja jäädytyskäymälöitä noin 500 kappaletta. Molempia käytetään etupäässä miehistövaunuissa, työmaaparakeissa jne. Yksityistalouksissa niitä on verraten vähän.

4.12 K ä s i t t e l y m e n e t e l m ä t

Vesilain mukaan haja-asutusalueen talouksien jätevedet on käsiteltävä vähintään saostuskaivossa. Tehokkaampaa puhdistusta voidaan edellyttää vain, mikäli jätevesistä aiheutuu huomattavaa haittaa. Näin ollen on selvää, että saostuskaivo on ylivoimaisesti yleisin jätevesien käsittelytapa haja-asutusalueella. Purkupaikkana on yleensä avo-oja. Suomessa käytetään miltei yksinomaan betonirenkaista rakennettuja saostuskaivoja. Lujitemuovisia kaivoja on toistaiseksi myyty hyvin vähän.

Taulukko 3. Myytyjen käymälöiden määriä Suomessa syksyllä 1979

käymälämerkki	myytyjen laitteiden määrä
kuorikekäymälät	
Kompus	200
suorakompostikäymälät	
Clivus Multrum	300
pikakompostikäymälät	
Sähkötuoli	3 000
Biolo	100
Unilec	100
vähävetiset huuhtelukäymälät	
Wärtsilän 3 l:n WC	2 600
Cipax Saituri	1 400
Aqua Magic	900
alipainekäymälät	
Evak	5 000
Electrolux	2 100
kemialliset käymälät	
Porta Potti	9 000
Elsan	3 500
Perdisan	2 500
paketoivat käymälät	
Pacto	2 000
jäädytyskäymälät	
Osby	500

Myös pelkät pesuvedet voidaan johtaa saostuskaivon kautta avo-ojaan. Loma-asunnon tai erillisen saunan jätevedet imeytetään usein maahan. Varsinaisia imeytysojastoja on Suomessa rakennettu vain muutamia. Imeytyskaivoja on käytetty jonkin verran, ja maatiloilla jätevesiä on johdettu salaojiin. Useimmissa tapauksissa imeytys kuitenkin tarkoittaa sitä, että saunan viemäri vain yksinkertaisesti päättyy maahan tai että pesuvedet kaadetaan maahan tai kompostiin.

Umpikaivojen määrästä ei ole tarkkaa tietoa. Harvaan asutuilla alueilla niitä ei juuri ole. Joissakin kunnissa niitä käytetään yleisesti taajamien reuna-alueilla. Väestökeskuksen alueellahan terveyslautakunta voi edellyttää jätevedet kerättäväksi umpisäiliöön. Käytäntö kuitenkin vaihtelee kunnittain. Umpisäiliöön kootaan yleensä vain käymäläjätevedet, joskus myös keittiöstä tulevat jätevedet. Pesuvedet käsitellään omalla tontilla eli johdetaan saostuskaivon kautta ojaan tai imeytetään maahan.

Pienpuhdistamoita Suomessa lienee noin 4 000 kappaletta, taulukko 4. Eniten on myyty Vesipoika- ja Vesimies-merkkisiä biologisia suodattimia. Ne ovat yleensä yhden perheen jätevedenpuhdistamoita samoin kuin kemialliset suorasaostuslaitoksetkin. Kemiallisista puhdistamoista yleisimpiä ovat Orwa ja Primär, joista jälkimmäisen valmistus on lopetettu. Kiinteistökohtaisia pienpuhdistamoita on eniten Etelä-Suomen tiheään rakennetuilla haja-astusalueilla. Esimerkiksi Espoon alueella oli kesällä 1979 kaikkiaan 232 pienpuhdistamoita, joista biologisia suodattimia oli 163, kemiallisia suorasaostuslaitoksia 9 ja aktiivilietelaitoksia 60 kappaletta (ESPOON KAUPUNKI 1979).

Aktiivilietelaitosten tyypillisiä käyttökohteita ovat matkailu- ja kurssikeskukset sekä erilaiset koulut ja opistot. Tällaisissa kohteissa Metoxy on yleisin puhdistamomerkki. Viime aikoina myös Argument-puhdistamoita on myyty runsaasti. Edellisistä poiketen Orwa OX-pitkäilmastuslaitokset ovat suurimmaksi osaksi yksityistalouksien käytössä.

Kiertosuodattimet ovat Suomessa vielä tällä hetkellä harvinaisia. Ensimmäiset Rotorsystem-puhdistamot on otettu käyttöön vuonna 1977. Sijoituskohteina olivat ravintola ja vanhainkoti. Kiertosuodattimet sopivatkin samanlaisiin suurehkoihin kohteisiin kuin aktiivilietelaitokset.

4.2 YLEISYYS MUISSA POHJOISMAISSA

Useissa Ruotsin kunnissa selvästi yleisin jätevesien käsittelytapa haja-asutusalueilla on imeytysojasto pesuvesille ja WC-jätevesien kokoaminen umpinaiseen säiliöön. Joissakin kunnissa sallitaan myös WC-jätevesien johtaminen imeytysojastoon. Imeytyskenttiä on rakennettu melko vähän, koska yhä useampia loma-asuntoja käytetään ympäri vuoden. Maasuodattimiakin on toistaiseksi melko vähän. Saostuskaivot ovat tavallisesti 2...3-osaisia betonirengaskaivoja, mutta lujitemuoviset kaivot ovat viime vuosina yleistyneet.

Taulukko 4. Myytyjen pienpuhdistamoiden määriä Suomessa keväällä 1980

puhdistamomerkki	myytyjen laitteiden määrä
Vesipoika ¹	1 500
Vesimies	500
Metoxy	400
Oxigest, Addigest	90
Valmet	40
Vesi-Seppo (alle 200 avl)	24
Argument	300
Soaf	7
Rotorsystem PBF, TR	5
Orwa OX, Orwa KM	700
Kaiko-Wallax	60
Primär ¹	300

1 valmistus lopetettu

Kiinteistökohtaisiin 1...5 talouden pienpuhdistamoihin suhtaudutaan varauksellisesti. Puhdistamot on yleensä asennettu vuoden 1973 tienoilla ja ne ovat pääasiassa Wallax- ja Polypur-merkkisiä kemiallisia puhdistamoita. Nykyisin uusia pienpuhdistamoita asennetaan hyvin vähän. Joissakin kunnissa niitä ei sallita lainkaan, joskus vaaditaan imeytys jälkikäsitteilyksi.

Suurehkoissa yksiköissä (yli 50 avl) biologiset pienpuhdistamot ovat suhteellisen yleisiä. Kiinnostus imeytysratkaisuihin on kuitenkin lisääntymässä (ULMGREN 1979).

Norjassa vain 20 % väestöstä on kunnallisten viemäriverkostojen piirissä, 20 %:lla ei ole vesikäymälää ja peräti 60 % (noin 2 milj.) käyttää vesikäymälää mutta ei ole liittynyt yleiseen viemäriin. Lisäksi maassa on noin 200 000 loma-asuntoa (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978). Kompostikäymälää pidetään käyttökelpoisena ratkaisuna. Toistaiseksi niitä on kuitenkin ympärivuotisessa käytössä vasta 1 000...2 000 kappaletta. Useimmat niistä ovat pikakompostikäymälöitä, joita käytetään yhdessä ulkokäymälän kanssa (ØBERG 1979).

Mahdollisia jätevesien käsittelymenetelmiä 1...7 talouden yksiköille ovat imeytyskaivo, imeytysojasto, imeytyskenttä ja maasuodatin. Uudet saostuskaivot ovat usein lujitemuovisia. Pienpuhdistamoita ei juuri käytetä. Vuosina 1975...1978 tehdyn selvityksen mukaan maassa oli

kaikkiaan 130 alle 200 avl pienpuhdistamo (POHJOISMAIDEN MINISTERINEUVOSTON HAJA-ASUTUSTYÖRYHMÄ 1980).

Tanskassa asuu haja-asutusalueella noin 700 000 ihmistä. Lisäksi maassa on noin 160 000 loma-asuntoa. Haja-asutus on tiiviimpää kuin muissa pohjoismaissa, joten viemäröinti tai jätevesien kokoaminen umpisäiliöön ja kuljettaminen jätevedenpuhdistamolle ovat usein käyttökelpoisia ratkaisuja pienissä kylissä. Varsinaisella maaseudulla jätevedet on aiemmin johdettu suoraan maahan tai imeytysojastoihin, joskus myös salaojiin. Vesikäymälän hankkimisen yhteydessä on sitten rakennettu saostuskaivo. Nykyisin imeytysojastoa pidetään ensisijaisena ratkaisuna.

Kompostikäymälöiden yleistymistä ei pidetä suotavana mahdollisten hygieenisten haittojen vuoksi. Käymäläjätteen käyttö maanparannusaineena on kielletty (MILJØSTYRELSEN 1978). Biologisia pienpuhdistamoita on maassa noin 50 kappaletta. Ne ovat aktiivilietelaitoksia tai kiertosuodattimia. Useimmat ovat erilaisten laitosten ja majoitusliikkeiden käytössä. Yksityistalouksissa on vain muutama pienpuhdistamo (MILJØSTYRELSEN 1977 b).

Mainittakoon vielä, että Yhdysvalloissa ja Kanadassa saostuskaivo ja imeytysojasto on tyypillinen jätevesien käsittelytapa haja-asutusalueilla. Niinpä Yhdysvalloissa on yli 20 milj. imeytysojastoa (HUDSON 1977) ja joka kolmannen Ontarion asukkaan jätevedet käsitellään imeytysojastossa (BRANDES 1980).

5. TOIMIVUUS JA KÄYTTÖKOKEMUKSET

5.1 TIEDONHANKINTAMENETELMÄT

Edellä on esitetty erilaisten käymäläratkaisujen ja jäteveden käsittelymenetelmien toimintaperiaatteet ja yleislinjoja niiden käyttöalueista. Menetelmä- ja laitekohtaisten vertailujen pohjaksi eivät kuitenkaan riitä pelkästään laitteiden markkinoijien antamat tiedot, vaan tarvitaan kriittisiä tutkimuksia toimivuudesta ja käyttökokemuksista. Käytettävissä on periaatteessa kolme erilaista tiedonhankintamenetelmää nimittäin laboratoriotutkimus, toimivan laitoksen seuranta ja käyttäjille lähetettävä kysely.

Laboratoriotutkimuksissa laitteet eivät ole niiden normaalissa käyttöympäristössä, vaan esimerkiksi kompostikäymälöihin annostellaan muualta tuotua jätettä ennalta määrätyn ohjelman mukaisesti tai pienpuhdistamoita testataan suuren jätevedenpuhdistamon yhteydessä. Valvotuissa olosuhteissa mittauksia on helppo suorittaa ja saadaan vertailukelpoisia tuloksia. Imeytyksen osalta laboratoriokeuin on saatu arvokasta tietoa eri tekijöiden vaikutuksesta puhdistustulokseen. Koeolosuhteet voidaan rakentaa sellaiseksi, että tiettyä tekijää voidaan muuttaa muiden pysyessä vakiona. Käytännössä lopputulos riippuu aina monesta eri tekijästä, joiden vaikutuksen erittelemisen tuottaa vaikeuksia.

Laboratoriotutkimuksin voidaan selvittää vain minkälaiset teoreettiset mahdollisuudet käymälällä tai pienpuhdistamolla on suoriutua esimerkiksi kuormitusvaihteluista. Vasta normaalissa käytössä todetaan laitteen kestävyys ja toimintavarmuus, hoidon tarve ja hoidon tason vaikutus lopputulokseen. Toimivan laitoksen tutkimiseen liittyy aina kaksi osatekijää, käyttöolosuhteiden rekisteröinti ja näytteiden otto ja analysointi. Saatavien tulosten edustavuus riippuu tietysti näytteenotto-tiheydestä ja tutkimuksen kestosta. Tietoja käyttöolosuhteista tarvitaan, jotta eri tekijöiden vaikutuksesta voidaan tehdä jotain johtopäätöksiä ja tuloksia voidaan verrata muiden

tutkimusten tuloksiin. Imeytysratkaisujen osalta tilanne on vaikeampi, koska kaikki laitokset ovat erilaisia ja rakenteellisista yksityiskohdista ei ole varmuutta, mikäli seurantaa ei ole aloitettu jo rakennusvaiheessa. Varta vasten tutkimustarkoitukseen rakennetuissa koelaitoksissa tämä ongelma on poistettu, mutta toisaalta silloin ei enää ole kyse normaalilla tavalla toteutetusta imeytysratkaisusta, vaan valvoituissa olosuhteissa rakennetusta erikoistapauksesta.

Käyttäjille lähetettävä kysely on edellisiin verrattuna halpa tutkimustapa, joten siten on mahdollista kerätä käyttökokemuksia suuresta laitemäärästä. Käyttäjä ei tiedä käymälänsä kompostin bakteerimääriä tai pienpuhdistamonsa lähtevän veden pitoisuuksia, mutta on varmasti asianuntevin henkilö arvioimaan käyttömukavuutta tai hajuhaittoja. Käyttökelpoista tietoa saadaan myös esimerkiksi laitteessa esiintyneistä vioista ja toimintahäiriöistä sekä hoidon tarpeesta. Väärinkäsitykset ja suoranaiset virheetkin ovat tietysti mahdollisia ja vastaukset ovat aina subjektiivisia, vastaajan asennoitumisesta riippuvia.

5.2 KÄYMÄLÖIDEN TOIMIVUUS

5.21 Y l e i s t ä

Tavallinen vesikäymälä kuluttaa 6...9 l vettä huuhtelukertaa kohti. WC:n huuhteluvedet muodostavatkin lähes 30 % talouden vedenkulutuksesta. Vesikäymälästä on peräisin noin puolet jätevesien BHK- ja fosforikuormituksesta ja typpikuormitus miltei kokonaan. Näin ollen tavallisen vesikäymälän korvaaminen jollakin muulla käymälätyypillä vähentää oleellisesti sekä vedenkulutusta että jätevesikuormitusta. Markkinoilla on lukuisia erityyppisiä käymäläratkaisuja. Tutkimustoiminta on kuitenkin kohdistunut lähinnä kompostikäymälöihin. Tietoa tarvitaan sekä kompostoitumisesta mikrobiologisena prosessina että käymälälaitteiden toimivuudesta käytännössä. Tämän selvityksen yhteydessä tehdyn käyttäjäkyselyn tulokset esitetään kohdassa 5.26. Kyselyssä oli mukana kaksi kompostikäymälää ja yksi vähävetinen huuhtelukäymälä.

Arviointi käymälöiden soveltuvuudesta erilaisiin kohteisiin (kohta 5.27) perustuu esitettävien tutkimustulosten lisäksi seuraaviin julkaisuihin:

- "Loma-asuntojen vesi- ja jätehuolto" (SISÄASIAIN-MINISTERIÖ ja VESIHALLITUS 1978)
- "Haja-asutuksen ja muiden pienten yksiköiden jätevesien käsittely" (VESIHALLITUS 1980)
- "Klosetter för fritid" (KONSUMENTVERKET 1977)
- "Alternative klosettløsninger for fritidshus og helårsboliger" (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978).

Tarkimmin käsitellään niitä ratkaisuja, jotka soveltuvat pysyvän haja- ja loma-asutuksen käyttöön. Asuntovaunut ja veneet, ulkoilu- ja leirintäalueet, työmaat ja muut julkiset tilat asettavat käymälälle aivan erilaisia vaatimuksia esimerkiksi kapasiteetin, hoidon, tyhjennyksen ja käyttömukavuuden suhteen. Näiden erityiskohteiden osalta lisätietoja saa esimerkiksi seuraavista julkaisuista:

- "Selvitys laivojen, veneiden ja loma-asuntoalusten jätehuollosta" (VESIHALLITUS 1972)
- "Leirintäalueiden vesi- ja jätehuollosta" (SANTALA 1973)
- "Sanitära lösningar vid anläggningar för det rörliga friluftslivet" (STATENS NATURVÅRDSVERK 1974 b)
- "Retningslinjer for rensing av avløpsvann og privetløsninger for campingplasser" (STATENS FORURENSNINGSTILSYN 1976).

5.22 Käymäläjätteen kompostoitumisen edellytykset

Kompostoinnin tarkoituksena on saada käymäläjäte hajoamaan mahdollisimman nopeasti luomalla hyvät edellytykset luonnon mikrobien hajotustoiminnalle. Nämä edellytykset ovat riittävä hapen (ilman) saanti, sopiva kosteus, riittävän korkea lämpötila ja oikea hiili- ja typpipitoisuuksien suhde. Asiaa tarkastellaan seuraavassa PEDERSENIN (1974) kompostikäymälöitä käsittelevän kirjoituksen pohjalta, mutta hajoamisprosessi on periaatteessa aivan sama myös jälkikompostoinnissa.

Kompostoitumisessa on kyse orgaanisen aineen aerobisesta hajoamisesta eli lahoamisesta. Hajoamistuotteet eivät haise epämiellyttävästi. Jos happea ei ole riittävästi, prosessi muuttuu anaerobiseksi mätänemiseksi. Tällöin syntyy pahanhajuisia kaasuja, ammoniakkia ja rikkivetyä. Ei riitä, että vain jätekanavan pinta on kosketuksissa ilman kanssa, vaan ilman on tunkeuduttava kaikkialle massaan. Tämä aikaansaadaan tehokkaalla ilmanvaihtojärjestelmällä, sekoittamalla jätettä ja pitämällä se kuohkeana.

Kaikki biologiset prosessit vaativat vettä. Maassa vesipitoisuuden nousu vähentää samalla ilman täyttämien huokosten määrää ja vaikeuttaa siten hapen kulkeutumista. Kompostikäymälässä ilmanvaihdon yhtenä tehtävänä on poistaa liika kosteus. Jos haihtuminen ei ole riittävän tehokasta, käymälä täyttyy virtsalla. Olosuhteet muuttuvat anaerobisiksi ja sen myötä käymälä alkaa haista. Toisaalta kuivuminenkaan ei ole hyväksi, koska se hidastaa hajoamista. Kompostikäymälässä jäte helposti kuivuu pinnasta samalla kun pohjalle kertyy liikaa nestettä, vaikka massan pitäisi olla kauttaaltaan sopivan kostea.

Hajottajamikrobit toimivat toisaalta lähellä 0°C lämpötilaa, toisaalta vielä $70\text{...}80^{\circ}\text{C}$ lämpötilassa. Alhaisessa lämpötilassa hajoaminen on hidasta ja prosessi nopeutuu lämpötilan noustessa optimilämpötilan ollessa $60\text{...}70^{\circ}\text{C}$. Vielä korkeammassa lämpötilassa mikrobit alkavat kuolla valkuaisaineiden denaturoitumisen vuoksi. Suuren kompostikasan sisällä lämpötila voi itsestään kohota hyvinkin korkeaksi, koska hajoamisessa vapautuu lämpöä. Kompostikäymälässä riittävän korkea lämpötila saavutetaan joko lämpöeristämällä jättesäiliö, jotta lämmönhukka jää mahdollisimman pieneksi, tai tuomalla massaan lisälämpöä lämpöelementillä.

Mikrobisolujen ja humuksen hiili-typpi-suhde on noin 10:1. On todettu, että orgaanisen aineen hajotessa $2/3$ hiilestä mineralisoituu ja häviää hiilidioksidina. Näin ollen kompostoitavan massan hiili-typpi-suhteen pitäisi olla noin 30:1, jotta prosessi olisi mahdollisimman nopea. GUTTORMSEN ja PEDERSENIN (1978) mukaan ihmisen virtsan ja ulosteiden hiili-typpi-suhde on noin 5:1 ja määrä noin 1,5 l vuorokaudessa. Näin ollen käymäläjätteen joukkoon olisi lisättävä jotain hiilipitoista orgaanista ainetta kuten keittiöjätettä, puiden lehtiä, turvetta tai

kuoriketta. Tämä hiilipitoinen aine sitoo samalla liian kosteuden ja komposti pysyy kuohkeana. SALKINOJA-SALONEN (1980) on todennut, että kuorikekäymälässä, jossa ei ole koneellista haihdutusta, kuoriketta kuluu noin yksi litra henkeä kohti vuorokaudessa.

5.23 K o m p o s t i k ä y m ä l ö i d e n v e r t a i l e v a t u t k i m u s N o r j a s s a

5.231 Tutkitut käymälämerkit ja tutkimusmenetelmät

Norjassa Åsin maatalouskorkeakoulussa on käynnissä laaja kompostikäymälöiden toimivuutta selvittelevä tutkimus. Tutkimuksen ensimmäisessä vaiheessa vuosina 1974...1975 testattiin laboratoriossa kaikki tuolloin markkinoilla olleet loma-asuntokäyttöön sopivat kompostikäymälät, kaikkiaan 21 käymälää. Vuosina 1976...1977 laboratoriotestaus jatkui ympärivuotiseen käyttöön soveltuvien merkkien osalta. Mukana oli 11 markkinoilla ollutta käymälää ja 5 prototyyppiä. Tutkitut käymälämerkit on lueteltu taulukossa 5. Suomessa myynnissä olevat merkit on esitelty luvussa 3 ja muut liitteessä 3.

Tutkimuksessa käytetty käymäläjäte kerättiin Oslon kunnan alueella olevista ulkokäymälöistä. Jätettä lisättiin tutkittaviin käymälöihin ennalta laaditun suunnitelman mukaisesti. Kuormituksessa noudatettiin markkinoijan ilmoittamia kapasiteettiarvoja. Yhden henkilön ulostemääräksi on laskettu 1,5 l vuorokaudessa. Käymälöihin lisättiin myös keittiöjätettä ja turvetta yhteensä noin painoprosentin verran kokonaiskuormituksesta. Loma-asutusta koskevassa osassa kuormitus vaihteli ja siinä pyrittiin jäljittelemään tyypillistä loma-asunnon käyttötapaa. Ympärivuotista käyttöä tutkittaessa kuormitus pidettiin mahdollisimman tasaisena. Käymälät oli asennettu markkinoijan ohjeiden mukaan. Huoneen lämpötila oli $+18^{\circ}\text{C}$ ($\pm 2^{\circ}\text{C}$) ja suhteellinen kosteus noin 25 %. Kompostoitumista seurattiin seuraavien määritysten avulla: massan ja poistuvan ilman lämpötila, ilman virtausnopeus tuuletusputkessa, massan pH, painon väheneminen, kuiva-ainepitoisuus, hehkutusjäännös, C/N-suhde ja suolistobakteerien sekä patogeenisten bakteerien ja virusten määrä.

Tutkimuksen toisessa vaiheessa seurataan käymälöiden toimintaa normaali-ikäisessä käytössä. Mukana on yhdeksän laboratoriotestauksissa parhaiksi osoittautunutta merkkiä, jotka on lueteltu taulukossa 5. Noin kymmenen kunkinmerkkistä käymälää on käytössä vakinaisessa asunnossa. Asunnon haltija pitää käymälästä päiväkirjaa. Pikakompostikäymälät tarkastetaan kerran kuukaudessa ja suorakompostikäymälät joka toinen kuukausi. Tarkastuksesta kirjoitetaan raportti, jossa esitetään tiedot esimerkiksi käymälän käytöstä ja tyhjentämisestä sekä sisä- ja ulkolämpötiloista. Lisäksi otetaan näyte kompostista laboratoriossa analysoitavaksi. Tutkimus on aloitettu syksyllä 1978 ja se jatkuu edelleen.

Tulevaisuudessa on tarkoitus saada Åsiin kompostikäymälöiden tutkimus- asema. Siellä voitaisiin testata kaikki markkinoille tulevat uudet käymälämerkit ja saada aikaan jonkinlainen tyyppihyväksyntä.

Seuraavassa käsitellään ensin laboratoriotestauksissa saatuja tuloksia käymälöiden lämmönmuodostuksesta, ilmanvaihdosta ja kosteudesta sekä bakteriologisista tutkimuksista. Ne on esitetty julkaisussa "Alternative klosettløsninger for fritidshus og helårsboliger" (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978). Lopuksi kerrotaan ensimmäisiä tietoja tutkimuksen toisessa vaiheessa normaalissa käytössä saaduista kokemuksista ØBERGIN (1979) mukaan.

5.232 Lämmönmuodostus

Käymäläjätteen kompostoitumisen aiheuttamaa lämmönmuodostusta tutkittiin mittaamalla ulostemassan lämpötila 10...15 cm pohjan yläpuolelta. Loma-asuntokäytössä olleissa suorakompostikäymälöissä lämpötila kohosi parin viikon kuluttua kokeen alusta noin 5°C huoneen lämpötilaa korkeammaksi, mutta laski myöhemmin huoneen lämpötilan tasolle. Käymälöissä ei ollut lämpöelementtiä, joten lämpötilan nousu oli mikrobitoiminnan aiheuttama. Kokeen alussa massa oli verraten kuivaa suuresta turvemäärästä johtuen. Kokeen jatkuessa nesteen kerääntyminen vaikeutti ilman kulkeutumista ja mikrobitoimintaa. Tasapohjaisissa malleissa haihtuminen oli vähäistä, joten massan lämmönhukka haihtumisen vuoksi oli merkityksellinen. Sen sijaan kaltevapohjaisissa malleissa haihtuminen oli suurempi. Mikrobitoiminnan lämmönmuodostuksen on pitänyt kompensoida haihtumisen aiheuttama lämmönhukka.

Taulukko 5. Tutkitut käymälämerkit (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)

tyyppi	laboratoriotestaus loma-asutus	laboratoriotestaus ympäri vuotinen käyttö	seuranta normaalissa ympäri vuotisessa käy- tössä
tasapohjaiset suorakomposti- käymälät	Bokn fordelingskammer Camo hyttedo Muldo G1 Muldo G7 Naturdo'n NGP hyttedo		
kaltevapohjaiset komposti käymälät	Dosenten Hakodo 700 Hakodo 1 000 Kombio Snurredass Toa-Throne	Bc-1s Bc-3 Kombio Toa-Throne Biolet Camo do'n malli Sjusjøen Dosenten III Snurredass	Bc - 1s Bc - maxi Camodo'n malli Sjusjøen Kombio EL Snurredass Toa-Throne
pikakomposti käymälät	Biodo Biolo KPS miljøklosett Mullbänk Sähkötuoli Iso-Sähkötuoli Multex Tropic Toga	Bc-mini Biolo KPS-sähkö KPS-kaasu Mullbänk Iso-Sähkötuoli Tropic Pure way	Bc-mini Biolo Mullbänk Iso-Sähkötuoli

Ympäri vuotisesti käytettyjen käymälöiden massan lämpötila on esitetty taulukossa 6. Suorakompostikäymälöissä lämpötila pysyi vakiona viikolle 14 saakka ja laski sen jälkeen noin 10°C. Syynä oli tutkimushuoneen yölämpötilan lasku noin 10°C:een. Käymälöissä oli lämpöelementti Toa-Thornea ja Bc-3:a lukuunottamatta. Niissäkin massan lämpötila oli huoneen lämpötilaa korkeampi, joten mikrobitoiminta oli tuottanut lämpöä. Toa-Thornessa lämpötila nousi selvästi viikoilla 12...14, jolloin puhallin ei ollut toiminnassa. Lämmönmuodostusta ajatellen ilmanvaihto oli siis liian tehokas. Toisaalta ilman puhallinta pohjalla oleva massa tuli liian kosteaksi haihtumisen jäädessä vähäiseksi.

Pikakompostikäymälöissä massan lämpötilan nousu on pääasiassa lämpöelementin aiheuttama. Lämpötilan ja vastuksen tehon välillä ei kuitenkaan havaittu yhteyttä. Taulukosta 6 nähdään, että lämpötila oli korkein Biolo- ja Bc-mini-merkkisissä käymälöissä, vaikka niiden vastuksen teho on pienin. Erittäin tehokas massan sekoittaminen edesauttaa niissä lämmönmuodostusta luomalla hyvät olosuhteet aerobiselle mikrobitoiminnalle.

Loma-asuntokäytössä todettiin joidenkin pikakompostikäymälöiden massan lämpötilan laskevan käymälän täyttyessä. Syynä oli ilmeisesti se, että massa tiivistyi ritilän päälle, jolloin lämmin ilma kulki säiliön sivuseiniä pitkin eikä massan läpi. Lisäksi kolmessa käymälässä (Biodo, KPS ja Iso-Sähkötuoli) poistuvan ilman lämpötila oli yli 30 °C. Suuri osa käymälään johdetusta lämpimästä ilmasta meni siis suoraan ulos.

5.233 Ilmanvaihto ja kosteus

Kompostikäymälän ilmanvaihdon tehtävät ovat: poistaa vettä, poistaa hajua ja tuoda ulostemassaan happea. Näiden tehtävien hoitaminen edellyttää, että ilma kulkee massan läpi. Tasapohjaisissa suorakompostikäymälöissä vain pinnassa oleva massa ilmastui. Neste kerääntyi pohjalle ja pinta kuivui estäen haihtumisen. Kaltevapohjaisissa malleissa on ilmakanavat. Hakodo- ja Dosenten- käymälöissä kulkee pohjaa pitkin rei'itettyjä putkia. Ne kuitenkin täyttyivät pian nesteellä, ja reiät tukkeutuivat. Parhaaksi ratkaisuksi osoittautui ylösalaisin oleva V- tai U-muotoinen kanava, joka on sijoitettu jonkin verran pohjan yläpuolelle.

Nelihenkisen perheen käytössä vettä pitäisi haihtua 3 l vuorokaudessa, jotta massan kuiva-ainepitoisuudeksi tulisi noin 20 %. Mittaamalla ilman virtausnopeus tuuletusputkessa voidaan laskea käymälän läpi virtaava ilmamäärä. Ottamalla huomioon huoneen ja tuuletusputken ilman lämpötila ja suhteellinen kosteus voidaan arvioida käymälän haihdutusteho. Laskelmat osoittivat, että tasapohjaisten suorakompostikäymälöiden haihdutusteho ei ole riittävä.

Taulukko 6. Ympärivuotisesti käytettyjen käymälöiden massan lämpötila (GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)

Merkki	viikkoja kokeen alusta											Lämpöelementin teho W	Huomautuksia	
	2	4	6	8	10	12	14	16	18	22	28			Lämpötila°C
Suorakompostikäymälät														
Bc-1s	23	30	28	34	29	28	29	21	19	17	18	250		
Bc-3	18	23	21	22	21	23	22	18	17	17	15	-		
Kombio	20	26	26	24	24	26	25	22	14	15	12	200		
Toa-Tarone	18	19	19	19	20	25	30	19	14	17	16	-	Puhallin ei toiminnassa viikoilla 12-14	
Biolett Camodon	21	39	32	38	35	38	-	28	-	-	-	130		
malli Sjusjøen	22	25	22	26	23	30	18	18	-	21	18	50		
Dosenten III	38	52	45	34	30	30	30	22	20	20	18	300		
Suurredass	20	27	26	25	25	24	23	20	23	19	19	150	Lämpötila mitattu vanhimmasta lokerosta	
Pikakompostikäymälät														
Bc-mini	34	45	50	35	45	44	45	45	42	41	47	130		
Bioloo	42	60	47	57	60	49	59	40	55	60	59	100		
KPS-sähkö	25	36	32	36	35	39	37	34	28	28	28	280		
KPS-kaasu	25	27	25	-	25	-	-	30	-	-	-	-	Lämpötila mitattu kaasulla	
Multibänk	20	30	25	22	22	25	26	19	17	18	-	144		
Iso-Sähkötuoli	24	30	25	26	29	29	32	24	22	28	-	300		
Tropic	20	-	-	-	23	28	25	21	20	23	-	215	Lämpöelementti rikki viikoilla 4-8	
Pure way	22	-	21	22	22	21	16	-	-	-	-	-		
Huoneen lämpötila	22	21	20	20	18	18	11	17	15	16	18			

Kokeessa käytetyn ulostemassan kuiva-ainepitoisuus oli 8...12 %. Loma-asuntokäytössä olleissa käymälöissä haihdutus-tehoa tutkittiin punnitsemalla käymälät kuuden viikon kuluttua kokeen alusta. Painon väheneminen johtuu pääasiassa veden haihtumisesta, mutta myös orgaanisen aineen hajotessa syntyvän hiilidioksidin poistumisesta. Tasapohjaisissa suorakompostikäymälöissä paino väheni vain 28...40 %. Kaltevapohjaisissa malleissa painon lasku oli 42...72 % ja pikakompostikäymälöissä 67...91 %.

Ympärivuotisessa käytössä määritettiin massan kuiva-ainepitoisuus ja hehkutusjäännös tyhjennysluukun luona. Suorakompostikäymälöissä kuiva-ainepitoisuus oli 15...30 % 30 viikon kuluttua kokeen alusta. Useimpia käymälöitä ei vielä olisi tarvinnut tyhjentää. Todennäköisesti massan kuiva-ainepitoisuus ei kuitenkaan enää myöhemmin olisi kasvanut. Valmiin kompostin kuiva-ainepitoisuudeksi 25 % saattaa tuntua pieneltä, mutta massa vaikuttaa tällöin jo kuivalta.

Ritilällä varustetuissa pikakompostikäymälöissä kesti noin kaksi kuukautta, ennen kuin massaa valui ritilän läpi jälkikompostointitilaan. Ensimmäisten kuuden viikon aikana otettujen näytteiden kuiva-ainepitoisuus oli pieni. Nestettä oli siis valunut ritilän läpi. Kun massaakin alkoi tulla ritilän läpi, kuiva-ainepitoisuus nousi. Valmiin massan kuiva-ainepitoisuus oli noin 80 %. Biolo- ja Bc-mini-käymälöissä tapahtui samanlainen kuiva-ainepitoisuuden nousu kahdeksan viikon käytön jälkeen. Bioloossa kuiva-ainepitoisuus ei kuitenkaan koskaan noussut yhtä korkeaksi kuin muissa, koska sen jälkikompostointitila ei ole lämmitetty.

Ulostemassan hehkutusjäännös oli noin 20 %. Orgaanisen aineen hajo- tessa hiiltä ja typpeä poistuu hiilidioksidina ja ammoniakkinä. Siksi hehkutusjäännös kasvaa kompostoitumisen edetessä. Kokeen lopussa se oli suorakompostikäymälöissä 33...45 % ja pikakomposti- käymälöissä 35...55 % kuiva-aineesta. Hehkutusjäännöksen kasvaminen 20 %:sta 40 %:iin, merkitsee sitä, että 25 % orgaanisesta aineesta häviää kompostoitumisen aikana. Hehkutusjäännöksen ollessa 40...50 % kuiva-aineesta ei lisäkompostoitumista enää tapahdu.

Ulosteiden pH on noin 7. Hajoamisen aikana pH aluksi nousi arvoon 8...9 ammoniakkinä syntymisen vuoksi. Suurin osa ammoniakista poistui tai nitrifioitui kompostoitumisen edetessä ja pH laski aina arvoon 6 asti. Suorakompostikäymälöissä pH alkoi laskea 16...20 viikon käytön jälkeen.

5.234 Bakteriologiset tutkimukset

Grammassa ulosteita on termostabiileja kolimuotoisia bakteereja $5 \cdot 10^6$... $5 \cdot 10^7$ kappaletta. Kaikissa tutkituissa käymälöissä sekä loma-asunto- että ympärivuotisessa käytössä bakteerien määrä kokeen lopussa oli suuruusluokkaa 10...100 kappaletta grammassa kompostia. Bakteerireduktio oli niin hyvä, että kompostia olisi voitu käyttää maaparannusaineena.

Patogeenisista bakteereista tutkittiin Salmonella tel-avivin esiintymistä. Jo viikon kuluttua viimeisestä ulostelisyöksestä

se oli hävinnyt noin 50 %:sta käymälöistä, neljän viikon kuluttua enää yksi näyte oli positiivinen ja kahdeksan viikon kuluttua kaikki näytteet olivat negatiivisia. Samoin patogeeninen poliovirus oli hävinnyt viikossa noin puolesta käymälöistä ja neljässä viikossa kaikista.

Yhdessäkään tapauksessa ei havaittu fekaalisten organismien leviämistä tuuletusputken kautta.

5.235 Käyttökokemuksia ympärivuotisessa käytössä

Tämän norjalaisen tutkimuksen toisen osan muodostaa käymälöiden seuranta normaalissa ympärivuotisessa käytössä. Ensimmäisten tutkimustulosten perusteella on tehty seuraava yhteenveto:

- pikakompostikäymälöiden kapasiteetti on 2...3 aikuista
- etuna on helppo asennus
- Bioloop sopii parhaiten vakinaiseen asuntoon
- Mullbänk ja Iso-Sähkötuoli voivat toimia hyvin, mutta vaativat enemmän hoitoa
- suorakompostikäymälöiden kapasiteetti on 5 aikuista
- asennus on suoritettava huolella, jotta käymälä toimii hyvin kaikissa sääoloissa
- Snurredass sopii parhaiten vakinaiseen asuntoon
- Camo-don haihdutusteho on erittäin hyvä, mutta tutkittujen käymälöiden puutteellisen hoidon vuoksi ne eivät ole toimineet kunnolla kaikissa olosuhteissa
- Toa-Thronessa on ollut puutteellisten ohjeiden ja asennusvirheiden aiheuttamia ongelmia
- Bc-1s, Bc-maxi ja Kombio ovat olleet käytössä niin vähän aikaa, että kokemukset ovat vähäisiä

Käymälän ostajan tulee saada riittävästi asiallista tietoa käymälän asennuksesta, kapasiteetista ja hoidosta. Tutkimus on osoittanut, että useimmat suorakompostikäymälöiden toimintahäiriöt ovat johtuneet puutteellisten ohjeiden aiheuttamista

asennusvirheistä. Säiliö ja tuuletusputki on eristettävä huolellisesti. Kaikissa ympäri vuoden käytettävissä käymälöissä tulee olla puhallin. Se varmistaa riittävän ilmanvaihdon epäedullisissa sääolosuhteissa, vaikka normaalisti useimmat mallit toimivat hyvin ilman puhallintakin. Erityisesti talvella puhallin on osoittautunut tärkeäksi. Tulevan ilman on oltava lämmintä ja kuivaa. Pikakompostikäymälät on helppo asentaa. Käymälähuoneen on oltava lämmin.

Käymälän käyttäjän aikaisemmat tottumukset vaikuttavat hänen asennoitumiseensa. Jos käytössä on ennen ollut vain ulkokäymälä, merkitsee käymälän saaminen sisälle ilman muuta elintason nousua. Käyttäjä, joka on tottunut vesikäymälään, suhtautuu kompostikäymälään varauksellisemmin. Monet pitävät vedenkulutuksen vähenemistä suurena etuna. Eniten tyytymättömyyttä ovat aiheuttaneet kärpäset ja hajuhaitat.

Kärpäsisistä on ollut enemmän tai vähemmän harmia kaikissa käymälämerkeissä. Esimerkiksi turpeen lisääminen riittävän usein auttaa hyvin. Myös laitteen mukana toimitettava ns. kärpäspaperi hävittää kärpäset tehokkaasti. Puhaltimen ansiosta hajuhaitat käymälöissä ovat olleet melko vähäisiä. Syy on usein ollut helppo havaita ja poistaa. Hajuhaitat ovat johtuneet puutteellisesta toimituksesta (esimerkiksi puhallinta ei ole lainkaan), virheellisestä asennuksesta (esimerkiksi liitokset eivät ole tiiviitä) tai puhaltimen rikkoutumisesta samanaikaisesti epäedullisten sääolojen kanssa. Joissakin tapauksissa on ulkona todettu ajoittain hajuhaittoja. Hajuhaitat eivät yhdessäkään tapauksessa ole olleet voimakkaita tai jatkuvia.

Kaikki kompostikäymälät tarvitsevat hoitoa. Turpeen tai kuorirouheen lisääminen pitää massan huokoisena ja lisää nesteen sitomiskykyä. Turve tai kuorirouhe lisätään joko istuimen kautta tai tarkastusluukusta. Pikakompostikäymälät tarvitsevat yleensä enemmän hoitoa kuin suorakompostikäymälät. Bioloossa ja Bc-minissä massa sekoitetaan joka käytön jälkeen sisäänrakennetun sekoittimen avulla. Sekoittaminen tapahtuu helposti vetämällä vivusta muutaman kerran. Bioloon käyttäjät ovat pitäneet käymäläänsä hoidon suhteen erittäin hyvänä. Sen sijaan Mullbänk ja Iso-Sähkötuoli on arvioitu huonoksi tai erittäin huonoksi. Massaa on sekoitettava istuimen reiän kautta, mikä on hankalaa ja

epämiellyttävää. Ilman sekoittamista jäte tulee etuosassa liian kosteaksi ja kuivuu takana. Bioloon ja Mullbänkin tyhjentäminen on helppoa. Sen sijaan Sähkötuolin tyhjenyslukku on suljettu hankalasti avattavilla muoviruuveilla. Luukun sulkeminen kunnolla on myös tuottanut vaikeuksia. Suorakompostikäymälöiden osalta kokemukset ovat toistaiseksi vähäisiä, koska kompostoituminen kestää kauemmin ja tyhjentäminen tapahtuu harvemmin.

Poistettavan massan laatu on vaihdellut melkoisesti käyttöolosuhteista riippuen. Suorakompostikäymälöissä ongelmana on ollut nesteen kerääntyminen säiliön pohjalle talvella. Sitä on pitänyt poistaa, vaikka tyhjentäminen ei muuten olisi vielä tarpeen. Haihdutusteho ei siis ole riittävä. Paras tekninen ratkaisu on Camo-dossa. Neste valuu erilleen säiliön pohjalle, jossa sen haihduttamista varten on oma lämpövästus. Pikakompostikäymälässä talven kylmät ilmat eivät vaikuta hajoamisprosessiin, koska käymälä on aina lämpimässä tilassa.

Käymälöiden paperin hajottamiskyky vaihtelee melkoisesti. Eniten WC-paperia kuluu lapsiperheissä. Nopean hajoamisen edellytyksenä on tehokas sekoittaminen tai peittäminen. Erityisen tärkeää se on pikakompostikäymälöissä, jotka tyhjennetään verraten usein. Edellä todettiin jo, että Bioloossa ja Bc-minissä sekoittaminen on vaivatonta. Muissa se on hankalaa ja WC-paperin kanssa on ollut vaikeuksia. Suorakompostikäymälöistä Snurredas näyttäisi parhaalta paperin hajoamista ajatellen, koska uusi jäte peittää tehokkaasti vanhan.

5.24 P i k a k o m p o s t i k ä y m ä l ä t u t k i m u s R u o t s i s s a

VALDMAA (1977) on tutkinut Biolo-pikakompostikäymälän toimivuutta. Tutkimus käsitti yhden käymälän koekäytön ja seurannan Ruotsin maatalouskorkeakoulussa Uppsalassa ja käyttäjäkyselyn normaalisissa käytössä olevien käymälöiden toimivuudesta. Biolo-käymälän rakenne on kuvattu kohdassa 3.22.

Korkeakoulussa yksi tavallinen WC korvattiin Biolo-ö-käymälällä. Laitoksen henkilökunta käytti käymälää noin puolentoista vuoden ajan. Jokainen käyttökerta rekisteröitiin ja niitä kertyi koko tutkimusjakson aikana 1 795 päivittäisen käytön ollessa 0...20 käyttökertaa. Lämpötila mitattiin kuudesta kohdasta, nimittäin ilman otto- ja poistoputkesta, hajotussäiliön massasta ja lämpöelementin pinnalta sekä pastörintilaatikon massasta ja pastörintilevyn pinnalta. Lisäksi tehtiin ulostemassasta kemiallisia ja bakteriologisia määrittäyksiä. Käymälään lisättiin ajoittain vettä sopivan kosteuden aikaansaamiseksi.

Hajotussäiliön lämpöelementin lämpötila pysyi melko vakiona säädetyssä 70 °C:ssa. Se laski vain tilapäisesti käymälän käytön tai veden lisäyksen aikana. Hajotussäiliön massan lämpötila vaihteli välillä 12...32 °C. Alhaiset lämpötilat mitattiin veden lisäyksen ja massan sekoittamisen yhteydessä. Sekä tulo- että poistoilman lämpötila oli noin 20 °C eli sama kuin huoneen lämpötila. Pastöroinnin aikana pastörintilevyn lämpötila kohosi noin 100 °C:een ja massan lämpötila oli muutamia tunteja 65...70 °C, jolloin bakteerin määrä väheni merkittävästi. Bakteriologisissa tutkimuksissa todettiin myös, että kolmen viikon jälkeen viimeisestä ulostelisäyksestä ei massasta löytynyt kolimuotoisia bakteereja (35 °C ja 44 °C). Näin ollen pastörinti ei ole välttämätöntä, jos käymälä on ollut pitkään käyttämättä ennen tyhjentämistä. Tarvittavaksi tyhjennysväliksi laskettiin 4...5 henkisen perheen käytössä 60...75 vuorokautta.

Käyttäjäkyselyssä palautettiin 62 lomaketta 100 lähetetystä. Käymälöiden käyttäjämäärä oli 1...6 henkilöä ja käyttöaika 2...52 viikkoa vuodessa. 16 % vastanneista käytti käymälää jatkuvasti ympäri vuoden. Käymälä oli yleensä sijoitettu asuinrakennukseen, mutta vain 60 % käymälähuoneista oli lämmitettyjä.

Yleisarvioinnissaan 58 vastaajaa ilmoitti olevansa täysin tai osittain tyytyväisiä käymäläänsä. Tyytymättömyys johtui useimmiten hajuhaittoista tai nesteiden kertymisestä pastörintilaatikkoon. Hajuhaittojen pääasiallisiksi syiksi todettiin tuuletusputken asennusvirheet ja puhaltimen toimintahäiriöt. Haju tuntui ulkona varsinkin massan sekoittamisen yhteydessä. Pastörintilaatikkoon oli kerääntynyt enemmän

tai vähemmän nestettä 22 käymälässä. Yleisin syy siihen oli ylikuormitus. Monissa tapauksissa haitan vähentämiseen olisi riittänyt tuuletuksen lisääminen (puhallin ei ole ollut koko aikaa päällä) tai lämpöelementin vaihtaminen. Noin puolella vastaajista ei ollut lainkaan haittaa kärpäsistä. Kärpäset torjuttiin usein ennakolta, sillä lähes kaikki olivat käyttäneet käymälän mukana toimitettua kärpäspaperia.

Käymälän hoitoa pidettiin yleensä helppona. Vain neljän vastaajan mielestä pastörinti oli hankalaan. Pastörintitiheys vaihteli melkoisesti välillä 2...20 viikkoa. Pastöroinnista huolimatta lähes puolet käyttäjistä jälkikompostoi massan yhdessä muiden jätteen kanssa. Suurin osa kuitenkin käytti sen suoraan maanparannusaineena. Viidessä tapauksessa jätteelle ei ollut hyötykäyttöä.

5.25 Kuorikkeen käyttö

Vuonna 1971 aloitettiin Enso-Gutzeit Oy:n tutkimuslaitoksella kokeet kuorirouheen käytöstä kuivakäymälän peiteaineena. Sysäyksenä tutkimuksen aloittamiselle oli havainto kuoren hyvästä hajunpoistokyvystä käytettäessä sitä biosuotimen täyteaineena sulfaattisellutehtaan lauheteita käsiteltäessä. Myös kuivakäymälässä kuorike osoittautui hyväksi hajun ja samantien myös kärpästen poistajaksi (ALESTALO 1974, KOISTINEN & ALESTALO 1978). Yhdessä Imatran Lujitemuovi Oy:n kanssa on kehitetty Kompus-kuorikekäymälää, jonka markkinointi aloitettiin vuonna 1979. Käymälä on esitelty kohdassa 3.21. Kuorike on kuivattua ja seulottua kuorirouhetta, joka sisältää kuoren lisäksi myös puuta ja neulasia.

Kuoriketta on tutkittu myös Helsingin yliopiston yleisen mikrobiologian laitoksella, jossa yksi tavallinen WC oli korvattu kuorikekäymälällä. Apulaisprofessori SALKINOJA-SALONEN (1980) tutkii kuorikekäymälää ja kompostointia myös omassa asunnossaan. Käymälä on hajuton ja erittäin hygieeninen. Siitä leviää ilmateitse huomattavasti vähemmän suolistobakteereja kuin WC:stä käyttäjäjoukon ollessa saman. Hyvän vedenimukyvyyn ja rouheen karkeuden vuoksi käymäläjäte pysyy sopivan

kosteana ja kuohkeana. Samalla saadaan hiilipitoista orgaanista ainetta ja sopiva C/N-suhde. Ilmavassa ja kosteassa jätekasassa suolistoperäisten bakteerien määrä putoaa suotuisassa lämpötilassa (20...40°C) jo kahdessa viikossa alle sadasosaan siitä, mitä se on tuoreessa ulosteessa, ja kahden kuukauden ikäinen jäte on hygieenisesti täysin turvallista käsitellä.

Laajassa mitassa kuorikkeen käyttöä kokeillaan Kaakkois-Suomen Sotilasläänin alueella. Siellä on laadittu kahden pysyvän leirialueen ja neljän linnakesaaren ympäristöhygienian kehittämissuunnitelmat (LOUVO & HÄYRINEN 1978, LOUVO & MERTANEN 1979). Suunnitelmien lähtökohtana on runsaasti jätevesiä tuottavan toiminnan ja ruokailun keskittäminen, kuorikkeen käytön aloittaminen kaikissa kuivakäymälöissä ja jätteen kompostointi. Ulkona sijaitsevien kuorikekäymälöiden lisäksi on rakennettu lämmitettäviin tiloihin sijoitettavia kuorikekäymälöitä. Ne ovat osoittautuneet hygieenisyydeltään ja käyttömukavuudeltaan vähintään WC:n veroisiksi. Käymäläjäte kompostoidaan yhdessä ruokajätteen kanssa lämpöeristetyssä esikompostointisiilossa. Maatuva jäte saavuttaa siinä parissa päivässä jopa 65°C lämpötilan, jolloin suurin osa bakteereista ja madonmunista tuhoutuu. Jäte siirretään 3...5 vuorokauden kuluttua siilon vieressä olevaan kompostointikehikkoon jälkikompostointia varten.

5.26 Käyttäjäkysely kolmen käymälämerkin käyttökokeuksista

5.251 Kyselyn suorittaminen

Kolmen käymälämerkin käyttökokeuksia selvitettiin kevättalvella 1980 käyttäjille lähetetyllä kyselyllä. Käymälämerkit olivat Clivus Multrum suorakompostikäymälä, Upo-Sähkötuoli pikakompostikäymälä ja Aqua Magic vähävetinen huuhtelukäymälä. Merkkien valintaperusteet olivat seuraavat:

- käymälän käytössä ei tarvita vettä tai vedentarve on hyvin vähäinen
- on oltava käyttökelpoinen ratkaisu vakinaisessa asunnossa
- on suhteellisen yleinen muihin vastaaviin verrattuna
- käymälän omistajien osoitetiedot ovat käytettävissä

Kaikkiaan lähetettiin 382 kappaletta kyselylomakkeita. Vastauksia saapui 196 kappaletta eli vastausprosentiksi tuli 51 %. Suomessa on myyty noin 300 Clivusta, noin 3 000 Sähkötuolia ja noin 900 Aqua Magicia. Vastausten osuus myytyjen laitteiden määrästä oli Clivuksen osalta noin 25 %, Sähkötuolin ja Aqua Magicin osalta noin 5 %. Aqua Magicit olivat selvästi keskityneet Uudellemaalle ja suurin osa Clivuksista oli Uudella maalla tai Varsinais-Suomessa. Sähkötuolit jakaantuivat tasaisemmin koko maahan. Kyselylomake ja vastausten perusteella laaditut taulukot ovat liitteissä 4 ja 5.

Taulukon 7 mukaisesti miltei kaikki Sähkötuolit ja Aqua Magicit olivat vakinaisessa asunnossa. Sen sijaan lähes puolet Clivuksista oli loma-asunnolla. Vakinaisen asunnon ja loma-asunnon käymälän käyttötavat poikkeavat niin paljon toisistaan, että tulokset käsitellään erikseen. Kymmenen käymälää oli muissa kohteissa, joita olivat leirintäalue, leirikeskus, lomakoti, ulkoilusaari, toimisto ja klinikka-auto. Nämä käymälät on jätetty seuraavan käsittelyn ulkopuolelle.

Clivus ja Aqua Magic olivat asunnon ainoana käymälänä lähes 90 %:ssa tapauksista. Joka kymmenes oli säilyttänyt ulkokäymälän "kaiken varalta". Sen sijaan vain joka kolmas Sähkötuoli oli asunnon ainoa käymälä. Yli puolella myös vanha ulkokäymälä oli edelleen käytössä.

Taulukko 7. Käymälöiden määrä käyttökohteittain

käyttökohte	Clivus		Sähkötuoli		Iso-Sähkötuoli		Aqua Magic	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
vakinaisen asunto	27	53	67	93	13	93	30	75
loma-asunto	28	40	4	6	1	7	6	15
muu kohde	5	7	1	1	-	-	4	10
Yhteensä	70	100	72	100	14	100	40	100

5.262 Käymälän hankinta

Lähes puolet Clivuksista ja Aqua Magiceista oli ollut käytössä jo viisi vuotta. Sen sijaan Sähkötuolit oli hankittu pääasiassa vuosina 1976...1978. Käyttäjän aikaisempien tottumusten voi olettaa vaikuttavan hänen asennoitumiseensa. Aikaisempi käymälä oli tavallisesti ollut ulkokäymälä, joten sisäkäymälä sinänsä oli merkinnyt elintason nousua. Clivus oli usein hankittu myös asunnon ensimmäiseksi käymäläksi.

Ennakoasennoitumista selvitettiin myös kysymällä syytä käymälän hankintaan. Tältä osin vastaukset poikkesivat selvästi toisistaan eri merkkien osalta. Clivuksen hankinnan syyksi mainittiin useimmin ympäristönsuojelu, millä tarkoitettiin lähinnä jätteiden hyötykäyttöä ja palauttamista luonnon kiertokulkuun. Sähkötuolin omistajista neljännes oli tarvinnut sisäkäymälän vanhuuden tai sairauden vuoksi. Mainonta oli myötävaikuttanut Sähkötuolin hankintaan. Aqua Magicin osalta joka viidennessä tapauksessa viranomainen oli vaatinut tai suositellut umpikaivoa. Noin puolet mainitsti veden säästämisen hankinnan syyksi ja mainonta oli vaikuttanut merkin valintaan.

Lähes kaikki hankitut Aqua Magicit ja Clivukset olivat edelleen käytössä. Kaksi Clivusta oli korvattu WC:llä. Yksi Aqua Magicin omistaja oli hankkinut Clivuksen. Sen sijaan joka viides Sähkötuoli eli 16 kappaletta oli poistettu käytöstä. Yhdeksässä tapauksessa oli palattu ulkokäymälän käyttöön, kuuteen asuntoon oli hankittu WC ja yhteen vähävetinen huuhtelukäymälä ja umpisäiliö. Kahdessa perheessä kokeiltiin jäädytyskäymälää.

5.263 Käyttäjämäärä

Kompostikäymälän kapasiteetti on aina rajoitettu. Markkinoijan ilmoituksen mukaan Clivus sopii koosta riippuen 2...7 henkilön omakotitaloihin ja vapaa-ajan asuntoihin. Sähkötuolin kapasiteetti on loma-asunnolla 3...4 henkilöä ja Ison-Sähkötuolin loma-asunnolla 6 henkilöä ja ympäri-vuotisessa käytössä 4 henkilöä.

Kyselyssä mukana olleiden Clivusten koosta ei ole tietoa. Ilmoitettu kapasiteetti tuskin ylittyi. Tavallisimmin käyttäjänä oli 3...4-henkinen perhe. Lähes puolessa käyttäjiä oli viisi tai enemmän. Suurin ilmoitettu käyttäjämäärä oli seitsemän henkilöä. Kuitenkin vain kolmessa tapauksessa aikuisten määrä oli yli neljä.

Tavallisista ympärivuotisessa käytössä olleista Sähkötuoleista neljäsosaa käytti vain yksi henkilö, vajaassa puolessa käyttäjiä oli kaksi. Peräti joka neljännessä tapauksessa käyttäjämäärä oli kolme tai neljä. Joka kymmenennessä tapauksessa aikuisten määräkin oli kolmesta neljään, mikä aivan ilmeisesti on liikaa. Ison-Sähkötuolin kohdalla suurin ilmoitettu käyttäjämäärä oli neljä henkilöä, joten käymälän kapasiteetin pitäisi riittää. Sähkötuolin osalta toisen käymälän rinnakkaiskäyttö sotkee käyttäjämäärän perusteella tehtäviä arvioita. Joissakin tapauksissa osa perheenjäsenistä käytti pääasiassa ulkokäymälää ainakin kesällä.

Loma-asunnon vuosittainen käyttöaika vaihteli melkoisesti alle kuukaudesta aina puoleen vuoteen saakka. Yli puolet Clivuksen omistajista ilmoitti asuvansa jatkuvasti loma-asunnolla kesäaikana. Neljäsosa käytti loma-asuntoa talvellakin melko usein. Sisäkäymälän hankinnalla oli haluttu parantaa talviasutavuutta.

5.264 Käymälän sijoitus

Vakinaisessa asunnossa käymälä oli tavallisesti sijoitettu asuinrakennukseen joko keskelle rakennusta tai ulkoseinän viereen. Käymälä oli silloin aina lämmin. Vain kaksi Clivusta ja yksi Sähkötuoli oli erillisessä kylmässä käymälärakennuksessa. Sen sijaan loma-asunnolla olleista Clivuksista puolet oli erillisessä kylmässä käymälärakennuksessa. Asuinrakennuksen yhteyteen sijoitetuista käymälöistäkin vain puolet oli lämmitetyssä tilassa.

Jotta Clivus toimii kunnolla myös talviaikana, on säiliön oltava lämpimässä tilassa tai se on lämpöeristettävä. Vakinaisessa asunnossa yleisin asennustapa olikin säiliön sijoittaminen lämpimään kellariin. Kolme säiliötä oli kylmässä tilassa ilman lämpöeristystä. Loma-asuntokäytössä lämmitys tai lämpöeristys oli vain joka toisessa Clivuksessa. Säiliö oli useimmiten rakennuksen ulkopuolella.

Kompostikäymälään tulevan ilman pitäisi olla lämmintä. Kuitenkin 16 % ympäri vuoden käytettävistä Clivuksista ja 10 % Sähkötuoleista oli sellaisia, että ilma tuli suoraan ulkoa. Tavallisesti ilma tuli käymälään oven alla olevasta raosta.

Sähkötuolin tuuletusputkessa on aina puhallin. Vakinaisessa asunnossa olleista Clivuksista puhallin oli asennettu joka kolmanteen ja loma-asunnolla olleista joka neljanteen käymälään. Jos puhallinta ei ole, ilman tulo- ja poistokohdan välinen paine-ero aiheuttaa ilman virtauksen. Tuuletusputken korkeus on tällöin ratkaiseva. Loma-asunnolla tuuletusputki oli usein liian lyhyt. Yli puolessa tapauksista putken pituus oli alle 6 m mitattuna käymälän lattian tasosta. Vakinaisessa asunnossa putki oli yleensä hiukan pitempi. Vain joka neljannen pituus oli alle 6 m.

Lisäksi tuuletusputken tulee olla mahdollisimman suora. Yli 45° olevia kulmia tulisi välttää. Vastausten perusteella tuuletusputket oli asennettu melko hyvin. Vain alle 15 %:ssa kulmia oli enemmän tai suurempia kuin $2 \times 45^\circ$. Sähkötuolin tuuletusputket oli lämpöeristetty paria poikkeusta lukuunottamatta. Sen sijaan joka neljannen ympärivuotisesti käytetyn Clivuksen tuuletusputki oli lämpöeristämättä. Loma-asunnolla eristyksestä oli huolehdittu vain kolmasosassa käymälöistä.

Kompostikäymälän ilmanvaihdon tehtävänä on hajun poistamisen ohella myös kosteuden poistaminen ja hapen kuljettaminen massaan. Sen vuoksi edellä esitetyt puutteet lämpöeristyksessä ja ilmanvaihdossa vaikeuttavat kompostoitumista ja voivat olla syynä hajuhaittoihin ja muihin toimintahäiriöihin.

Aqua Magicissa ilmanvaihdolla ei ole merkitystä käymälän toiminnan kannalta. Kyse on pelkästään hajuhaittojen ehkäisemisestä. Koneellinen ilmanvaihto oli joka kymmenennessä käymälähuoneessa. Ilma tuli käymälään

tavallisesti oven alla olevasta raosta ja poistui tuuletusputken kautta.

5.265 Haitat ja toimintahäiriöt

Vastaajia pyydettiin arvioimaan, onko käymälässä tai ulkona esiintynyt hajuhaittoja ja onko haju ollut jatkuvaa vai ajoittaista ja lievää vai voimakasta. Clivuksen käyttäjistä 41 % ilmoitti, että hajuhaittoja ei ole ollut lainkaan sen enempää käymälässä kuin ulkonakaan. Sisällä oli havaittu ajoittain epämiellyttävää hajua joka toisessa käymälässä, ulkona harvemmin. Ajoittaiset hajuhaitat olivat usein ilmenneet epäedullisissa sääoloissa (matalapaineella). Puhallin tai joissain tapauksissa pelkästään tuuletusputken pidentäminen parantaisi tilannetta. Neljässä tapauksessa oli joko ulkona tai sisällä ollut jatkuvasti lievää hajua. Kahdessa näistä säiliö oli kylmässä kellarissa lämpöeristämättä, joten toimintaedellytykset olivat melko huonot. Kaksi muuta oli lämpöeristetty, mutta niissä tuuletusputken pituus oli alle 5m. Hajuhaittoja voitaisiin aivan ilmeisesti vähentää asentamalla tuuletusputkeen puhallin. Jatkovaa voimakasta hajua ei ollut esiintynyt yhdessäkään Clivuksessa.

Sähkötuolin käyttäjistä 30 % ei ollut lainkaan kärsinyt hajuhaitoista. Lähes puolet valitti ajoittaisista hajuhaitoista joko ulkona tai sisällä. Jatkovaa lievää hajua oli noin 10 %:ssa tapauksista ja haju tuntui useammin ulkona kuin sisällä. Jatkovaa voimakasta hajua ulkona tai sisällä tai molemmissa esiintyi kymmenessä Sähkötuolissa, joista puolet oli tavallisia ja puolet isoja malleja. Kaikki oli moitteettomasti asennettu ja huonon toiminnan syy jäi selvittämättä. Kahdessa tavallisessa mallissa ylikuormitus saattoi olla osasyynä (käyttäjämäärä oli kaksi aikuista ja yksi tai kaksi lasta).

Aqua Magicin kohdalla ulkona oli todettu hajua umpisäiliötä tyhjennettäessä. Käymälähuoneessa ei ollut esiintynyt lainkaan hajuhaittoja 64 %:ssa tapauksista. Joka kolmannessa oli ollut hajua ajoittain, mutta vain yhdessä haju oli ollut jatkuvaa. Tässä käymälässä ei ollut lainkaan järjestettyä ilmanpoistoa.

Hajuhaittojen lisäksi tiedusteltiin, mitä muita haittoja tai toimintahäiriöitä oli esiintynyt. Clivuksessa olivat ongelmana kärpäset ja nesteen kerääntyminen säiliön pohjalle. Haihdutusteho oli selvästi riittämätön. Säiliön ja tuuletusputken eristäminen ja puhaltimen asentaminen vähentäisi haittoja ainakin joissakin tapauksissa. Muutamat käyttäjät korostivat kuitenkin erityisesti, että pohjalle kertyvä neste on hajutonta ja siitä ei ole mitään haittaa, vaan se sopii erinomaisesti puutarhan lannoitukseen.

Sähkötuolissakin haihdutusteho oli usein riittämätön, ja nestettä kertyi multalaatikkoon. Toisaalta samanaikaisesti jäte kuivui liikaa ja kovetui säiliön seiniin. Kosteuden säätö näytti siis tuottavan vaikeuksia. Vanhemmissa malleissa kosteuden säätö tapahtuu lisäämällä tarvittaessa vettä ja uudemmissa säätämällä ilmamäärää. Joka kolmas vastanneista piti kosteuden säätöä vaikeana. Ilman jatkuvaa seurantaa se ei ainakaan onnistu. Melkoisena ongelmana Sähkötuolissa oli myös WC-paperin hajoaminen. Puolet vastanneista ilmoitti sen suhteen olleen vaikeuksia. Neljään käymälään ei laitettu lainkaan WC-paperia sen hajoamattomuuden vuoksi, vaan paperi kerättiin erikseen. WC-paperin nopea hajoaminen edellyttää, että se sekoitetaan kunnolla massaan. Tavallisessa Sähkötuolissa on automaattinen sekoituslaite, joka käynnistyy kannen alaslaskemisen jälkeen ja pysähtyy noin minuutin kuluttua. Lisäksi massaa on möyhennettävä multakoukulla. Isossa-Sähkötuolissa ei ole lainkaan automaattista sekoituslaitetta.

Aqua Magicin osalta toimintahäiriöt rajoittuivat miltei kokonaan putken tukkeutumiseen ja WC-laitteen vikoihin. Tukkeutumisen syynä oli parissa tapauksessa ollut jäätyminen ja muulloin huolimaton käyttö. Tavallisimpia WC-laitteen vikoja olivat kannen rikkoutuminen ja viat huuhtelumekanismissa (venttiileissä).

5.266 Kompostoituminen ja tyhjentäminen

Jotta kompostoituminen lähtisi hyvin käyntiin, on kompostikäymälän säiliön pohjalle laitettava turvettä, multaa tai vastaavaa ennen ensimmäistä käyttöä. Clivuksen asennusohjeissa on tarkka kuvaus tällaisen multa- ja turvealustantekemisestä. Sähkötuolin laitetoimitukseen puolestaan sisältyy selluloosavanumatto ja panosmulta, jotka levitetään kompostisäiliön ritilän päälle ennen käymälän käynnistystä.

Kompostoitumiselle on eduksi, jos käymälään jatkossakin lisätään keittiöjätettä ja lehtiä, turvetta tms. Clivuksen ja Sähkötuolin osalta menettelytapa näyttää olevan erilainen. Lähes kaikkiin Clivuksiin tuli keittiöjätettä ja yli puoleen myös puutarhajätettä tai vastaavaa. Vain joka kolmanteen Sähkötuoliin lisättiin keittiöjätettä ja joka kymmenenteen puutarhajätettä tai vastaavaa.

Myyjän esitteen mukaan Sähkötuoli tarvitsee tyhjentää 1...2 vuoden käytön jälkeen. Vastausten mukaan tyhjennysväli vaihteli välillä 1...12 kuukautta ollen yleisimmin 5...6 kuukautta. Noin puolet vastanneista piti tyhjentämistä vaikeana tai epämiellyttävänä. Tyhjennysluukun avaamisen hankaluutta moitittiin yleisesti. Monesti tyhjennys oli jouduttu suorittamaan istuimen reiän kautta. Joissakin tapauksissa jäte oli kuivunut kiinni säiliön seiniin ja irrottaminen oli hankalaa. Jos kompostoitumista ei lainkaan tapahdu, on tyhjentäminen varmasti vastenmielistä.

Neljännes vastanneista oli havainnut lisäkuormituksen vaikutaneen Sähkötuolin toimintaan. Vaikutus ilmeni nestemäärän lisääntymisenä, paperin kerääntymisenä, ulostekasan kasvamisena liian korkeaksi ja hajuhaittojen voimistumisena. Monet ilmoittivat, että lisäkuormitusta ei sallita, vaan silloin käytetään ulkokäymälää. Todettakoon vielä, että joka neljännen Sähkötuolin käyttäjämäärä oli kolme tai neljä henkilöä. Tämä ylikuormitus selittää osan toimintahäiriöistä. Ison-Sähkötuolin kohdalla ylikuormitus ei kelpaa selitykseksi, sillä suurin käyttäjämäärä oli kaksi aikuista ja kaksi lasta.

Clivuksen ensimmäinen tyhjennys oli suoritettu aikaisintaan vuoden kuluttua käytön aloittamisesta. Suurinta osaa käymälöistä ei ollut vielä kertaakaan tyhjennetty, vaikka käymälät oli hankittu pääasiassa yli viisi vuotta sitten. Nestettä oli kuitenkin jouduttu poistamaan useista käymälöistä ennen varsinaisen kompostin poistamista. Suurin osa vastanneista piti tyhjentämistä helppona eikä nesteen kertymisen

katsottu haittaavan käymälän toimintaa. Kaikkiaan kymmenen vastaajaa ilmoitti tyhjentämisen olleen vaikeaa. Syyksi mainittiin jätteen vetisyys tai hankala työasento. Yksi käymälä oli pitänyt tyhjentää kokonaan, koska käymälä siirrettiin toiseen paikkaan. Yhdessä tapauksessa säiliö tyhjennettiin imulaittein varustetulla autolla ja jäte vietiin kaatopaikalle. Eräessä loma-asutokäytössä olleessa käymälässä jätteen kovettuminen puolestaan oli vaikeuttanut tyhjentämistä. Clivuksen kapasiteetti oli hyvin riittänyt (haihdutustehoa lukuunottamatta) jopa 7-henkisen perheen ympärivuotisessa käytössä. Noin 10 % vastanneista katsoi lisäkuormituksen vaikuttaneen käymälän toimintaan. Näissä tapauksissa käymälä oli jo normaalikuormituksellakin toiminut puutteellisesti. Lisäkuormitus aiheutti kertyvän nestemäärän ja hajuhaittojen lisääntymistä.

Clivuksesta saatu komposti ja pohjalle kertynyt neste oli yleensä käytetty suoraan maanparannusaineena. Sähkötuolin omistajat olivat usein jälkikompostoineet jätteen ennen käyttöä. Joka kymmenennen kompostikäymälän jätteelle ei ollut löytynyt hyötykäyttöä, vaan jäte oli viety kaatopaikalle tai tunkiolle tai kaivettu maahan.

Aqua Magicin umpisäiliön tilavuus vaihteli välillä 1 000...20 000 l. Parissa tapauksessa säiliön johdettiin myös pesuvedet. Kolme käymälää oli liitetty yleiseen viemäriverkoston, vaikka laite on tarkoitettu käytettäväksi vain umpisäiliöön tapahtuvan viemäröinnin yhteydessä. Säiliö oli tavallisesti kaivettu maahan. Vain kolme säiliötä oli kellarissa. Viemärin kaltevuuden olisi oltava 5...15 % ja säiliön etäisyyden käymälästä 0...15 m. Kolmessa vastauksessa ilmoitettiin etäisyyden olevan yli 15 m. Yli 15 m:n etäisyyttä ei voida pitää suositeltavana viemärin tukkeutumisvaaran vuoksi.

Säiliön ylitäytön estävä hälytín oli kahdessa säiliössä. Säiliö tyhjennettiin tavallisesti kerran tai kahdesti vuodessa. Tyhjennys oli yleensä maksanut alle 100 mk kerralta. Korkein mainittu hinta 250 mk 20 000 l säiliön tyhjentämisestä. Tähän säiliöön johdettiin kaikki talouden jätevedet ja se tyhjennettiin neljä kertaa vuodessa. Vuotuiset tyhjennyskustannukset vaihtelivat välillä 65...1 000 mk ollen useimmiten alle 200 mk.

5.627 Käymälän hoito ja käyttömukavuus

Useimmat Clivuksen käyttäjät pitivät käymäläänsä helppohoitoisena. Ainoastaan 5 % sanoi käymälän vaativan paljon hoitoa. Lähinnä tarvitsee huolehtia vain siitä, että käymäläjätteen lisäksi säiliöön pannaan myös keittiö- ja puutarhajätettä silloin tällöin. Kompostoitunutta jätettä ja nestettä on poistettava tarpeen vaatiessa. Sähkötuoli vaatii paljon hoitoa joka toisen vastaajan mielestä. Oikeasta kosteudesta ja riittävästä sekoittamisesta onkin huolehdittava jatkuvasti, jotta käymälä toimisi sille tarkoitettulla tavalla.

Kyselyssä mukana olleiden käymälöiden istuimen materiaalina on muovi. Ei ole tietoa, vastaako se hygieenisyydeltään posliinista käymäläistuinta. Naarmuttuneen muovipinnan puhtaanapito saattaa nimittäin tuottaa vaikeuksia. Kyselyyn vastanneet pitivät yleensä käymälän puhtaanapitoa helppona tai kohtalaisen helppona. Neljän Clivuksen ja yhden Aqua Magicin (noin 15 %) sekä 17 Sähkötuolin (noin 20 %) puhtaanapito oli ollut vaikeaa.

Kaksi kolmasosaa Clivuksen omistajista piti käymälää miellyttävänä käyttäen. Vain kahden käyttäjän mielestä käymälä oli epämiellyttävä. Syyksi mainittiin lähinnä epämiellyttävä haju. Jonkin verran moitteita tuli myös käymäläistuimen muotoilun osalle. Sähkötuolin käyttö oli epämiellyttävää joka neljännen vastaajan mielestä. Huonosti toimivassa käymälässä kompostoitumista ei tapahdu ja sen vuoksi käymälä haisee ja on epäesteettinen. Aqua Magicin käyttäjistä puolet piti käymäläänsä miellyttävänä ja puolet kohtalaisen miellyttävänä. Ainoana käyttömukavuutta haittaavana tekijänä mainittiin liian pieni ja huonosti muotoiltu käymäläistuin.

5.268 Loppupäätelmä

Yhteenvetona tähänastisista käyttökokemuksista vastaajia pyydettiin ilmoittamaan, kuinka tyytyväisiä he ovat käymäläänsä. Lopputulos oli taulukon 8 mukainen. Tyytyväisimpiä

olivat Aqua Magicin käyttäjät. Yli puolet oli täysin tyytyväisiä ja täysin tyytymättömiä ei ollut lainkaan ja osittain tyytymättömiäkin vain yksi. Täysin tyytyväisiä Clivukseen oli noin kolmannes vastaajista. Tyytymättömien määrä oli kaikkiaan yhdeksän (14 %) ja näistäkin vain kaksi oli täysin tyytymätöntä. Nämä molemmat käymälät olivat ympärivuotisessa käytössä. Eniten tyytymättömyyttä oli aiheuttanut Sähkötuoli. Tyytymättömiä oli 45 % vastaajista ja peräti joka viides oli käymälälänsä täysin tyytymätön. Täysin tyytyväisiä Sähkötuolin käyttäjiä oli vain kuusi kappaletta eli 7 % vastanneista.

Taulukko 8. Yleisarviointi käymälän käyttökokemuksista

yleisarviointi	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnolla					
	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%	Aqua Magic kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	Aqua Magic kpl
täysin tyytyväinen	12	32	6	7	16	54	11	39	-	4
jokseenkin tyytyväinen	21	57	35	44	12	40	11	39	3	2
osittain tyytymätön	1	3	19	24	1	3	6	22	2	-
täysin tyytymätön	2	5	17	21	-	-	-	-	-	-
ei vastausta	1	3	3	4	1	3	-	-	-	-
Yhteensä	37	100	80	100	30	100	28	100	5	6

5.27 Käymälöiden soveltuvuus erilaisiin kohteisiin

5.271 Ulkokäymälä

Ulkokäymälä on ympäristönsuojelullisesti erittäin hyvä ratkaisu, jos käymälä on oikein rakennettu ja jäte kompostoidaan siten, ettei se saastuta ympäristöä. Jätteen maatumisen nopeuttamiseksi on syytä lisätä säiliöön turvetta tai kuoriketta käytön yhteydessä. Hyvin hoidettu käymälä ei haise eikä siinä ole kärpäsiä. Haittapuolia ovat käymälän kylmyys ja etäisyys asunnosta ja niiden aiheuttamat epämukavuudet. Talvikäytön miellyttävyyttä voi parantaa tekemällä istuimenlämpöä eristävästä materiaalista. Käymälän käyttökustannukset ovat pienet. Tarvittavia hoitotoimenpiteitä ovat peiteaineen lisäyksen ohella vain käymälän tyhjentäminen ja kompostin hoito. Kompostointia käsitellään kohdassa 5.28.

Ulkokäymälää voidaan edelleen pitää suositeltavimpana ratkaisuna loma-asunnolla. Se on käyttökelpoinen myös pienillä yhden tähden leirintäalueilla, ulkoilualueilla ja erilaisessa tilapäiskäytössä. Suurella keräyssäiliöllä varustettuja lujitemuovisia käymälärakennuksia voidaan käyttää paikoissa, joissa käyttö on runsasta, tyhjennys mahdollista suorittaa imulaittein varustetulla autolla ja sopiva jätteen sijoituspaikka on olemassa. Myös kertakäyttöisiä jäteastioita voidaan käyttää. Niiden käsittely on kuitenkin osoittanut hankalaksi, jos niissä on paljon nestettä. Käymälään olisi siis lisättävä jotain kuiviketta.

Kuorikekäymälästä on saatu hyviä kokemuksia. Hyvin hoidettuna se on erittäin hygieeninen, joten se voidaan sijoittaa myös asuinrakennuksen yhteyteen. Varsinainen lahoaminen tapahtuu vasta jälkikompostoinnissa. Käymälä onkin tyhjennettävä usein ja jätesäiliö on painava kantaa. Tämä saattaa rajoittaa käymälän käyttökelpoisuutta joissakin tapauksissa. Kuoriketta voi mainiosti käyttää myös tavallisessa ulkokäymälässä.

5.272 Kompostikäymälä

Kompostikäymälät ovat periaatteessa suositeltavia ratkaisuja. Käymäläjätteestä tulee käyttökelpoista maanparannusainetta. Pikakompostikäymälän jäte on kuitenkin syytä jälkikompostoida ennen käyttöä hygieenisyyden varmistamiseksi. Sekä suorakomposti- että pikakompostikäymälä voidaan sijoittaa asuinrakennukseen. Mahdollisten hajuhaittojen vuoksi on kuitenkin vältettävä sijoittamista suoraan asuinhuoneisiin tai keittiön avautuvaan tilaan.

Suorakompostikäymälän kapasiteetti on 3...6 henkilöä ympärivuotisessa käytössä. Jätesäiliön suuren koon vuoksi tilapäisestä ylikuormituksesta ei ole haittaa. Toisaalta jätesäiliön vaatima tila on otettava huomioon käymälän sijoituksessa. Riittävän ilmanvaihdon aikaansaamiseksi tarvitaan korkea tuuletusputki, jollei käytetä sähkökäyttöistä puhallinta. Jos käymälää käytetään talvella, on

sekä säiliö että tuuletusputki lämpöeristettävä. Riittävä ilmanvaihto ja lämpöeristys ovat edellytyksenä käymälän kunnolliselle toiminnalle. Häiriöt ilmenevät hajuhaittoina ja nesteen kerääntymisenä säiliön pohjalle. Myös kärpäsistä voi olla haittaa.

Käymälä sopii hyvin sekä ympärivuotiseen perhekäyttöön että loma-asunnolle. Käymälän toimintaa on seurattava joskaan varsinaisia hoitotoimenpiteitä ei tarvita. Tyhjentäminenkin tapahtuu vain kerran vuodessa. Etuna mainittakoon vielä keittiöjätteen vaivaton hävittäminen yhdessä käymäläjätteen kanssa, mikä samalla pienentää pesuvesien BHK-kuormaa.

Pikakompostikäymälä mahtuu pieneen tilaan, joten sijoittaminen vanhaankaan rakennukseen ei tuota vaikeuksia. Käymälä on sijoitettava lämpimään tilaan, ja riittävä ilman saanti on turvattava. Tuuletusputken oikeasta asennuksesta ja lämpöeristyksessä on huolehdittava. Käymälä vaatii sähköliitännän. Käymälän kapasiteetti ympärivuotisessa käytössä on 1...4 henkilöä mallista riippuen. Se ei juuri siedä kapasiteetin ylitystä. Vanhan ulkokäymälän säilyttäminen rinnakkaiskäymälänä on hyvä ratkaisu ylikuormituksen välttämiseksi.

Käymälä vaatii jatkuvaa hoitoa (massan sekoittaminen, kosteuden säätö) ja tarkkailua. Huonosti hoidetussa käymälässä kompostoitumista ei tapahdu, joten käymälä haisee, on epähygieeninen ja tyhjentäminen on hankalaa. Siksi käymälää ei voi suositella julkisiin tiloihin, ei myöskään henkilöille, jotka eivät halua aktiivisesti paneutua käymälän hoitoon. Hyvin hoidettuna käymälä on miellyttävä ratkaisu loma-asunnolla ja pienellä perheellä myös ympärivuotisessa käytössä.

5.273 Vähävetinen huuhtelukäymälä ja alipainekäymälä

Alipainekäymälä ja muut vähävetiset käymälät vastaavat ulkonäöltään ja käyttötavaltaan tavallista WC:tä, joten ennakkoluuloinenkin ihminen hyväksyy käymälän helposti. WC:hen verrattuna etuna on pieni vedenkulutus, mikä tuntuu suoraan säästönä kuljetuskustannuksissa. Vähävetinen huuhtelukäymälä vaatii vesijohdon tai erillisen vesisäiliön. Se sopii haja-asutusalueilla sekä vakinaisen

asunnon että loma-asunnon käymäläksi. Jotkut mallit ovat kyllin kestäviä myös julkisiin tiloihin. Alipainekäymälä vaatii painevesijohdon ja sähkövirran. Investointikustannukset laskevat huomattavasti, jos samaan järjestelmään liitetään useampia käymälöitä. Siksi se sopii ensisijaisesti tiheästi rakennetuille haja-asutusalueille, lomakyliin ja leirintäalueille. Siirrettävät käymälävaunut ovat käyttökelpoisia erilaisissa joukkotilaisuuksissa kuten messuilla ja kesätapahtumissa.

Käymäläjäte kerätään umpisäiliöön ja kuljetetaan jätevedenpuhdistamolle. Niinpä menetelmät ovat mahdollisia vain, mikäli kuljetus on kohtuullisin kustannuksin järjestettävissä sellaiselle puhdistamolle, jonka toimintaa jätteet eivät haittaa. Asiaa käsitellään tarkemmin kohdissa 5.28 ja 5.6.

5.274 Muut käymäläratkaisut

Kemiallinen käymälä on tarkoitettu tilapäiskäyttöön. Sen hygieenisuus on jonkin verran arveluttava. Käyttäjä itse annostelee kemikaalin, joten sen määrä voi vaihella eikä kenties aina ole riittävä. Lisäksi kestää jonkin aikaa ennen kuin desinfiointivaikutus on tehokas. Roiskeet käymälästä voivat aiheuttaa tartunnan. Käymälää tyhjentäessä onkin oltava hyvin varovainen. Allergiset henkilöt voivat saada kemikaalista iho-oireita.

Käymälän sisältö voidaan tyhjentää maahan tai kompostiin. Biologinen hajoaminen tapahtuu kemikaalien vuoksi hitaasti. Siksi jätteestä voi olla haittaa esimerkiksi pohjavesille tai biologisen pienpuhdistamon toiminnalle. Leirintäalueilla on kemiallisen käymälän jätteelle osoitettu tyhjennyspaikka, mistä jäte kuljetetaan edelleen esimerkiksi kaatopaikalle. Kemiallinen käymälä sopii lähinnä asuntovaunuihin ja veneisiin. Tyhjentämisen aiheuttamien ongelmien vuoksi sitä voi suositella loma-asunnolle vain poikkeustapauksissa.

Paketoivassa käymälässä jäte pakataan muoviletkuun. Muovin takia jätettä ei voi kompostoida, vaan se on vietävä kaatopaikalle. Kuljetus voi tuottaa vaikeuksia, sillä käymäläjätteen keräämistä yhdessä muiden jätteiden kanssa ei voi pitää suotavana. Laite liitetään tavallisesti sähköverkkoon, mutta se toimii myös akulla. Käymälä on hygieeninen ja helppo käyttää, joten se sopii esimerkiksi työmaille. Loma-asunnollekin käymälää voisi ajatella, mikäli kuljetuskysymys on ratkaistu. Paketoivien käymälöiden yleistymistä ei kuitenkaan voi pitää toivottavana jätteen kuljetukseen ja kaatopaikkakäsittelyyn liittyvien ongelmien vuoksi.

Jäädytyskäymälässä jäte pakataan paperisäkkiin. Sen voi kompostoida, koska kemikaaleja ei ole lisätty. Usein jäte kuitenkin viedään kaatopaikalle. Se on kuljetettava tiiviissä, kannellisessa astiassa. Sulanut jäte on miltei alkuperäisessä muodossaan, joten jätesäkkien käsittely kaatopaikalla on erittäin hankalaa. Käymälä on hygieeninen, mikäli käyttäjiä ei ole kovin paljon. Se sopii lähinnä loma-asunnoille ja työmaille. Käymälä vaatii sähköliitännän.

5.28 Käymäläjätteen jälkikäsittely

Käymäläjätteen jälkikäsittelyssä on kolme vaihtoehtoa:

- kompostointi omalla tontilla
- kuljetus kaatopaikalle
- kuljetus jätevedenpuhdistamolle

Ulkokäymälän, kompostikäymälän ja jäädytyskäymälän jätteet voidaan kompostoida. Kemiallisen käymälän jäte hajoaa vain hitaasti, joten se saattaa hidastaa kompostoitumista. Käymäläjätteen voi kompostoida yhdessä ruoantähteiden ja puutarhajätteiden kanssa. SISÄASIAIN-MINISTERIÖN ja VESIHALLITUKSEN (1978) julkaiseman oppaan "Loma-asuntojen vesi- ja jätehuolto" mukaan komposti tehdään seuraavasti.

Komposti rakennetaan vähintään 15...20 metrin päähän asunnosta, kaivosta ja vesistöistä tiiviille tai tiivistetylle maapohjalle. Pintavedet ojitetaan valumaan kompostin ohi. Komposti ympäröidään

harvalla lautakehikolla tai vastaavalla. Saatavana on myös lujitemuovisia kompostilaatikoita. Kompostiin kasataan kerroksittain talousjätettä ja turvetta, multaa tai puutarhajätettä. Käymäläjäte pannaan vasta tämän niin sanotun esikompostin päälle. Käymäläjätteet peitetään mullalla tai turpeella. Kompostin on pysyttävä riittävän kosteana mutta kuitenkin ilmavana, jotta bakteerien hajotustoiminnalla olisi hyvät edellytykset. Sitä on syytä pöyhiiä pari kolme kertaa vuodessa. Kompostin voi vuoden tai kahden kuluttua käyttää maanparannusaineena, mutta ei kuitenkaan juuresmaalla, jos kompostiin on pantu myös käymäläjätettä. Hyvin hoidettu komposti on luonnonmukainen ja edullinen ratkaisu lomiasunnon jäteongelmille, mutta huonosti hoidettuna siitä tulee tunkio.

Jos ulkokäymälän jätteet viedään kaatopaikalle, käytetään kertakäyttöisiä jäteastioita tai suurta imulaitteiden varustetulla autolla tyhjennettävää keräyssäiliötä. Kaatopaikka on usein myös paketoivan, kemiallisen ja jäädytyskäymälän jätteiden sijoituspaikka. Joissakin tapauksissa kaatopaikalle viedään myös umpisäiliöön kerättyjä käymäläjätevesiä.

Ruotsissa käymäläjätteen keräily ja kuljetus on lakisääteisesti määrätty kunnan tehtäväksi. Suomessa vastaavaa organisaatiota ei ole. Kuljetuksesta on huolehdittava omatoimisesti. Käymäläjätteen keräilypaikkoja ei yleensä ole muutamia leirintäalueita ja venesatamia lukuunottamatta. Käymäläjätteen keräily ja kuljetus yhdessä muiden jätteiden kanssa ei ole suotavaa. Käymälää ei pidä hankkia ennen kuin jätteen kuljetusongelma on ratkaistu.

Käymäläjäte aiheuttaa ongelmia myös kaatopaikoilla. Sen käsittely on hankalaa ja epämiellyttävää jätteen pakkaustavasta riippumatta. Periaatteessa kaatopaikka käymäläjätteen lopullisena sijoituspaikkana ei ole tarkoituksenmukainen, joten siihen perustuvia käymälätyyppejä tulisi käyttää vain, mikäli muuta mahdollisuutta ei ole. Umpisäiliöön kerätyt jätevedet olisi kuljetettava jätevedenpuhdistamolle. Kaatopaikalla ne voivat aiheuttaa pintatai pohjavesien saastumista ja joka tapauksessa vaikeuttavat

kaatopaikan hoitoa. Umpikaivojätteen käsittely kaatopaikalla edellyttäisi lietealtain rakentamista.

Alipainekäymälän ja muiden vähävetisten huuhtelukäymälöiden jäte kerätään umpisäiliöön, joka tyhjenetään imulaittein varustetulla autolla. Jäte kuljetetaan jätevedenpuhdistamolle. Ennen käymälän hankintaa on selvitettävä, onko kohtuullisen matkan päässä sellainen puhdistamo, joka kykenee vastaanottamaan umpikaivojätettä. Se voi nimittäin aiheuttaa toimintahäiriöitä varsinkin pienillä puhdistamoilla.

5.3 PIENPUHDISTAMOIDEN TOIMIVUUS

5.31 Toimivuuden arviointiperusteet

Sekä Suomessa että muissa pohjoismaissa on tehty useita selvityksiä pienpuhdistamoiden toimivuudesta. Tutkimusten taso vaihtelee melkoisesti tutkittujen puhdistamoiden määrän ja käytettyjen tutkimusmenetelmien osalta, joten saadut tuloksetkin sisältävät hyvin erityyppistä tietoa. Sen vuoksi on syytä ensin tarkastella, millä perusteilla pienpuhdistamoiden toimivuutta on ylipäänsä mahdollista arvioida.

Vesihallituksen suorittamassa yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden toimivuusselvityksessä, jossa ei ollut mukana varsinaisia pienpuhdistamoita, toiminnan arviointi perustui puhdistamolla saavutettujen käsittelytulosten vertaamiseen toiminnalle asetettuihin vaatimuksiin ja tavoitteisiin. Myöntäessään luvan jäteveden johtamiselle vesistöön vesituomioistuin asettaa jätevedelle numeerisen käsittelyvaatimuksen. Tyypillinen vaatimus vesistöön johdettavalle jätevedelle on rinnakkaisaostuslaitoksella $BHK_7 < 20$ mg/l ja vastaava puhdistusteho yli 80 % sekä $P < 1,5$ mg/l ja kemiallisella laitoksella $BHK_7 < 70$ mg/l ja vastaava puhdistusteho yli 65 % sekä $P < 1,0$ mg/l. Samankaltaisia velvotteita sisältyy myös vesihallituksen ennakoilmoituksista antamiin lausuntoihin (VESIHALLITUS 1979a).

Pienille alle 200 avl puhdistamoille ei yleensä ole asetettu minkäänlaista numeerista käsittelytavoitetta, joten toimivuuden arviointiin

on käytettävä muita perusteita. Voidaan esimerkiksi verrata pienpuhdistamon vesianalyysin tuloksia kunnallisten puhdistamoiden käsittelyvaatimukseen. Em. lähtevän veden pitoisuuksien saavuttaminen edellyttäisi pienpuhdistamolta parempaa puhdistustehoa, koska tuleva jätevesi on huomattavasti likaisempaa kuin kunnallisilla puhdistamoilla. Toisaalta pienpuhdistamon ja kunnallisen jätevedenpuhdistamon vesistöä kuormittava vaikutus on aivan eri suuruusluokkaa. Pienpuhdistamossa käsitelty jätevesi johdetaan vielä usein avo-ojaan eikä suoraan vesistöön. Onkin kohtuutonta vaatia pienpuhdistamolta yhtä tehokasta käsittelyä kuin kunnallisilta puhdistamoilta, kun samanaikaisesti osalle pienten yksiköiden jätevesistä riittää pelkkä saostuskaivokäsittely.

Pienpuhdistamoilla ei yleensä ole säännöllistä näytteenottoa, vaan on kyse kertanäytteestä tai muutamasta tutkimusjaksolla tehdystä määrityksestä. Satunnainen kertanäyte antaa kuvan vain senhetkisestä veden laadusta, joten pelkästään sen perusteella ei puhdistamon toimivuudesta voi sanoa juuri mitään. Jonkinlaisen kuvan toiminnan jatkuvuudesta saa vasta, jos on käytettävissä useampia analyysituloksia. Jos niissä ei ole suuria vaihteluja, laitos on mahdollisesti toiminut moitteettomasti näytteenoton välilläkin. Analyysitulosten suuri heilahtelu puolestaan on selvä osoitus puhdistustuloksen vaihtelusta, jolloin kokonaistulos ei voi olla kovin hyvä.

Vähäisten analyysitulosten vuoksi on syytä muilla keinoilla hankkia tietoja puhdistamon toiminnasta pitkällä aikavälillä. Purkupaikan kunto antaa hyvän yleiskuvan laitoksen toiminnasta. Purkupaikka on yleensä puhdistamon välittömässä läheisyydessä. Yhdellä puhdistamokäynnillä pystytään selvittämään, miten laitos on täyttänyt yhden keskeisistä tavoitteistaan, esteettisten haittojen torjumisen. Purkupaikan tarkastuksessa kiinnitetään huomiota sellaisiin seikkoihin kuten haju, purkuojan liettyminen ja rehevöitymisen määrä.

Laitoksen kunnan toteaminen on myös apuna toimivuutta arvoitaessa. Laitteiston moitteeton toiminta on ehdoton edellytys hyvälle puhdistustulokselle. Puhdistamon hoidosta vastaava henkilö tietää, minkälaisia laitevikoja on esiintynyt ja mitä huolto- ja korjaustoimenpiteitä on suoritettu. Koneiston ohella on syytä tarkastaa myös kaivojen kunto ja tyhjennystarve.

Pienpuhdistamoiden puhdistustuloksen tarkkailua tulisi tehostaa. Laboratoriotutkimukset ovat kuitenkin liian kalliita yleistyäkseen. Siksi olisi kehitettävä menetelmä tulosten saamiseksi kohtuulliseen hintaan. Esimerkiksi KUJALA (1977) on todennut kymmentä aktiivilietelaitosta koskevassa tutkimuksessaan, että selkeytsaltaan näkösyvyyden ja lähtevän veden kiintoainepitoisuuden välillä on selvä yhteys samoin lähtevän veden kiintoainepitoisuuden ja BHK7:n välillä. Jälkiselkeytyksen näkösyvyyden ja puolen tunnin laskeuman mittaaminen ovat käytössä olevia menetelmiä. Ne ovat kuitenkin vain puhdistamonhoitajan apuna hänen arvioidessaan laitoksen toimintaa. Tuloksia ei esitetä sellaisessa muodossa, että niistä olisi hyötyä pienpuhdistamoiden toimivuutta koskevalle tutkimukselle. Fosforipitoisuus voidaan jo nykyisin määrittää paikan päällä nopealla komparaattorimenetelmällä.

5.32 Teoreettiset toimintaedellytykset

Pienpuhdistamoissa käytetyt käsittelyprosessit ovat aivan samoja kuin suurilla puhdistamoilla. Biologisena prosessina on biologinen suodatus tai aktiivilietemenetelmä ja kemiallisena suorasaostus, jälkisaostus tai rinnakkaissaostus. Pienpuhdistamoilla on siten teoriassa kaikki edellytykset toimia hyvin. Tämän osoittavat myös koeolosuhteissa saavutetut puhdistustulokset.

Ruotsissa tutkittiin vuosina 1969...1970 kahdeksan pienpuhdistamon puhdistustehoa. Mukana oli kaksi kemiallista suorasaostuslaitosta, kolme aktiivilietelaitosta, yksi biologinen suodatin ja kaksi kiertosuodatinta. Tutkimus suoritettiin kunnallisen jätevedenpuhdistamon yhteydessä. Tulevan jäteveden BHK7 oli 300...500 mgO₂/l ja fosforipitoisuus 7...9 mg/l. Tutkimuksessa selvitettiin kuormituksen

vaikutusta puhdistustulokseen. Tulovirtaama oli 0,25...2-kertainen mitoitusvirtaamaan verrattuna. Normaaleissa kuormitusolosuhteissa ($0,25 \dots 1,0 Q_{mit}$) saavutettiin biologisilla laitoksilla BHK₇-reduktio 80...90 % ja kemiallisilla laitoksilla BHK₇-reduktio 50...60 % ja fosforireduktio 80...90 %. Parhaat tulokset saatiin pienimmillä kuormituksilla. Kuitenkin vielä kuormituksen ollessa kaksinkertainen mitoitusvirtaamaan verrattuna oli BHK₇-reduktio kaikilla biologisilla laitoksilla yli 70 %. Tutkimuksessa testattiin lisäksi puhdistamojen toimintaa keskeytyvässä käytössä, jolloin kahden vuorokauden kuormitusta seurasi viiden vuorokauden seisokki. Viidellä biologisella puhdistamolla BHK₇-reduktio oli edelleen yli 80 % (ULMGREN 1971).

Laitevalmistajien ilmoittamat puhdistustehot ovat samansuuntaisia em. tutkimuksessa saatujen tulosten kanssa. Näyttäisi siis siltä, että ainakin valvotuissa olosuhteissa pienpuhdistamoilla päästään hyvään käsittelytulokseen. Tosin markkinoilla voi olla sellaisiakin laitteita, joilla ei edes ihanteellisissa olosuhteissa saavuteta riittävää puhdistustulosta. Tämä johtuu siitä, että Suomessa ei ole julkista testausjärjestelmää, joka takaisi pienpuhdistamoiden laadun. Ruotsissa ja Norjassa ollaan tässä suhteessa pitemmällä. Norjassa on laadittu pienpuhdistamoiden mitoitusohjeet, jotka tulevat olemaan tyyppihyväksynnän perusteena. Ruotsissakin valmistellaan pienpuhdistamoiden standardisointia. Jo tällä hetkellä kunnissa noudatetaan siellä tiukkaa linjaa. Kaikkia puhdistamomerkkejä ei kelpuuteta niistä saatujen huonojen kokemusten vuoksi (POHJOISMAIDEN MINISTERINEUVOSTON HAJA-ASUTUSTYÖRYHMÄ 1980).

5.33 T o i m i v u u s k ä y t ä n n ö s s ä

Laboratoriotestaus ei koskaan kerro kaikkea puhdistamon toimivuudesta. Hyvän puhdistustuloksen lisäksi voidaan pienpuhdistamolle asettaa seuraavia vaatimuksia:

- menetelmän yksinkertaisuus ja toimintavarmuus
- kestävät laitteet ja materiaalit
- vähäinen hoidon ja huollon tarve
- huollon järjestäminen
- halpa hankintahinta ja asennus
- pienet käyttökustannukset

Näitä ominaisuuksia ei pystytä toteamaan laboratoriossa, vaan tarvitaan tietoja puhdistamoiden toiminnasta käytännössä. Pienpuhdistamot eivät ole säännöllisen tarkkailun piirissä. Eri yhteyksissä on kuitenkin tehty muutamia laajahkoja selvityksiä, jotka antavat jonkinlaisen yleiskuvan laitosten toimivuudesta.

Espoon kaupungin alueella on tarkastettu kesällä 1979 kaikki kaupungin alueella olleet 232 kiinteistökohtaista pienpuhdistamo. Tarkastuksessa kiinnitettiin huomiota seuraaviin seikkoihin:

- laitteiden kunto ja toiminnallinen kunto
- kaivojen kunto ja tyhjennystarve
- ulkonäkö ja ympäristö
- lähtevän veden sameus, väri ja haju
- jäteveden purkupaikan kunto

Puhdistamoiden todettiin toimivan yleisesti ottaen tyydyttävästi. Hyvin toimivia laitoksia oli 173 (75 %), tyydyttäviä 38 (16 %) ja huonoja 21 (9 %) (ESPOON KAUPUNKI 1979).

MATTILA (1975) on selvittänyt pienpuhdistamoiden toimintaa puhdistamon omistajille lähetetyllä tiedustelulla. Aineistona oli 175 puhdistamo tuolloin kaikkiaan noin 1 800:sta alle 500 avl pienpuhdistamosta. Lähes puolella puhdistamoista oli viimeksi kuluneen 12 kuukauden aikana ollut käyttöhäiriöitä joko mekaanisen vian tai prosessin käyttöhäiriön muodossa.

Tanskassa on vuonna 1977 lähetetty vastaavanlainen tiedustelu 25 biologiselle pienpuhdistamolle. Näistä yli puolella oli omistajan ilmoituksen mukaan esiintynyt käyttöhäiriöitä. Maassa oli tuolloin kaikkiaan 45 alle 200 avl biologista puhdistamo (MILJØSTYRELSEN 1977b).

Norjassa on vuosina 1975...1978 tutkittu kaikki maassa olleet jätevedenpuhdistamot yhden kiinteistön puhdistamoista kunnallisiin puhdistamoihin saakka. Tutkimusohjelmaan sisältyi käynti jokaisella puhdistamolla, laitteiden toiminnan tarkastus, vikojen ja puutteiden havainnointi sekä kerta-näytteiden otto tulevasta ja lähtevästä vedestä. Puhdistamoita oli kaikkiaan 386 kappaletta, joista 130 oli alle 200 avl pienpuhdistamoita. Noin puolet kaikista puhdistamoista toimi tyydyttävästi tutkimuspäivänä. Tyydyttävän toiminnan vaatimukset olivat seuraavat:

- on saavutettava kohtuullinen puhdistustulos ko. menetelmän puitteissa
- ei saa olla rakenteellisia heikkouksia, jotka olennaisesti heikentävät tulosta
- on oltava jonkinlainen käyttötarkkailu

Suuret puhdistamot toimivat yleensä paremmin kuin pienet. Alle 200 avl puhdistamoista 65 % ei toiminut tyydyttävästi ja vain alle 10 % luokiteltiin hyvin toimiviksi. Biologisilla pienpuhdistamoilla ongelmat liittyivät ilmastukseen ja lietteenpalautukseen, kemiallisilla puhdistamoilla kemikaalin annostukseen. Lisäksi hoito oli usein laiminlyöty. Monet pienpuhdistamot todettiin hydraulisesti ylikuormitetuiksi (JOHANSEN et al. 1976, POHJOSIMAIDEN MINISTERINEUVOSTON HAJA-ASUTUSTYÖRYHMÄ 1980).

Itävallassa on tehty pienpuhdistamoiden toimivuusselvitys, johon valittiin 111 erikokoista alle 500 avl aktiiviliete-laitosta. Puhdistamolla tutkittiin ilmastusaltaan liete-tilavuus, kuiva-aine ja happipitoisuus. Tulevasta ja lähtevästä vedestä määritettiin kemiallinen hapenkulutus, orgaaninen hiili, ammoniumtyyppi, nitraattityppi ja fosfori. Toimivuusluokituksen raja-arvot ja tulokset on esitetty taulukossa 9. 60 % määrityksistä osoitti puhdistustuloksen olleen erittäin hyvä. Vain 18 % (23 laitosta) ei yltänyt tyydyttävään tulokseen. Kaikilla puhdistamoilla oli huoltosopimus valmistajayhtiön kanssa (BEGERT & RUIDER 1977).

Taulukko 9. Itävaltalaisen pienpuhdistamoiden toimivuusselvityksen tulokset (BEGERT & RUIDER 1977)

arvosana	pitoisuus lähtevässä vedessä	näytteitä	
		kpl	%
erittäin hyvä	KHK < 75 mg/l tai BHK ₅ < 20 mg/l tai org.C 25 mg/l	85	60
hyvä	KHK 75...120 mg/l tai BHK ₅ 20... 30 mg/l tai org.C 25... 40 mg/l	26	18
tydyttävä	KHK 120...150 mg/l tai BHK ₅ 30... 40 mg/l tai org.C 40... 50 mg/l	4	4
huono	KHK >150 mg/l	26	18

Pienpuhdistamoilla on teoriassa kaikki edellytykset toimia hyvin ja koeolosuhteissa saavutetaan hyviä tuloksia. Kuitenkin edellä referoidut tutkimukset osoittavat selvästi, että käytännössä puhdistustulos on hyvin vaihteleva. On erittäin hyvin toimivia laitoksia, mutta toisaalta huomattavan suurella osalla laitoksista ei saavuteta edes tyydyttävää tulosta.

5.34 Huonon toiminnan syitä

5.341 Puutteellinen hoito

Toimiakseen kunnolla pienpuhdistamo vaatii säännöllistä hoitoa. BEGERT & RUIDER (1977) ovat todenneet, että itävaltalalaisten pienpuhdistamoiden hyvät puhdistustulokset olivat huoltosopimusten ansiota. Pääasiallisena syynä huonoon toimintaan pidettiin puhdistamon käyttäjän laiminlyöntejä hoidon suhteen. Vastaavasti norjalaisesta tutkimuksesta ilmenee, että pienimmillä kiinteistökohtaisilla puhdistamoilla tulokset olivat huonoimpia nimenomaan puutteellisesta hoidosta johtuen. Puhdistamot oli usein jätetty täysin vaille hoitoa (JOHANSEN et al. 1976).

Hoidosta piittaamattomuus on yleisintä pienimpien puhdistamoiden kohdalla. Tästä antaa hyvän kuvan ruotsalainen 1...5 talouden puhdistamoille osoitettu kysely (PERSSON 1975).

Kaikkiaan 38 puhdistamosta

- 50 % ei tiennyt, kuinka usein liete poistetaan
- 66 % ei tiennyt, kuinka usein kemikaalitäydennys tehdään
- 50 % ei tiennyt, kuka sen tekee
- 29 % huolehti itse toiminnan tarkkailusta
- 32 % ei tiennyt, kenen siitä pitäisi huolehtia
- 50 % oli valmis maksamaan säännöllisestä huollosta

MATTILA (1975) on selvittänyt suomalaisten pienpuhdistamoiden hoidon tasoa. Tiedustelun tulokset on esitetty taulukossa 10. Todetaan, että mitä isompi puhdistamo sitä useammin sille on nimetty hoidosta vastaava henkilö. Alle 20 avl puhdistamoista kahdella kolmesta oli ko. henkilö, kolmasosalla oli huoltosopimus. Huoltosopimus tehtiin yleensä huoltoliikkeen kanssa, ei valmistajan. Suuremmista puhdistamoista lähes kaikilla oli hoidosta vastaava henkilö, huoltosopimus oli vain joka kymmenennellä.

Puhdistamon hoidosta vastaava henkilö oli yleensä talonmies tai huoltomies. Kirjallisen hoito-ohjeen oli saanut 80...90 % puhdistamoista ja 75...80 % piti sitä riittävänä. Lisäksi informaatiota oli saatu laitoksen käynnistyksen ja koekäytön yhteydessä. Puhdistamonhoitajista 15...40 % oli koulutettu valmistajan tai Ammattienedistämislaitoksen järjestämällä kursseilla. Alle 20 avl puhdistamoiden osalta koulutus rajoittui rajavartiolaitoksen omille puhdistamonhoitajilleen järjestämiin kursseihin.

Taulukko 10. Erikokoisten pienpuhdistamoiden hoidon järjestäminen MATTILAN (1975) tiedustelun mukaan

puhdistamon koko avl	alle 20	20...100	100...200	yli 200
puhdistamoiden määrä	55	53	37	27
puhdistamolle nimetty hoitaja	34 (62 %)	38 (72 %)	36 (97 %)	19 (70 %)
huoltosopimus	18 (33 %)	6 (11 %)	5 (13 %)	2 (7 %)
kunta hoitaa ja huoltaa	3 (5 %)	3 (6 %)	-	-
ei vastausta	10 (18 %)	8 (25 %)	1 (3 %)	4 (15 %)

Yleisin pienpuhdistamo Suomessa on Vesipoika- tai Vesimiestyypin biologinen suodatin. Markkinoijan ilmoituksen mukaan huoltosopimus on noin 400:lla kaikkiaan noin 2 000 puhdistamosta. Huoltosopimus tehdään huoltoliikkeen kanssa. Sopimukseen sisältyy puhdistamon toiminnan tarkastus ja säätö neljä kertaa vuodessa ja laitteiden määräaikaishuollot. Tämä ei luonnollisesti vielä riitä puhdistamon toiminnan varmistamiseksi. Omistajan on itse huolehdittava käyttötarkkailusta huoltokäyntien välillä ja ilmoitettava havaitsemansa häiriöt huoltoliikkeeseen. Siten puhdistamoiden toimintahäiriöt jäisivät mahdollisimman lyhyiksi eikä suurempia ympäristöhaittoja pääsisi muodostumaan.

Myös Espoon kaupungin selvityksessä todettiin, että huoltosopimus ei yksin riitä takaamaan moitteetonta toimintaa. Tarkastetuista 232 pienpuhdistamosta neljällä viidestä oli huoltosopimus. Siitä huolimatta huolto- ja korjausmääräyksiä jouduttiin antamaan 43 puhdistamolle. Omatoimisesti hoidetut puhdistamot olivat yleensä kunnossa lukuunottamatta täysin laiminlyötyjä, joita oli yhdeksän. Kaivojen tyhjennys tapahtui liian harvoin joka viidennessä tapauksessa (ESPOON KAUPUNKI 1979).

Puhdistamon hoidosta vastaava henkilö tarvitsee yksityiskohtaiset ohjeet siitä, mitä tarkkailu- ja hoitotoimenpiteitä on tehtävä päivittäin, kerran viikossa, kerran kuukaudessa tai kerran vuodessa. Jos puhdistamolla on huoltosopimus, on selvítettävä, mitä sopimukseen

sisältyy ja mitä jää puhdistamonhoitajan tehtäväksi. Puhdistamon toiminta olisi tarkastettava mieluiten päivittäin. Hoidosta vastaavan henkilön on tunnettava puhdistamo niin hyvin, että hän pystyy havaitsemaan, jos kaikki ei ole kunnossa. Tiedon tasosta riippuen hän joko etsii itse syyn havaitsemaansa häiriöön ja poistaa sen tai ilmoittaa välittömästi huoltoliikkeeseen. Amerikkalaiselle puhdistamonhoitajalle suositellaan seuraavia yksinkertaisia havaintoja, joita paljastavat nopeasti suurimman osan mahdollisista häiriöistä (U.S. ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY 1977):

- Näyttääkö kaikki normaalilta? Silminnähdyn todettavia häiriöitä ovat esimerkiksi poistuvan veden epänormaali väri, vaahtoaminen tai ilkivalta puhdistamolla.
- Laitoksella on sille tyypillinen käyntiääni. Muutokset ovat mekaanisen vian aiheuttamia.
- Laitoksella on sille tyypillinen haju. Normaalista poikkeava, epämiellyttävä haju on merkki häiriöstä.
- Liikkuvien osien epänormaali kuumeneminen tai tärinä ovat merkki häiriöstä.

Jokaisen pienpuhdistamon hoitotoimenpiteisiin kuuluu lietteen poisto säännöllisin väliajoin. Tyhjennyksen laiminlyöminen huonontaa ratkaisevasti puhdistustulosta. Jos lieteputja selkeytysaltaassa kasvaa liian korkeaksi, lietettä huuhtoutuu poistoveden mukana. Esiselkeytyksen kiintoaineen erotuskyvyn heikkeneminen lisää varsinaisen puhdistusprosessin kuormitusta ja saattaa esimerkiksi nopeuttaa biologisen suodattimen tukkeutumista.

Ruotsissa kunta huolehtii pienpuhdistamoiden lietteen poistosta. Tyhjennys tapahtuu yleensä 2...3 kertaa vuodessa (ULMGREN 1979). Meillä vastaavaa organisaatiota ei ole, joten jokaisen on itse huolehdittava tyhjennyksen järjestämisestä.

Syntyvän lietteen määrä riippuu puhdistusprosessista. Periaatteessa tehokkaampi puhdistus ja kemikaalien käyttö lisää lietemäärää, mutta toisaalta ilmastuksessa tapahtuva mineralisoituminen vähentää sitä (LATOSTENMAA 1978). VESIHALLITUKSEN (1976b) luonnoksessa jäteveden-puhdistamoiden mitoituksen ohjearvoiksi on esitetty taulukon 11 lietemäärät.

Taulukko 11. Eri puhdistusmenetelmissä syntyviä lietemääriä (VESIHALLITUS 1976b)

puhdistusmenetelmä	lietemäärä l/p.d	kuiva-aine- pitoisuus %
mekaaninen puhdistus	1,0...2,0	3,0...6,0
aktiiviliete	2,5...5,0	1,0...4,0
pitkäilmastus	1,5...3,0	1,0...4,0
pitkäilmastus ja rinnakkaissaostus	2,0...4,0	1,0...4,0
kemiallinen saostus Ca(OH)_2	2,5...6,0	4,0...10,0
$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$	1,0...3,0	1,0...3,0
FeCl_3	1,0...3,0	1,5...4,5

MATTILAN (1975) tiedustelun mukaan useimpien biologisten suodattimien ja kemiallisten pienpuhdistamoiden saostuskaivot tyhjennettiin 3...4 kertaa vuodessa. Aktiivilietelaitoksilla tyhjennysväli oli yleensä 1...5 kuukautta. Pienpuhdistamoilta poistettava liete ajettiin useimmiten kaatopaikalle, joissakin tapauksissa kunnan keskuspuhdistamolle. Maanparannukseen käytettiin joka kymmenennen puhdistamon lietettä. LATOSTENMAAN (1978) mukaan pienpuhdistamolietteen nestemäisyys vaikeuttaa sen hyväksikäyttöä. Sen sijaan jäteveden käsittelyssä käytetyistä kemikaaleista ei ole todettu yleensä olevan haittaa. Kalkin käyttö on tässä mielessä edullisinta. Kaatopaikalla pienet lietemäärät voidaan sijoittaa muun jätteen joukkoon. Suuremmat määrät vaativat aina käsittelyn maa-altaissa.

5.342 Asennusvirheet ja laiteviat

Kemialliset pienpuhdistamot ja biologiset suodattimet asennetaan paikan päällä tehtyihin betonirengaskaivoihin. Kaivojen rakenteelliset virheet ja laitteiden väärä asennus ovat pilanneet monen pienpuhdistamon toimintaedellytykset. Tavallisimpia virheitä ovat:

- kaivojen mitoitus tai sijoitus väärin
- kaivot vinossa
- kaivot vuotavat
- putkien korkeussuhteet väärin
- laitteistojen asennus tai säätö väärin

Puutteelliset ohjeet tai ohjeiden väärin ymmärtäminen ovat usein syynä asennusvirheisiin. Laitetoimittajan antamien ohjeiden tulisi olla niin yksityiskohtaiset ja selkeät, että asiaan perehtymätön omakotitalon rakentajakin osaa suorittaa työn oikein. Tehdyt virheet jäävät huomaamatta ja korjaamatta, koska laitetoimitukseen ei tavallisesti sisälly tarkastus- tai säätökäyntiä.

Teräsrakenteiset aktiivilietepuhdistamot asennetaan tavallisesti jonkin maarakennusliikkeen toimesta laitoksen toimittajan tai suunnittelijan ohjeiden mukaan. Työn suorittajan asiantuntemus on yleensä niin hyvä, että asennusvirheiltä vältytään. Aina on kuitenkin selvitettävä:

- pohjan kantavuus
- pohjalaatan mitoitus
- ankkuroinnin tarve
- puhdistamon viemäriiliitännöjen sijainti ja korkeus
- ohitusmahdollisuus

Ennen kaivannon täyttöä on pintakäsittelyyn tulleet rikkoumat tarkastettava, puhdistettava ja maalattava laitoksen toimittajan ohjeiden mukaan. Korroosio etenee hyvin nopeasti jätevedenpuhdistamon syövyttävissä olosuhteissa. Siksi kaikki teräs- ja lujitemuovirakenteiden pintarikkoumat tulee korjata välittömästi. Korroosionkestävyys on otettava huomioon jo materiaalien valinnassa (MÄÄTTÄNEN 1978).

Pienpuhdistamoilla ei ole jatkuvaa valvontaa. Siksi laitteiden on oltava toimintavarmoja. Laitoksessa tulisi olla vikahälytys, tai ainakin laitteiden on oltava sellaisia, että puhdistamonhoitaja huomaa vian helposti. Pienpuhdistamoiden

laitteissa on kuitenkin esiintynyt paljon toimintahäiriöitä. MATTILAN (1975) selvityksen mukaan noin puolella puhdistamoista oli ollut toimintahäiriöitä viimeksi kuluneen vuoden aikana. Usein syynä olivat nimenomaan laiteviat. Kemiallisilla puhdistamoilla oli ongelmana kemikaalien annostelulaitteiden toimivuus. Aktiiviliete-laitoksilla oli mekaanisia häiriöitä kompressoreissa, ilmastimissa ja pumpuissa. Rinnakkaissaostuslaitoksilla oli lisäksi havaittu ilmastimien tukkeutumista. Suodatinkaappipuhdistamoilla yleisimpiä häiriöitä olivat vesipumpun ja puhaltimen viat sekä suodatinpatjojen tukkeutuminen ja jäätyminen.

5.343 Kemikaalin syötön ja pH:n säädön vaikeudet

Kemikaalin syötön tulisi tapahtua virtaamaan suhteutettuna. Normaalin asumajäteveden käsittelyssä käytetään seuraavia kemikaalimääriä (VESIHALLITUS 1876b):

- ferrosulfaattia	$\text{FeSO}_4 \cdot 7 \text{H}_2\text{O}$	80...200 g/m ³
- ferrikloridia	FeCl_3	50...150 "
- finnferriä	FeCl_3 40...42 %	130...400 "
- alumiinisulfaattia	$\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3 \cdot 16 \text{H}_2\text{O}$	100...200 "
- kalsiumhydroksidia	$\text{Ca}(\text{OH})_2$	300...1 200 "

Pienillä suorasaostuslaitoksilla käytetään yleensä alumiinisulfaattia. Annostelu tapahtuu liuossäiliöiden venttiilien avulla. Venttiilin aukaisu ja sulkeminen tapahtuu virtaamaan perustuen vaappuruuhen avulla. Kemikaaliliuos sekoittuu määräsuuruiseen vesimäärään jaksoittain. Etuna on se, että vesimäärän vaihtelu tulee huomioiduksi kemikaalin syötössä. Vaappuruuhi on kuitenkin osoittautunut erittäin herkäksi häiriöille, joten sen toimintaa on jatkuvasti tarkkailtava.

Rinnakkaissaostuksessa kemikaali syötetään biologisen puhdistuksen yhteydessä ilmastusaltaaseen. Kemikaalina on yleensä ferrosulfaatti. Pienillä alle 200 avl puhdistamoilla käytetään pääasiassa käsin tapahtuvaa kuivasyöttöä kerran päivässä, joten kemikaalimäärä voi vaihdella melkoisesti. Syöttö voi tapahtua myös automaattisena liuossyöttönä.

Jälkisaostuslaitoksessa kemiallinen käsittely tapahtuu erillisenä yksikkönä biologisen prosessin jälkeen. Käsittelyyksikkö on verrattavissa suorasaostuslaitokseen. Saostuskemikaalina käytetään pääasiassa alumiinisulfaattia ja mahdolliseen pH:n säätöön natriumhydroksidia. Annostelu tapahtuu normaalisti annostelupumpulla (MATTILA 1975).

Kemiallinen saostus tarkoittaa lähinnä liuenneen ortofosfaatin saostusta kalkilla tai rauta- tai alumiinisuoloilla. Samalla syntyvän hydroksidiflokin pintaan sitoutuu myös muita jäteveden sisältämiä epäpuhtauksia. Metallionien hydroksidireaktiot ja reaktiot fosforin kanssa riippuvat pH:sta. Eri kemikaaleille sopivat pH-alueet ovat seuraavat (SALOKANGAS 1978):

- alumiini	pH	5,5...6,5
- rauta	pH	5,0...6,0
- kalkki	pH	11 ...12
- rauta-kalkki	pH	8 ...10

Koska kemiallisen saostuksen tulos riippuu pH:sta, olisi pH:n säätöön oltava mahdollisuus. Pienpuhdistamoilla pH:n säätöä ei yleensä ole järjestetty. Kuitenkin esimerkiksi PERSSON (1975) ja BLOMSTRÖM (1979) ovat todenneet, että pH:n säädöllä voitaisiin parantaa monen pienpuhdistamon puhdistustulosta.

5.344 Kuormitusvaihtelut

Kuormitusvaihtelut ovat pienpuhdistamoilla huomattavasti jyrkempiä kuin kunnallisilla puhdistamoilla. Jätevesi tulee yhdestä tai muutamasta käyttökohteesta, jolloin vedenkulutus keskittyy selvästi tiettyihin ajankohtiin. Toisaalta pienpuhdistamoilla ei ole pitkää, tasaavaa viemäriverkkoa, vaan vedenkulutuksen vaihtelu tuntuu välittömästi puhdistamolla. Kuormitusvaihtelut ovat suurimmat erilaisissa lomaviettokohteissa. Käyttö keskittyy kesälomien aikaan, muulloin on hyvin hiljaista. Lisäksi arkipäivien ja viikonlopun jätevesimäärät voivat olla aivan eri suuruusluokkaa.

Kuormitusvaihtelut mainitaan usein syyksi pienpuhdistamoiden huonoon toimintaan. Tilannetta on kuitenkin melko vaikea selvittää käytettävissä olevien tutkimustulosten perusteella. Pienpuhdistamoilla ei yleensä ole virtaamamittausta, ja monissa tutkimuksissa näytteenoton yhteydessäkään virtaamaa ei ole mitattu.

MATTILAN (1975) tiedustelun mukaan alle 100 avl puhdistamoista yhdessäkään ei ollut virtaamamittausta ja 100...200 avl laitoksistakin vain 13 %:ssa. KUJALA (1977) on kiinnittänyt huomiota virtaamamittauksen epäluotettavuuteen. Rakennushallituksen korjaushuollossa olleista 26 aktiivilietelaitoksesta (80...300 avl) lähes puolella oli virtaamamittari. Kymmenestä mittarista tarkatettiin neljä: yksi oli kalibroitu väärin ja kolme oli kunnossa, mutta muita ei voitu tarkastaa hankalan sijoituksen takia.

Virtaamatietojen puuttumisen vuoksi ei ole varmaa tietoa siitä, minkälainen pienpuhdistamoiden kuormitus todellisuudessa on. Asukasmäärien perusteella on kuitenkin arvioitu, että suurin osa suomalaisista pienpuhdistamoista toimii mitoitusvirtaamaa huomattavasti pienemmällä virtaamalla (MATTILA 1975).

Mitoitusvirtaamaa pienempi virtaama ei ilmeisesti vaikuta puhdistustulokseen. Ruotsalaisen koeolosuhteissa suoritetun testauksen mukaan puhdistustulos oli sitä parempi mitä pienempi oli virtaama. Kuormitus oli 0,25...2-kertainen mitoitusvirtaamaan verrattuna (ULMGREN 1971). Mikään puhdistamo ei tietysti siedä jatkuvaa ylikuormitusta. Kuitenkin on ilmennyt jopa tapauksia, että kustannusten säästämiseksi on hankittu jätevesimäärään nähden selvästi alimitoitettu puhdistamo (SANTALA 1979). Tällaisten tapausten välttämiseksi joko laitetoimittajan tai puhdistamo vaatineen viranomaisen olisi varmistettava, että asennettava puhdistamo on kohteen jätevesikuormituksen mukainen.

Kuormitusvaihtelujen siedon suhteen puhdistamotyypit poikkeavat toisistaan. Biologisessa suodattimessa jätevettä kierrätetään suodattimen läpi useita kertoja. Laitte toimii tasaisella virtaamalla tulovirtaaman vaihteluista huolimatta. Kierrätys takaa lisäksi

mikrobien ravinnon saannin, vaikka jäteveden tulo keskeytyisi kokonaan muutamiksi vuorokausiksi. Kiertosuodattimessakin virtaaman vaihteluja tasataan jäteveden kierrätyksellä. Orgaanisen aineen määrä jätevedessä voi vaihdella melkoisesti puhdistustuloksen kärsimättä. Mikrobien määrä on suurin suodattimen alkupäässä ja vähenee loppua kohti jäteveden puhdistumisen myötä. Aktiivilietelaitoksessa suuret virtaamavaihtelut vaikeuttavat prosessia. Häiriöt ilmenevät esimerkiksi lietteen paisumisena ja pintalietteen muodostumisena. Prosessi pidetään vakaana säätämällä lietteen palautusta, ylijäämälietteen poistoa ja ilmastuksen tehoa. Pienet aktiivilietelaitokset toimivat pitkäilmastusperiaatteella, jolloin pitkä viipymä tasaa tehokkaasti kuormitusvaihteluja. Kemiallisen suorasaostuslaitoksen toiminta seuraa välittömästi virtaaman vaihteluja. Kuormitushuippujen sieto riippuu etu- ja jälkiselkeytystilan tilavuudesta. PERSSONIN (1975) mukaan kuormitushuippu aiheuttaa lietteen karkaamisen jälkiselkeytyksestä sitä herkemmin, mitä pitempi aika on kulunut lietteen tyhjennyksestä. Toisaalta lietettä on muodostunut laskettua enemmän kemikaaliantostelun kontrolloimattomuudesta johtuen.

Ruotsalaisissa pienpuhdistamoiden mitoitusohjeissa virtaaman tasaus on otettu huomioon. Hydraulisen mitoituksen on täytettävä seuraavat vaatimukset (VATTENRENINGSGRUPPEN INOM SVERIGES MEKANFÖRBUND 1976):

- Keskimääräisen vuorokauden aikana mitoitusvirtaamaa ei saa ylittää tai ylitys saa olla vain vähäinen.
- Maksimivuorokausivirtaamalla jätevettä saa johtaa resipienttiin ilman biologista tai kemiallista käsittelyä korkeintaan vähäisessä määrin.
- Puhdistamossa on oltava esikäsittelyn jälkeen ylivuotojärjestelmä, joka rajoittaa biologiseen tai kemialliseen käsittelyyn tulevan vesimäärän siten, että se on korkeintaan kaksinkertainen mitoitusvirtaamaan verrattuna.

Nämä vaatimukset täytetään joko valitsemalla riittävän suuri mitoitusvirtaama tai käyttämällä riittävän suurta tasausallasta, jolloin mitoitusvirtaamaa voidaan vastaavasti pienentää. Tasausallas on tehtävä erilliseksi yksiköksi, jotta sen pinnankorkeuden vaihtelut eivät vaikeuta käsittely-yksiköiden toimintaa.

5.35 Biologisen ja kemiallisen pienpuhdistamon toiminnan periaatteellisia eroja

Biologinen ja kemiallinen jäteveden käsittely ovat tavoitteiltaan erilaisia menetelmiä. Biologisessa puhdistuksessa pyritään ensisijaisesti vähentämään orgaanisen kuormituksen määrää. Laitevalmistajien mukaan saavutetaan 80...90 % BHK7-reduktio. Ravinteiden poistoa ei sanottavasti tapahdu, paitsi jos prosessiin liitetään fosforin rinnakkais- tai jälkisaostus. Kemiallisessa puhdistuksessa pääpaino on puolestaan fosforinpoistossa. Fosforireduktio on 80...90 % BHK7-reduktion jäädessä parhaimmillaankin 50...60 %:iin.

Kemiallisessa suorasaostuslaitoksessa on tavallisesti virtaaman mukainen saostuskemikaalin syöttö. Laitos reagoi heti virtaaman muutokseen ja toimii periaatteessa hyvin suurillakin kuormitusvaihteluilla. Sen vuoksi virtaaman tasaukseen ei ole kiinnitetty huomiota, vaan kuormitushuippujen sieto riippuu allastilavuudesta. Laitoksen pysäyttäminen välillä ei vaikuta puhdistustehoon.

Biologisten pienpuhdistamoiden laitekehittelyssä sen sijaan on ollut pakko paneutua kuormitusvaihteluiden tasaamiseen esimerkiksi jäteveden kierrätyksen avulla, koska biologinen prosessi on herkkä ympäristön muutoksille. Äkillisen kuormitushuipun aikana puhdistusteho jäisi alhaiseksi, koska uutta biomassaa ei ehdi syntyä riittävän nopeasti. Toisaalta ravintoa on jatkuvasti oltava sen verran, että mikrobikanta pysyy hengissä. Jos puhdistamon toiminta välillä pysäytetään tai mikrobikanta muusta syystä kuolee, tarvitaan tietty sopeutumisaika, ennen kuin uusi biomassa muodostuu ja puhdistumista alkaa tapahtua.

BHK:n suhteen hyvin laimea vesi ei sovi biologisesti puhdistettavaksi, koska mikro-organismit eivät saa riittävästi ravintoa. Pienissä yksiköissä jäteveden laimeus ei kuitenkaan ole ongelma. Todettiinhan kohdassa 2.1, että pelkän pesuveden BHK7-arvo on yli 100 mgO₂/l. Norjassa on kuitenkin havaittu vaikeuksia esimerkiksi koulujen ja urheiluhallien jätevesien biologisessa käsittelyssä nimenomaan veden laimeuden vuoksi (JOHANSEN et al. 1976).

Biologinen prosessi ei siedä myrkkyjä. Puhdistamolle kuulumattomien vesien pääsy laitokselle voi aiheuttaa mikrobikannan kuolemisen. Esimerkiksi maalinliuotusaineiden, vesakonmyrkytyslaitteiden pesun ja klooria sisältävien pesuaineiden on todettu aiheuttaneen häiriöitä aktiivilietelaitoksilla (KUJALA 1977). Pienpuhdistamoilla käsitellään kuitenkin miltei yksinomaan asumisjätevesiä. Vain muutamalle puhdistamolle tulee muuta kuin asumisjätevettä (MATTILA 1975).

5.36 P u h d i s t u s t u l o k s i a e r i t y y p p i - s i l t ä p i e n p u h d i s t a m o i l t a

Espoon kaupungin tekninen virasto on tutkinut kesällä 1973 Upo Vesipoika-puhdistamoiden toimintaa. Tutkimuskohteiksi valittiin kymmenen kiinteistökohtaista puhdistamoa, joiden käyttäjämäärä oli 3...20 henkilöä. Kustakin puhdistamosta otettiin kerran viikossa vesinäyte esiselkeytyksestä ja lähtevästä vedestä. Analyysitulosten perusteella on tehty seuraavat johtopäätökset:

- BHK7-reduktio vaihteli välillä 52...81 %. Useimpien puhdistamoiden kohdalla tulos oli siis tyydyttävä, jopa hyvä. Vain yhden teho oli alle 60 %.
- Bakterireduktio (fekaaliset streptokokit) oli 20...97 %. Määrityksien vähyyden vuoksi ei voi tehdä varmoja johtopäätöksiä.
- Kokonaistypen reduktio vaihteli välillä 0...69 %. Useimpien puhdistamoiden kohdalla tulos oli tyydyttävä, koska vain yhden teho oli alle 30 %.

- Kokonaisfosforin reduktio oli 0...59 %. Kahdella puhdistamolla saavutettiin yli 30 % fosforireduktio, mitä on pidettävä hyvänä biologiselle laitokselle.

Yhteenvedona on todettu Upo Vesipojan toimineen täysin tyydyttävästi. Yhden puhdistamon teho oli heikko, ylikuormituksesta ja hoidon laiminlyömisestä johtuen. Muuten puhdistamoiden hoito oli hyvin tai tyydyttävästi järjestetty. Aasukkaiden ilmoituksen mukaan seitsemällä puhdistamolla ei ollut esiintynyt lainkaan hajuhaittoja (ESPOON KAUPUNKI 1973).

Espoon kaupunki on jatkanut kiinteistökohtaisten pienpuhdistamoiden toiminnan tarkkailua talvella 1975...1976. Nyt verrattiin erityyppisten puhdistamoiden puhdistustehoa. Tarkkailun piiriin kuului yhdeksän Upo Vesipoikaa, yksi Upo Vesimies, seitsemän Argument-aktiivilietelaitosta ja kymmenen kemiallista suorasaostuslaitosta, joista seitsemän oli Primär- ja kolme Kemisel-merkkistä. Jokaisesta puhdistamosta otettiin 1...4 kertaäytettä lähtevästä vedestä.

Toiminnan arvostelukriteerinä oli biologisilla puhdistamoilla lähtevän veden BHK₇ ja sameus ja kemiallisilla kokonaisfosfori ja sameus. Tulokset on koottu taulukoihin 12 ja 13. Upo Vesipojalle ja Vesimiehelle sekä Argument-puhdistamolle saatiin yleisarvosanaksi tyydyttävä, Kemisel- ja Primär-puhdistamoille välttävä. Taulukossa 14 on esitetty analyysitulosten keskiarvot ja vaihtelurajat BHK₇:n ja kokonaisfosforin osalta. Biologisten laitosten analyysitulokset eivät kovin paljon poikenneet toisistaan. Sen sijaan kemiallisten laitosten puhdistustulos vaihteli huomattavasti enemmän (ESPOON KAUPUNKI 1976).

Taulukko 12. 17 biologisen pienpuhdistamon toimivuus (ESPOON KAUPUNKI 1976)

arvosana	lähtevän veden		puhdistamoiden lukumäärä		
	BHK ₇ mgO ₂ /l	sameus FTU	Upo Vesi- poika	Upo Vesi- mies	Argument
hyvä	< 40	< 20	4	-	1
tyydyttävä	40...100	20...50	5	1	4
välttävä	100...160	50...80	-	-	2
heikko	>160	>80	-	-	-

Taulukko 13. 10 kemiallisen pienpuhdistamon toimivuus
(ESPOON KAUPUNKI 1976)

arvosana	lähtevän veden		puhdistamoiden lukumäärä	
	kok.P mg/1	sameus FTU	Kemisel	Primär
hyvä	< 3	< 20	1	-
tydyttävä	3...8	20...50	2	-
välttävä	8...16	50...80	1	2
heikko	> 16	> 80	3	1

Taulukko 14. Lähtevän veden BHK7:n ja kokonaisfosforin
analyysitulosten keskiarvot ja vaihtelurajat (ESPOON KAUPUNKI
1976)

puhdistamo	näytteitä kpl	BHK7 mgO ₂ /1			kok.P mg/1		
		keski- arvo	minimi	maksimi	keski- arvo	minimi	maksimi
Upo Vesipoika	36	55	16	165	17	5,9	39
Upo Vesimies	3	80	55	110	21	20	22
Argument	19	100	24	300	14	1,1	29
Kemisel	21	330	11	830	15	0,1	38
Primär	12	300	140	530	15	5,1	28
kaikki yhteensä	91	170	11	830	16	0,1	39

MATTILA (1975) on koonnut analyysituloksia 34 aktiiviliete-
laitokselta, joista kahdeksan oli biologisia ja 26 biologis-
kemiallisia. Mitoitusvirtaama oli 5,5...155 m³/d, mikä
vastaa 30...700 avl kuormitusta. Analyysit oli tehty pää-
osin vuosina 1973...1974 laitoksilta otetuista kokooma-
näytteistä. Näytteiden määrä vaihteli välillä 1...14 puhdis-
tamo kohti ollen suurimmalla osalla 3...4. Analyysitulos-
ten perusteella on tehty seuraavat johtopäätökset:

- 60 %:lla laitoksista BHK7-reduktio oli ollut yli 80 %. Viidesosalla reduktio oli ollut alle 70 %. Nämä olivat pääasiassa rinnakkaissaostuslaitoksia.
- Fosforireduktio oli ollut vaihteleva. Vain neljäsosalla oli päästy yli 80 %:n reduktioon. Keskimääräinen reduktio oli ollut 50...60 % sekä biologisilla että biologis-kemiallisilla laitoksilla.

- Typpireduktio oli suurimmalla osalla ollut alle 50 %.

Yhteenvedona on todettu, että ainakaan osa pienistä aktiivilietelaitoksista ei ollut toiminut niille edellytetyllä tavalla. Varsinkin rinnakkaissaostuslaitoksilla ei oltu päästy tyydyttävään fosforin poistoon.

KYMEN VESIPIIRI (1979) on tarkkaillut eräiden lomakeskusten ja vastaavien jäteveden puhdistamoiden toimivuutta. Analyysituloksia on koottu 12 pönpuhdistamolta vuosilta 1975...1979. Virtaamatietoja ei ole. Näytteenoton aikana kuormittava henkilömäärä oli ollut 10...200. Näytteenottokertoja oli 1...9 puhdistamo kohti. Analyysitulosten keskiarvojen perusteella tulos ei näytä vakuuttavalta:

		tuleva	lähtevä	reduktio-%
BHK7	mgO ₂ /l	401	133	65
kok.P	mg/l	16,8	10,4	41
kok.N	mg/l	76,8	56,2	30
kiintoaine	mg/l	398	120	54

Tarkkailtavista puhdistamoista seitsemän oli Metoxy- tai Oxigest-merkkisiä aktiivilietelaitoksia. Niiden BHK7-reduktio oli ollut keskimäärin 79% ja fosforireduktio 45 % niiden osalta, joissa oli fosforinsaostus. Parhaimmillaan BHK7-reduktio oli ollut yli 90 % ja fosforireduktio noin 70 %. Puhdistamot olivat siis toimineet melko hyvin orgaanisen kuormituksen alentamisen suhteen. Fosforinpoistuma oli jäänyt pienehköksi ilmeisesti kemikaalin syötön puutteista johtuen.

Kemialliseen suorasaostukseen perustuvia puhdistamoita oli kolme, joista yhdessä oli jälkikäsitteilynä imeytys ja yhdessä ilmastuskanava. Fosforireduktio oli ollut keskimäärin 62 % ennen jälkikäsitteilyä. BHK7-reduktio oli jäänyt 54 %:iin. Jälkikäsitteilyn tehokkuutta ei ole pystytty selvittämään. Tarkkailun piiriin kuului myös kaksi biologista suodatinta. Vähäisten analyysitulosten vuoksi niiden toiminnasta ei ole tehty johtopäätöksiä.

PERSSON (1975) on Ruotsissa tutkinut 1...5 talouden pienpuhdistamoiden toimintaa. Tutkimuksen ensimmäisessä osassa oli mukana yhdeksän kemiallista ja kolme biologista pienpuhdistamo. Lähtevästä vedestä otettujen kertanäytteiden perusteella (taulukko 15) biologisilla puhdistamoilla oli saavutettu hyvä tulos BHK₇:n suhteen. Kiintoainetta oli kuitenkin melko runsaasti. Kemiallisten puhdistamoiden käsittelytulos vaihteli suuresti.

Tutkimuksen toisessa vaiheessa seurattiin tarkemmin neljän kemiallisen puhdistamon (5...10 avl) toimintaa. Erityisesti haluttiin selvittää kuormituksen ja lietteen määrän vaikutusta puhdistustehoon. Kerran kuussa otettiin näytteet tulevasta ja lähtevästä vedestä nolla-, normaali- ja huippukuormituksen aikana. Välittömästi ennen kokeen alkua kaikkien puhdistamoiden kaivot tyhjennettiin.

Lähtevän veden BHK₇-arvot olivat suuria. Kolmella puhdistamolla 200...300 mg O₂/l ja yhdellä noin 100 mg O₂/l. Tulos oli sitä huonompi mitä enemmän lietettä puhdistamoon kertyi. Kuormitushuipun (kylpyammeen tyhjennys) vaikutus tuntui selvästi. Heti lietteen tyhjennyksen jälkeen lähtevän veden kiintoainepitoisuus oli 50...100 mg/l. Kuukauden kuluttua lietettä karkasi jälkiselkeytyksestä kuormitushuipun aikana. Kahden kuukauden kuluttua lietettä karkasi jo normaalikuormituksellakin. Kiintoainetta oli 100...400 mg/l.

Lähtevän veden fosforipitoisuus oli parhaimmillaan 4...8 mg/l. Kemikaalin oikea annostus tuotti vaikeuksia kaikilla puhdistamoilla. Lisäksi kahdella puhdistamolla annostelulaite meni rikki neljä kuukautta kestäneen tutkimuksen aikana, vaikka ennen kokeen alkua laitevalmistajat tarkastivat laitosten kunnon.

Taulukko 15. Lähtevän veden analyysituloksia Ruotsista 9 kemiall-
lisen ja 3 biologiselta pienpuhdistamolta (PERSSON 1975)

puhdistamon tyyppi		BHK ₇ mgO ₂ /l	kiintoaine mg/l	kok.P mg/l
kemiallinen	keskiarvo	157	49	6,1
	minimi	37	19	0,13
	maksimi	650	138	20,6
biologinen	minimi	14	44	10,9
	maksimi	34	67	19,9

WERNER (1976) on tutkinut 22 ruotsalaista 1...50 talouden pienpuhdis-
tamoja ja noin 70 saostuskaivoa. Puhdistamoilla tarkastettiin lai-
toksen yleiskunto ja otettiin kertanäyte lähtevästä vedestä. Ana-
lyysitulokset on esitetty taulukossa 16. Pienten 1...2 talouden
puhdistamoiden (kemiallisia suorasaostuslaitoksia) puhdistustulos
oli huono. Pelkällä saostuskaivolla saatiin paremmat BHK₇- ja KHK-
arvot ja sama kiintoainepitoisuus kuin pienpuhdistamolla. Huonon
tuloksen syinä pidettiin suuria kuormitusvaihteluja ja puuteellista
hoitoa. Suuremmat puhdistamot (useimmat biologisia) toimivat yleensä
tydyttävästi.

Taulukko 16. Erityyppisten ruotsalaisten pienpuhdistamoiden lähtevän
veden pötoisuuksien keskiarvoja (WERNER 1976)

puhdistamon tyyppi	laitoksia kpl	BHK ₇ mgO ₂ /l	KHK mgO ₂ /l	kiintoaine mg/l	kok.P mg/l
biologinen					
Flygt	2	119	311	119	
Oxigest	1	16	183	30	
INKA	1	30	88	65	15
biologis-kemiallinen					
Gustavsberg	3	39	124	28	3,3
kemiallinen					
Wallax ₁)	6	131	260	129	10,3
Wallax	1	140	254	39	5,4
Polypur	7	143	263	68	5,3
Gi II	1	310	490	84	24

1) vain pesuvesiä

Ruotsalainen BLOMSTRÖM (1979) on tutkinut kymmenen 50...500 avl pienpuhdistamoita, joissa käsiteltiin erilaisten laitosten, kurssikeskusten ym. jätevesiä. Aktiivilietelaitoksia oli viisi, biologisia suodattimia kaksi ja kiertosuodattimia kolme. Kaikkiin puhdistamoihin sisältyi fosforin jälkisaostus alumiinisulfaattilla. Kutakin puhdistamoita seurattiin kaksi vuorokautta. Näytteenoton yhteydessä mitattiin virtaama. Kuormitus oli 0,17...1,38-kertainen mitoitusvirtaamaan verrattuna. Analyysitulokset on taulukossa 17.

Edellä esitettyihin tutkimuksiin verrattuna tulokset olivat kauttaaltaan hyviä. Pienpuhdistamoilla voidaankin saavuttaa jopa parempi puhdistustulos kuin kunnallisilla puhdistamoilla, jos hoito on kunnolla järjestetty. Erityyppisten puhdistamoiden tuloksissa ei ollut merkittäviä eroja. Liian pienen kemikaaliannostuksen (tai sen puuttumisen) todettiin haitanneen fosforinpoistoa neljällä puhdistamolla. Biologisen osan huonon toiminnan syynä oli ollut häiriö lietteenpalautuksessa tai pohjaveden pääsy viemäriin ja sen aiheuttama hydraulinen ylikuormitus.

Taulukko 17. Lähtevän veden analyysituloksia ruotsalaisilta pienpuhdistamoilta (BLOMSTRÖM 1979)

puhdistamon tyyppi	avl	BHK ₇		mgO ₂ /l KHK		mgO ₂ /l kok.P		mg/l	
		näyte 1	näyte 2	näyte 1	näyte 2	näyte 1	näyte 2	näyte 1	näyte 2
aktiivilietelaitos									
paikalla rakennettu	250	12	12	74	72	6,2	6,8		
Wallax (kem.osa)	70	-	-	44	50	0,4	1,1		
"	50	13	13	55	65	0,7	1,4		
INKA	500	2	1	22	14	0,5	0,5		
"	200	20	19	84	46	0,5	0,2		
biologinen suodatin									
Emendo	200	7	10	30	27	0,1	0,1		
"	120	13	5	28	35	0,3	0,2		
kiertosuodatin									
Gustavsberg	100	33	25	153	110	4,5	1,7		
Rotorsystem	100	54	90	150	180	0,8	6,7		
"	160	10	10	50	40	0,08	0,05		
keskiarvo			19,4		66,5		1,6		
mediaani			13		48		0,5		

Tanskalainen tutkimus (MILJØSTYRELSEN 1977b) käsittelee kuuden erimerkkisen biologisen pienpuhdistamon toimintaa. Jokaista laitosta seurattiin kaksi viiden vuorokauden jaksoa, joiden väli oli noin kaksi viikkoa. Tulevasta ja lähtevästä vedestä otettujen näytteiden analyysitulokset on koottu taulukkoon 18. Puhdistamoissa ei ollut fosforinsaostusta, joten fosforinpoistoa ei juuri tapahtunut.

Puhdistamoista neljä oli aktiivilietelaitoksia käyttökohteina pieni kylä, motelli, vanhainkoti ja oppilaitos. Yksikään puhdistamoista ei toiminut moitteettomasti molemmilla tutkimuskerroilla. Joissakin tapauksissa puhdistumista ei tapahtunut lainkaan. Ongelmana kaikilla laitoksilla oli lietteen karkaaminen jälkiselkeytyksestä. Syyksi todettiin hydraulinen ylikuormitus, rasvaisesta jätevedestä johtuva runsas pintaliete ja ilmastimen rikkoutumisen aiheuttama häiriö biologisessa prosessissa.

Pienin puhdistamoista oli kahden hengen talouden käytössä ollut biologinen suodatin. Tulevasta vedestä ei voitu ottaa näytettä. Puhdistamon teho näyttäisi kuitenkin olevan hyvä, koska lähtevän veden kiintoaine- ja BHK7-arvot olivat verraten alhaisia molemmilla kerroilla. Myös tutkittu kiertosuodatin toimi hyvin molemmilla tutkimuskerroilla. BHK7-reduktiot olivat peräti 95 % ja 99 %. Puhdistamossa käsiteltiin sisäoppilaitoksen jätevedet.

5.37 Y h t e e n v e t o k ä y t t ö k o k e m u k s i s t a

5.371 Kemiallinen suorasaostuslaitos

Kemiallisten suorasaostuslaitosten toiminnassa on havaittu paljon puutteita. Ne ovat yleensä pieniä yhden kiinteistön puhdistamoita. Hoidon laiminlyönti on usein syynä huonoon puhdistustulokseen. Lisäksi toimintavarmuus ei nykyisellään ole riittävä. Kemialliset laitokset ovat toimineet yleisesti ottaen huonommin kuin vastaavankokoiset biologiset pienpuhdistamot.

Ongelmana kemiallisilla puhdistamoilla on nimenomaan kemikaalin syöttö. Kemikaalitäydennys on hoidettava säännöllisesti. Jos säiliö on tyhjillään, prosessin toiminta lakkaa ja puhdistamo toimii vain

Taulukko 18. Analyysituloksia tanskalaisilta pienpuhdistamoilta (MILJØSTYRELSEN 1977 b)

puhdistamo- tyyppi	virtaama		BHK7 mgO ₂ /l		KHK mgO ₂ /l		kok.P mg/l		kiintoaine mg/l	
	m ³ /d	% Q _{mit} :sta	tuleva	lähtevä	tuleva	lähtevä	tuleva	lähtevä	tuleva	lähtevä
aktiivilietelaitos										
Flygt 4291	4,5	82	790	47	1 720	150	43	13	67	
			270	300	480	860	20	32	680	
Flygt 4294	12,0	60	460	340	1 270	1 290	19	29	890	
			270	130	490	310	8	6	230	
Oxigest	6,2	42	185	450	460	760	11	21	530	
			175	34	395	105	12	9	40	
Trix	16,0	160	395	160	700	290	27	17	97	
			275	54	550	79	19	14	20	
biol.suodatin										
Euro-Matic	0,5	30	-	39	-	170	-	25	51	
			-	28	-	110	-	15	34	
kiertosuodatin										
Rotorsystem	8,8	88	850	40	1 570	115	27	17	40	
			150	19	280	54	19	14	9	

läpivirtauskaivona. Annostelulaitteen varma toiminta on ehdoton edellytys hyvän puhdistustuloksen saavuttamiselle. Annostelulaitteissa on kuitenkin esiintynyt erittäin paljon vikoja. Kemiallisen saostuksen tulos riippuu myös pH:sta. Pienpuhdistamoilla ei yleensä ole pH:n säätöä, joten puhdistustulos ei voi olla paras mahdollinen.

Kemiallisten puhdistamoiden tulisi periaatteessa sietää hyvin kuormitusvaihteluja, koska saostuskemikaalin syöttö tapahtuu virtaaman ohjaamana. Todellisuudessa kuormitushuippujen aiheuttama lietteen huuhtoutuminen jälkiselkeytyksestä on tavallisimpia toimintahäiriöitä. Syynä voi olla jälkiselkeytyksen alimitoitus, kemikaalin annostelun puutteista johtuva laskettua suurempi lietemäärä tai saostuskaivojen liian pitkä tyhjennysväli. Tilannetta voitaisiin parantaa suurentamalla allastilavuutta tai rakentamalla erillinen tasausallas.

Kemiallisten suorasaostuslaitosten osalta markkinoilla olevien merkien vaihtuvuus on ollut suuri. Esitetyt tutkimustulokset koskevat paljolti sellaisia puhdistamoita, joita ei enää valmisteta. Merkkien vaihtumisesta huolimatta käytetyt tekniset ratkaisut eivät ole muuttuneet, joten toimivuuskaan ei ole voinut ratkaisevasti parantua. Huonoista käyttökokemuksista huolimatta Suomessa on satoja kemiallisia suorasaostuslaitoksia lähinnä siitä syystä, että ne ovat huomattavasti halvempia kuin biologiset pienpuhdistamot.

5.372 Biologinen suodatin

Suomalaiset Upo Vesipoika- ja Vesimies-suodattimet ovat tavallisesti yhden tai muutaman perheen jätevedenpuhdistamoita. Tosin suodatin sopii muihinkin kohteisiin, sillä suurimman Vesimiehen kapasiteetti riittää 40 henkilön jätevesimäärälle. Vesipoikaa ei enää valmisteta. Sen tavallisimpia toimintahäiriöitä ovat olleet pumpun tai puhaltimen rikkoutuminen ja suodatinpatjojen tukkeutuminen tai jäätyminen. Kaikilta näiltä osiltaan puhdistamon rakennetta on parannettu Vesimiehessä. Siitä puolestaan on toistaiseksi hyvin vähän tutkimustuloksia.

Suodattimet ovat yleensä toimineet tyydyttävästi. Tavallisimmin häiriöt ovat johtuneet em. mekaanisten vikojen ohella hoidon laiminlyönnistä tai ylikuormituksesta. Normaalit päivittäiset kuormitusvaihtelut eivät vaikuta Vesimiehen toimintaan, koska jätevettä kierrätetään suodattimen läpi useita kertoja. Pumpukaivoon varastoidun

jäteveden kierrätys takaa lisäksi mikro-organismien ravinnon saannin, vaikka jäteveden tulo puhdistamoon keskeytyy muutamiksi vuorokausiksi.

Suomalaisten käyttökokemusten perusteella biologisten suodattimien toimivuus on yleisesti ottaen parempi kuin kemiallisten pienpuhdistamoiden. Muissa pohjoismaissa ei ole Vesimestä vastaavaa yleistä biologista pienpuhdistamaa. Siellä suhtaudutaan hyvin varauksellisesti kaikkiin pienpuhdistamoihin, jos on kyse yhden tai muutaman perheen jätevesien käsittelystä, koska puhdistamoiden kunnollista hoitoa ei pystytä varmistamaan.

5.373 Kiertosuodatin

Kiertosuodattimia on Suomessa käytössä vain muutamia, joten kotimaisia tutkimustuloksia ei juuri ole käytettävissä. Ruotsalaiset ja tanskalaiset kokemukset ovat kuitenkin myönteisiä. Huomio kiinnittyy erityisesti toimintavarmuuteen. Eri tutkimuskerroilla puhdistustuloksissa ei ole ollut suuria vaihteluja.

Kiertosuodatin suoriutuu hyvin suuristakin virtaaman ja orgaanisen kuormituksen vaihteluista, jotka usein ovat ongelmana erilaisten majoitusliikkeiden ja lomakeskusten jätevesien käsittelyssä. Hyvän toiminnan edellytyksenä on tietysti, että puhdistamon hoito on kunnolla järjestetty. Prosessiin voidaan liittää fosforin jälkisaostus. Siihen liittyvät kemikaalin annostelun ja pH:n säädön vaikeudet koskevat kiertosuodatinta samoin kuin muitakin puhdistamotyypppejä.

Kiertosuodatin sopii samanlaisiin suurehkoihin kohteisiin kuin aktiivilietelaitos. Tähänastisten käyttökokemusten perusteella kiertosuodatin vaikuttaa varsin kilpailukykyiseltä vaihtoehdolta. Sen toimivuuden arviointi on kuitenkin perustunut huomattavasti vähäisempiin tutkimustuloksiin kuin aktiivilietelaitoksen.

5.374 Aktiivilietelaitos

Aktiivilietelaitoksen tyypillisiä käyttökohteita ovat loma- ja kurssikeskukset, koulut, opistot ja erilaiset laitokset. Hoito on yleensä paremmin järjestetty kuin aivan pienillä yhden perheen puhdistamoilla. Osa aktiivilietelaitoksista toimii moitteettomasti, mutta osalla puhdistustulos on jäänyt huonoksi ainakin ajoittain.

Huonon toiminnan syyt voidaan jakaa kolmeen ryhmään: mekaaniset viat, kemikaalien syötön vaikeudet ja häiriöt biologisessa prosessissa. Tavallisimpia mekaanisia häiriöitä ovat kompressorin, pumpun ja ilmastimien viat, jotka edelleen vaikuttavat biologisen prosessin toimintaan. Kemikaalin oikea annostelu tuottaa vaikeuksia. Sekä yli- että alisyöttö huonontaa puhdistustulosta. Varsinkaan rinnakkaissaostuslaitoksilla ei ole päästy tyydyttävään fosforinpoistoon.

Biologisen prosessin häiriöt ilmenevät usein lietteen karkaamisena jälkiselkeytyksestä. Syynä voi olla hydraulinen ylikuormitus. Viipymä jälkiselkeytyksessä jää niin lyhyeksi, ettei laskeutumista ehdi tapahtua. Toisaalta kuormitushuipun aiheuttama turbulenssi nostaa lietettä pohjasta ja voi aiheuttaa koko lietekannan karkaamisen. Välittömänä vaikutuksena on poistuvan veden erittäin suuret pitoisuudet. Lisäksi lietteen karkaaminen sotkee biologisen prosessin toiminnan pitkäksi aikaa, koska kestää kauan ennen kuin uusi lietekanta ehtii muodostua. Sama ongelma syntyy myös silloin, kun lietekanta on kuollut esimerkiksi myrkyllisten jätevesien tai ilmastuksen häiriön vuoksi.

Lietteen huono laskeutuvuus voi johtua lietteen paisumisesta eli bulking-ilmiöstä. Rihmamaiset bakteerit ja sienet lisääntyvät voimakkaasti. Ne kasvavat kiinni lietepartikkeleihin ja nostavat lietteen ylös. Syynä ilmiöön voi olla esimerkiksi liian alhainen happipitoisuus, korkea hiilihydraattikuormitus ja ravinteiden puute, jäteveden sulfidipitoisuus ja alhainen pH.

Normaaliolosuhteissakin voi esiintyä lietteen huonoa laskeutuvuutta. Ratkaisevia tekijöitä ovat ilmastusaltaan lietepitoisuus ja lieteikä. Niihin puolestaan vaikutetaan palautussuhteen säädöllä

ja poistettavan lietteen määrällä. Kaiken kaikkiaan aktiiviliete-prosessin säätö on sen verran vaikeaa, että puhdistamonhoitajien koulutuksen tulisi olla nykyistä parempi.

5.4 IMEYTYSRATKAISUJEN TOIMIVUUS

5.41 Imeytyksen teoreettiset perusteet

5.411 Yleistä

Imeytys perustuu maaperän kykyyn sitoa itseensä jäteveden sisältämiä lika-aineita. Pääosa puhdistumisesta tapahtuu muutamien ensimmäisten senttimetrien matkalla orgaanisen kiintoaineen suodattuessa jätevedestä. Myöhempi kuljetus maakerroksessa ja pohjavedessä saa aikaan lisäpuhdistumista jossain määrin.

Imeytykseen käytettävän maan on oltava riittävän vettäläpäisevää, jotta siihen ylipäänsä voidaan imeyttää jätevettä. Vedenläpäisevyys määrää tarvittavan imeytyspinta-alan. Toisaalta puhdistuminen on sitä tehokkaampaa mitä hienompi-rakeista maalaji on. Karkeassa maalajissa viipymä ennen pohjaveteen joutumista voi jäädä niin lyhyeksi, ettei riittävää puhdistumista ehdi tapahtua.

5.412 Hydraulinen kapasiteetti

Suodatinmaan hydraulisesta kapasiteetista riippuu, kuinka paljon jätevettä voidaan imeyttää maahan. Jos hydraulinen kapasiteetti ylittyy, vesi tulvii maan pinnalle. Hydraulisen kapasiteetin määrää tavallisesti imeytyskerroksen infiltraatio-kyky. Joissakin tapauksissa voi syvemmällä oleva tiivis maakerros tai pohjavesivaraston pieni vedenjohtokyky olla rajoittavana tekijänä.

Pohjavedenpinnan alapuolella maan kaikki huokokset ovat veden täyttämiä. Vesi liikkuu painovoiman vaikutuksesta

kohti alemmaa energiatasoa. Virtaamanopeus on suoraan verrannollinen hydrauliseen gradienttiin eli virtauskentän tarkastelupisteiden väliseen potentiaalieroon. Yksidimensioiselle virtaukselle tämä Darcyn laki voidaan kirjoittaa seuraavasti (AIRAKSINEN 1978):

$$q = k I \quad (1)$$

q = virtaamanopeus

k = vedenjohtavuus

I = hydraulinen gradientti

Vedenjohtavuus on kullekin maalajille tyypillinen (ks. kohta 5.444). Sen arvo riippuu raakoosta, huokoisuudesta sekä huokosten koosta ja muodosta.

Pohjavedenpinnan yläpuolella olevassa maavesivyöhykkeessä osa huokosista on ilman täyttämiä. Darcyn lakia voidaan soveltaa myös kyllästymättömän vyöhykkeen virtaukseen seuraavassa muodossa (AIRAKSINEN 1978):

$$q = k(c) \nabla \phi \quad (2)$$

q = virtaamanopeus

k = tehokas vedenjohtavuus

c = vesipitoisuus

ϕ = maaveden potentiaali

Kyllästymättömän maan tehokas vedenjohtavuus ei ole vakio, vaan sen arvo riippuu maan vesipitoisuudesta. Maaveden potentiaali muodostuu painovoimapotentiaalista ja matriisipotentiaalista, joka aiheutuu kapillaarivoimista, vesimolekyylien adsorptiosta maarakeiden pintoihin sekä ionien ja maarakeiden pintojen vuorovaikutuksesta.

Veden virtausta maassa nimenomaan imeytystä ajatellen ovat käsitelleet esimerkiksi BOUWER (1970) ja BOUMA (1975). NILSSONIN ja ENGLÖVIN (1979) mukaan vesipitoisuuden vaikutus hydrauliseen johtavuuteen on lyhyesti seuraava. Vesipitoisuuden ollessa alhainen kapillaarivoima on suurimmillaan. Vesi täyttää vain maan pienimmät huokokset. Hydraulinen johtavuus on pieni, koska virtaamanopeus on sitä pienempi, mitä pienemmässä huokosessa vesi liikkuu. Vesipitoisuuden kasvaessa kapillaarivoima pienenee. Vesi syrjäyttää ilman

yhä suuremmistakin huokosista. Virtaamanopeus ja hydraulinen johtavuus kasvavat ja samalla viipymä lyhenee.

Jäteveden imeytys lisää aina huomattavasti maaveden virtaamanopeuksia. Onhan tuleva vesimäärä moninkertainen luonnolliseen verrattuna. Keskimääräinen vuosisadanta Suomessa on 500...750 mm ja vuosihaihdunta 100...500 mm. Hiekka- ja soramailla 30...70 % vuosisadannasta joutuu pohjavedeksi. Moreeni- mailla oletetaan pohjavedeksi joutuvan 10...20 % sadannasta (SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO 1973). Imeytyksessä maahan johdettavat vesimäärät ovat suuruusluokkaa $10...100 \text{ l/m}^2 \text{ d}$, mikä vastaa 10...100 mm/d (NILSSON & ENGLÖV 1979).

Imeytys merkitsee aina myös maan vesipitoisuuden nousua. Samalla ilman täyttämä huokostilavuus pienenee. Happi kulkeutuu maahan pääasiassa diffuusiona näissä ilman täyttämässä huokosissa. Diffuusio estyy miltei kokonaan, jos ilmamäärä laskee alle kymmenen tilavuusprosentin. Tämä johtuu siitä, että vesi eristää ilman täyttämät huokokset toisistaan ja hapen diffuusio vedessä on noin kymmenestuhannesosa hapen diffuusiosta ilmassa (MILJØSTYRELSEN 1979).

Imeytyksen alkaessa maahan voidaan johtaa suuriakin vesimääriä, mutta varsin pian hydraulinen johtavuus laskee alkuperäiseen verrattuna suhteellisen alhaiselle tasolle suodatinmaan tukkeutumisen vuoksi. Tukkeutumismekanismeja ja siihen vaikuttavia tekijöitä ovat tutkineet esimerkiksi DE VRIES (1972) ja KRISTIANSSEN (1978). LINDBAKIN (1978) mukaan kriittinen kohta on imeytysputkia ympäröivän soran ja varsinaisen suodatinmaan välinen rajapinta. Aluksi siihen kertyy kiintoainetta. Huokokset pienenevät ja infiltraatiokyky laskee. Vähitellen rajapintaan kerääntyy orgaanista ainetta hajottavia mikrobeja, jotka tukkivat suodatinmaan yhä pahemmin. Tukkeutumisenopeus riippuu ennen kaikkea hydraulisesta kuormituksesta ja orgaanisen aineen määrästä. Tasapaino saavutetaan yleensä 100...200 vuorokauden kuluessa. Tällöin mikrobin määrä asettuu sellaiselle tasolle, että orgaanista ainetta hajoaa suunnilleen yhtä paljon kuin uutta tulee tilalle.

5.413 Puhdistumisprosessi

5.413.1 Orgaaninen aine

Jäteveden sisältämä orgaaninen aine voi olla joko suspendoitunutta tai liuennutta. Bakteerit hajottavat sen yksinkertaisiksi orgaaniksi ja epäorgaaniksi yhdisteiksi. Hajoaminen tapahtuu sekä aerobisissa että anaerobisissa olosuhteissa. Anaerobi hajoaminen kestää noin 20 kertaa kauemmin kuin aerobi. Myös hajoamisen lopputuotteet ovat erilaisia (STADSHAUG 1976):

- aerobi hajoaminen: CO_2 , NO_3^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , H_2O ja bakteerisoluja
- anaerobi hajoaminen: CH_4 , NH_4^+ , PO_4^{3-} , H_2S , H_2O ja bakteerisoluja

Jäteveden imeytyminen muuttaa maassa elävien mikrobien ympäristöolosuhteita ennen kaikkea lisäämällä veden ja ravinnon määrää. Siksi maahan muodostuu uusi, luonnontilaisesta selvästi poikkeava mikrobiyhteisö. Seuraavassa kuvataan NILSSONIN ja ENGLÖVIN (1979) mukaan tärkeimmät organismiryhmät, jotka ovat:

- bakteerit (Schizomycetes)
- sienet (Mycophyta)
- alkueläimet (Protozoa)
- lieriömadot (Nemathelminthes)

Bakteerit ovat noin mikrometrin suuruusluokkaa olevia organismeja. Ne saavat jäteveden sisältämästä orgaanisesta aineesta sekä tarvitsemansa energian että solurakennuksen raaka-aineet. Lajikoostumus riippuu jäteveden lika-aineiden laadusta. Bakteerien aineenvaihdunta ja lisääntyminen on nopeaa. Siksi ne ovat sekä kokonaisbiomassaltaan että lajimäärältään vallitseva organismiryhmä. Lyhyen generaatioajan ansiosta bakteerikanta sopeutuu nopeasti uusiin olosuhteisiin.

Sienet elävät jäteveden orgaanisella aineella kuten bakteerikin. Alhainen pH ja pieni happipitoisuus suosivat sieniä. Ne voivat muodostaa merkittävän osan organismiyhteisöstä anaerobisissa olosuhteissa. Orgaanisen aineen hajotuksessa sienten merkitys lienee kuitenkin vähäinen ainakin aerobisissa olosuhteissa.

Alkueläimet ovat yksisoluisia eläimiä, joiden koko vaihtelee 10...500 μm . Ne jaetaan kolmeen ryhmään, juurijalkaisiin, siimaeläimiin ja ripsieläimiin. Juurijalkaiset liikkuvat protoplasman liikkeiden avulla. Muuttuvan ruumiin muodon ansiosta ne voivat tunkeutua hyvinkin pieniin huokosiin. Juurijalkaiset samoin kuin siimaeläimetkin syövät kuollutta orgaanista ainetta tai bakteereja. Siimaeläimet liikkuvat yhden tai useamman pitkän siiman eli flagellan avulla. Ripsieläimissä puolestaan on paljon pieniä värekarvoja, joita ne käyttävät ravinnon pyydystämiseen ja liikkumiseen. Ripsieläimet syövät pääasiassa bakteereja. Toiset lajit uivat vapaasti vedessä, toiset kiinnittyvät lieteflokkien pintaan.

Kaikki alkueläimet vaativat happea. Täyden aktiviteetin saavuttamiseksi pitoisuuden tulee olla noin 3 mg O_2/l , joskin ne pysyvät hengissä vielä pitoisuuden ollessa 0,2...0,5 mg O_2/l . Alkueläinryhmien väliset suhteet kuvaavat hajoamisprosessin vaihetta. Aluksi juurijalkaiset ja siimaeläimet ovat vallitsevia bakteerien ohella. Seuraavaksi ilmestyvät vapaasti uivat ripsieläimet, jotka syövät irrallaan uivia bakteereja. Hajoamisen loppuvaiheessa bakteerit muodostavat flokkeja ja samalla niiden pintaan kiinnittyvät ripsieläimet lisääntyvät.

Lieriömadot ovat alkeellisimpia monisoluisia eläimiä. Niihin kuuluvat esimerkiksi rataseläimet ja sukkulamadot. Rataseläimet ovat suurimmillaan yli millimetrin mittaisia, sukkulamadot useita millimetrejä. Ne lisääntyvät suvullisesti ja generaatioaika on pitkä edellisiin organismiryhmiin verrattuna. Lieriömadot vaativat aerobisen ympäristön. Niitä esiintyy yleensä hajoamisprosessin loppuvaiheessa. Ravintona ovat lähinnä bakteerit ja alkueläimet.

Aerobisissa olosuhteissa maan mikrobikanta on monipuolinen. Bakteereiden ohella on alkueläimiä ja lieriömatoja ja lisäksi voi esiintyä näitä syöviä suurempia eläimiä. Sen sijaan anaerobisissa olosuhteissa eläimet puuttuvat ja mikrobikanta koostuu miltei yksinomaan bakteereista. STADSHAUGIN (1976) mukaan bakteereja syövät eläimet ovat kuitenkin tärkeitä, koska muuten suuret bakteerimäärät tukkivat suodatinmaan huokokset.

5.413.2 Patogeeniset organismit

Jäteveden sisältämät patogeeniset organismit ovat bakteereja, viruksia tai eläinparasiitteja. Pohjaveteen saakka kulkeutuvien organismien määrä riippuu siitä, kuinka hyvin ne pidättyvät maahan ja mikä on niiden elinaika maassa.

Suurin osa bakteereista pidättyy maahan ensimmäisten senttimetrien matkalla. Pidättyminen on sitä tehokkaampaa mitä hienompirakeista maalaji on (MILJØSTYRELSEN 1977 a). KRISTIANSENIN (1978) mukaan tärkein pidättymistä edistävä tekijä on suodattimeen kertyvä orgaaninen ja epäorgaaninen aine. Pidättyminen tapahtuu osaksi suodattamalla ja osaksi adsorboitumalla maahiukkasten pinnalle. Bakteerien elinaika maassa vaihtelee lajista riippuen. Jotkut elävät vain muutamia minuutteja, joidenkin lajien itiöt jopa vuosia (MILJØSTYRELSEN 1979). Elinaika riippuu myös ulkoisista tekijöistä kuten kosteus, lämpötila, pH ja orgaanisen aineen määrä (GERBA et al. 1975).

Edeillä mainitut tekijät vaikuttavat myös virusten elinaikaan maassa. Viruksia on tutkittu huomattavasti vähemmän kuin bakteereja. Niiden elinajasta ollaan epävarmoja. Useat tutkimukset kuitenkin osoittavat niiden kuolevan ennen suolistobakteereja (KRISTIANSEN 1978). Pienen kokonsa vuoksi virukset eivät juurikaan pidäty suodattamalla. Sen sijaan ne adsorboituvat yleensä hyvin maahiukkasten pinnalle. BITTONIN (1975) mukaan esimerkiksi maan rakenne, virtausnopeus, pH ja orgaanisen aineen määrä vaikuttavat virustyyppin ohella adsorptioon. SCHEUERMAN et al. (1979) ovat todenneet humuksen häiritsevän virusten adsorboitumista.

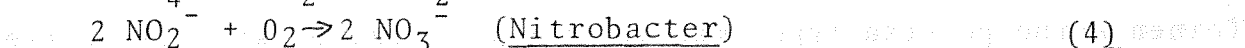
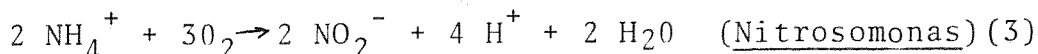
Useat eläinparasiitit kuolevat maassa nopeammin kuin suolistobakteerit (KRISTIANSEN 1978). Elinaika riippuu ennen kaikkea lämpötilasta ja happipitoisuudesta. Madonmunat ovat kuitenkin erittäin kestäviä. Ne voivat säilyä elinkykyisinä useita vuosia. Eläinparasiiteista ei kuitenkaan yleensä ole vaaraa. Ne ovat bakteereihin ja viruksiin verrattuna suurikokoisia ja suodattuvat jätevedestä jo ensimmäisten senttimetrien matkalla (MILJØSTYRELSEN 1977a, 1979).

Patogeenisten organismien elinaika ja kulkeutuminen maassa vaihtelevat suuresti organismityypistä ja maaperästä riippuen. Bakteereja ja viruksia pääsee pohjaveteen saakka, vaikka suurin osa niistä pidättyykin suodatinkerrokseen. Tärkeää on, että niiden määrä on vähentynyt ennen vedenottamon joutumista niin alhaiselle tasolle, että hygieenistä vaaraa ei ole. Yleensä 2...3 kuukauden viipymää pidetään riittävänä (LINDBAK 1978, MILJØSTYRELSEN 1979).

5.413.3 Typpi

Jäteveden sisältämien orgaanisten typpiyhdisteiden mineralisaatio alkaa saostuskaivossa. Sieltä lähtevässä jätevedessä pääosa (noin 75 %) typestä on jo ammoniummuodossa lopun ollessa edelleen erilaisina orgaanisina yhdisteinä. Maassa tapahtuvat reaktiot riippuvat ratkaisevasti redox-potentiaalista (NILSSON & ENGLÖV 1979).

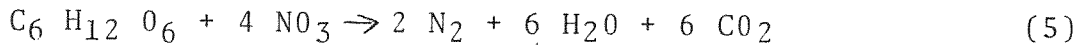
Aerobisissa olosuhteissa tietyt bakteerit hapettavat ammoniumtyyppiä nitriitiksi ja edelleen nitraatiksi:



Jos happea on riittävästi, tämä nitrifikaatio on erittäin nopea. Hapettuminen tapahtuu muutamassa tunnissa ensimmäisten senttimetrin matkalla. Jos olosuhteet ovat anaerobiset, nitrifikaatiota ei tapahdu lainkaan. Typpi jää ammoniummuotoon.

Nitraatti on hyvin helppoliukoinen. Se ei pidäty maakerrokseen, vaan kulkeutuu pohjaveteen. Ammoniumtyppi sen sijaan voi sitoutua negatiivisiin maapartikkeleihin (savi- ja humuskolloidit). Maa kuitenkin kyllästyy melko pian ammoniumioneilla. Lisäksi ne hapettuvat nopeasti takaisin nitraatiksi, jos ympäristö muuttuu aerobiseksi. Näin ollen nitraatti- ja ammoniumtyyppi suhteesta voidaan päätellä, millainen on suodatintilanne.

Typpi voidaan saada poistettua maasta denitrifikaation avulla. Anaerobisissa olosuhteissa monet orgaanista ainetta hajottavat bakteerit, kuten Pseudomonas ja Bacillus, kykenevät käyttämään hapen sijasta nitraattia:



ALEXANDERIN (1977) mukaan denitrifikaationopeus riippuu lämpötilasta ja pH:sta. Reaktio on hyvin hidas pH:n ollessa alle 5,5 tai lämpötilan alle 10°C, ja lakkaa käytännöllisesti katsoen kokonaan 2°C lämpötilassa. Lopputuotteena saadaan lähinnä typpi-kaasua (N₂) pH:n ollessa yli 6,0. N₂O ja NO puolestaan ovat vallitsevia pienemmillä pH-arvoilla.

Jäteveden imeytyksen pitää täyttää seuraavat kolme edellytystä, ennen kuin denitrifikaatio voi tapahtua (LANCE 1975):

- Ammoniumionien pitää ensin hapettua nitraatiksi.
- Nitraatin pitää sen jälkeen joutua hapettomaan vyöhykkeeseen.
- Hapettomassa vyöhykkeessä pitää olla orgaanista hiiltä denitrifikaatiobakteerien energian lähteeksi.

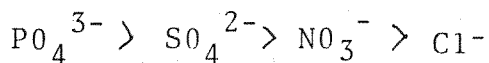
Toinen keino poistaa typpi maasta on sen sitominen kasvillisuuteen. Kasvit voivat ottaa typen sekä ammonium- että nitraatti-ioneina. (SKAARER 1976 a). Typen väheneminen on kuitenkin pysyvää vain, jos kasvillisuus poistetaan ennen kuin muodostunut orgaaninen aine alkaa hajota ja sitoutuneet ravinteet joutuvat mineralisaation kautta takaisin maahan.

Kaiken kaikkiaan typen kulkeutumista pohjaveteen on vaikea kokonaan estää. Ammoniumionit pidättyvät maahan jossain määrin, eivät kuitenkaan pysyvästi. Nitraatti puolestaan on erittäin helppoliukoinen. Typen poistaminen denitrifikaation avulla olisi periaatteessa mahdollista, mutta sen edellyttämä aerobisen ja anaerobisen tilan vaihtelu on vaikea kontrolloidusti järjestää.

5.413.4 Fosfori

Jäteveden sisältämä fosfori on pääasiassa epäorgaanisina ortofosfaatteina. Tavallisesti fosfori sitoutuu maahan nopeasti ja voimakkaasti, joten pohjaveden fosforipitoisuus on harvoin yli 0,01 mg P/l.

Fosforipitoisuuden ollessa pieni fosfaatti-ionit adsorboituvat rauta-, alumiini- ja kalsiumpitoisten mineraalien pinnalle. Adsorboituneen fosforin ja liuoksen fosforipitoisuuden suhdetta voidaan kuvata ns. Langmuirin adsorptiotermillä. Sitoutuminen savihiukkasten pinnalle voi tapahtua myös ioninvaihtoreaktiona. Maassa tavallisesti esiintyvien ionien osalta sidoksen voimakkuus heikkenee seuraavasti:



Ioninvaihtojärjestysriippuu tämän lisäksi myös pH:sta ja ionikonsentraatioista.

Fosfaattipitoisuuden ollessa suuri maahan voi pidäytyä enemmän fosforia kuin Langmuirin isotermi osoittaa. Tämä johtuu siitä, että fosfori alkaa saostua niukkaliukoisina fosfaatteina. Tärkeimmät fosfaattiyhdisteet ovat:

- rautafosfaatti (FePO₄ · 2 H₂O)
- alumiinifosfaatti (AlPO₄ · 2 H₂O)
- kalsiumfosfaatit (CaH (PO₄) · 2 H₂O, Ca₄ H(PO₄)₃ · 3 H₂O ja Ca₁₀ (PO₄)₆ (OH)₂)

Eri fosfaattiyhdisteiden muodostuminen riippuu pH:sta ja fosfaattipitoisuudesta. Happamissa maalajeissa fosfori sitoutuu lähinnä rautaan ja alumiiniin. Emäksisissä maalajeissa kalsiumfosfaatit ovat yleisimpiä (NILSSON & ENGLÖV 1979). Esimerkiksi ENFIELD ja BLEDSOE (1975) sekä SCHEFFER ja SCHACHTSCHABEL (1976) ovat käsitelleet yksityiskohtaisemmin fosforin reaktioita maassa.

Fosfori samoin kuin typpikin on kasvinravinne ja voi siten poistua maasta kasvillisuuden välityksellä. Kasvit ottavat fosforin ortofosfaatteina (H_2PO_4^- ja HPO_4^{2-}) (SKAARER 1976a).

Jäteveden sisältämä fosfori pidättyy siis maahan erittäin tehokkaasti adsorboitumalla maahiukkasten pinnalle ja muodostamalla niukkaliukoisia fosfaatteja. Näin ollen ei yleensä ole vaaraa, että imeytys lisääisi pohjaveden fosforipitoisuutta.

5.42 Imeytysratkaisujen rakenne ja mitoitus

5.421 Yleistä

Seuraavassa esitetään imeytysratkaisujen mitoitus pääasiassa norjalaisien ohjeiden mukaan, koska sikäläiset ohjeet ovat yksityiskohtaisimmat. Muista pohjoismaista sekä Yhdysvalloista ja Kanadasta esitetään tietoja vain sikäli, kun ne poikkeavat norjalaisista. Suomalaisia ohjeita käsitellään erikseen kohdassa 5.427. Norjalaiset ohjeet pätevät seitsemän talouden yksiköihin saakka. Suuremmille kohteille ei ole toistaiseksi ohjeita. Mainittakoon vielä, että sekä norjalaisia että ruotsalaisia ohjeita uudistetaan parhaillaan.

Tiedot on koottu seuraavista julkaisuista:

- Norja: "Kloakkutslipp fra spredt bolig- og fritidsbebyggelse" (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)
- Ruotsi: "Vattenskyddsfrågor vid fritidsbebyggelse" ja "Små avloppsanläggningar" (STATENS NATURVÅRDSVERK 1971, 1974 a)
- Tanska: "Kloakmesterarbejde. Kompendium til kursus for kloakmestre" (TEKNOLOGISK INSTITUT BYGGETEKNIK 1979)
- Kanada: "Septic tank systems" (ONTARIO DEPARTMENT OF HEALTH 1975).

Norjassa imeytysratkaisujen mitoituksessa erotetaan neljä kuormitusryhmää:

- vakinainen asunto, jossa on vesikäymälä
- vakinainen asunto ilman vesikäymälää
- loma-asunto, jossa on vesikäymälä
- loma-asuntoa ilman vesikäymälää

Jos loma-asunnon käyttöaika on yli 90 vuorokautta vuodessa, mitoitus suoritetaan kuten vakinaisella asunnolla. Käytävissä olevat menetelmät ovat imeytysojasto, imeytyskaivo, imeytyskenttä ja maasuodatin. Imeytyskaivoon ja imeytyskenttään ei saa johtaa käymäläjätevesiä. Imeytyskenttää voi käyttää vain kesällä.

Suunniteltaessa jäteveden imeyttämistä maahan on selvitettävä vettäjohtavan maakerroksen laajuus ja vedenläpäisevyys sekä pohjaveden syvyys. Jos imeytys aivan ilmeisesti on mahdollista, vedenläpäisevyys arvioidaan silmämääräisesti. Edellytyksenä on, että maakerroksen paksuus ja laajuus on suhteellisen hyvin tunnettu ja että maalaji on karkeaa hiekkaa tai soraa (keskiläpimitta 0,6...20 mm). Muussa tapauksessa tarvitaan imeytystutkimus, joka muodostuu rakeisuustutkimuksesta ja imeytyskokeesta (ks. kohta 5.461). Imeytyskoe suoritetaan vain, jos epäillään, että syvemmillä on tiivis, huonosti vettäjohtava kerros. Mitoitus tapahtuu maalajin rakeisuuden perusteella.

Imeytysojaston sijoituksessa noudatetaan seuraavia suojaetäisyyksiä:

- alapuoliseen vesistöön 10 m
- tiehen 15 m
- tontin rajalle 10 m
- alapuoliseen kaivoon 100 m, jos tutkimuksin ei osoiteta, että etäisyyttä voidaan pienentää

Jos imeytysojastoon ei johdeta käymäläjätevesiä, riittää etäisyydeksi tiehen 10 m ja tontin rajalle 7 m. Näitä pienennettyjä suojaetäisyyksiä käytetään myös imeytyskaivon, imeytyskentän ja maasuodattimen sijoituksessa.

Vettäjohtavan kerroksen tulee ulottua vähintään 1,0 m imeytys-
ojan tai -kaivon pohjan alapuolelle. Pohjavedenpinnan pitää
kaikkina vuodenaikoina olla ojan tai kaivon pohjan alapuolella.
Mikäli mahdollista etäisyyden on oltava vähintään 0,5 m. Maasuoda-
tinta käytetään, jos maakerroksen vedenläpäisevyys tai laajuus
ei ole riittävä imeytysojastoa ajatellen. Pohjavedenpinnan
tulee aina olla maasuodattimen pohjan alapuolella. Suositeltava
minimietäisyys on 0,2 m. Imeytyskenttänä käytettävän maakerroksen
paksuuden on oltava vähintään 0,5 m.

Ruotsissa imeytysojaston on oltava vähintään 50 m etäisyydellä
kaivosta, mikäli ei ole ilmeistä, että jätevesi ei voi vaikuttaa
kaivon veden laatuun. Vähimmäisetäisyys vesistöön on 25 m ja
lähimpään asuinrakennukseen 20 m. Tanskassa on tiukimmat määräykset
suojaetäisyyksien suhteen. Etäisyyden kaivoon on oltava 300 m,
jos pohjaveden virtaussuuntaa ei tunneta, ja joka tapauksessa
vähintään 75 m. Ylimmän pohjavedenpinnan tulee olla 2,5 m syvyy-
dellä imeytysojan pohjasta. Taulukossa 19 on yhteenveto eri
maissa noudatettavista suojaetäisyyksistä.

Taulukko 19. Imeytysojaston suojaetäisyydet eri maissa

	Norja	Ruotsi	Tanska	Kanada
kaivoon	100 m	50 m	300 m	30 m
ylimpään pohja- veden pintaan	0,5 m	1 m	2,5 m	0,9 m
vesistöön	10 m	25 m	25 m	15 m
asuinrakennukseen		20 m	5 m	8 m
tontin rajalle	10 m		5 m	3 m
tiehen	15 m		25 m	

Kaikkia imeytysratkaisuja edeltää saostuskaivo. Taulukossa 20
on esitetty vaadittu kaivojen lukumäärä ja kokonaistilavuus eri
kuormitusryhmissä. Saostuskaivoja koskevia muita määräyksiä käsi-
tellään tarkemmin kohdassa 5.51. Saostuskaivosta lähtevän putken
on oltava tiivis ja halkaisijaltaan vähintään 100 mm. Jos kaivosta
lähtee useampia putkia, on kaikkien lähdettävä samalta korkeudelta.

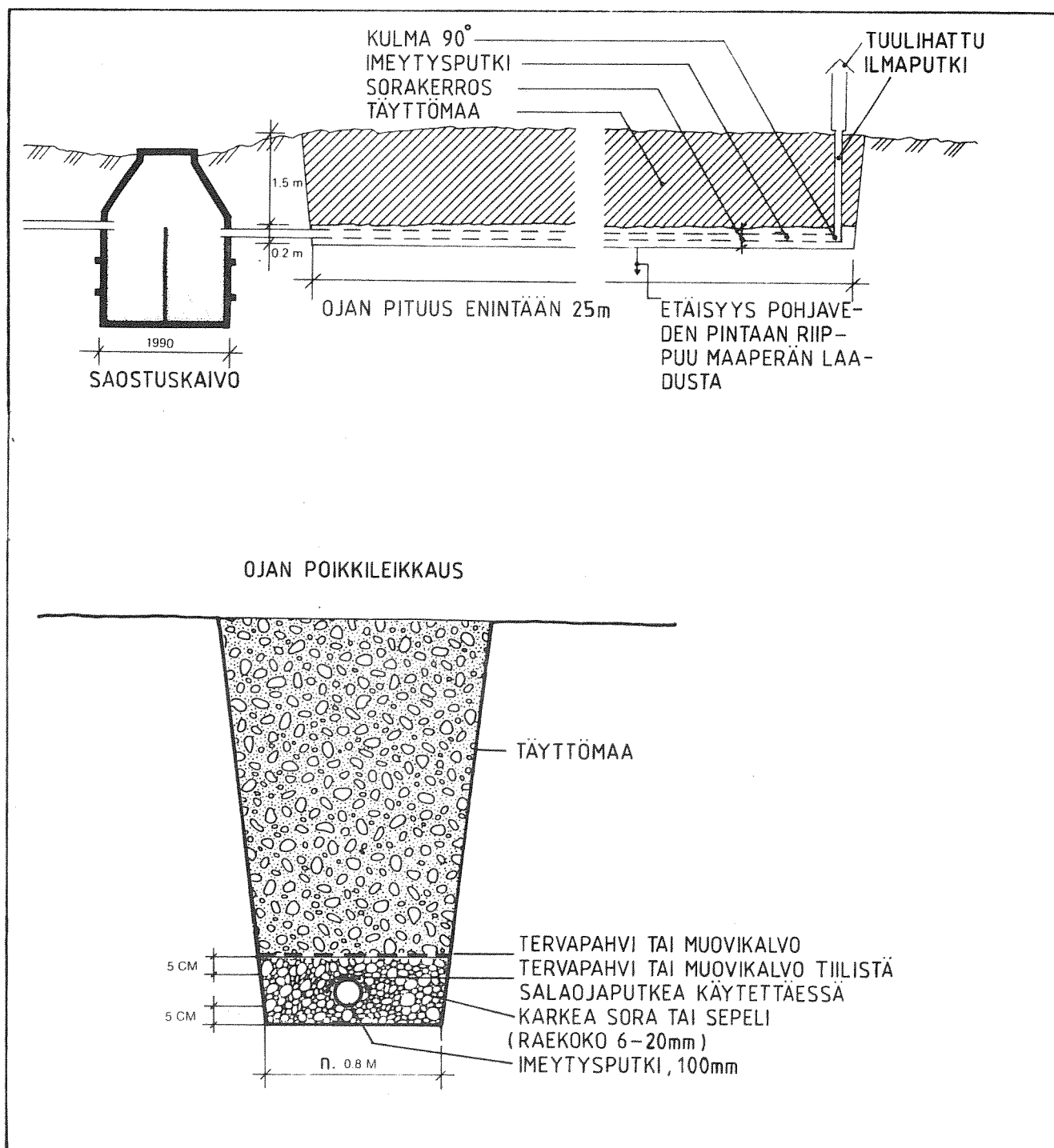
Taulukko 20. Saostuskaivojen lukumäärän ja kokonaistilavuuden vähimmäisvaatimukset Norjassa (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)

kuormitusryhmä	talouksien lukumäärä	kaivojen lukumäärä	vesitilavuus yhteensä m ³
1. vakinainen asunto, jossa on vesikäymälä	1	3	4,0
	2		7,0
	3		9,5
	4		12,0
	5		14,0
	6		15,5
	7		16,5
2. vakinainen asunto ilman vesikäymälää ja	1	2	2,0
	2		3,5
	3		4,7
3. loma-asunto, jossa on vesikäymälä	4		6,0
	5		6,9
	6		7,8
	7		8,4
4. loma-asunto ilman vesikäymälää	1	2	1,0
	2		1,7
	3		2,3
	4		3,0
	5		3,5
	6		3,9
	7		4,2

5.422 Imeytysojasto

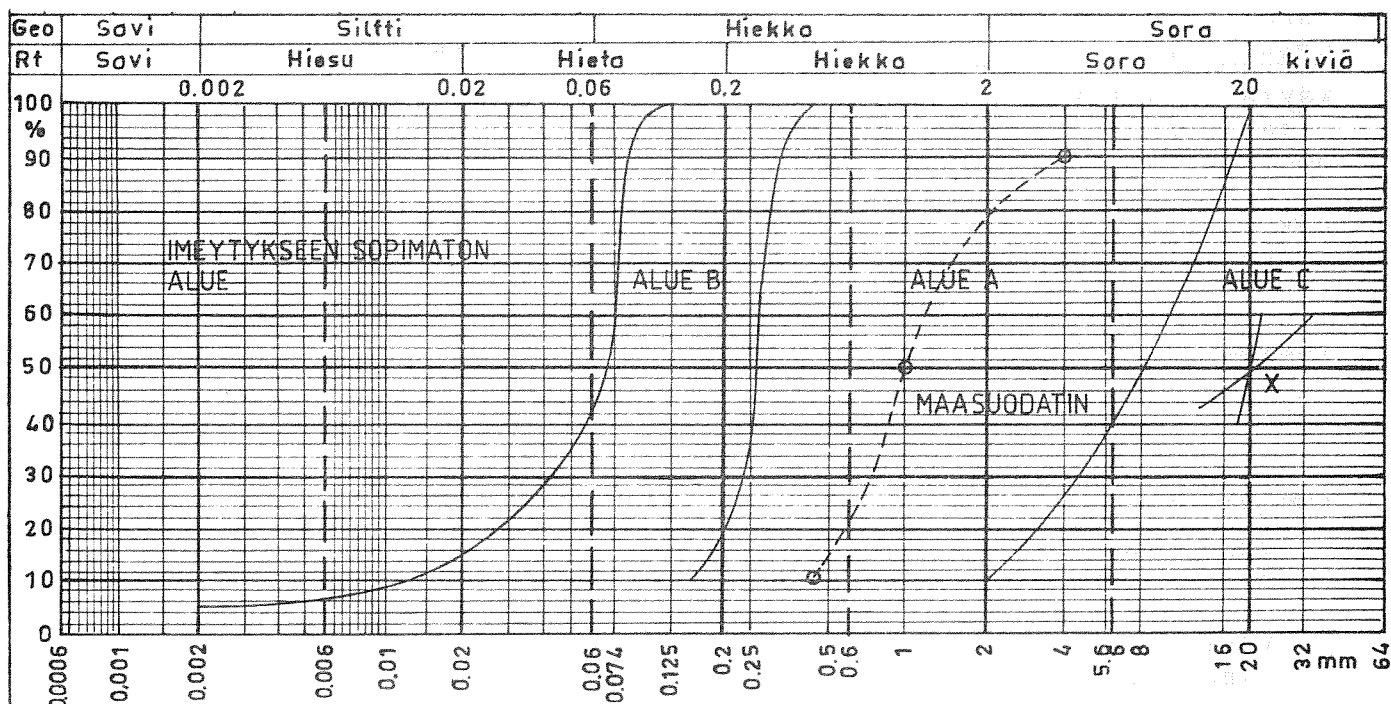
Imeytysojaston rakenne on esitetty kuvassa 19. Yhden ojan pituus ei saa olla yli 25 m. Käytettäessä useampia ojia ne sijoitetaan yhdensuuntaisiksi ja putkien välin on oltava vähintään 2 m. Putket asetetaan noin 2 ‰ kaltevuuteen. Kaltevuus ei saa olla yli 5 ‰. Putket sijoitetaan roudattomaan syvyyteen. Käyttämällä lämpöeristystä asennussyvyyttä voidaan pienentää.

Imeytysputkena käytetään halkaisijaltaan vähintään 100 mm salaojaputkea tai reiätettyä muoviputkea. Tiilistä salaojaputkea käytettäessä reiät peitetään putken yläpuolelta muovikalvolla tai tervapahvilla. Välittömästi putkien ympärillä on karkeaa soraa tai sepeliä. Kerroksen tulee ulottua vähintään 5 cm putkien yläpuolelle. Sorakerroksen päälle asetetaan muovikalvo tai tervapahvi ja kaivanto täytetään. Imeytysputki päättyy ilmaputkeen, jonka halkaisija on vähintään 100 mm. Putken tulee ulottua 50 cm maanpinnan yläpuolelle.



Kuva 19. Norjalainen imeytysojasto (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977, LINDBAK 1978)

Imeytysojasto mitoitetaan maan rakeisuuden perusteella. Jos seulontakokeessa saatu rakeisuuskäyrä jossakin kohdassa menee kuvan 20 diagrammissa alueen B vasemmalle puolelle, maalaji on liian hienoa imeytystä ajatellen. Jos käyrä menee alueelle C, on lisätutkimuksin selvitettävä maaperän sopivuus imeytukseen (maakerroksen laajuus ja paksuus sekä pohjaveden käyttö alueella). Keskilämpimittia ei kuitenkaan saa olla yli 20 mm (piste x).



Kuva 20. Imeytysojaston mitoituksessa käytettävä rakeisuus-käyrädiagrammi (MILJØVERNEPARTEMENTET 1975)

Tarvittava ojan pituus kussakin kuormitusryhmässä saadaan taulukoista 21 ja 22. Imeytysojaston vaatima pinta-ala voidaan lukea kuvasta 21. Pinta-alaan sisältyy aluevaraus toista ojastoa varten. Ojat oletetaan tehtävän yhtä pitkiiksi. Yhden ojan pituus on korkeintaan 25 m.

Esimerkki:

On mitoitettava yhteinen imeytysojasto kahdelle lomaa-asunnolle, joissa on vesikäymälä.

Jos rakeisuuskäyrä on alueella A, saadaan tarvittavaksi

ojan pituudeksi taulukoista 21 ja 22:

$$2 (20 \cdot 0,5) \text{ m} = 20 \text{ m}$$

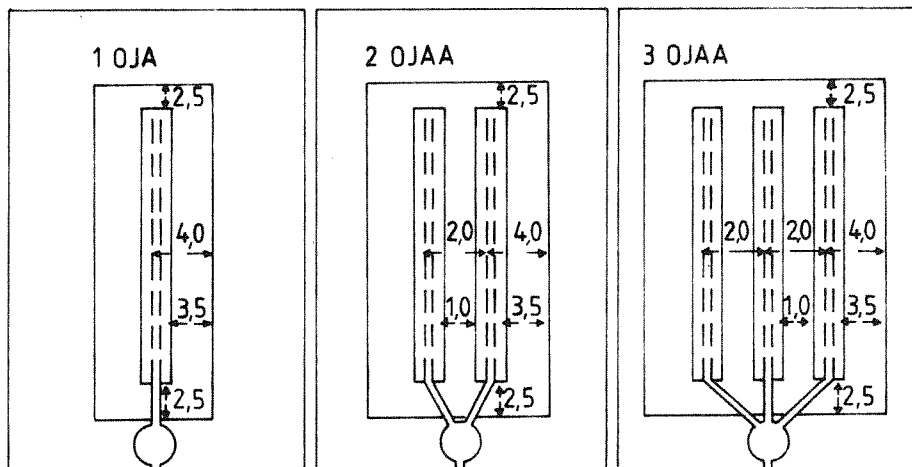
Vastaava pinta-ala on kuvan 21 perusteella 400 m^2 , jos rakennetaan yksi 20 m pitkä oja. Pinta-alaksi riittää 280 m^2 , jos tehdään 3 ojaa kukin 6,6 m.

Taulukko 21. Maalajin rakeisuuden perusteella määrättävä tarvittava imeytysojan pituus (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)

rakeisuuskäyrän sijainti kuvassa 20	ojan pituus/talous kuormitusryhmässä 1
käyrä on kokonaan alueiden A ja B välisen rajan oikealla puolella	20 m
käyrä on kokonaan tai osittain alueella B	40 m

Taulukko 22. Reduktiokerroin imeytysojan pituuden määrittämiseksi eri kuormitusryhmissä (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)

kuormitusryhmä	reduktiokerroin
1. vakinainen asunto, jossa on vesikäymälä	1,0
2. vakinainen asunto ilman vesikäymälää	0,7
3. loma-asunto, jossa on vesikäymälä	0,5
4. loma-asunto ilman vesikäymälää	0,25



L = tarvittava ojien kokonaispituus (m). N1 = pinta-alaa A1 vastaava ojien lukumäärä, pienin mahdollinen ojien määrä. A1 = vastaava pinta-ala (m²). N2 = pinta-alaa A2 vastaava ojien lukumäärä. A2 = vastaava pinta-ala (m²), pienin mahdollinen pinta-ala.

L	N1	A1	N2	A2	L	N1	A1	N2	A2
5	1	160	2	150	70	3	680	6	600
10	1	240	2	200	80	4	700	7	657
14	1	304	3	232	84	4	728	7	680
15	1	320	3	240	98	4	826	8	759
20	1	400	3	280	100	4	840	8	770
25	1	480	4	315	112	5	877	8	836
28	2	380	4	336	120	5	928	8	880
30	2	400	4	350	140	6	1 020	9	987
35	2	450	5	384	160	7	1 114	10	1 092
40	2	500	5	416	168	7	1 160	10	1 134
42	2	520	5	429	196	8	1 298	11	1 276
50	2	600	5	480	200	8	1 320	11	1 298
56	3	568	6	516	240	10	1 508	12	1 500
60	3	600	6	540	280	12	1 700	13	1 699

Kuva 21. Imeytysojien sijoitus ja ojaston vaatima pinta-ala sisältäen aluevarauksen toista ojastoa varten. Yhden ojan pituus korkeintaan 25 m (MILJÖVERNDEPARTEMENTET 1975)

Ruotsissa imeytysojasto mitoitetaan saman rakeisuuskäyrädiagrammin avulla kuin Norjassa, kuva 20. Jos rakeisuuskäyrä on kokonaan alueella A, tarvittava putkipituus on 3,5 m henkilöä kohti. Jos käyrä menee kokonaan tai osittain alueelle B, putkipituus on 7 m henkilöä kohti. Imeytysojasto

mitoitetaan kuitenkin vähintään neljälle henkilölle. Yhden ojan pituus ei saa olla yli 21 m. Loma-asunnolla, jonka vedenkulutus on alle 30 l vuorokaudessa, tarvittava putkipituus on 2...10 m taloutta kohti maaperästä riippuen.

Tanskassa vaadittava imeytyspinta-ala lasketaan kaavalla:

$$A = a + 10 \cdot p \cdot \frac{Q}{k} \cdot m^2 \quad (6)$$

$a = 4 \text{ m}^2$ (50 henkilöön saakka)

$p =$ henkilömäärä

$Q =$ vedenkulutus $\text{m}^3/\text{s} \cdot p$

$k =$ maaperän vedenjohtavuus

Esimerkiksi jos vedenkulutus on noin 175 l/p.d, saadaan maaperän ollessa

- soraa tai karkeaa hiekkaa: $A = (4 + 0,02 \cdot p) \text{ m}^2$

- keskikarkeaa tai hienoa hiekkaa: $A = (4 + 0,2 \cdot p) \text{ m}^2$

- silttiä (tai savea): $A = (4 + 2 \cdot p) \text{ m}^2$

Vastaava ojan pituus saadaan laskemalla ojan leveydeksi 0,5 m.

Kaavalla 6 voidaan laskea imeytysojaston vaatima pinta-ala myös silloin, kun on kyse erilaisten majoitusliikkeiden, koulujen ym. jätevesien käsittelystä. Laskennallinen henkilöluku määrätään taulukon 23 avulla.

Amerikkalainen imeytysojasto poikkeaa vain vähän pohjoismaissa käytetystä. Putkina on yleensä käytetty tiilistä salaojaputkea. Sorakerros tehdään jonkin verran paksummaksi kuin pohjoismaissa ja ilmaputkea ei käytetä. Imeytysojan pituus on 3...23 m henkilöä kohti maaperästä riippuen. Kokonaispituus ei kuitenkaan saa olla alle 15 m.

Taulukko 23. Laskennallisen henkilöluvun määrittäminen imeytys-
ojaston mitoitus- ja varten tanskalaisten ohjeiden mukaan
(TEKNOLOGISK INSTITUT BYGGETEKNIK 1979)

kohde	laskenta- yksikkö	laskennallinen henkilöluku
hotelli	vuodepaikka	1
leirintäalue	paikka	1
ravintola	paikka	1/2
tehdas	työntekijä/työvuoro	1/2
toimisto	työntekijä	1/3
koulu	oppilaspaiikka	1/3
kesäravintola	paikka	1/10
yhdistysten, kerho- jen ym. huoneistot ilman ravintolaa	paikka	1/10
kokoushuoneisto ilman ravintolaa	paikka	1/30

5.423 Imeytyskaivo

Imeytyskaivon rakenne on esitetty kuvassa 22. Kaivon halkaisijan on oltava vähintään 1 200 mm ja kaivon on ulotuttava vähintään 20 cm vettäjohtavaan kerrokseen. Kaivon pohjalle levitetään kerros karkeaa soraa. Sorakerroksen päälle asetetaan esimerkiksi litteä kivi, jolloin jätevesi leviää tasaisesti sorakerrokseen. Tuloputki johdetaan kaivon keskelle saakka. Mikäli käytetään useampia kaivoja, on niiden ulkoseinien välisen etäisyyden oltava vähintään 4 m.

Imeytyskaivoa voidaan käyttää vain, jos maaperä on karkeaa hiekkaa tai soraa. Imeytystutkimusta ei tarvita. Imeytyskaivolle sallitaan suurempi kuormitus (jäteveettä imeytyspinta-alayksikköä kohti vuorokaudessa) kuin ojastolle, koska kaivon tukkeutuessa puhdistaminen ja suodatinmaan vaihtaminen on suhteellisen helppo tehdä. Imeytyskaivon mitoituksen lähtökohdaksi on vastaavan imeytysojaston redusoitu ojan pituus, joka saadaan taulukoista 21 ja 22. Vastaava kaivon halkaisija katsotaan taulukosta 24. Periaatteena siinä on, että kaivon pohjan pinta-alan (m^2) tulee vastata 1/4 redusoidusta ojan pituudesta.

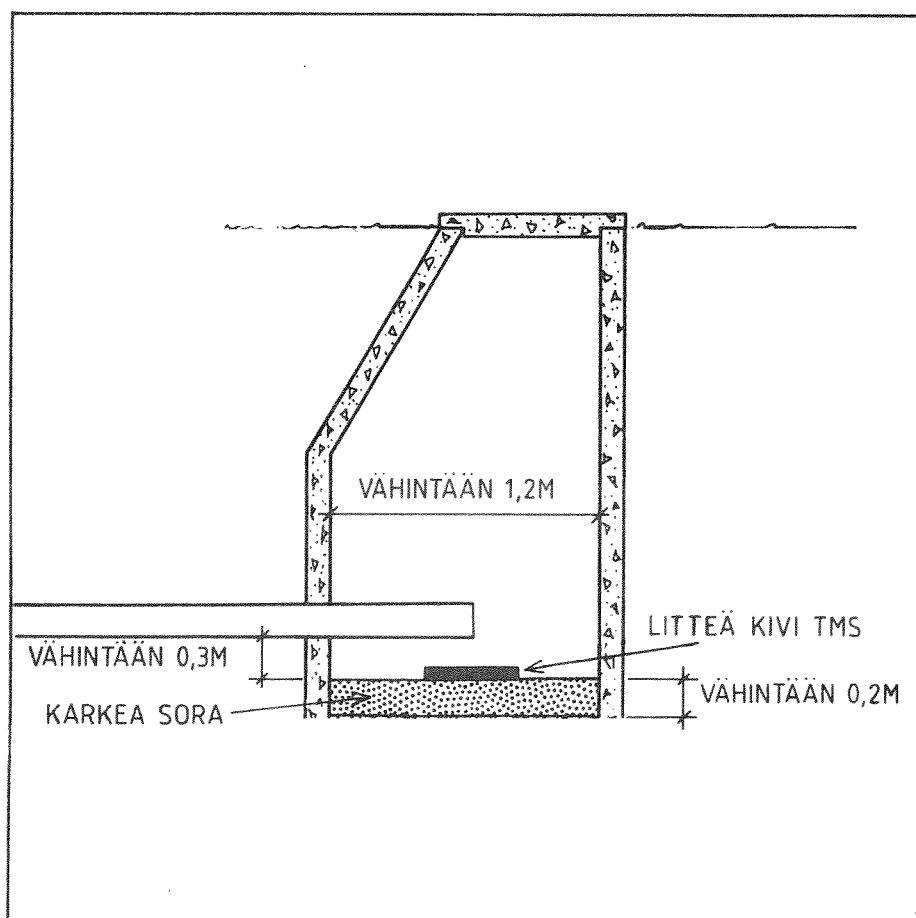
Esimerkki:

Kolmen loma-asunnon (ei vesikäymälää) jätevedet imeytetään karkeaan hiekkaan.

Redusoitu ojan pituus on taulukoiden 21 ja 22 mukaan

$$3 (20 \cdot 0,25) \text{ m} = 15,0 \text{ m}$$

Taulukon 24 mukaan tarvitaan 2 kaivoa halkaisijaltaan 1 600 mm.



Kuva 22. Norjalainenvimeytyskaivo (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977)

Taulukko 24. Imeytyskaivon halkaisijan määrittäminen redusoidun ojan pituuden avulla (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)

redusoitu ojan pituus/kaivo m	kaivon halkaisija mm
4,5	1 200
6,2	1 400
8,0	1 600
10,0	1 800
12,5	2 000
18,0	2 400

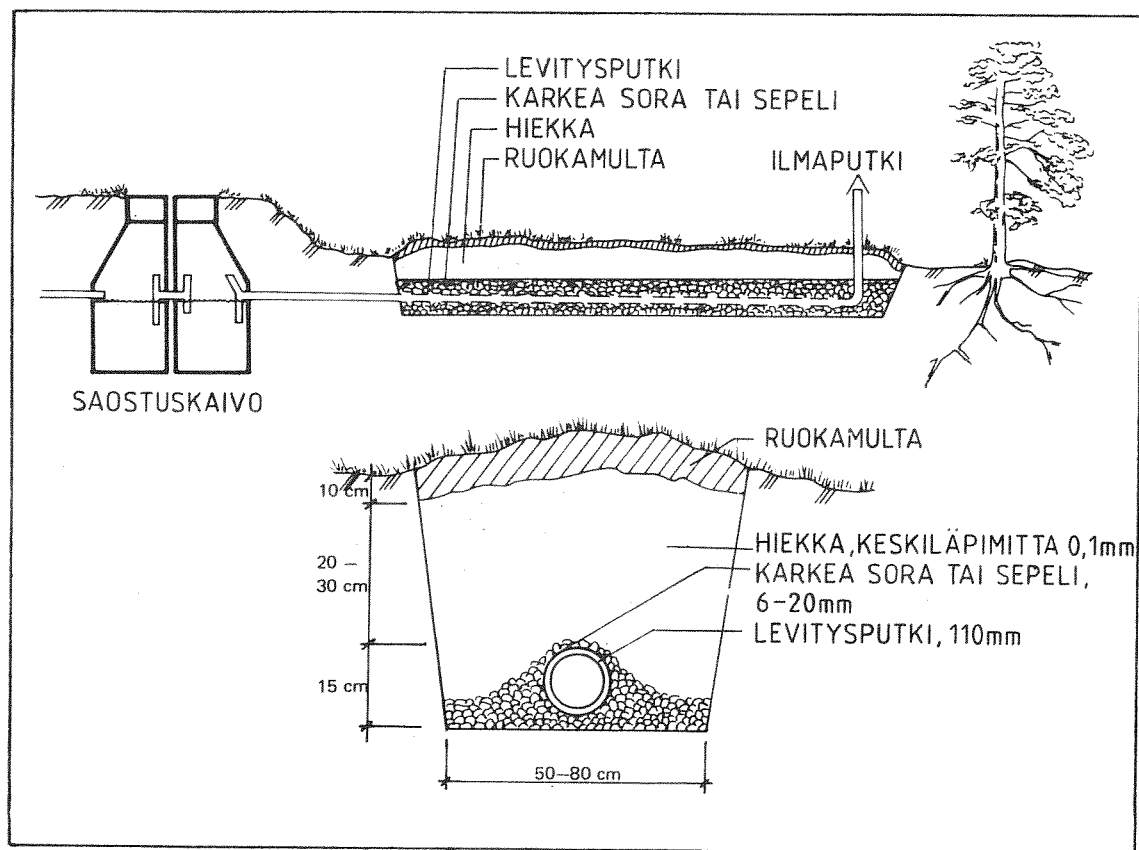
5.424 Imeytyskenttä

Imeytyskenttää voidaan käyttää vain kesäaikana loma-asunnolla, jossa ei ole vesikäymälää. Ojaston pituuden on oltava vähintään 10 m loma-asuntoa kohti. Yhden ojan pituus ei saa olla yli 25 m. Ojat sijoitetaan yhdensuuntaisesti vähintään 2 m etäisyydelle toisistaan tai säteittäisesti.

Putket sijoitetaan kuvan 23 mukaisesti 40...50 cm syvyyteen. Jos maakerroksen paksuus on vain noin 50 cm, asetetaan ojan pohjalle muovikalvo. Sen päälle tulee 10 cm kerros sepeliä tai karkeaa soraa ja turvetta. Putken kaltevuuden on oltava noin 2 ‰, ei mielellään yli 5 ‰. Putkina käytetään kuten imeytysojassakin halkaisijaltaan vähintään 100 mm salaojaputkea tai rei'itettyä muoviputkea. Putki peitetään 10 cm kerroksella sepeliä tai soraa ja turvetta.

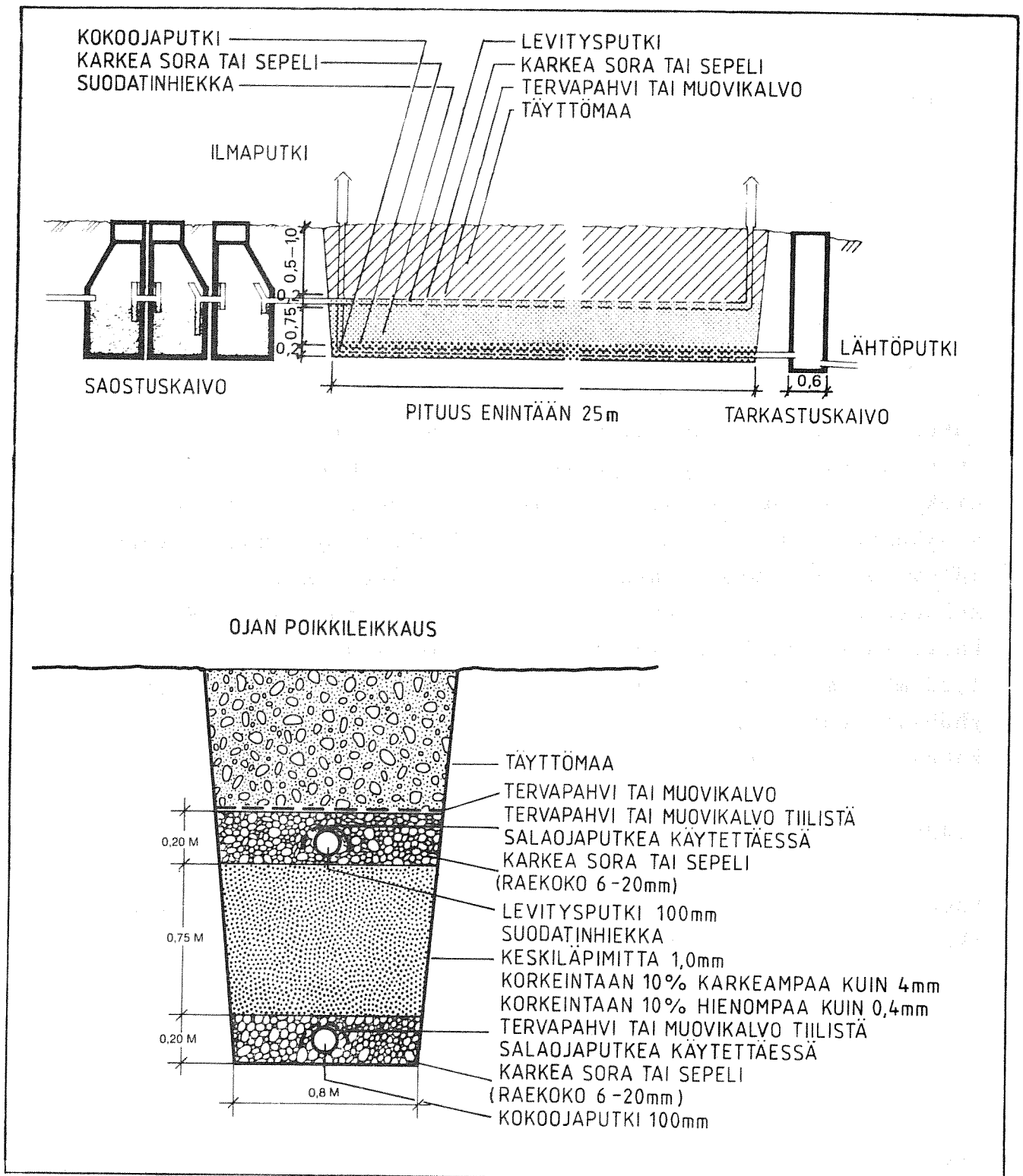
5.425 Maasuodatin

Maasuodatinta käytetään, jos imeytysojasto ei ole mahdollinen maakerroksen huonon vedenläpäisevyyden tai vähäisen laajuuden vuoksi. Maasuodattimesta vesi johdetaan tarkastuskaivon kautta avo-ojaan tai vesistöön. Tarvittava ojan pituus ei saa olla yli 25 m. Jos tehdään useampia ojia, ne sijoitetaan rinnakkain. Putkien välin on oltava vähintään 2 m. Suositeltava kaltevuus on 2 ‰, ja se ei saa olla yli 5 ‰. Putket sijoitetaan roudattomaan syvyyteen.



Kuva 23. Norjalainen imeytyskenttä (LINDBAK 1978)

Suodatinkerroksen paksuus on 75 cm. Suodatinhiekan rakeisuuskäyrä on esitetty kuvassa 20. Keskiläpimitan d_{50} tulee olla noin 1,0 mm. Korkeintaan 10 % saa olla raekooltaan alle 0,4 mm ja korkeintaan 10 % yli 4 mm. Molempien putkien ympärille tulee 20 cm kerros soraa tai sepeliä. Putkina käytetään halkaisijaltaan vähintään 100 mm salaojaputkea tai rei'itettyä muoviputkea. Molemmissa putkissa on oltava ilmaputki.



Kuva 24. Norjalainen maasuodatin (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977, LINDBAK 1978)

Taulukko 25. Tarvittava maasuodattimen ojan pituus
(MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)

kuormitusryhmä	ojan pituus/talous
1. vakinainen asunto, jossa on vesikäymälä	20 m
2. vakinainen asunto ilman vesikäymälää	14 m
3. loma-asunto, jossa on vesikäymälä	10 m
4. loma-asunto ilman vesikäymälää	5 m

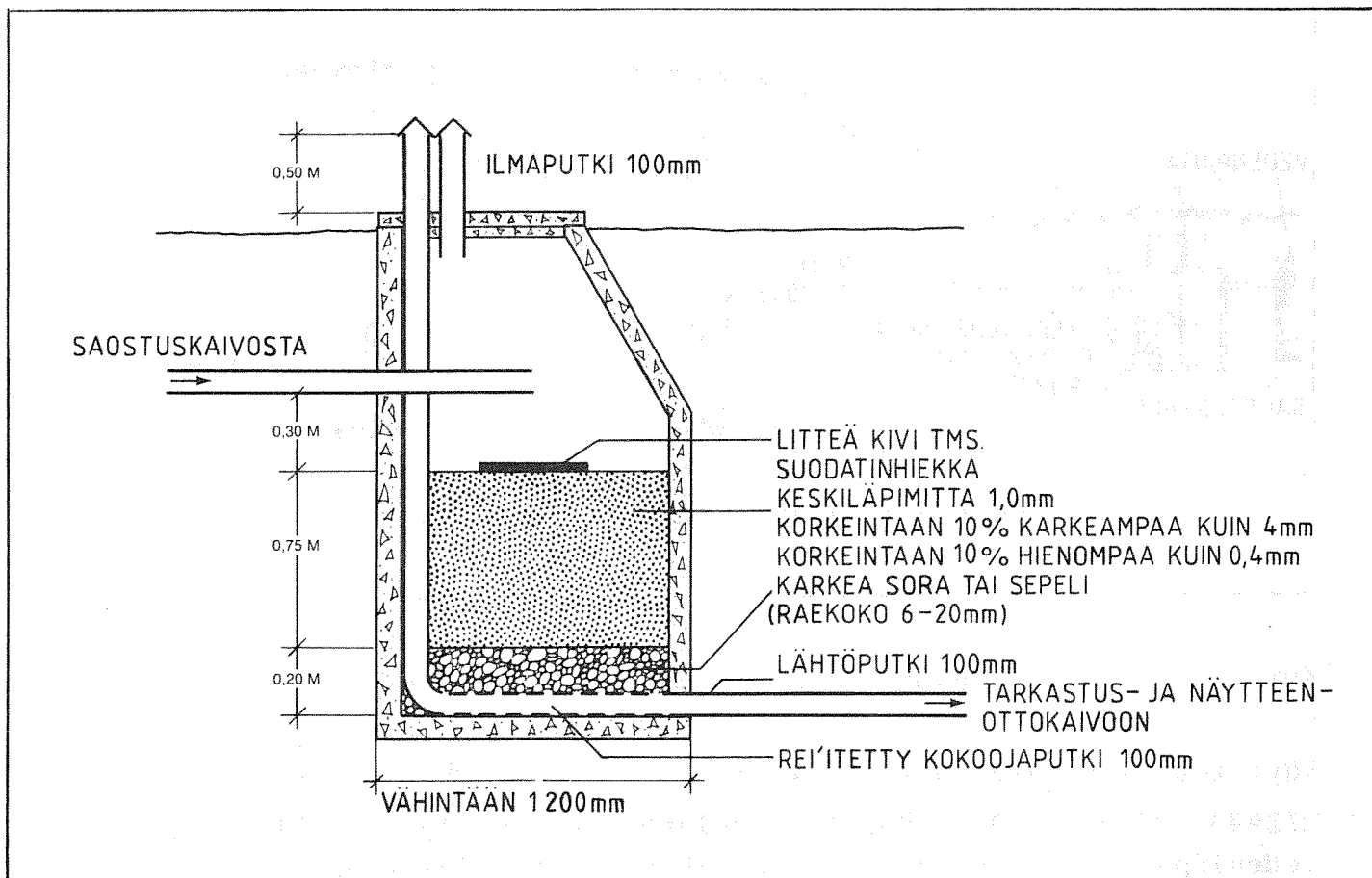
Loma-asunnolla, jossa ei ole vesikäymälää, maasuodatin voidaan rakentaa myös kaivon kuvan 25 osoittamalla tavalla. Kaivon pohjalle tulee 20 cm kerros soraa ja sen päälle 75 cm kerros suodatinhiekkaa. Saostuskaivosta tuleva putki johdetaan kaivon keskelle saakka. Litteä kivi tai vastaava hiekkakerroksen päällä varmistaa jäteveden leviämisen tasaisesti suodattimeen. Kaivon pohjalla on kokoojaputki, kuten tavallisessa maasuodattimessakin. Putki päättyy kaivossa ilmaputkeen. Kaivon suodatinpinta-alan tulisi olla noin $1,25 \text{ m}^2$ loma-asuntoa kohti. Käytännössä tämä merkitsee sitä, että yhdelle loma-asunnolle riittää halkaisijaltaan 1 200 mm kaivo ja kahdelle 1 800 mm kaivo (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977).

5.426 Virtaamajärjestelyt ja lämpöeristys

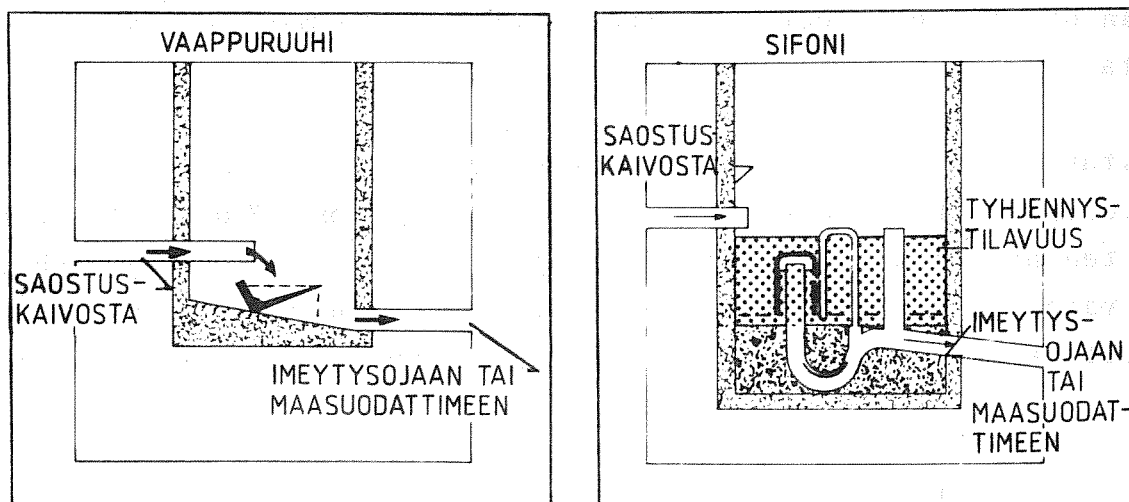
Suodatinmaan vähittäisen tukkeutumisen vuoksi imeytyslaitoksen käyttöikä on rajoitettu. Sitä voidaan pidentää seuraavilla toimenpiteillä:

- jaksottainen jäteveden johtaminen
- kahden laitoksen käyttäminen vuorotellen
- varmuussuodatin

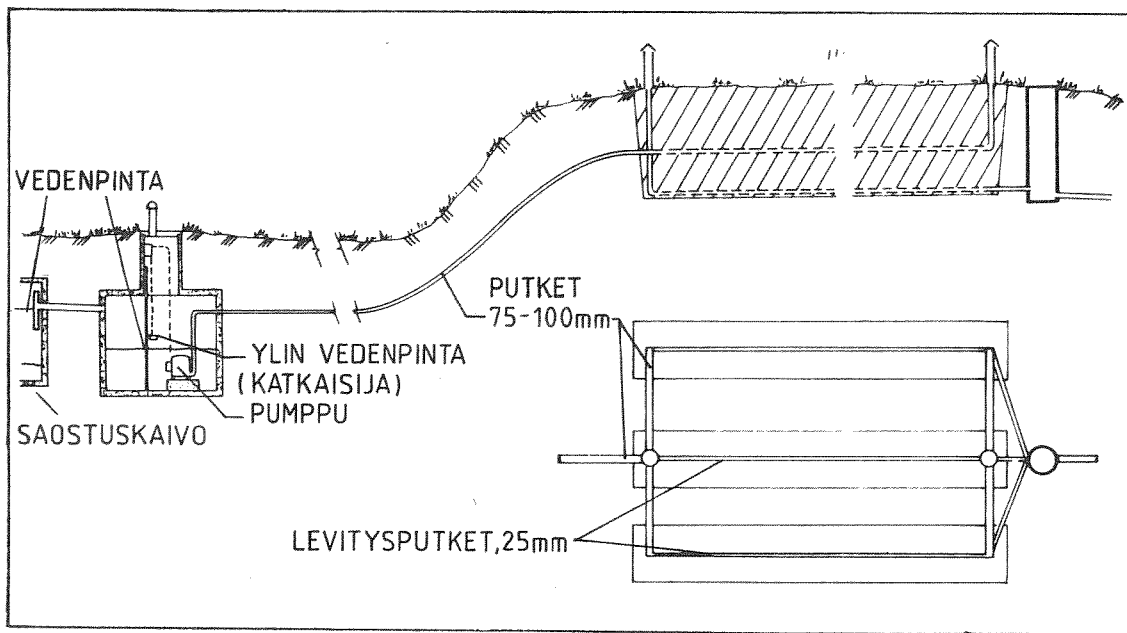
Jos vesi johdetaan imeytysputkeen sysäyksittäin, kuormitus leviää tasaisesti koko ojan pituudelle. Jaksottainen kuormitus saadaan aikaan sifonilla, vaappuruuhella tai pumpulla, kuvat 26 ja 27. Pumppu on tarpeen myös, jos imeytysojasto täytyy sijoittaa saostuskaivoa ylemmäksi. Kaikissa ratkaisuissa tarvitaan ylimääräinen kaivo. Putket sijoitetaan vaakasuoraan.



Kuva 25. Norjalainen maasuodatinkaiho (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977)



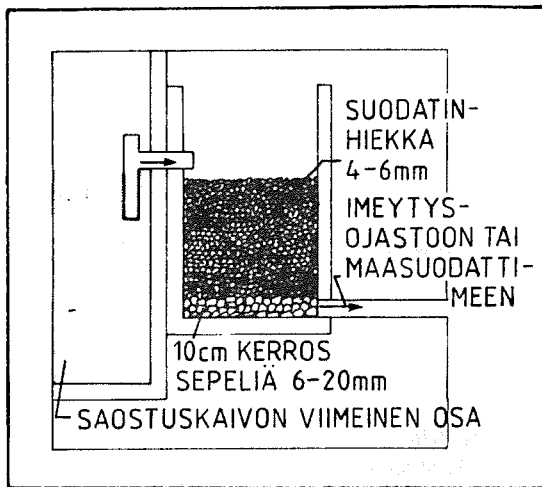
Kuva 26. Vaappuruuhi ja sifoni (LINDBAK 1978)



Kuva 27. Jäteveden pumppaaminen maasuodattimeen (LINDBAK 1978)

Käytettäessä kahta laitosta vuorotellen imeytyskerrokseen kertynyt orgaaninen aine ehtii hajota lepojaksen aikana ja suodatinmaan vedenläpäisevyys kasvaa lähelle alkuperäistä. Jos kuormitus- ja lepojaksot ovat yhtäpitkät (1...3 kuukautta), voidaan kummankin ojaston pituus lyhentää puoleen normaalista mitoituksesta. Jos käytetään lyhyitä noin viikon lepojaksuja, toinen laitos toimii suurimman osan ajasta toisen ollessa suljettuna. Pääasiallisesti käytettävä ojasto mitoitetaan normaalisti. Vain lepojaksujen aikana käytettävän ojaston pituudeksi riittää kolmasosa normaalista mitoituksesta.

Saostuskaivon jälkeen voidaan rakentaa kuvan 28 mukainen sorasuodatin estämään kiintoaineen pääsy imeytysojastoon. Tämä varmuussuodatin tehdäänsellaiseksi, että suodatinmateriaali on helppo puhdistaa tai vaihtaa. Sopiva raekoko on 6...20 mm. Suodattimen tilavuuden on oltava noin 50 l taloutta kohti ja syvyyden vähintään 30 cm.



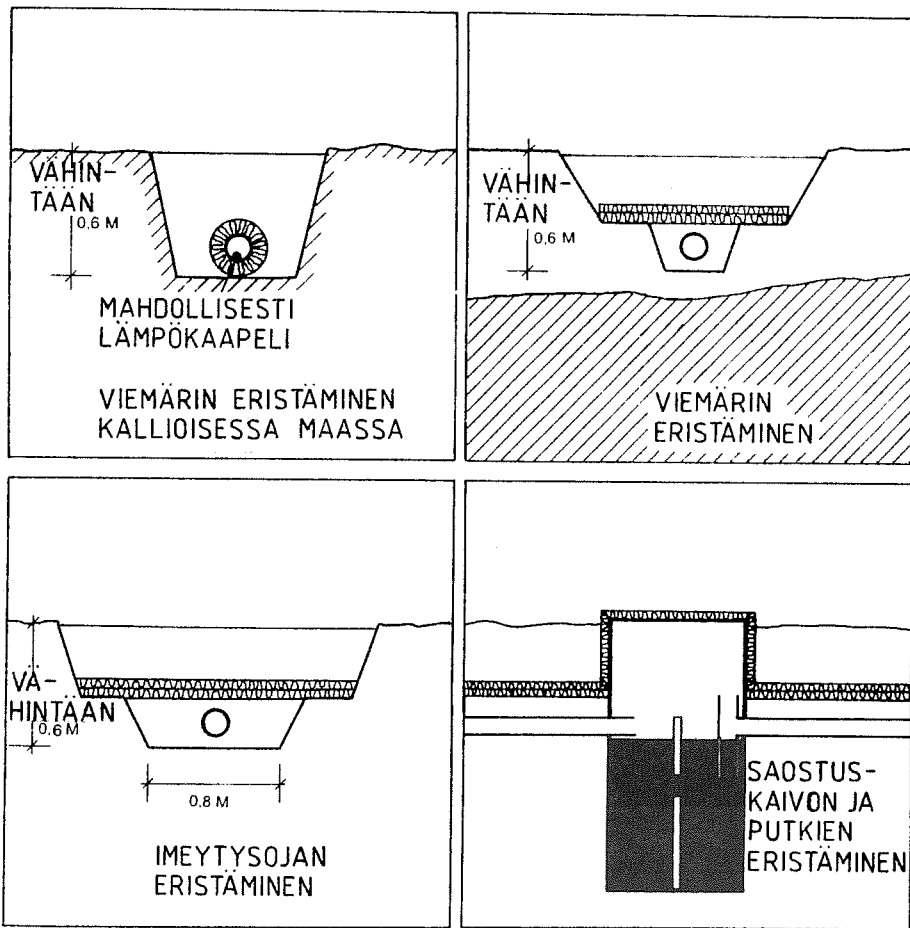
Kuva 28. Saostuskaivon jälkeen sijoitettu varmuussuodatin (LINDBAK 1978)

Imeytysputkien asennussyvyyttä voidaan pienentää käyttämällä lämpöeristystä. Se on tarpeen varsinkin, jos putkia ei voida viedä roudattomaan syvyyteen saakka korkean pohjavedenpinnan tai kallion vuoksi. Kuvassa 29 on esimerkkejä lämpöeristyksestä.

5.427 Suomalaiset ohjeet

Suomalaiset imeytysratkaisujen mitoitus- ja rakentamisohjeet ovat edellä esitettyyn verrattuna hyvin puutteelliset. Ne ovat lähinnä vain suuntaa-antavia menetelmien kuvauksia. Kuitenkin jo vuonna 1971 VESIHALLITUKSEN tiedotuksessa "Selvitys loma-asutuksen ja ympärivuotisen haja-asutuksen vesihuollosta ja kiinteiden jätteen käsittelystä" on esitetty karkeita arvioita imeytysratkaisujen valinnasta ja mitoituksesta maaperän vedenläpäisevyyden perusteella. Käytettävissä olevina ratkaisuina kuvataan imeytysojasto, imeytyskaivo, imeytyskenttä ja suohonimeytys. Imeytystapa valitaan vedenläpäisevyyden perusteella:

- imeytyskenttä k alle 10^{-5} cm/s
- imeytysojasto k $10^{-5} \dots 10^{-3}$ cm/s
- imeytyskaivo k yli 10^{-3} cm/s



Kuva 29. Esimerkkejä imeytysojaston lämpöeristyksestä
(MILJØVERNDEPARTEMENTET 1977)

Imeytyskentässä putken pituuden tulisi olla noin 10 m/100 l jätevettä vuorokaudessa. Imeytysojaston tarvittava pituus voidaan karkeasti arvioida seuraavasti:

- sora, hiekka	noin 20 m/m ³	jätevettä vuorokaudessa
- karkea hieta	noin 60 m/m ³	"
- hiekkamoreeni	noin 100 m/m ³	"

Suohonimeytyksestä kerrotaan seuraavaa. "Menetelmässä jätevesi imeytetään turpeen läpi, jolloin turpeessa olevat pieneliöt käyttävät ravinnokseen jäteveden orgaanisen aineen, samalla myös fosfori pidättyy turpeeseen ja vesi suotuu. Turpeen laadulla on merkitystä

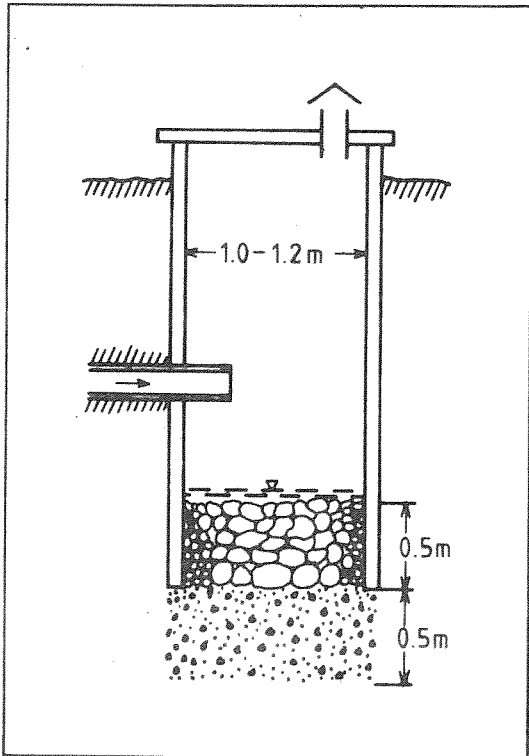
imeytyksen onnistumisen kannalta. Turpeen tulisi olla rahkaturvetta, koska saraturve on tarkoitukseen liian tiivistä. Turvekerroksen vähimmäispaksuutena voidaan pitää 1,5 m, josta maatumatonta on vähintään 0,5 m. Imeytystä edistää pohjaveden pinnan alentaminen, jolloin turvekerroksen yläosa vapautuu imeytykseen. Tiivis maakerros turpeen alla estää pohjaveden saastumisen. Imeytysojaston aluetarvetta määrittäessä voidaan käyttää arvoa 50...60 m²/asukas. Hajuhaittojen vuoksi ojasto olisi sijoitettava suhteellisen etäälle asutuksesta, joten aivan pienten yksiköiden osalta suohonimeytys ei tule kyseeseen, koska johtamiskustannukset muodostuvat tällöin kohtuuttoman suuriksi".

Vesihallituksen tiedotuksessa esitetyt eri menetelmien kuvaukset on julkaistu myös SUOMEN KUNNALLISTEKNISEN YHDISTYKSEN (1975) kirjassessa "Jäteveden pienpuhdistamo". Lisäksi siinä on kuvattu imeytyskuoppa yhtenä ratkaisuvaihtoehtona. Se on käyttökelpoinen pienien pesuvesimäärien imeyttämässä. Imeytyskuoppa on kivillä täytetty metrin maakerroksella peitetty kuoppa. Sen suuruudeksi riittää noin 1 m³ keittiötä ja noin 1 m³ saunaa varten.

Uusimmat imeytystä käsittelevät ohjeet on julkaistu SISÄ-ASIAINMINISTERIÖN ja VESIHALLITUKSEN (1978) oppaassa "Loma-asuntojen vesi- ja jätehuolto" ja VESIHALLITUKSEN (1980) monisteessa "Haja-asutuksen ja muiden pienten yksiköiden jätevesien käsittely". Vaihtoehtoisia menetelmiä ovat imeytyskaivo, imeytysojasto, imeytyskenttä ja maasuodatin. Seuraavassa esitetään lyhyesti mitoitusta koskevat asiat. Kuvassa 30 on esimerkkinä imeytyskaivon rakennepiirros.

Imeytyspaikka tulisi sijoittaa veden virtaussuuntaan nähden riittävän kauas kaivosta ja myös vähintään 10...15 m etäisyydelle rantaviivasta ja rakennuksista sekä yli 5 m päähän tontin rajasta, tiestä tai leikkipaikasta. Pohjaveden pinnan on oltava vähintään metrin verran imeytysputkien alapuolella. Mikäli imeytykseen johdetaan käymäläjätevettä, on syytä käyttää 3-osaista saostuskaivoa, muulloin riittää 2-osainen kaivo.

Imeytyskaivoa voidaan käyttää, kun jätevesimäärät ovat vähäisiä ja maaperä on hyvin vettäläpäisevää. Edeltävä saostuskaivo ei ole välttämätön, mikäli imeytyskaivoon johdetaan vain saunasta tulevia tavallisia pesuvesiä. Imeytyskaivo voidaan rakentaa esimerkiksi halkaisijaltaan 1...1,5 m betonirenkaista, joista alimman tulee ulottua vettäläpäisevään maakerrokseen.



Kuva 30. Suomalainen imeytyskaivo (VESIHALLITUS 1980)

Imeytysojaston käyttö tulee kyseeseen silloin, kun maaperän vedenläpäisevyys on niin pieni tai vesimäärät ovat niin suuria, että imeytymistä ei ehdi tapahtua riittävästi imeytyskaivoa käytettäessä. Kesäkäytössä ojien syvyydeksi riittää 0,6 m, ellei maaperä aseta muita vaatimuksia. Mikäli imeytymistä halutaan tapahtuvan myös talvella, on varmintä asettaa putket syvemmälle tai lämpöeristää ojasto. Tarvittavat putkipituudet (15...40 m asuntoa kohti, loma-asunnolla 5...15 m) on määritettävä maaperäolosuhteiden ja veden käytön perusteella.

Mikäli maaperä on niin tiivistä, että se ei ime riittävästi vettä, voidaan tehdä loma-asuntokäyttöön imeytyskenttä. Siinä reiälliset putket sijoitetaan 0,3...0,4 m syvyyteen. Putket peitetään vettäläpäisevällä maalla ja kenttään istutetaan sopivaa kasvillisuutta, joka imee alustasta tulevaa vettä ja ravinteita. Imeytyskentän ympärille olisi varattava suoja-alue, jonka leveys maan viettosuhteista riippuen on vähintään 10...15 m veden valumisen suunnassa. Kenttä on lisäksi suojattava kuivatusojilla sekä tarvittaessa aidattava. Yhtä loma-asuntoa kohti tarvittava putkipituus on 10...20 m.

Maasuodattimen putkilta vaaditaan pituutta 15...20 m asuntoa kohti ja loma-asunnolla 5...10 m, jos suodattimeen ei johdeta käymäläjätevesiä. Maasuodatin soveltuu myös useamman asunnon yhteiskäyttöön ja muulloinkin, kun jätevesimäärät ovat suhteellisen suuria. Vähäisille esimerkiksi yhden loma-asunnon jätevesimäärälle voidaan suodatin tehdä myös betonirenkaista rakennettuun kaivoon.

5.43 Käyttökokemukset

5.431 Imeytysojasto

Hyvin toimiessaan imeytysojasto, samoin kuin muutkin imeytysmenetelmät, on todella vaivaton jätevesien käsittelytapa. Se ei vaadi jatkuvaa valvontaa. Saostuskaivon tyhjenys on miltei ainoa tarvittava hoitotoimenpide. Imeytysojasto ei aiheuta ainakaan päällepäin näkyvää haittaa, ei hajua eikä häiritsevää ääntä.

Ongelmalliseksi imeytysojasto tulee vasta silloin, kun suodatinmaa tukkeutuu ja vesi tulvii maan pinnalle. Norjalaisien kokemusten mukaan rakentamisessa ja hoidossa on usein ilmennyt niin suuria puutteita, että käyttöaika jää muutamiiin vuosiin. Yleisimpiä virheitä ovat olleet seuraavat:

- saostuskaivot liian pieniä tai väärin rakennettu
- putkien väärä kaltevuus

- ilmaputkien puuttuminen
- maaperä ei ole imeytykseen sopivaa
- saostuskaivojen tyhjentämisen laiminlyönti

Virheiden syyksi on todettu ennen kaikkea puutteellinen valvonta rakentamisvaiheessa (LINDBAK 1978).

Norjassa on siis todettu, miten vaikeaa ohjeiden mukainen rakentaminen on. Suomessa tilanne on vieläkin huonompi. Meillä ei ole edes rakentamisohjeita. Suomalaisen imeytysojaston rakentajan on pitänyt olla jonkinasteinen asianharrastaja, joka eri mahdollisuuksia kokeilemalla lopulta saa aikaan sellaisen ratkaisun, että se on käyttäjälleen haitaton.

Suodatinmaan vähittäisen tukkeutumisen vuoksi jokaisen imeytysojaston ikä on rajallinen. Pohjoismaista tietoa iästä ei ole käytettävissä. Amerikkalaisten kokemusten mukaan hyvin rakennetun ja hoidetun imeytysojaston odotettavissa oleva käyttöaika on 20...30 vuotta tai enemmän. Taulukossa 26 on esitetty Yhdysvalloissa Connecticutin osavaltiossa tehdyn tutkimuksen tulokset. Kaikkiaan tutkittiin lähes 3 000 vuosina 1944...1973 rakennettua imeytysojastoa. Vuodesta 1961 alkaen vaadittu imeytyspinta-ala on ollut 7 m² henkeä kohti aiemman 2,3 m³:n sijasta. Tulokset osoittivat, että 6 %, 11 %, 20 % ja 31 % ojastoista oli tukkeutunut tai muuten käyttökelvottomia 5, 10, 15 ja 20 vuoden käytön jälkeen (LINDBAK 1978).

Taulukko 26. Imeytysojaston käyttöaika Connecticutissa Yhdysvalloissa (LINDBAK 1978)

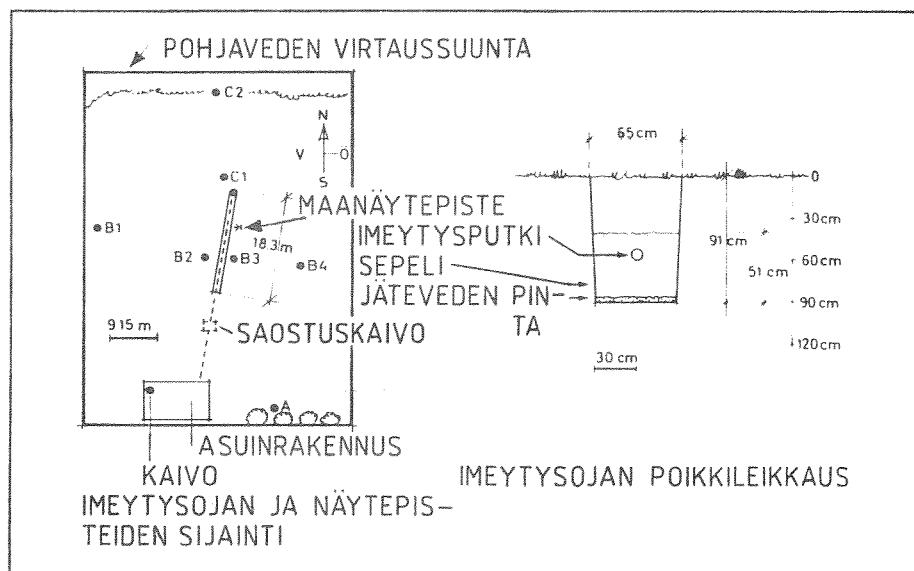
maaperän laatu	tutkittujen laitosten lukumäärä	käyttökelvottomien osuus % laitoksen ikä				käyttöajan mediaani v
		5 v	10 v	15 v	20 v	
kerrostunut hiekka ja sora	1 608	3	8	16	28	27
löyhä moreeni	491	8	15	27	42	23
tiivis moreeni	278	12	16	21	26	38
ohut irtomaakerros	333	5	10	17	27	29
huonosti kuivatettu maa	129	7	14	23	37	25
muu	6	-	-	-	-	-
kaikki ojastot	2 845	6	11	20	31	27

Imeytysojastoon johdettava jätevesi joutuu lopulta pohjaveteen. Puhdistustuloksen arvioiminen on mahdotonta ilman näytteenottoa suotovedestä tai pohjavedestä. Mahdolliset likaantumishaitat ilmenevät vasta vuosien tai vuosikymmenien käytön jälkeen. Jos maaperä on imeytykseen sopivaa ja ojasto on huolella rakennettu, ei pohjaveden likaantumisvaaraa ilmeisesti ole, kun on kyse pienistä jätevesimääristä. Pohjoismaissa ei ole juuri lainkaan tutkittu pienten yhden talouden imeytysojaston vaikutusta pohjaveteen. Syynä tähän on lyhytaikaisten käyttökokemusten ohella se, että imeytysojaston tutkiminen on paljon vaikeampaa kuin maasuodattimen. Maasuodattimesta saatuja tutkimustuloksia voidaan soveltaa myös imeytysojastoon.

Yhdysvalloissa ja Kanadassa maahan imeytys on jo pitkään ollut niin laajalti käytetty jäteveden käsittelytapa, että sen pitkäaikaisvaikutukset ovat selvästi nähtävissä. Hyvin toimivissa imeytysojastoissa orgaaninen aine, bakteerit ja fosfori pidättyvät maahan tehokkaasti. Sen sijaan pohjaveden typpipitoisuus nousee jo pientenkin jätevesimäärien vaikutuksesta imeytyksen jatkuessa useita vuosia. Lähinnä on kyse oman tai naapurin kaivon likaantumisvaarasta. Tämä on syytä ottaa huomioon imeytysojaston sijoituksessa. Esimerkkinä amerikkalaisista tutkimuksista kuvataan seuraavassa kaksi yhden perheen käytössä olevaa imeytysojastoa LINDBAKIN (1977) referoinnin mukaan.

Kuvan 31 imeytysoja oli ollut käytössä seitsemän vuotta. Ojan pituus on 18,3 m, ojan syvyys 0,95 m ja sorakerroksen paksuus 0,51 m. Pohjavedenpinta on 5,2...7 m syvyydellä maan pinnasta ja gradientti on 1,3⁰/oo. Maaperä on karkeaa hiekkaa noin 130 cm syvyyteen saakka. Syvemmällä on silttipitoista tiivistä savea. Ojaan johdettu jätevesimäärä oli 945 l/d. Pohjavesinäytteitä otettiin seitsemästä kohdasta. Kemiallisten ja bakteriologisten analyysien tulokset on esitetty taulukossa 27 ja kuvassa 32. Fosfori oli pidättynyt maahan tehokkaasti. Sen sijaan typpi oli kulkeutunut pohjaveteen. Noin 20 m alavirtaan sijaitsevassa kaivossa havaittiin suhteellisen

korkeita typpipitoisuuksia. Typpi oli nitraattina, joten kyllästymättömässä vyöhykkeessä tapahtui nitrifikaatio. Bakteerien suhteen puhdistustulos oli ollut erittäin hyvä.



Kuva 31. Esimerkki 1 amerikkalaisen pientalon imeytysojasta (LINDBAK 1977).

Taulukko 27. Kemialliset ja bakteriologiset analyysitulokset kuvan 31 esimerkissä (LINDBAK 1977)

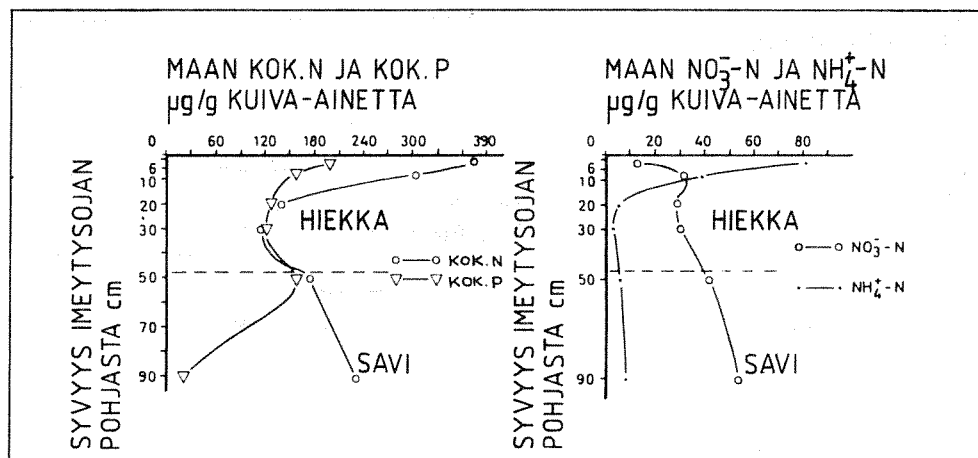
näyte-putki	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ mg/l	$\text{NO}_3^-\text{-N}$ mg/l	kok.N mg/l	kok.P mg/l	Cl^- mg/l	fek.kolimuotoiset bakteerit kpl/ml	
						26.8.1971	17.11.1971
Hw	0,2	2,2	3,6	0,06	-	x	x
A1	1,1	1,6	3,9	0,09	13	x	x
B1	2,0	4,3	9,6	0,09	8	x	x
B2	6,3	42,6	59,8	0,23	6	x	-
B3	2,1	31,5	48,8	0,42	22	x	x
B4	3,1	7,6	15,9	0,12	21	x	x
C1	6,8	26,5	54,3	0,08	39	x	x
C2	0,3	0,5	2,4	0,10	6	x	x
E	54,1	0,1	61,9	19,75	-	$4 \cdot 10^4$	6 400

Hw = kaivo

E = imeytysputkea ympäröivästä sepelikerroksesta otettu näyte

x = negatiivinen näyte, alle 1/ml

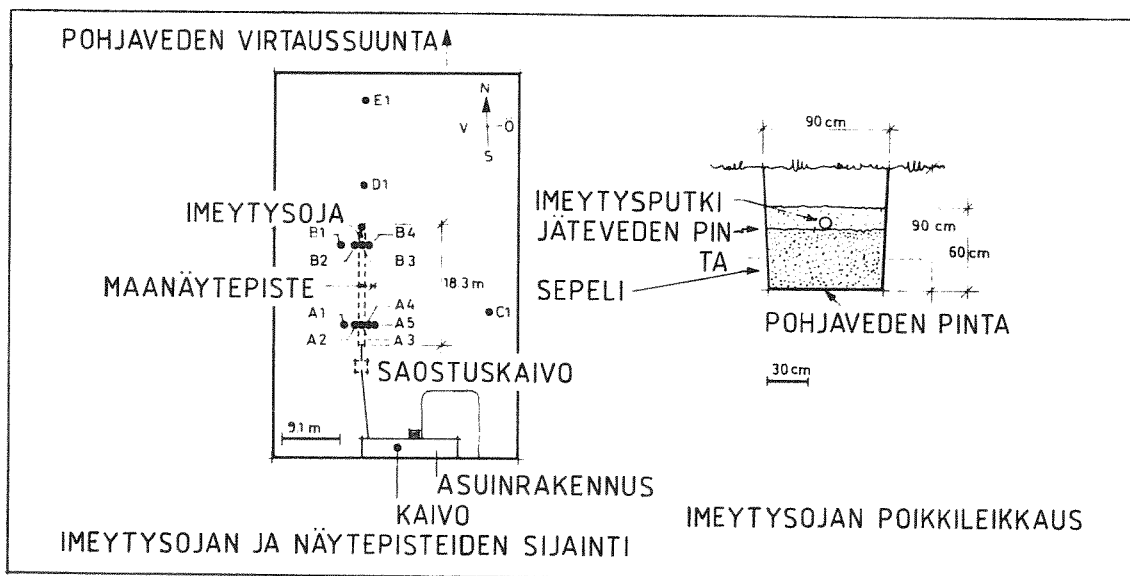
kemialliset analyysitulokset ovat kolmen näytteenottokerran keskiarvoja



Kuva 32. Typpi- ja fosforipitoisuudet maassa kuvan 31 esimerkissä (LINDBAK 1977)

Kuvan 33 imeytysojaa oli käytetty kahdeksan vuotta. Ojan pituus on 18,3 m, ojan syvyys 0,9 m ja sorakerroksen paksuus 0,65 m. Pohjavedenpinta nousee ojan pohjan tasoon ja sen gradientti on 0,05^o/oo. Maaperä on pääasiassa keskikarkeaa hiekkaa. Pohjavesinäyteputkia oli 14 kappaletta. Ojaan tuli keskimäärin 570 l jätevettä vuorokaudessa. Analyysituloksista taulukossa 28 voidaan päätellä, että jäteveden sisältämä typpi ja fosfori olivat joutuneet suoraan pohjaveteen. Kyllästymättömän kerroksen puuttumisen vuoksi typpi oli ammoniummuodossa. Ammoniumionit sitoutuivat mahdollisesti osittain maahiukkasiin, koska muutamissa näytepisteissä typpipitoisuus oli huomattavan pieni. Oman kaivon typpipitoisuus oli selvästi kasvanut kuten edellisessä esimerkissäkin. Myös pohjaveden bakteerimäärät olivat kohonneet.

NILSSON ja ENGLÖV (1979) ovat seuranneet viiden ruotsalaisen 100...250 avl imeytysojaston toimintaa. Laitokset ovat rakenteeltaan ruotsalaisten ohjeiden mukaisia. Mitoitustiedot on taulukossa 29. Tutkimus suoritettiin vuosina 1976...1977. Siihen sisältyi virtaamamittaukset sekä vesianalyysit jätevedestä ja pohjavedestä. Kolmessa laitoksessa pohjavesinäytteitä otettiin vain välittömästi imeytysojien alta. Sen sijaan Egby ja Järan laitoksilla jäteveden leviämistä seurattiin tarkemmin.



Kuva 33. Esimerkki 2 amerikkalaisen pientalon imeytysojasta (LINDBAK 1977)

Taulukko 28. Kemialliset ja bakteriologiset analyysitulokset kuvan 33 esimerkissä (LINDBAK 1977)

näyte-putki	$\text{NH}_4^+\text{-N}$ mg/l	$\text{NO}_3^-\text{-N}$ mg/l	kok.N mg/l	kok.P mg/l	Cl^- mg/l	fek.kolimuotoiset bakteerit kpl/ml	
						24.8.1971	17.11.1971
Hw	0,45	0,3	3,9	0,23	-		
A1	6,5	0,5	11,8	0,8	10	7,0	x
A2	49,8	0,5	59,3	1,9	65	x	x
A3	72,7	0,2	93,3	8,2	70	1 300	1 070
A4	38,6	0,5	45,4	2,6	50	x	x
A5	4,2	0,4	8,0	0,6	45	x	x
B1	5,6	0,6	10,5	0,4	50	x	x
B2	-	-	14,1	1,6	50	23	3
B3	-	-	62,0	11,2	60	300	200
B4	8,6	0,3	16,4	3,5	60	31	x
C1	0,8	0,7	3,7	0,2	4	x	x
D1	1,3	0,3	4,5	1,4	5	x	30
E1	4,1	0,3	9,3	2,8	7	110	x
F1	0,9	0,4	3,1	0,7	6	x	x
H1	0,3	0,4	1,6	0,1	-	-	x

Hw = kaivo

x = negatiivinen näyte, alle 1/ml

kemialliset analyysitulokset ovat kolmen näytteenottokerran keskiarvoja

Taulukko 29. Tutkitut imeytysojastot (NILSSON & ENGLÖV 1979)

laitos	rakennus- vuosi	avl	mitoitus- virtaama m^3/d	imeytys- pinta-ala m^2	näyteputkien määrä
Eggby	1963	250	94	870	8
Jära	1973	150	30	224	7
Rödån	1973			780	2
Skämmingsfors	1974	100	40	260	1
Västra Torup	1973	200	50	400	3

Hydraulinen kuormitus vaihteli melkoisesti. Kuivalla ilmalla kuormitus oli välillä 95...130 l/m²d. Lisäksi kolmeen oja-
toon tuli huomattavia määriä sade- ja sulamisvesiä. Skämmings-
forsissa imeytysojaston kapasiteetti ei riittänyt, vaan
vettä tulvi maan pinnalle. Kuormitus oli kuivalla ilmalla
130 l/m²d, keväisin yli kymmenkertainen. Laitos laajennettiin
kaksinkertaiseksi vuoden 1977 aikana. Järassa keskimääräinen
kuormitus oli 110 l/m²d ja vesi seisoi miltei pysyvästi putkia
ympäröivässä sorakerroksessa.

Orgaanisen aineen reduktio oli yleensä hyvä. Orgaanisen
hiilen pitoisuus pohjavedessä välittömästi ojien alla oli
vain muutamia milligrammoja litrassa. Syynä suurempiin pitoi-
suuksiin oli korkea pohjavedenpinta tai hetkellinen ylikuor-
mitus. Kolimuotoisten bakteerien reduktio oli lähes täydell-
linen.

Ojastojen alla havaittiin suuria typpipitoisuuksia, yleensä
samaa suuruusluokkaa kuin jätevedessä. Typpi oli ammonium-
muodossa, jos kuormitus oli suuri tai pohjavedenpinta korkeal-
la, muuten nitraattina. Fosforireduktio oli yleensä erittäin
hyvä. Vain Järassa todettiin normaalia suurempia pitoisuuksia
pohjavedessä.

Tarkastellaan lähemmin Eggbyn ojastoa, koska siitä on eniten
tutkimustuloksia. Laitos oli ollut toiminnassa jo yli
kymmenen vuotta, eikä tukkeutumista oltu havaittu. Ojasto
on mitoitettu virtaamalle 94 m³/d. Tutkimusjakson aikana

hydraulinen kuormitus oli $35...45 \text{ l/m}^2 \text{ d}$. Laitos muodostuu kolmesta osasta, joissa kussakin on kymmenen imeytysojaa. Ojien kokonaispituus on 1 080 m ja vastaava pinta-ala (ojien pohjan pinta-ala) 870 m^2 . Putkena on halkaisijaltaan 100 mm tiiliputki. Putkea ympäröivä sorakerros on 80 cm leveä ja 40 cm paksu. Putket päättyvät yhteiseen ilmaputkeen. Laitosta käytetään jaksottain yhden kolmasosan ollessa aina lepovuorossa.

Maaperä on heikosti lajittunutta glasifluviaalista sedimenttiä, pääasiassa hiekkaa ja soraa mutta myös silttiä on huomattavia määriä. Yleisimmät kivilajit ovat kalkkikivi ja liuskeet. Sedimentin paksuus on yli 9 m. Pohjavedenpinta on 5,5...7 m syvyydessä ja se viettää lievästi lounaaseen (hydraulinen gradientti alle $1^0/00$).

Näytteenotto ajoittui neljään tutkimusjaksoon, kesä-, syys- ja joulukuuhun 1976 ja huhtikuuhun 1977. Pohjavesiputkia oli kahdeksan kappaletta. Näytteet otettiin 1...2 m pohjavedenpinnan alapuolelta 20...30 minuutin pumppauksen jälkeen. Jätevesinäyte otettiin ensimmäisestä jakokaivosta kokoomänäytteenä noin kymmenestä puolen tunnin välein otetusta näytteestä. Lisäksi analysoitiin muutamia maanäytteitä.

Vesianalyysien tulokset on esitetty taulukoissa 30 ja 31. Näyteputket 8 ja 12 olivat imeytysojaston alueella. Niissä todettiin kloridipitoisuuden perusteella selvä jäteveden vaikutus. Putkissa 17, 16 ja 13 vaikutus oli ilmeinen ja putkissa 9 ja 6 lievä. Neljä ensiksi mainittua sijaitsivat pohjaveden virtaussuuntaan nähden ojaston alapuolella ja putki 6 välittömästi ojaston yläpuolella. Putki 10 oli vertailukohtana käytettävä luonnollinen pohjavesi.

Puhdas pohjavesi (putki 10) sisälsi jonkin verran orgaanista ainetta. Suunnilleen sama KHK-arvo saatiin välittömästi ojaston alta otetuista näytteistä (putket 8 ja 12). Orgaanisen aineen pidättyminen oli siis miltei täydellistä. Maanäytteet osoittivat orgaanisen aineen määrän kasvaneen 0,5...1,0 m syvyydellä imeytysojan pohjasta lukien. Syvemmillä pitoisuudet olivat samoja kuin laitoksen ulkopuolella. Myös bakteerireduktio oli hyvä. Kolimuotoisten bakteerien

määrä oli lisääntynyt putkissa 8, 13 ja 16. Termostabiileja kolimuotoisia bakteereja ei havaittu lainkaan. Kolimuotoiset bakteerit näyttivät pidättyvän maahan 0,5...1,0 m syvyydessä samoin kuin orgaaninen ainekin.

Typpipitoisuudet vaihtelivat eri näytteenottokerroilla. Ojaston alla (putket 8 ja 12) todettiin ajoittain erittäin suuria typpimääriä. Putkista 16 ja 17 saatiin yleensä pieni typpipitoisuus, vaikka kloridianalyysin mukaan jäteveden osuus oli 20...40 %. Sen sijaan putkissa 6 ja 13 jäteveden vaikutus oli vähäinen, mutta typpipitoisuudet olivat huomattavia. Näiden analyysitulosten perusteella typen vaikutus pohjaveteen jäi avoimeksi.

Myös fosforipitoisuuksissa oli suuria vaihteluja eri näytteenottokerroilla todennäköisesti näytteenotto- ja käsittelytekniikasta johtuen. Imeytys ei ollut voinut vaikuttaa pohjaveden fosforipitoisuuteen, koska ojaston alla otetuissa näytteissä (putket 8 ja 12) pitoisuudet olivat hyvin pieniä, lähes kuin puhtaassa pohjavedessä. Pidättyminen tapahtui heti 0...0,6 m matkalla imeytysojan pohjasta lukien.

Myös Norjassa on tutkittu muutamia suuria imeytysojastoja (LINDBAK 1977). Laitokset ovat kuitenkin olleet käytössä niin vähän aikaa, että imeytyksen vaikutus pohjaveteen jää epäselväksi.

Varsin mielenkiintoinen on Syllingin 1 100 asukkaan taajaman imeytysojasto. Pintavalunnan määrä on huomattavan suuri ollen sateisina aikoina moninkertainen jätevesimäärään verrattuna. Imeytysojasto muodostuu kolmesta 100 m pitkästä ojasta, joissa kussakin on kaksi imeytysputkea. Ojat on täytetty soralla maan pintaan saakka. Näin varastoimiskykyä on saatu parannettua ja massan vaihto on helppo suorittaa. Tukkeutuminen on hyvin mahdollista, koska imeytyspinta-ala on pieni mitoitusohjeisiin verrattuna. Jokaisella talolla oli ennestään oma saostuskaivo. Lisäksi on rakennettu yhteinen saostuskaivo ennen imeytysojastoa.

Taulukko 30. Eggbyn imeytysojasto. Kolmen näytteenottokerran kemialliset analyysitulokset (NILSSON & ENGLÖV 1979)

jäteveden vaikutus	näytepiste	Cl ⁻ mg/l	KHK mgO ₂ /l	NH ₄ ⁺ -N mg/l	NO ₃ ⁻ -N mg/l	kok.N mg/l	kok.P mg/l	
jätevesi	jakokaivo	910	480	53	0,02	50	21	
		810	600	55	0,02	75	19	
		840	460	61	0,02	110	20	
selvä vaikutus	putki 8	760	< 10	0,12	0,11	0,51	0,047	
		630	25	0,11	23	25	0,051	
		360	< 10	0,35	32	32	0,007	
	putki 12	510	< 10	0,16	40	40	0,024	
		340	11	0,03	28	29	0,044	
		380	16	0,17	10	10	0,014	
vähenevä vaikutus	putki 17	380	12	< 0,02	3,0	3,1	0,10	
		300	22	0,02	0,47	1,1	0,11	
		260	24	2,1	10	12	0,036	
	putki 16	240	21	< 0,02	< 0,02	0,21	0,80	
		260	24	0,02	0,05	0,24	0,40	
		85	24	0,10	0,05	0,15	0,012	
	putki 13	110	14	0,13	6,2	6,6	0,25	
		70	20	< 0,02	2,7	2,4	0,15	
		58	12	0,29	6,8	7,5	0,010	
	putki 9	23	< 10	0,17	< 0,02	0,21	0,023	
		16	< 10	0,02	< 0,02	0,18	0,036	
		21	< 10	0,16	0,07	0,39	0,050	
	putki 6	24	< 10	0,09	2,1	2,4	0,031	
		13	< 10	0,07	2,0	3,0	0,033	
		41	< 10	0,42	3,8	4,2	0,009	
	luonnollinen pohjavesi	putki 10	10	< 10	0,02	< 0,02	0,24	0,024
			13	< 10	< 0,02	< 0,02	0,15	0,095
			13	12	0,13	0,02	0,39	0,027

Taulukko 31. Eggbyn imeytysojasto. Bakteriologiset analyysitulokset (NILSSON & ENGLÖV 1979)

jäteveden vaikutus	näyte-piste	bakteerien kokonaismäärä kpl/100 ml	kolimuotoisten bakteerien määrä kpl/100 ml	
			35°C	44°C
selvä vaikutus	putki 8	20 000	23	< 2
	putki 12	1 000	< 2	< 2
vähenevä vaikutus	putki 17	40	< 2	< 2
	putki 16	70	13	< 2
	putki 13	20 000	5	< 2
	putki 9	10	< 2	< 2
	putki 6	10	< 2	< 2
luonnollinen pohjavesi	putki 10	4	< 2	< 2

Alueella on tehty laajat pohjatutkimukset. Maaperä on hiekkaa ja moreenia. Vettäläpäisevät ja tiiviit kerrokset vuorottelevat. Noin vuoden käytön jälkeen pohjaveden laatu ei ollut muuttunut 10 m päässä sijaitsevassa näytteenottokaivossa. Pohjaveden pinta on 23 m syvyydessä. Toinen näytteenotto-kohta oli taajaman vedenottamona käytettävä pohjavesikaivo, joka sijaitsee 300 m alavirtaan. Sielläkään ei havaittu veden laadun muuttumista. Typen ja fosforin sitoutumista on tutkittu maanäytteiden ja suotovesinäytteiden avulla. Tuloksia on toistaiseksi liian vähän johtopäästösten tekoon. Jäteveden kulkeutumista maassa on seurattu myös isotooppikokeiden avulla. Niiden perusteella lika-aineiden leviäminen imeytysojastosta vedenottamoon näyttäisi epätodennäköiseltä.

5.432 Maasuodatin

Norjassa on tutkittu kuuden yhden talouden käytössä olevan maasuodattimen toimintaa. Suodattimet on rakennettu vuosina 1971...1972 ennen tutkimusprojektin alkua, ei siis nimenomaan tutkimusta ajatellen. Rakenteeltaan suodattimet ovat norjalaisten ohjeiden mukaisia pieniä poikkeuksia lukuunottamatta. Suodatinhiekan paksuus on 75 cm ja sorakerrosten paksuus 25 cm. Suodatinhiekan koostumusta ei ole tutkittu.

Tutkimus on aloitettu vuonna 1972 ja se jatkuu edelleen. Vesinäytteet suodattimeen tulevasta ja lähtevästä vedestä on kahden ensimmäisen vuoden aikana otettu joka toinen kuukausi ja sen jälkeen neljännesvuosittain. Tuloksia vuosilta 1972...1976 on esitetty taulukossa 32 ja kuvassa 34. Kahdessa suodattimessa pintavalunnan pääsy suodattimeen on estetty, muissa laimenemisen vaikutus on mukana puhdistustuloksissa.

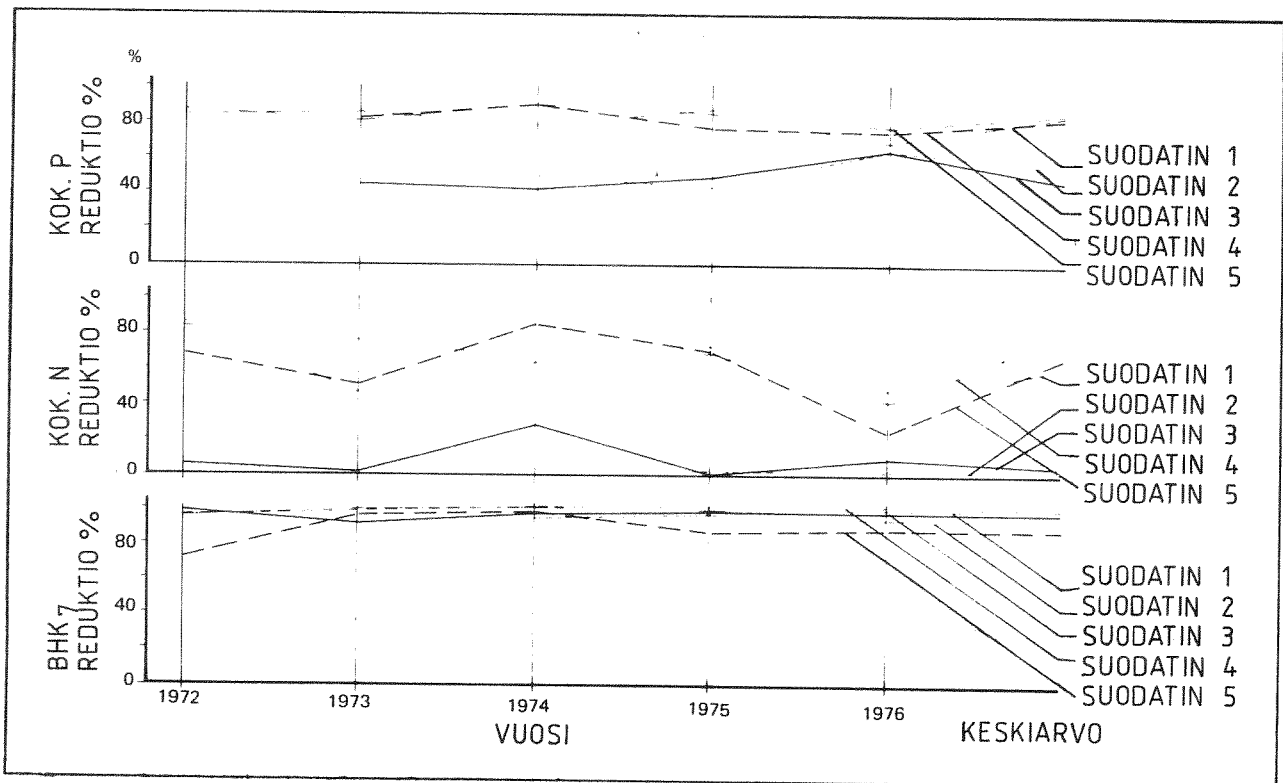
Tulevan veden KHK- ja BHK₇-arvoissa oli suuria vaihteluja. Se ei kuitenkaan näyttänyt vaikuttavan puhdistustulokseen. Lähtevän veden pitoisuudet olivat melko samoja kaikissa suodattimissa koko jakson ajan. Keskimääräinen BHK₇-reduktio oli 94,8 %. Kahdesta suodattimesta puuttuu ilmaputki. Sen ei havaittu heikentävän orgaanisen aineen hajotusta. Kiintoaineen reduktio oli keskimäärin 68,4 %, mutta tulokset vaihtelivat melkoisesti. Myös bakteerireduktioissa oli suuria vaihteluja.

Tulevan veden fosforipitoisuuden muutokset eivät vaikuttaneet puhdistustehoon. Reduktio oli keskimäärin 74,6 %, mutta se vaihteli paljon laitoksittain. Niissä kahdessa suodattimessa, joissa laimennemisen on estetty, reduktiot olivat 45 % ja 55 %. Myös suodattimien typpireduktiot poikkesivat toisistaan keskimääräisen arvon ollessa 46,6 %. Niissä suodattimissa, joissa laimennemistä ei tapahtunut, typen määrä ei vähentynyt lainkaan.

Norjassa on rakennettu koemielessä myös suurehkoja maasuodattimia. Venastulin kurssi- ja lomakeskuksen kävijämäärä keskittyy kolmeen sesonkiin vuodessa, joten vedenkulutuksen vaihtelut ovat erittäin suuria. Jätevesien käsittelytavaksi on valittu maasuodatin, koska maapeitteen paksuus ei ole riittävä imeytysojastoa ajatellen. Laitos on mitoitettu 75 henkilön jätevesille. Rakenne selviää kuvasta 35. Suodatin on rakennettu betonialtaisiin, joten pintavalunta ei pääse suodattimeen. Suodatin on lämpöeristetty ja lisäksi toiseen suodattimeen on sijoitettu lämpökaapeli. Vesi johdetaan suodattimiin sysäyksittäin sifonin avulla. Suodattimia käytetään vuorotellen neljän kuukauden jaksoissa. Käsitelty jätevesi johdetaan suohon.

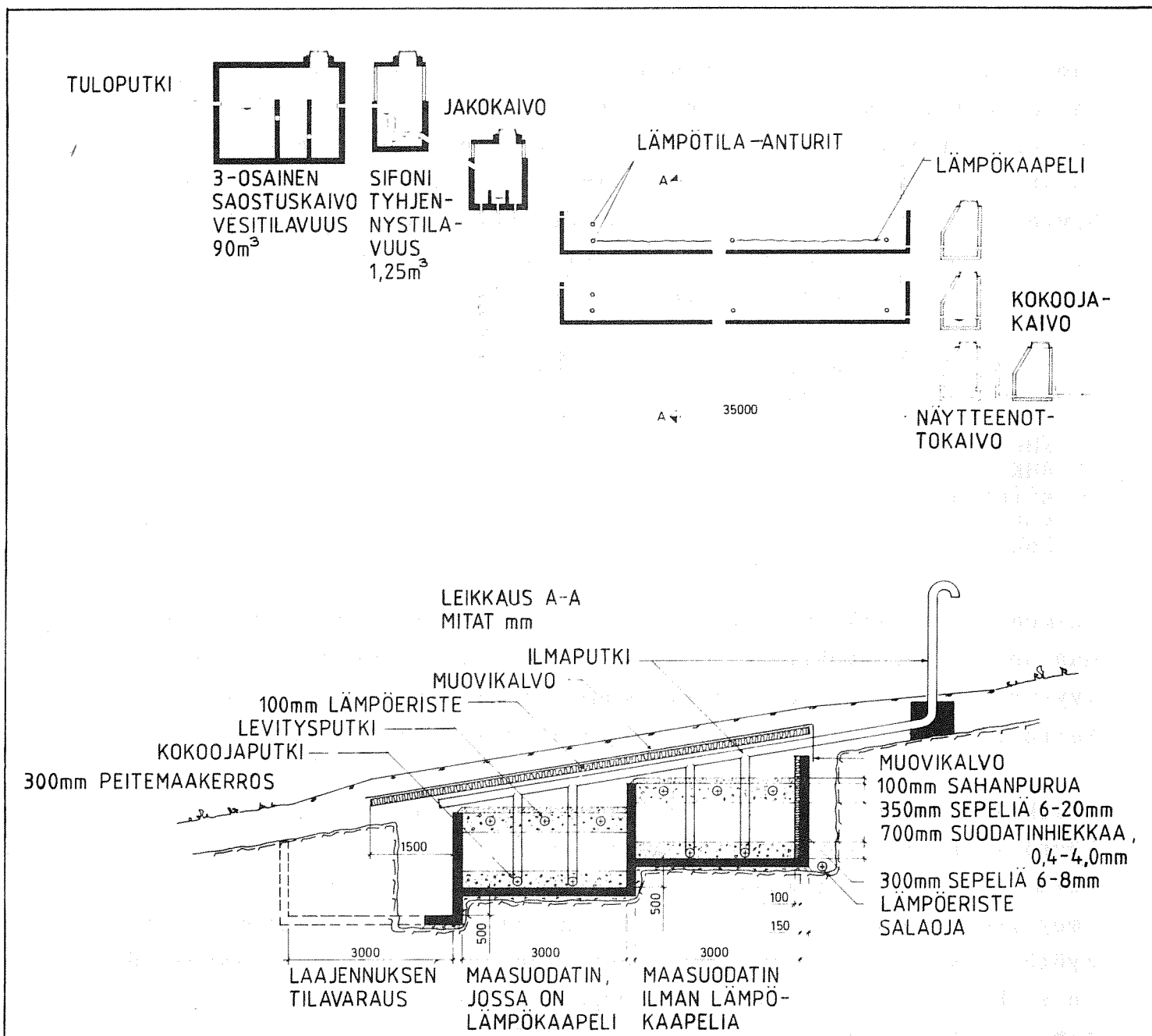
Taulukko 32. Analyysituloksia kuudesta norjalaisesta maasuodattimesta vuosilta 1972...1976
(LINDBAK 1978)

	°C	tuleva			lähtevä			reduktio %
		näytteiden määrä	keski- arvo	maksimi minimi	näytteiden määrä	keski- arvo	maksimi minimi	
lämpötila		19	7,2	14	39	6,5	11	1
pH		33	7,1	8,7	85	7,1	7,7	5,8
sähköjohtavuus	µS/cm	46	832	1 790	108	552	1 810	78
KHK	mgO ₂ /l	19	77,6	115	33	8,5	26	1,0
BHK ₇	mgO ₂ /l	43	324	1 141	99	16,9	387	0,0
kiintoaine	mg/l	46	94,3	235	108	29,6	770	1,0
kok.P	mg/l	49	15,3	42,0	108	3,9	15,0	0,1
kok.N	mg/l	50	66,3	130	109	34,8	136	1,8
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	17	53,5	90	26	7,3	27	1,0
NO ₃ ⁻ +NO ₂ ⁻ -N	mg/l	28	0,2	5,0	58	18,3	76	1,0



Kuva 34. Viiden norjalaisen maasuodattimen fosfori-, typpi- ja BHK7-reduktiot vuosina 1972...1976 (LINDBAK 1978)

Laitos on otettu käyttöön kesällä 1976. Ensimmäisen vuoden aikana vesinäytteitä otettiin joka toinen kuukausi. Taulukossa 33 on analyysitulosten keskiarvoja. Suodattimen lämpötila oli koko vuoden noin 17°C . BHK₇-reduktio oli yli 90 % koko tutkimusjakson ajan. Tämä puhdistustulos saavutettiin jo viikon kuluttua käytön aloittamisesta. Myös fosforireduktio oli erittäin korkea, noin 80 %. Syyksi arveltiin tavallista korkeampaa lämpötilaa tai suodatinhiekan ominaisuuksia. Typpireduktio oli keskimäärin 43,5 %. Lähtevän veden nitraattipitoisuuden vaihtelut osoittivat, että suodatin oli ollut välillä aerobinen ja välillä anaerobinen. Näin ollen typen vähenemisen voidaan ajatella johtuneen toisaalta denitrifikaatiosta toisaalta ammoniumionien sitoutumisesta maahan.



Kuva 35. Venastulin maasuodatin (LINDBAK 1977)

Taulukko 33. Venastulin maasuodattimen analyysitulosten keskiarvoja (LINDBAK 1978)

		tuleva	lähtevä	reduktio %
KHK	mgO ₂ /l	155,0	27,6	82,7
BHK7	mgO ₂ /l	114,0	7,2	93,7
kiintoaine	mg/l	50,4	9,8	84,2
kok.P	mg/l	17,4	3,5	79,9
kok.N	mg/l	51,5	29,1	43,5
NO ₃ ⁻ -N	mg/l	0,01	12,7	-

Samansuuntaisia tuloksia on saatu myös Postskolenin ja Blylagetin maasuodattimista. Ne on mitoitettu $10 \text{ m}^3/\text{d}$ (50 avl) ja $15 \text{ m}^3/\text{d}$ (60 avl) kuormitukselle. Molemmat on rakennettu vuonna 1974 norjalaisten ohjeiden mukaisesti. Maksimipintakuormitus on $125 \text{ l}/\text{m}^2\text{d}$. Blylagetissa suodatinkerroksen paksuus on 1,5 m normaalin 0,75 m sijasta. Se ei kuitenkaan ole parantanut fosforinpoistoa. Keskimääräiset reduktiot kahden vuoden käytön jälkeen olivat seuraavat:

	Blylaget reduktio %	Potskolen reduktio %
KHK	75	83
BHK ₇	93	97
kiintoaine	93	88
kok. P	63	53
kok. N	32	38

Laimenemisen vaikutus lienee vähäinen, koska molemmissa tapauksissa maasuodattimen ympäristö on hyvin kuivatettu. Bakteriologisissa analyysituloksissa oli esiintynyt suuria vaihteluja eri näytteenotto-kerroilla. Vaihtelun syytä ei ole pystytty selvittämään.

Yksikään tutkituista norjalaisista maasuodattimista ei ole ollut käytössä kyllin kauan, jotta käyttöiästä voitaisiin sanoa mitään varmaa. Luultavasti maasuodattimen käyttöaika jää lyhyemmäksi kuin imeytysojaston. Erityisesti fosforinpidätyskyky voi heikentyä ajan myötä. Alkuvaiheessa fosforireduktio on ollut 40...80 %. Typpireduktio on vaihdellut välillä 0...40 %. Orgaanisen aineen poistajana maasuodattimet ovat olleet erittäin tehokkaita BHK₇-reduktion ollessa yleensä yli 90 %. Myös bakteerireduktio on ollut ajoittain erittäin hyvä, mutta tulokset ovat vaihdelleet paljon (LINDBAK 1977, 1978).

NILSSON ja ENGLÖV (1979) ovat tutkineet viittä ruotsalaista maasuodatinta, joiden mitoitustiedot on taulukossa 34. Suodatinkerroksen paksuus on 0,7...1,0 m. Laitokset on rakennettu vuosina 1974...1975. Seuranta aloitettiin vuonna 1975 ja sen jatkui keväeseen 1977. Täydentäviä näytteitä otettiin lisäksi syksyllä 1977 ja 1978.

Jätevesivirtaaman aiheuttama pintakuormitus oli 20...30 l/m²d, paitsi Ädestassa, jossa se oli noin 60 l/m²d. Kahdessa laitoksessa pintavalunnan pääsy suodattimeen on estetty. Muihin suodattimiin tulee huomattavia määriä sade- ja sulamisvesiä varsinkin keväisin. Siitä huolimatta laitokset toimivat hyvin lukuunottamatta Ädestaa, joka poistettiin käytöstä kesällä 1976 tukkeutumisen vuoksi. Myöhemmin se on otettu uudelleen käyttöön koemielessä. Tukkeutumisen arveltiin johtuneen ajoittaisesta hydraulisesta ylikuormituksesta.

Taulukko 34. Tutkitut maasuodattimet (NILSSON & ENGLÖV 1979)

laitos	rakennus- vuosi	avl	mitoitus- virtaama m ³ /d	suodatin- pinta-ala m ²	näytteiden määrä
Solbacken	1975	130	50	790	21
Färna bruk	1975	220	66	990	17
Grönbo	1975	55	16,5	250	15
Ädesta	1974	150	45	520	26
Kullagården	1974		17	240	6

Kiintoaineen ja orgaanisen aineen reduktiot olivat yleensä hyviä. Lähtevässä vedessä oli kiintoainetta 1...10 mg/l. KHK-reduktio oli keskimäärin yli 80 %. Pitoisuudet lähtevässä vedessä olivat vakaita, alle 30 mgO₂/l, huolimatta hydraulisen kuormituksen, tulevan jäteveden pitoisuuden ja lämpötilan vaihteluista. BHK7-arvoa ei ole määritetty kuin yksittäistapauksissa. BHK7-reduktio on kuitenkin yleensä suurempi kuin KHK-reduktio ja siten lienee ollut keskimäärin yli 90 %.

Bakteerien määrä sekä tulevassa että lähtevässä vedessä vaihteli paljon. Kaikissa tapauksissa lähtevässä vedessä oli esiintynyt termostabiileja kolimuotoisia bakteereja. Vähemmän oli kuitenkin yleensä merkittävä. Normaaleissa kuormitusoloissa bakteerimäärä pieneni suodattimessa tuhannesosaan alkuperäisestä.

Ammonium- ja nitraattityypen suhde lähtevässä vedessä vaihteli kaikissa suodattimissa. Solbackenissa typpireduktio kohosi peräti 50 %:iin ja pitoisuus lähtevässä vedessä oli keskimäärin 27 mgN/l. Färna brukissa puolestaan päästiin vain 10...20 % typpireduktioon.

Fosfori pidättyi suodattimiin erittäin tehokkaasti heti laitoksen käynnistämisen jälkeen. Myöhemmin reduktio asettui 30...60 % tasolle. Kevään suurien virtaamien aikana reduktio oli mitätön, minkä oletettiin johtuvan viipymän lyhenemisestä. Toisaalta adsorption ja saostumisen edellytykset huononivat, kun tulevan veden fosforipitoisuus oli hyvin pieni sulamisvesien laimentavan vaikutuksen vuoksi.

Yhteenvedona NILSSON ja ENGLÖV (1979) ovat todenneet, että normaalisti kuormituksessa (ei sulamisvesiä) maasuodattimissa voidaan saavuttaa seuraavat reduktiot:

	reduktio%
kiintoaine	80...95
KHK	80...90
bakteerit	99...99,9
typpi	10...30
fosfori	30...60

Edellä on jo kiinnitetty huomiota siihen, että huomattava osa maasuodattimissa tapahtuvasta puhdistumisesta voi olla vain näennäistä, pintavalunnan ja sadannan aiheuttamaa laimenemistä. Kanadalainen BRANDES (1980) on selvittänyt nimenomaan sadannan ja haihdunnan osuutta puhdistustuloksesta. Tutkitussa suodattimessa käsitellään pienen hoitolaitoksen jätevedet. Vuorokausivirtaama on noin 2 000 l/d ja pintakuormitus keskimäärin 7,2 l/m²d. Jätevesi johdetaan imeytysputkiin pumppaamalla. Suodatinkerroksen paksuus on 0,76 m. Suodatinhiekan tehokas raekoko d₁₀ on 0,17 mm, hiekkaa on 84 %, hienoa soraa 14 % sekä savea ja silttiä 2 %.

Keskimääräinen sadanta oli ensimmäisenä tutkimusvuonna 2,47 mm/d ja haihdunta 1,44 mm/d eli 58,3 % sadannasta. Lumen sulamisaikana suodattimesta lähti noin kaksinkertainen vesimäärä jätevesivirtaamaan verrattuna. Orgaanisen aineen ja bakteerien reduktiot olivat lähes täydelliset koko tutkimusjakson ajan. Lähtevän veden BHK₅-pitoisuus oli keskimäärin 1,8 mgO₂/l. Kokonaistypen ja -fosforin reduktiot olivat 47,8 % ja 48,6 %, joista noin kolmasosa oli laimenemisen vaikutusta. Lumen sulamisaikana reduktiot olivat 53,6 % ja 52,1 %, mutta kun laimeneminen otettiin huomioon, jäi todelliseksi reduktioksi vain 6,8 % ja 5,3 %.

Taulukko 35. Laimenemisen osuus maasuodattimen typpi- ja fosforireduktioista kanadalaisen tutkimuksen mukaan (BRANDES 1980)

	koko vuosi	lumen sulamisaika
tulovirtaama mm/d	7,18	7,20
lähtövirtaama mm/d	8,21	14,38
laimenemiskerroin, $\frac{\text{tuleva}}{\text{lähtevä}} \cdot 100$	82,3	53,2
kokonaistyyppi		
tuleva mg/l	64,4	71,5
lähtevä mg/l	33,6	33,2
kokonaisreduktio %	47,8	53,6
reduktio ilman %	31,6	6,8
laimenemista		
kokonaisfosfori		
tuleva mg/l	17,5	16,5
lähtevä mg/l	9,0	7,9
kokonaisreduktio %	48,6	52,1
reduktio ilman %	30,9	5,3
laimenemista		

NILSSON ja ENGLÖV (1979) ovat koonneet tuloksia useista amerikkalaisista maasuodattimia koskevista tutkimuksista. Kokemukset ovat samansuuntaisia kuin Ruotsissa ja Norjassa. Kiintoaine, orgaaninen aine ja bakteerit poistuvat tehokkaasti, sen sijaan typpi- ja fosforireduktiot vaihtelevat paljon välillä 0...60 %. Seuraavassa kerrotaan pari esimerkkiä hydraulisen kuormituksen ja raeeseen vaikutuksesta maasuodattimen tukkeutumiseen.

Kanadalaisessa kuusi vuotta kestäneessä tutkimuksessa käytettiin avoimia maasuodattimia. Kaksi suhteellisen hienorakeista suodatinta (d_{10} 0,15 mm ja 0,19 mm sekä d_{60}/d_{10} 2,8 ja 4,4) tukkeutui 4...5 kuukauden käytön jälkeen kuormituksen ollessa $49 \text{ l/m}^2\text{d}$. Pienentämällä kuormitus puoleen voitiin käyttöä jatkaa ilman tukkeutumisongelmia. Kokeessa oli mukana myös kaksi karkeaa hiekkasuodatinta (d_{10} 0,30 mm ja 0,24 mm sekä d_{60}/d_{10} 4,1 ja 3,9) ja yksi sorasuodatin (d_{10} 2,5 mm ja d_{60}/d_{10} 1,2). Niissä ei havaittu tukkeutumista, vaikka kuormitus oli vaihdellen 49 ja $73 \text{ l/m}^2\text{d}$.

Avoimissa maasuodattimissa on kokeiltu huomattavasti suurempiakin pintakuormituksia. Eräessä Yhdysvalloissa tehdyssä tutkimuksessa karkkaan hiekkasuodattimeen (d_{10} 0,45 mm) johdettiin jätevettä $570...1\ 700 \text{ l/m}^2\text{d}$. Suodatin tukkeutui 45...80 vuorokauden käytön jälkeen. Tällöin imeytymisnopeus laski arvoon $5 \text{ l/m}^2\text{d}$. Kun kuormitus oli $200 \text{ l/m}^2\text{d}$, tukkeutuminen tapahtui 83...142 vuorokauden kuluttua. Avoimen maasuodattimen idea onkin juuri siinä, että käytetään suuria kuormituksia ja tukkeutumisen tapahduttua pintakerros on helppo vaihtaa uuteen. Suurilla kuormituksilla puhdistustulos kuitenkin heikkenee varsinkin kiintoaineen ja orgaanisen aineen osalta. Suurimmilla kuormituksilla kiintoainereduktio oli 50...70 % ja orgaanisen aineen reductio noin 80 %. Toisessa vaiheessa saavutettiin 81...88 % ja 93 % reductiot. Fosforireductio oli 18...46 %.

Myös Ruotsissa on kokeiltu avoimia maasuodattimia. Malmöhusin läänissä avointa maasuodatinta saa käyttää yhden talouden jätevesien käsittelyyn saostuskaivon jälkeen. Suodattimet on rakennettu 1 000 mm:n betonirengaskaivoihin. Suodattimen paksuudeksi on määrätty 1 m. Sen sijaan suodatinmaan laadusta ei ole tarkkoja ohjeita. Vuosina 1976...1977 on Lundin kunnassa seurattu viiden tällaisen maasuodattimen toimintaa. Kolmessa tapauksessa suodatinmateriaalina oli sora ja kahdessa hiekka. Taulukossa 36 esitettävät tulokset ovat 10...16 näytteen keskiarvoja.

Suodattimien hydraulinen kuormitus oli erittäin suuri, $370...1\ 080 \text{ l/m}^2\text{d}$. Raekoko vaikutti ratkaisevasti orgaanisen aineen ja bakteerien vähenemiseen. Hiekkasuodattimissa BHK7-reductio oli yli 90 % ja

karkeissa suodattimissa puolestaan vain noin 50 %. Korkeasta kuormituksesta johtuen fosforin pidättymistä ei tapahtunut juuri lainkaan. Suodattimen anaerobisuus esti yleensä nitri-fikaation, joten lähtevässä vedessä typpi oli ammoniummuodossa. Toinen hiekkasuodattimista tukkeutui pian tutkimuksen päätyttyä oltuaan käytössä vajaat kaksi vuotta. Sen suodatinmateriaali vaihdettiin. Muissa suodattimissa ei ole havaittu yhtä vakavaa tukkeutumista (NILSSON & ENGLÖV 1979).

5.433 Imeytyskenttä

Imeytyskentän periaatteena on, että kasvit käyttävät hyväkseen jäteveden sisältämät ravinteet. Käytännössä imeytyskenttä toimii aina myös imeytysojastona. Vesitaseyhtälö voidaan imeytyskentän tapauksessa kirjoittaa seuraavasti (SKAARER 1976a):

$$P + J = Q + T + E + R \quad (7)$$

P = sadanta

J = jätevesimäärä

Q = valunta

T = transpiraatio (kasvien kautta tapahtuva haihdunta)

E = evaporaatio (maan pinnasta tapahtuva haihdunta)

R = vesivaraston muutos

Imeytyskenttään johdettavissa oleva jätevesimäärä riippuu siitä, kuinka paljon vettä saa suotautua pohjaveteen ja kuinka paljon kokonaishaihdunta eli evapotranspiraatio voi lisääntyä luonnontilaisesta. Haihtuminen voi olla korkeintaan potentiaalisen evapotranspiraation (PET) suuruinen, mikä tarkoittaa lyhyttä nurmea kasvavan alueen evapotranspiraatiota, kun veden saanti ei rajoita haihduntaa (SKAARER 1976a). PET riippuu meteorologisista tekijöistä. Suomen oloissa veden puute ei useinkaan pienennä haihtumista potentiaalisesta tasosta, jos maaperäolot eivät ole kovin

Taulukko 56. Analyysitulosten keskiarvoja viidestä ruotsalaisesta avoimesta maasuodattimesta
(NILSSON & ENGLÖV 1979)

suodatin	1	2	3	4	5
suodatinmateriaali	sora 4...8 mm	sora 4...8 mm	sora 8...16 mm	hiekkä, d ₁₀ 0,26 mm	hiekkä, d ₁₀ 0,26 mm
rakennusvuosi	1973	1976	1972	1973	1976
hydraulinen kuormitus	1/m ² d	700	1 080	700	370
BHK ⁻	mgO ₂ /l	510	300	88	443
	tuleva	170	130	41	41
	lähtevä	115	57	20	91
	reduktio %	48	57	93	91
KHK	mgO ₂ /l	330	507	45	735
	tuleva	250	255	65	200
	lähtevä	32	50	55	73
	reduktio %	52	61	26	94
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	48	45	17	68
	tuleva	3,5	4,0	1,6	6,4
	lähtevä	2,9	4,5	2,0	52
NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ -N	mg/l	20	22	7,5	21
	tuleva	18	20	6,5	21
	lähtevä	32	76	65	99
kok.P	mg/l	1,0·10 ⁵	1,0·10 ⁶	4,0·10 ⁴	7,5·10 ⁵
	tuleva	6,6·10 ⁴	2,4·10 ⁵	1,4·10 ⁴	9,0·10 ³
	lähtevä	32	76	65	99
	reduktio %	1,1·10 ⁴	4,3·10 ⁴	9,3·10 ³	4,0·10 ⁴
kolimuotoiset bakteerit 55°C	kpl/ml	8,3·10 ³	1,7·10 ⁴	1,1·10 ³	2,3·10 ²
	tuleva	25	60	56	99
	lähtevä	1,1·10 ⁴	4,3·10 ⁴	9,3·10 ³	4,0·10 ⁴
	reduktio %	8,3·10 ³	1,7·10 ⁴	1,1·10 ³	2,3·10 ²
kolimuotoiset bakteerit 44°C	kpl/ml	25	60	56	99
	tuleva	1,1·10 ⁴	4,3·10 ⁴	9,3·10 ³	4,0·10 ⁴
	lähtevä	8,3·10 ³	1,7·10 ⁴	1,1·10 ³	2,3·10 ²
	reduktio %	25	60	56	99

poikkeuselliset ja sadanta on suhteellisen tasaisesti jakautunut kesän aikana (SUOMEN RAKENNUSINSINÖÖRIEN LIITTO (1973).

Imeytyskenttää suositellaan yleensä käytettäväksi vain, kun on kyse loma-asuntojen pienistä jätevesimääristä. Mitä todennäköisemmin tällainen imeytyskenttä on helppo ja haitaton jätevesien käsittelytapa. Joka tapauksessa pohjaveden likaantumisvaara on pienempi kuin imeytysojastoa käytettäessä, koska osa ravinteista sitoutuu kasvillisuuteen.

Eri kasveihin sitoutuvia ravinnemääriä ei ole tutkittu nimenomaan imeytyskenttää ajatellen, muissa yhteyksissä kylläkin. Taulukossa 37 on SKAARERIN (1976a) kokoamia tietoja muutamista sellaisista luonnonvaraisista kasveista, jotka voisivat tulla kyseeseen imeytyskentässä.

Taulukko 37. Muutamien luonnonvaraisten kasvien ravinteiden sitomiskyky ja primäärituotanto eri tutkijoiden mukaan (SKAARER 1976a).

kasvilaji	tutkimusmaa	P g/m ²	K g/m ²	kasvimassa g/m ²
järviruoko (<i>Phragmites australis</i>)	Norja	0,6...0,7	3...5,9	287...503
	Ruotsi	1,4...9		
	Ruotsi			600...1 000
	Ruotsi			100...2 381
järvikorte (<i>Equisetum fluviatile</i>)	Norja			430...3 680
	Ruotsi	2...3,4		
leveälehtinen osmankäämi (<i>Typha latifolia</i>)	Norja	0,6	6,7	511
iso sorsimo (<i>Glyceria maxima</i>)	Norja	1,8...1,9	12,2...14,7	565...632
sarjarimpi (<i>Butomus umbellatus</i>)	Ruotsi	5...9		
rantapalpakko (<i>Sparganium emersum</i>)	Ruotsi	0,3...1		
kuivähko rantaniitty	Norja			300...700
kostea rantaniitty	Norja			n.900

Yleisesti ottaen voitaneen sanoa, että kuormituksen ollessa pieni (ei WC:tä, loma-asunto) ei kasvien valinnalla ole ratkaisevaa merkitystä. Sen sijaan kuormituksen ollessa suuri (WC, vakinainen asunto, suurehko yksikkö) on valittava kasveja, jotka sietävät korkeita ravinnepitoisuuksia ja kykenevät haihduttamaan paljon vettä. Norjalainen SKAARER (1976a) on ehdottanut imeytyskenttään esimerkiksi seuraavia kasveja:

luonnonniitylle sopivia lajeja

- järviruoko (Phragmites australis)
- leveälehtinen ja kapealehtinen osmankäämi (Typha spp.)
- järvikaisla (Schoenoplectus lacustris)
- keltainen kurjenmiekkä (Iris pseudacorus)
- iso sorsimo (Glyceria maxima)
- sarjarimpi (Butomus umbellatus)
- lehtikastikka (Calamagrostis canescens)
- tahmealatvainen horsma (Epilobium adenocaulon)
- pullosara (Carex rostrata)
- ranta-alpi (Lysimachia vulgaris)
- rantakukka (Lythrum salicaria)

nurmikolle sopivia lajeja

- rönsyröllä (Agrostis pratensis)
- niittynurmikka (Poa pratensis)
- yleinen nurmikka (Poa trivialis)

hyötykasveja

- punaherukka (Ribes rubrum)
- mustaherukka (Ribes nigrum)
- välittävä raunioyrtti (Symphytum asperum x officinale)
- mahdollisesti mukulävihannekset
- raparperi (Rheum cultorum)
- kurpitsa (Cucurbita spp.)

Näistä esimerkiksi osmankäämiä, kurjenmiekkää, lehtikastikkaa sekä puna- ja mustaherukkaa kokeillaan parhaillaan Norjassa koerakentamisaalueella.

Suomessa on saatu hyviä kokemuksia pajun (*Salix aquatica*) kasvattamisesta imeytyskentässä (TAKALA 1979). Maatalouden tutkimuskeskuksen Hämeen koeasemalla 15 henkilön jätevedet johdetaan peltoalueen keskellä sijaitsevaan imeytyskenttään. Laitos on ympärivuotisessa käytössä. Levityspotket ovat vain vajaan puolen metrin syvyydessä, mutta siitä huolimatta ne eivät ole jäätyneet. Tuleva jätevesimäärä on ollut $75\ 000\ \text{m}^3/\text{ha}$ vuodessa. Pajukon on laskettu haihduttaneen noin 10 % jätevesien kokonaismäärästä. Tulevan jäteveden pitoisuuksien ja koekasvin ravinnesisällön perusteella on arvioitu, että kasveihin sitoutuu noin 5 % tulevasta fosforista ja noin 8 % typestä. Maahan pidättyvien ja pohjaveteen kulkeutuvien ravinteiden määrä jää epäselväksi, koska maavedestä ei ole onnistuttu saamaan kunnollisia näytteitä.

Taulukkoon 38 on laskettu imeytyskentän vaatima pinta-ala, jos mitoitusperusteena olisi vesimäärä tai typpi- tai fosforikuormitus. Siitä nähdään, että jos halutaan kasvien haihduttavan nelihenken perheen koko jätevesimäärän tulisi pinta-alan olla loma-asunnolla $300\ \dots\ 500\ \text{m}^2$ ja vakinaisella asunnolla jopa $1\ 600\ \text{m}^2$. Lähtökohdaksi oletettu sadannan vajaus on lisäksi melko suuri. Käytännössä suuri osa vedestä imeytyykin syvemmälle maahan ja mitoituksen määrää joko infiltraatiokyky tai ravinnekuormitus. Jos infiltraatiokyky on esimerkiksi $10\ \text{mm}/\text{d}$ (siltti, savi), vaadittava pinta-ala olisi $40\ \dots\ 80\ \text{m}^2$ vedenkulutuksesta riippuen. Infiltraatiokyky voi tulla ratkaisevaksi tekijäksi, jos kenttään johdetaan vain pesuvesiä. Jos mukana on myös käymäläjätevesiä, typen sitomiseksi kasvillisuuteen tarvitaan lisää pinta-alaa. Pelkkien pesuvesien osalta tosin fosforikuormitus olisi määräävä tekijä, jos kasvien haluttaisiin ottavan kaiken fosforin. Koska fosfori kuitenkin pidättyy tehokkaasti maahan, riittänee, että infiltraatiokykyä ei ylitetä (SKAARER 1976a).

Taulukko 38. Nelihenkisen perheen jätevesille tarvittava imeytyskentän pinta-ala mitoitusperusteen ollessa kaiken veden haihduttaminen, infiltraatiokyky tai ravinnekuormitus (SKAARER 1976a)

asuntotyyppi ja imeytyskentän käyttöaika/v	vaadittava pinta-ala m ² mitoitusperusteen ollessa			
	evapotranspiraatio 100 % ³⁾	jätevesimäärä 10 mm/d	ravinnekuormitus ⁴⁾ käyttökauden aikana	
			15 gN/m ²	4 gP/m ²
loma-asunto, 2 kk ¹⁾				
on WC	480	60	220	183
ei WC:tä	320	40	20	132
vakinaisen asunto, 5 kk ²⁾				
on WC	1 200	80	547	450
ei WC:tä	840	56	47	325
vakinaisen asunto, 7 kk ²⁾				
on WC	1 680	80	760	650
ei WC:tä	1 180	56	60	475

1) vedenkulutus 150 l/p.d (on WC) ja 100 l /p.d (ei WC:tä)

2) vedenkulutus 200 l/p.d (on WC) ja 140 l/p.d (ei WC:tä)

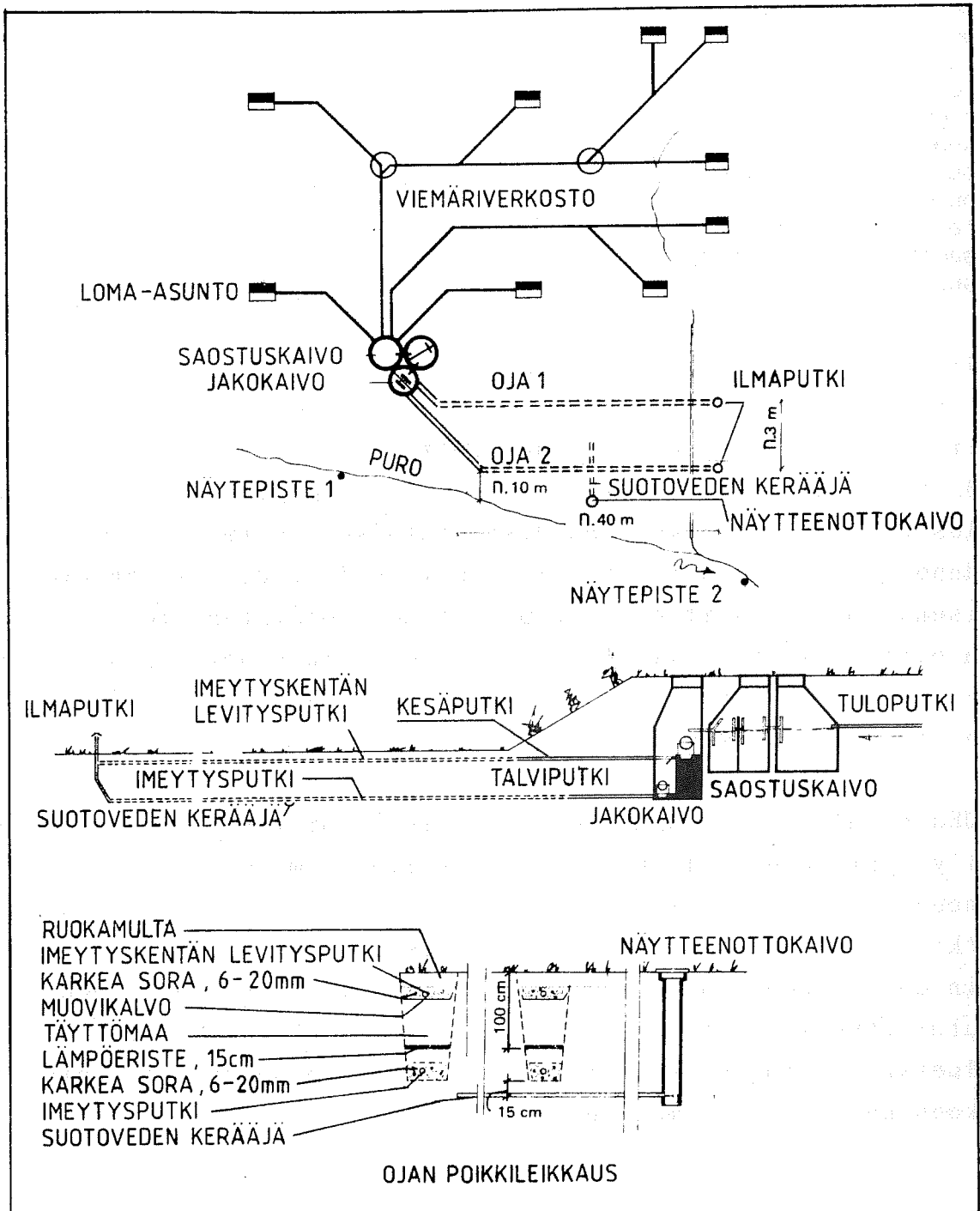
3) sadannan vajaous 100 mm käytön ollessa 5 ja 7 kk ja 75 mm käytön ollessa 2 kk

4) 13,1 gN/p.d ja 3,1 g P/p.d (on WC) ja 1,1 g N/p.d ja 2,2 g P/p.d (ei WC:tä)

Norjassa on kokeiltu imeytyskentän ja imeytysojaston yhdistämistä. Stjernåsenissa kahdeksan loma-asunnon jätevedet johdetaan tällaiseen laitokseen, kuva 36. Loma-asunnoissa on vesikäymälät ja saniteettivarustus vastaa vakinaisen asunnon tasoa. Kesäaikana loma-asuntoja käytetään jatkuvasti, talvella lyhyitä jaksoja silloin tällöin. Laitos on mitoitettu 20 henkilön jätevesimäärälle. Ominaiskulutukseksi on arvioitu 250 l/p.d. Jätevesi johdetaan yhteiseen saostuskaivoon ja edelleen vaappuruuhun ohjaamana putkistoon. Ylempi putki on käytössä kesällä. Kun se jäätyy, jätevesi menee automaattisesti alempaan putkeen.

Laitos on otettu käyttöön kesällä 1975. Ensimmäinen talvi oli niin leuto, ettei putkisto jäänyt lainkaan. Vedenkulutus talviaikana oli hyvin pieni, koska loma-asunnoilla ei ollut talvivesijohtoa. Vesinäytteitä otettiin saostuskaivosta, suotovedestä ja puurosta laitoksen ylä- ja alapuolelta. Taulukossa 39 on ensimmäisiä analyysituloksia. Ensimmäinen näytesarja otettiin ennen laitoksen käyttöönottoa. Myöhemmistä analyysituloksista havaittiin kloridi- ja

typpipitoisuuksien nousseen jonkin verran, mutta fosforipitoisuuksiin imeytys ei ollut vaikuttanut. Rehevästä kasvusta päätellen kasvillisuus oli käyttänyt osan jäteveden sisältämistä ravinteista (LINDBAK 1977,1978).



Kuva 36. Stjernåsenin yhdistetty imeytyskenttä ja imeytysojasto (LINDBAK 1978)

Taulukko 39. Tutkimustuloksia Stjernäsenista imeytyskentän ja imeytys-
ojaston yhdistämisestä. Näyte 1 on otettu ennen laitoksen käyttöön-
ottoa (LINDBAK 1977)

näyte	KHK mgO ₂ /l	BHK ₇ mgO ₂ /l	kiintoaine mg/l	Cl ⁻ mg/l	kok.P mg/l	kok.N mg/l
näyte 1, 15.5.1975						
puro, laitoksen yläp.				15,3	0,07	0,55
puto, laitoksen alap.				14,7	0,09	0,30
näyte 2, 11.9.1975						
saostuskaivosta lähtevä suotovesi				85,0	14,0	43,0
puro, laitoksen yläp.				26,0	0,19	11,0
puro, laitoksen alap.				27,0	0,11	8,2
näyte 3, 12.7.1976				55,0	0,20	87,0
saostuskaivosta lähtevä suotovesi	107 7,2	20 8	36,7 18,0		10,0 0,105	94,2 2,0

5.434 Imeytys jälkikäsitteilynä

Paitsi itsenäisenä käsittelymenetelmänä imeytystä voidaan käyttää myös tehostamaan biologisen tai kemiallisen puhdistamon käsittelytulosta. Lähinnä on kyse puhdistustuloksena viimeistelystä, jolloin jäännösflokkit suodattuvat pois. Imeytystä voidaan pitää myös jonkinlaisena varmuuskäsittelynä, puhdistamon toimintahäiriöiden vaikutusten eliminoijana. Toisaalta pohjaveden pilaantumisvaara on ilmeinen, kun imeytettävä jätevesimäärä on huomattavan suuri, vaikka olisi kyse biologisesti tai kemiallisesti käsitellystä jätevedestä.

SAUER et al. (1976) ovat Yhdysvalloissa tutkineet biologisesti käsitellyn jäteveden jälkikäsitteilyä avoimessa maasuodattimessa. Kiintoaineen, orgaanisen aineen ja bakteerien osalta suodatus sai aikaan merkittävän lisäpuhdistumisen, taulukko 40. Fosfaattipitoisuus väheni noin 20 %. Suodatinhiekkä oli verraten hienoa. Niinpä suodatin tukeutui täydellisesti noin 300 vuorokauden käytön jälkeen. Kokeen kuluessa kiintoainetta kerääntyi vähitellen suodattimen pintaan. Kokeen päättyessä tämän kerroksen paksuus oli 19...25 mm.

Taulukko 40. Amerikkalaisia tutkimustuloksia biologisesti puhdistetun jäteveden jälkikäsitteystä avoimessa maasuodattimessa (SAUER et al. 1976)

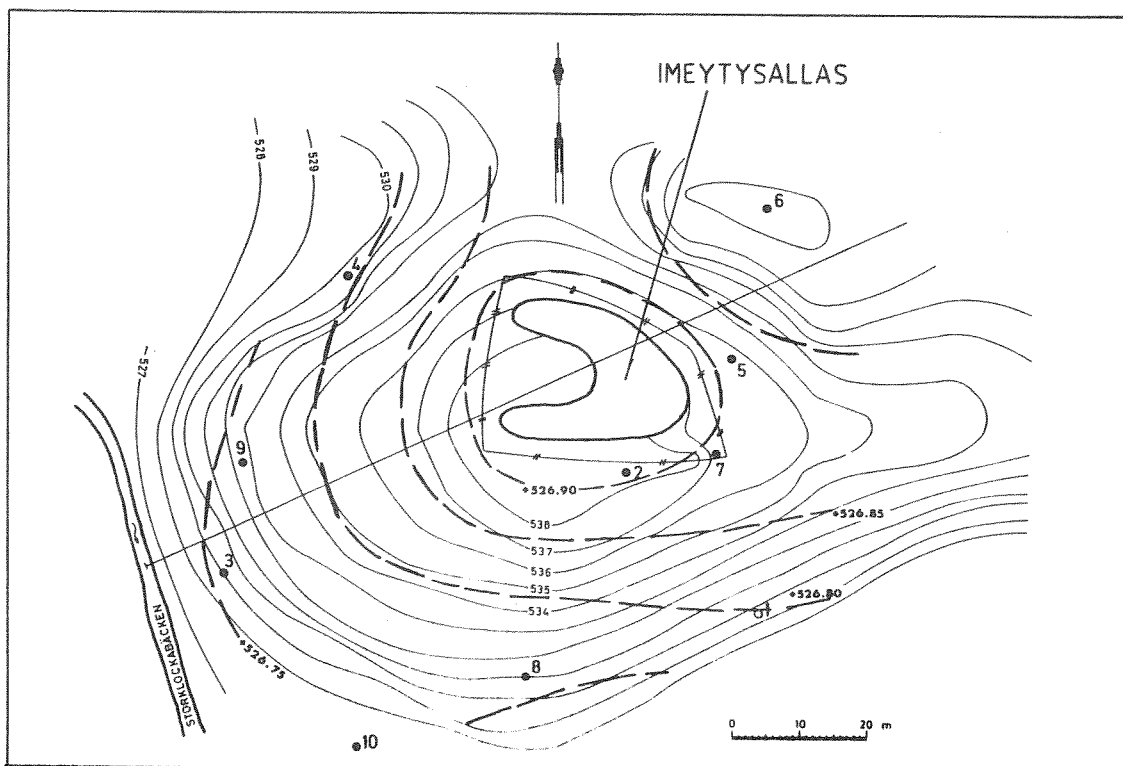
		tuleva biologisesti käsitelty	suodattimesta lähtevä	suodattimen reduktio %
d_{10}	0,19 mm			
d_{60}/d_{10}	3,3			
hydraulinen kuormitus	155 l/m ² d			
kiintoaine	mg/l	48	11	77
BHK ₅	mgO ₂ /l	26	4	85
KHK	mgO ₂ /l	82	29	65
NH ₄ ⁺ -N	mg/l	0,4	0,3	
NO ₃ ⁻ + NO ₂ ⁻ -N	mg/l	34	37	
PO ₄ ³⁻ -P	mg/l	28	23	18
kolimuotoiset bakteerit 35°C	kp1/ml	1,5·10 ³	1,3·10 ²	91
kolimuotoiset bakteerit 44°C	kp1/ml	1,9·10 ²	1,3·10 ¹	93

Ruotsissa CARLSSON (1977) on tutkinut jälkikäsitteilynä käytettävän imeytysaltaan vaikutusta pohjaveteen. Ännin jätevedenpuhdistamo on otettu käyttöön vuonna 1973. Siinä käsitellään noin 250 asukkaan jätevedet. Puhdistamo on biologis-kemiallinen jälkisaostuslaitos. Saostuskemikaalina käytetään alumiinisulfaattia. Puhdistamon jälkeen jätevesi johdetaan kuvassa 37 esitettyyn imeytysaltaaseen. Maaperä on glasifluviaalista hiekkaa ja soraa. Pohjavedenpinta on noin 8 m syvyydessä altaan pohjasta.

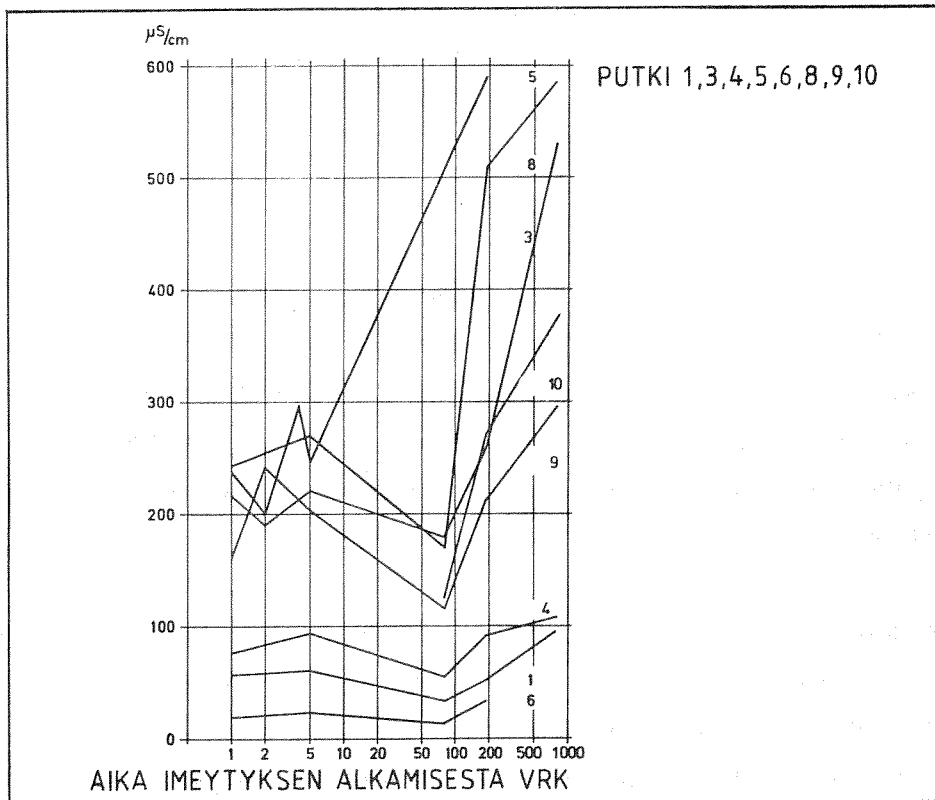
Imeytetty vesimäärä oli 130...140 m³/d. Altaaseen kertyi metrin verran vettä ja altaassa havaittiin pohjan tukkeutumisista, pintalietettä ja leväkasvua. Vesinäytteitä otettiin 1, 2, 4, 5, 22, 81, 188 ja 795 vuorokauden kuluttua imeytyksen alkamisesta. Näytteenottokohdat on merkitty kuvaan 37. Imeytys ei vaikuttanut oleellisesti pohjavedenpinnan korkeuteen. Sen sijaan pohjaveden laadussa havaittiin selviä muutoksia. Ennen imeytyksen alkamista pohjaveden happipitoisuus oli 0,5...7,5 mg/l. Imeytyksen kuluessa happipitoisuus vähitellen aleni, ja kahden vuoden käytön jälkeen pohjavesi oli täysin hapetonta putkissa 1, 3, 4, 8 ja 10.

Sähkönjohtavuuden kohoaminen osoitti suolapitoisuuden nousseen, kuva 38. Nousu oli pääasiassa typpiyhdisteiden aiheuttamaa. Pohjaveden ammoniumtyypen pitoisuus kohosi jatkuvasti olleen suurimmillaan 0,6...0,7 mg/l. Nitraattipitoisuus oli voimakkaasti kohonnut ensimmäisen puolen vuoden aikana. Putkissa 2, 5 ja 8 pitoisuus oli peräti 20...40 mg/l ja muissa 1...2 mg/l. Viimeisessä näytesarjassa nitraattipitoisuus laski tasolle 0,2...0,3 mg/l, paitsi putkessa 8, jossa pitoisuus oli 7,6 mg/l. Tulokset osoittivat, että alkuvaiheessa happipitoisuus oli ollut riittävä nitrifikaatiota ajatellen. Helppoliukoinen nitraatti oli nopeasti kulkeutunut pohjaveteen. Myöhemmin typpi jäi ammoniummuotoon ja pidättyi maahan jossain määrin.

Sähkönjohtavuuden kohoamiseen vaikutti myös vetykarbonaatti- ja kloridi-ionien määrän lisääntyminen. Vetykarbonaatti on yhteydessä orgaanisen aineen hajoamiseen. Kloridipitoisuus oli imeytyksen vaikutuksesta noussut tasolle 5...15 mg/l. Puhtaan pohjaveden kloridipitoisuus oli 2...3 mg/l ja imeytettävän jäteveden noin 20 mg/l. Imeytettävän jäteveden fosforipitoisuus oli 0,5...1 mg/l. Sen ei havaittu vaikuttaneen pohjaveden fosforipitoisuuteen.



Kuva 37. Ännin imeytysallas (CARLSSON 1977)



Kuva 38. Imeytyksen vaikutus pohjaveden sähkönjohtavuuteen Ännissa. Näyteputkien sijainti on esitetty kuvassa 37 (CARLSSON 1977)

5.44 Puhdistustulokseen vaikuttavia tekijöitä

5.441 Yleistä

Edellä esitettyjen käyttökokemusten perusteella imeytysmenetelmien puhdistustulos on yleensä erittäin hyvä kiintoaineen ja orgaanisen aineen suhteen. Maasuodattimella on päästy 80...95 % reduktioihin. Bakteerien vähenemä on usein ollut yli 99 %, mutta suuriakin vaihteluja on esiintynyt. Fosforin poistuma on yleensä ollut 30...60 % ja typen 0...40 %.

Yhteenvedona saaduista käyttökokemuksista käsitellään seuraavassa eri tekijöiden vaikutusta puhdistustulokseen. Toimivien

laitosten seuranta ei kuitenkaan yksin riitä, koska eri tekijöiden vaikutuksen perottaminen toisistaan tuottaa vaikeuksia. Lisäselvyyttä on saatu laboratoriotutkimuksista. Tältä osin käsitellään seuraavassa lähinnä ruotsalaisten NILSSONIN ja ENGLÖVIN (1979) kokeiden tuloksia.

5.442 Viipymä ja kuormitus

Imeytyskerroksen alapuolella olevan kyllästymättömän maakerroksen olemassaolo on välttämätön, jotta merkittävää puhdistumista tapahtuisi. Puhdistustulos riippuu ratkaisevasti viipymästä kyllästymättömässä kerroksessa. Viipymään vaikuttavat ennen kaikkea pohjavedenpinnan syvyys tai suodatinkerroksen paksuus sekä suodatinmaan hydraulinen johtavuus ja hydraulinen kuormitus.

Lukuisissa tutkimuksissa on osoitettu, että puhdistumista ei tapahdu juuri lainkaan, jos kyllästymätön kerros puuttuu (LINDBAK 1977, NILSSON & ENGLÖV 1979). Sen vuoksi pohjavedenpinta ei missään tapauksessa saa nousta imeytysojan tai maasuodattimen pohjan tasolle. Etäisyyden imeytysojan pohjasta pohjavedenpintaan tulisi olla vähintään 50 cm (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975).

Orgaaninen aine ja bakteerit suodattuvat jätevedestä suurimmaksi osaksi heti imeytysputkea ympäröivän soran ja varsinaisen suodatinmaan rajapinnassa ja suodatinmaan ylimmässä kerroksessa. Myös pääosa fosforista pidättyy ensimmäisen 50 cm matkalla (LINDBAK 1978). Tämän perusteella on ymmärrettävää, että suodatinkerroksen paksuntaminen maasuodattimessa ei enää oleellisesti paranna puhdistustulosta (LINDBAK 1977).

Imeytyksessä käytettävät pintakuormitukset ovat tavallisesti suuruusluokkaa 1...10 l/m²d. Avoimessa maasuodattimessa kuormitus voi olla jopa yli 1 000 l/m²d (LINDBAK 1978, NILSSON & ENGLÖV 1979). Itsestään selvää on, että mitä suurempi on kuormitus sitä nopeammin suodatin tukkeutuu.

Hydraulisen kuormituksen kasvaessa maan vesipitoisuus nousee. Vesi kulkee yhä suuremmissa huokosissa, joten maahiukkasen ja jäteveden välinen reaktiopinta-ala pienenee. Samalla viipymä lyhenee virtaamanopeuden kasvaessa. Sekä ruotsalaisissa että norjalaisissa tutkimuksissa

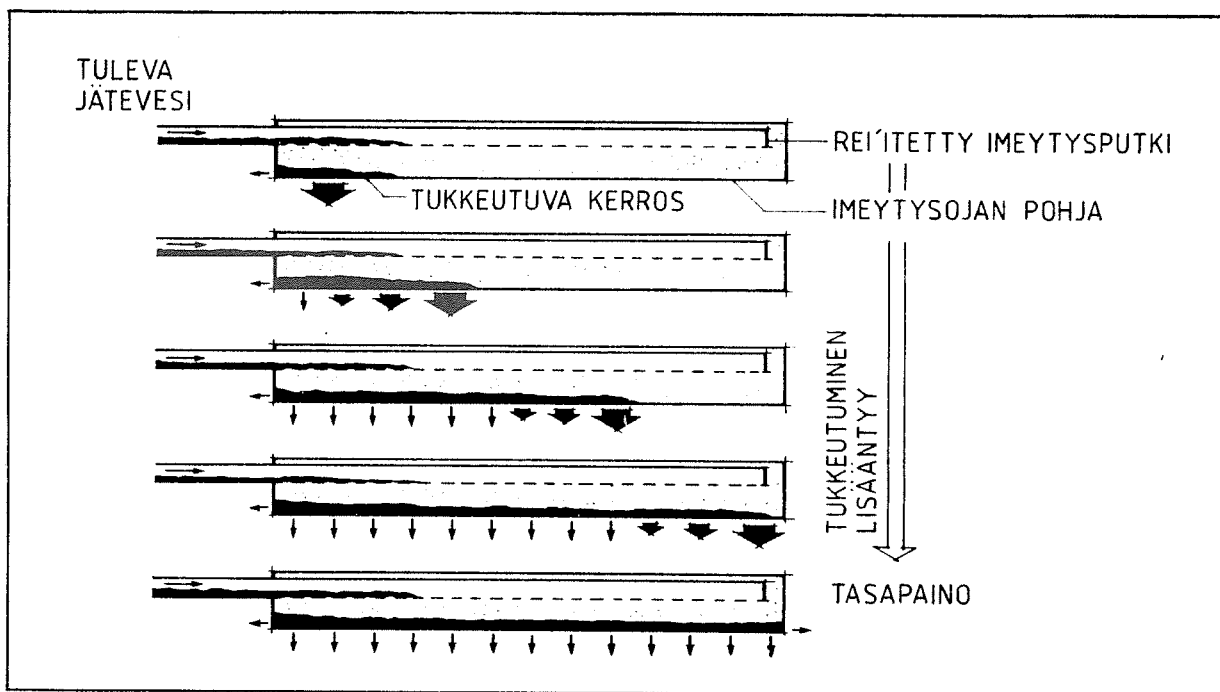
on todettu, että puhdistustulos orgaanisen aineen ja bakteeriden osalta on vakaa pienistä kuormitus- ja pitoisuusvaihteluista huolimatta. Huomattavasti normaalia suurempi hydraulinen kuormitus aiheuttaa kuitenkin reduktioiden huononemisen. Viipymä jää niin lyhyeksi, ettei puhdistumista ehdi tapahtua (LINDBAK 1977, NILSSON & ENGLÖV 1979). Myöskään tulevan veden fosforipitoisuuden ei ole havaittu vaikuttavan puhdistustulokseen (LINDBAK 1977). Kuitenkin huippukuormituksilla fosforireduktio jää mitättömäksi pienestä viipymästä johtuen. Tämä on todettu sulamisaikana tavallisissa maasuodattimissa ja toisaalta avoimissa maasuodattimissa, joissa kuormitus on jatkuvasti suuri (NILSSON & ENGLÖV 1979).

Hydraulinen kuormitus vaikuttaa myös maan happitilanteeseen ja sitä kautta esimerkiksi typen reaktioihin. Redox-potentiaalnin merkitystä käsitellään kohdassa 5.446.

5.443 Kuormitustapa

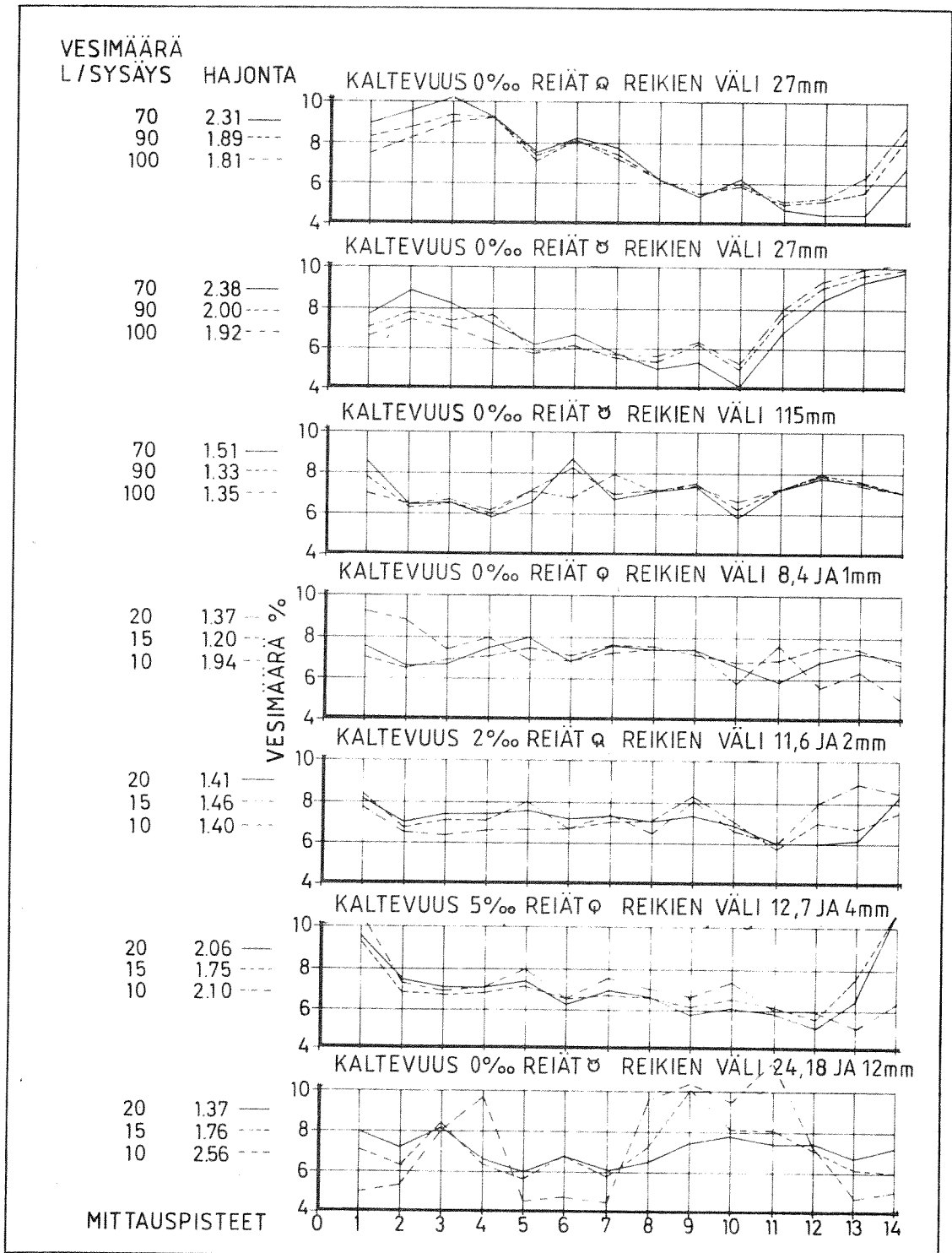
Jotta imeytyspinta-ala tulisi käytetyksi hyväksi mahdollisimman tehokkaasti, jäteveden pitäisi levitä tasaisesti koko putken pituudelle. Jos vettä tulee putkeen jatkuvasti pieniä määriä, putken alkupää kuormittuu eniten. Vasta sen tukkeututtua vesi leviää putkessa pidemmälle. Näin tukkeutuminen etenee vähitellen kuvan 39 mukaisesti. Kuormitus saadaan tasaisemmaksi johtamalla vesi putkeen sysäyksittäin. Vettä tulee kerrallaan niin paljon ja niin suurella nopeudella, että se leviää putken päästä päähän. Sopivia menetelmiä ovat pumppaus, vaappuruuhi ja sifoni, jotka on esitetty kohdassa 5.426.

Jäteveden leviäminen maahan riippuu imeytysputken kaltevuudesta ja putkityypistä. Jos vesi johdetaan putkeen painovoimaisesti, suositeltu kaltevuus on 2...5⁰/oo. Kuormituksen ollessa sysäyksittäistä putket voidaan asettaa vaakasuoraan (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975). Tavallisimmin käytettyjä putkia ovat salaojaputket ja rei'itetyt sileät muoviputket.



Kuva 39. Tukkeutumisen eteneminen imeytysojassa (LINDBAK 1977)

Norjassa on tutkittu, miten reikien koko ja sijoitus vaikuttavat veden leviämiseen. Kokeessa käytettiin puhdasta vettä, joka johdettiin putkeen joko jatkuvasti tai sysäyksittäin. Putken pituus oli 14 m ja kaltevuus 0...5 ‰. Tutkimuksen mukaan yksikään markkinoilla olleista salaojaputkityypeistä ei sovi imeytysputkeksi. Vikana kaikissa oli liian suuri reikäpinta-ala putken juoksumetriä kohti. Niinpä vielä kaltevuuden ollessa suurimmillaan 5 ‰ ensimmäisille metreille tuli yli 50 % kuormituksesta. Vesimäärä vastasi yhden talouden vedenkulutusta. Lisäksi todettiin, että betoni- ja tiiliputket on hyvin vaikea saada asetettua suoraan, joten putket kuormittuvat senkin vuoksi epätasaisesti. Käyttämällä sopivasti rei'itettyä sileää muoviputkea leviäminen saatiin huomattavasti tasaisemmaksi kuin salaojaputkissa. Sysäyksittäinen vedenjohtaminen antoi paremman tuloksen kuin jatkuva. Kuvassa 40 on esimerkkejä putken rei'ityksen vaikutuksesta veden leviämiseen kerralla putkeen tulevan vesimäärän vaihdellessa välillä 10...100 l (LINDBAK 1977).



Kuva 40. Putken rei'ityksen vaikutus veden leviämiseen norjalaisen kokeen mukaan (LINDBAK 1977)

Em. tutkimuksen ja myöhempien norjalaisten kokemusten perusteella suositellaan imeytysputkeksi halkaisijaltaan 110 mm PEH- tai PVC-putkea. Putkeen tehtävien reikien halkaisijan tulee olla vähintään 4 mm. Reikien on kuitenkin oltava niin pieniä, että putkea ympäröivä sora (raekoko 6...20 mm) ei tunkeudu putkeen. Jos vesi johdetaan putkeen painovoimaisesti, reikiä tehdään 30 cm välein kaksi riviä putken alapuolelle (kello 5 ja 7). Vaappuruuha käytettäessä yksi rivi reikiä putken pohjassa (kello 6) näyttäisi antavan parhaan tuloksen. Sopiva vaappuruuhan tilavuus on 20...30 l. Kiintoaineen sedimentoituminen vaappuruuhan pohjalle estää tilavuuden lisäämisen. Jos vesi pumpataan imeytysputkeen, on edullista käyttää pienempää, halkaisijaltaan 25...50 mm putkea. Reiät tulevat tällöin yhteen riviin noin 30 cm etäisyydelle toisistaan. Pumppukaivo mitoitetaan siten, että pumppu käynnistyy 2...3 kertaa vuorokaudessa (LINDBAK 1978).

Imeytysojaston tai maasuodattimen käyttöikä voidaan pidentää rakentamalla se kahdesta tai useammasta osasta, joita käytetään vuorotellen. Tukkeutumisalttius nimittäin pienenee, jos suodatin saa välillä levätä. Siihen kertynyt orgaaninen aine ehtii täydellisesti hajota, jolloin hydraulinen johtavuus palautuu lähelle alkuperäistä tasoa (LINDBAK 1978). Lepotauko vaikuttaa positiivisesti myös maan fosforin pidätyskykyyn (SAWHNEY & STARR 1977).

NILSSONIN ja ENGLÖVIN (1979) laboratoriokeet ovat osoittaneet, että lepotauot kuormitusjaksojen välissä lisäävät huomattavasti suodattimen hydraulista kapasiteettia. Jatkuvasti kuormitetun suodattimen kapasiteetti oli vain 2,5...5 l/m²d. Toisessa suodattimessa kahden viikon käyttöä seurasi viikon lepo ja kolmannessa neljän viikon käyttöä kahden viikon lepo. Jaksottain käytettyjen suodattimien kapasiteetti oli heti lepojaksen jälkeen 50...110 l/m²d, mutta jo viikon kuluttua se laski 20...30 %:iin alkuperäisestä. Kahden viikon kuluttua kapasiteetti oli enää 10...20 % alkuperäisestä. Koska kapasiteetti laski erittäin jyrkästi ensimmäisen viikon aikana, todettiin kahden viikon käyttöjakso edullisemmaksi kuin neljän viikon jakso. Viikon lepo näyttäisi riittävän hyvin. Tuloksista voidaan lisäksi päätellä, että vedenkulutuksen normaalilla tunti- ja vuorokausivaihtelulla on suuri merkitys suodatinmaan hydraulista kapasiteettia ajatellen. Jatkuvasti kuormitetun suodattimen kapasiteetti oli todella

alhainen verrattuna normaalisti käytettyihin pintakuormituksiin.

Mahdollisesti saavutettaisiin vielä parempi tulos, jos jaksojen pituutta edelleen lyhennettäisiin. DE VRIESIN (1972) tutkimuksessa suodattimen kuormitus oli $200 \text{ l/m}^2\text{d}$ kahden tunnin ajan. Seuranneen 22 tunnin lepojaksos päättyessä biologinen aktiviteetti oli käytännöllisesti katsoen lakanut eli mikrobit olivat jo hajottaneet kaiken suodattimeen tulleen orgaanisen aineen.

5.444 Raekoko

Imeytymisnopeus riippuu maalajin vedenjohtavuudesta. Taulukossa 41 on lueteltu Suomessa tavallisten maalajien vedenjohtavuuksia. Siitä havaitaan, että vedenjohtavuus vaihtelee samassakin maalajissa varsin paljon. Raekoon ohella vedenjohtavuuteen vaikuttavat maalajien huokoisuus, huokosten koko ja muoto (AIRAKSINEN 1978).

Taulukko 41. Maalajien vedenjohtavuuksia (AIRAKSINEN 1978)

maalaji	vedenjohtavuus, m/s
sora	$10^{-1} \dots 10^{-3}$
karkea hiekka	$10^{-2} \dots 10^{-4}$
hiekka	$10^{-3} \dots 10^{-5}$
karkea hieta	$10^{-4} \dots 10^{-6}$
hieno hieta	$10^{-5} \dots 10^{-7}$
hiesu	$10^{-7} \dots 10^{-9}$
savi	$< 10^{-9}$
soramoreeni	$10^{-5} \dots 10^{-7}$
hiekkamoreeni	$10^{-6} \dots 10^{-8}$
hietamoreeni	$10^{-7} \dots 10^{-9}$
savimoreeni	$10^{-8} \dots 10^{-10}$
moreenisavi	$10^{-9} \dots 10^{-11}$

Vedenjohtavuus on kuitenkin aivan eri suuruusluokkaa, jos on kyse jätevedestä puhtaan veden sijasta. Suodatinmaan tukkeutuminen pienentää ratkaisevasti infiltraatiokykyä. Ruotsalaisissa ohjeissa (STATENS NATURVÅRDSVERK 1974a) maalajit on ryhmitelty taulukon 42 mukaisesti. Imeytykseen sopivia maalajeja ovat sora, hiekka ja jotkut moreenit.

Taulukko 42. Maalajien infiltraatiokyky imeytettäessä laskeutettua jätevettä (STATENS NATURVÅRDSVERK 1974a)

maalaji	infiltraatiokyky 1/m ² d
hiekkaja sora	50...100
hieno hiekka	25... 75
siltti	0... 20
savi	0
sora-, hiekka- ja hietamoreeni	10... 25
savimoreeni ja moreenisavi	0... 10

Suodatinmaan rakennuskäyrästä voidaan varmistaa maalajin sopivuus imeytykseen. Rakeisuuskäyrän perusteella suoritetaan myös imeytysojaston mitoitus. Maasuodattimen suodatinhiekan rakeisuus on vielä tarkemmin määrätty, koska suodatinmaan laajuus on pieni. Asiaa on käsitelty imeytysratkaisujen mitoituksen yhteydessä kohdassa 5.422, kuva 20. Korostettakoon vielä, että rakeisuuskäyrä ei yksin anna oikeaa kuvaa maan infiltraatiokyvystä. Tiiviiden ja löyhien kerrosten vuorottelu ja mahdolliset täysin vettäläpäisemättömät kerrokset aiheuttavat sen, että ei ole olemassa kahta samalaista maasuodatinta tai imeytysojastoa. Veden liikesuunta ja virtaamanopeus maassa voivat yllättävästi vaihdella, vaikka rakeisuus olisikin tunnettu.

Maalajien vedenjohtavuuden ja infiltraatiokyvyn perusteella on selvä, että mitä karkeampaa on suodatinmateriaali sitä suurempi on hydraulinen kapasiteetti. Itsestäänselvää on myös, että hienorakeinen suodatin tukkeutuu herkemmin kuin karkea. Nimenomaan tukkeutumisen estämiseksi välittömästi imeytysputken ympärillä on kerros karkeaa soraa tai sepeliä. Lisäksi sorakerros edesauttaa veden leviämistä tasaisesti suodatinmaahan ja lisää imeytysojan varastointikykyä. LINDBAKIN (1977) mukaan sorakerroksen paksuntaminen on käyttökelpoinen keino, jos tarvitaan normaalia parempi varastointikyky hydraulisen kuormituksen suurten vaihtelujen vuoksi.

NILSSON ja ENGLÖV (1979) ovat tutkineet rackoon vaikutusta hydrauliseen kapasiteettiin ja puhdistustulokseen. Yhdessä suodattimessa oli hienoa hiekkaa, yhdessä keskikarkeaa ja kahdessa karkeaa hiekkaa. Imeytyksen alkaessa imeytymisnopeus oli karkeissa suodattimissa

huomattavasti suurempi ($100 \dots 200 \text{ l/m}^2\text{d}$) kuin hienorakeisissa ($20 \dots 40 \text{ l/m}^2\text{d}$). Imeytyksen jatkuessa ero tasoittui. Tukkeutumisen vuoksi kapasiteetti laski tasolle $5 \dots 10 \text{ l/m}^2\text{d}$. Hienorakeisissa suodattimissa tukkeutuminen tapahtui nopeammin kuin karkeissa. Kapasiteetin laskun myötä viipymä piteni. Esimerkiksi hienohiekkasuodattimen viipymäksi laskettiin kokeen alussa muutamia vuorokausia ja lopussa (250 vuorokauden kuluttua) kymmeniä vuorokausia. Karkeimman suodattimen viipymä puolestaan oli aluksi alle vuorokauden.

Suodattimen raekoko vaikuttaa myös biologisesti aktiiviseen kerrokseen. Keskikarkeassa hiekkasuodattimessa biologisesti aktiivinen kerros oli noin 2 cm paksu. Organismiyhteisöön kuului bakteereja, sieniä, alkueläimiä ja lieriömatoja. Hienohiekkasuodattimen biologisesti aktiivinen kerros oli hieman ohuempi, $1 \dots 2 \text{ cm}$. Organismiyhteisöstä puuttui tiettyjä ryhmiä, esimerkiksi Rotatoria ja Rhizopoda. Toisessa karkeahiekkasuodattimessa biologisesti aktiivinen kerros oli kasvanut noin 5 cm paksuksi. Vallitsevia organismiryhmiä olivat bakteerit, alkueläimet ja lieriömadot, mutta hankajalkaisiakin esiintyi. Karkeimmassa suodattimessa, jonka keskimääräinen raekoko oli yli 1 mm, biologisesti aktiivinen kerros ulottui $20 \dots 30 \text{ cm}$ syvyyteen. Ylimmän 10 cm matkalla oli yksisolujen organismien lisäksi myös suurikokoisempia eläimiä kuten hankajalkaisia, nivelmatoja ja hyönteisiä. Syvemmälle mentäessä lajisto yksipuolistui ilmeisesti ravinnon vähenemisen vuoksi. Lähinnä bakteereja ja alkueläimiä löytyi $10 \dots 30 \text{ cm}$ syvyydestä.

Orgaanisen aineen hajoaminen tapahtuu biologisesti aktiivisessa kerroksessa. Niinpä suodatinmaan KHK-pitoisuus oli suurimmillaan pintakerroksessa. Kerros, jossa KHK-pitoisuus oli kohonnut, oli sitä paksumpi mitä karkeampaa suodatinmateriaali oli ja se ulottui jonkin verran syvemmälle kuin biologisesti aktiivinen kerros. Kaikissa neljässä suodattimessa KHK-reduktio oli $85 \dots 90 \%$. Bakteerireduktio oli erittäin korkea kaikissa suodattimissa ollen kuitenkin paras hienorakeisimmissa.

Em. laboratoriotutkimuksen perusteella suodattimen raekoolla ei olisi ratkaisevaa vaikutusta orgaanisen aineen reduktioon. Käyttökokemukset toimivista laitoksista kuitenkin osoittavat, että orgaanisen aineen ja bakteerien reduktio heikkenee selvästi, jos suodatinmateriaali on kovin karkeaa. Syynä on ennen kaikkea se, että viipymä kyllästyttömässä kerroksessa jää liian lyhyeksi. Lisäksi hienorakeisessa suodattimessa suodattuminen ja adsorptio on tehokkaampaa kuin karkeassa, koska reaktiopinta-ala on suurempi (NILSSON & ENGLÖV 1979).

Fosforin pidättymistavan perusteella on ilmeistä, että suodatinmaan suuri hienoainespitoisuus parantaa fosforireduktiota (KRISTIANSEN 1978). NILSSONIN ja ENGLÖVIN (1979) laboratoriotutkimuksessa saatiin hienon hiekkasuodattimen fosforireduktioksi yli 90 %, keskikarkean noin 50 % ja karkéan 20...25 %. JONESIN ja LEEN (1979) mukaan suodatinmaan mineraloginen koostumus on kuitenkin fosforin pidättymisen kannalta vielä tärkeämpi tekijä kuin raekoko.

5.445 Kiviainekoostumus

Fosfori pidättyy maahan adsorboitumalla maahiukkasten pinnalle ja muodostamalla niukkaliukoisia alumiini-, rauta- ja kalsiumfosfaatteja. Näin ollen on ilmeistä, että fosforin pidättymisen tehokkuus riippuu suodatinmaan mineralogisesta koostumuksesta (KRISTIANSEN 1978, JONES & LEE 1979).

NILSSON ja ENGLÖV (1979) ovat tutkineet neljän kiviainekoostumuksetaan erilaisen suodattimen fosforinpoistotehoa. Raekooltaan kaikki suodattimet olivat keskikarkeaa hiekkää. Syväkivilajia (pääasiassa kvartssia ja kalimaasälpää) olleen suodattimen fosforireduktio oli noin 50 %. Toisessa jonkin verran emäksisempää syväkivilajia olleessa suodattimessa saavutettiin noin 90 % reduktio. Kahden kalkkipitoista hiekkää sisältäneen suodattimen puhdistustehot olivat samoin noin 90 %.

Myös Norjassa on selvitetty laboratoriokokein kiviainekoostumuksen vaikutusta fosforin poistoon. Tyypillinen syväkivilaji todettiin huonoksi suodatinmateriaaliksi. Sen fosforin pidätyskykyä voitiin kuitenkin huomattavasti parantaa sekoittamalla siihen kalkkipitoista hiekkaa (HVATUM 1977b). Alustavasti on tutkittu myös turpeen kykyä sitoa jäteveden sisältämää fosforia (SKAARER 1976b).

5.446 Redox-potentiaali

Hapen kulkeutuminen maahan tapahtuu diffuusiona huokosia pitkin toisaalta suoraan pintamaan läpi ja toisaalta ilmaputken kautta. Hapen kulkeutuminen estyy, jos vesipitoisuus nousee niin suureksi, että vesi eristää ilman täyttämät huokokset toisistaan. Suodattimen tukkeutuessa vesi jää seisomaan imeytysojaan ja aikaansaa anaerobiset olosuhteet putkia ympäröivässä sorakerroksessa. Tukkeutuminen tapahtuu sorakerroksen ja varsinaisen suodatinmaan rajapinnassa. Redox-potentiaali onkin alhaisimmillaan tässä tukkeutumiskerroksessa ja välittömästi sen alla (KRISTIANSEN 1978).

Biologisesti aktiivisen kerroksen lajikoostumus on täysin erilainen aerobisessa ja anaerobisessa suodattimessa. NILSSONIN ja ENGLÖVIN (1979) tutkimuksessa aerobisen keskikärkeän hiekkasuodattimen biologisesti aktiivinen kerros oli noin 5 cm paksu. Bakteerit, alkueläimet ja lieriömadot olivat vallitsevia eliöryhmiä, mutta niinkin korkeita eläimiä kuin hankajalkaisia esiintyi. Raekooltaan vastaavassa anaerobisessa suodattimessa bakteerit ja sienet huolehtivat orgaanisen aineen hajotuksesta. Happea vaativat eläimet puuttuivat kokonaan. Biologisesti aktiivinen kerros oli vain senttimetrin paksuinen.

Anaerobisen hajoamisen tiedetään olevan paljon hitaampaa kuin aerobisen. NILSSONIN ja ENGLÖVIN (1979) tutkimuksessa anaerobisuuden ei kuitenkaan havaittu heikentävän orgaanisen aineen reduktiota. Viipymä oli ilmeisesti riittävä anaerobisellekin hajoamiselle. Bakteerireduktiossa tai hydraulisessa kapasiteetissakaan ei havaittu eroja.

Tukkeutumisen tärkeimpänä syynä on orgaanisen aineen kerääntyminen suodattimeen. Siksi on perusteltua pyrkiä mahdollisimman nopeaan orgaanisen aineen hajoamiseen eli pitämään suodatin aerobisena. Suoraan maan pintakerroksen läpi diffundoituva ilmamäärä voi olla riittävä, mutta tehokkaan ilmastuksen varmistamiseksi on käytettävä ilmaputkea.

Amerikassa ei yleensä käytetä ilmaputkea. Sen sijaan kaikissa pohjoismaissa ohjeiden mukaisesti rakennetun imeytysojan imeytysputki päättyy maanpinnan yläpuolelle ulottuvaan ilmaputkeen. Maasuodattimessa myös kokoojaputkessa on oltava ilmaputki. KRISTIANSEN (1978) on havainnut, että osittain tukkeutuneessa maasuodattimessa ilma tulee suodattimeen lähinnä sivuilta ja alhaalta kokoojaputkien kautta, koska tukkeutuminen estää diffuusion ylhäältä. LINDBAKIN (1977) mukaan ilmaputken puuttumisen ei ole havaittu heikentäneen puhdistustulosta yhden talouden käytössä olevissa maasuodattimissa. Ilmaputken merkitys ei siis voi olla ratkaiseva. Toimivathan miljoonat amerikkalaiset imeytysojastotkin hyvin ilman ilmaputkea.

Fosforin pidättymisen osalta NILSSON ja ENGLÖV (1979) ovat todenneet, että anaerobisessa suodattimessa (keskikarkea hiekka) fosforireduktio oli keskimäärin 70 %, kun se vastaavassa aerobisessa suodattimessa oli noin 50 %. Kuitenkin aerobisten olosuhteiden muuttuessa anaerobiseksi havaittiin korkeita fosforipitoisuuksia lähtevässä vedessä. Tämä johtui luultavasti siitä, että kolmiarvoiseen rautaan sitoutuneet fosfaatit liukenevat raudan pelkistyessä helppoliukoiseksi kaksiarvoiseksi raudaksi.

Suurin merkitys redox-potentiaalilla on typen esiintymiselle. Aerobisessa ympäristössä ammoniumtyppi hapettuu nitraatiksi. Nitrifikaatio tapahtuu sitä nopeammin mitä enemmän happea on käytettävissä (KRISTIANSEN 1978). Anaerobisissa olosuhteissa nitrifikaatiota ei tapahdu, vaan typpi jää ammoniummuotoon. Nitraatti on helppoliukoinen, mutta ammoniumionit voivat sitoutua maapartikkeleiden pinnalle. Sitoutuminen ei kuitenkaan ole pysyvää, koska ympäristön muuttuessa aerobiseksi typpi hapettuu nopeasti nitraatiksi. Koska nitraatti ei pidäty maahan juuri lainkaan, denitrifikaatio on usein ainoa keino typen poistamiseksi. Denitrifikaatio edellyttää aerobisen ja anaerobisen

ympäristön vuorottelua. Ammoniumtypen on ensin hapetuttava nitraatiksi. Vasta sen jälkeen voi tapahtua denitrifikaatio, joka puolestaan tapahtuu anaerobisissa olosuhteissa.

5.447 Lämpötila

Lämpötila vaikuttaa mikrobiologisiin tapahtumiin, niin myös orgaanisen aineen muodostumiseen ja hajoamiseen. Kullakin mikrobilla on sille tyypillinen optimilämpötila. Yleisesti ottaen pätee, että mikrobitoiminta vilkastuu lämpötilan kohotessa. Lämpötilan laskiessa alle 0°C mikrobitoiminta käytännöllisesti katsoen lakkaa (SCHEFFER & SCHACHTSCHABEL 1976).

NILSSONIN ja ENGLÖVIN (1979) laboratoriotutkimuksessa lämpötila vaihteli välillä $8...25^{\circ}\text{C}$. Lämpötilan ei todettu vaikuttavan suodattimen orgaanisen aineen reduktioon. Lämpötilan muutokset olivat ilmeisesti niin hitaita, että suodattimeen ehti muodostua kuhunkin lämpötilaan sopeutunut mikrobikanta. Lämpötila saattoi kuitenkin vaikuttaa biologisesti aktiivisen kerroksen koostumukseen ja sitä kautta suodattimen hydrauliseen kapasiteettiin.

KRISTIANSENIN (1978) mukaan lämpötilan vaihtelu välillä $4...16^{\circ}\text{C}$ ei vaikuttanut maasuodattimen KHK-reduktioon. Tukkeutuminen tapahtui korkeassa lämpötilassa nopeammin kuin alhaisessa. Bakteerireduktio kasvoi lämpötilan noustessa, koska bakteerit pidättyvät suodattimeen sitä tehokkaammin mitä pitemmälle tukkeutuminen on edennyt. Tukkeutuminen pidentää lisäksi viipymää, mikä selittää sen, että fosforireduktio oli huonoin talvella ja parani lämpötilan noustessa. Myös LINDBAKIN (1977) mukaan korkealla lämpötilalla voi olla myönteinen vaikutus fosforin pidättymiseen.

KRISTIANSEN (1978) on havainnut, että nitrifikaatio tapahtuu sitä nopeammin, mitä korkeampi on maasuodattimen lämpötila. ALEXANDERIN (1977) mukaan nitrifikaation optimilämpötila on $30...35^{\circ}\text{C}$ ja reaktio on hyvin hidas lämpötilan ollessa

alle 5^oC. Myös denitrifikaation nopeus riippuu lämpötilasta. Reaktio hidastuu lämpötilan laskiessa alle 10^oC ja käytännöllisesti katsoen lakkaa 2^oC lämpötilassa.

Jos jätevettä imeytetään maahan talvella, on imeytysputket sijoitettava roudattomaan syvyyteen. Asennussyvyyttä voidaan pienentää käyttämällä lämpöeristystä kuten kohdassa 5.426 on esitetty. Myös saostus- ja jakokaivot sekä ilmaputket on lämpöeristettävä.

Roudan alueellinen esiintyminen lumettomilla ja kasvipeitteettömillä mailla riippuu lähinnä pakkassummasta. Pakkassumman kasvaessa Suomessa itää ja pohjoista kohti myös roudan syvyydet kasvavat. Luonnontilaisilla mailla sen sijaan roudan muodostuminen on lumipeitteen vaikutuksesta erilainen. Itä-Suomessa kylmillä ja runsaslumisilla alueilla on yleensä huomattavasti vähemmän routaa kuin Etelä-Suomen vähälumisilla seuduilla. Pohjois-Suomessa ilmasto ja maan lämpösuhteet poikkeavat huomattavasti muusta Suomesta. Paksusta lumipeitteestä huolimatta routakerros on aina suurin pohjoisimmassa osassa Suomea. Lumipeitteen ja kasvillisuuskerroksen puuttuminen lisää roudan syvyyttä Suomen oloissa keskimäärin 15...20 %. Lumettomissa olosuhteissa roudan maksimisyvyys saattaa olla lähes 3 m ja vastaavasti luonnonoloissa enintään 2 m.

Korkeat maalajit routaantuvat syvemmälle kuin hienojakoiset. Maan routaantumiseen vaikuttavat rakeisuuden lisäksi maan vesisuhteet. Routaantuminen ja roudan sulaminen tapahtuu nopeammin karkeissa ja kosteissa kuin hienorakeisissa ja kuivissa maalajeissa. Maaveden vaikutusta routaantumiseen on toistaiseksi tutkittu vähän (SOVERI & VARJO 1977).

5.448 Esikäsittely

Edellä on todettu, että tulevan veden pienet pitoisuusvaihtelut eivät juuri lainkaan vaikuta puhdistustulokseen. Korkea kiintoaine- ja orgaanisen aineen pitoisuus ovat kuitenkin tukkeutumista nopeuttavia tekijöitä. Tilanne muuttuu ratkaisevasti, jos imeytystä käytetään jälkikäsittelynä biologisen tai kemiallisen puhdistamon jälkeen. Pitoisuudet tulevassa vedessä ovat tällöin aivan eri suuruusluokkaa kuin pelkän saostuskaivon jälkeen.

NILSSONIN ja ENGLÖVIN (1979) tutkimuksessa kolmea keskikarkeaa hiekkasuodatinta kuormitettiin mekaanisesti, biologisesti ja biologis-kemiallisesti käsitellyllä jätevedellä. Jätevesi oli peräisin kunnalliselta puhdistamolta. Taulukossa 43 on esitetty tulevan ja lähtevän veden orgaanisen aineen ja bakteerien pitoisuudet. Lähtevän veden pitoisuuksissa ei ole merkittävää eroa, joten reduktio on sitä pienempi mitä tehokkaampi on esikäsitteily.

Taulukko 43. Tulevan ja lähtevän veden KHK- ja bakteeripitoisuudet mekaanisesti, biologisesti ja biologis-kemiallisesti käsitellyn jäteveden imeytyskokeessa (NILSSON & ENGLÖV 1979)

	KHK mgO ₂ /l	kolimuotoiset bakteerit kpl/ml	
		35°C	44°C
mekaanisesti käsitelty			
tuleva	130-390	1,0·10 ⁵ ...2,0·10 ⁶	2,8·10 ⁴ ...1,4·10 ⁵
lähtevä	20- 45	7,5·10 ¹ ...3,0·10 ²	2,0·10 ¹ ...4,0·10 ¹
biologisesti käsitelty			
tuleva	27- 71	9,0·10 ² ...1,7·10 ⁵	2,5·10 ² ...3,5·10 ³
lähtevä	15- 43	4,5·10 ¹ ...2,0·10 ²	3,0...4,0·10 ¹
biol.kem. käsitelty			
tuleva	17- 49	7,0·10 ² ...3,0·10 ³	5,0·10 ² ...1,5·10 ³
lähtevä	12- 54	< 1 ...8,5·10 ¹	< 1 ...3,2·10 ¹

Typpiyhdisteiden kohdallakaan ei lähtevän veden pitoisuuksissa havaittu eroa. Mekaanisesti käsitellyssä jätevedessä typpi oli pääasiassa ammoniummuodossa ja hapettui imeytyksen aikana nitraatiksi. Jonkin verran typpeä poistui ilmeisesti denitrifikaation kautta. Biologisesti ja biologis-kemiallisesti käsitellyssä jätevedessä suurin osa tyypestä oli jo nitraattina. Imeytys ei aiheuttanut muutoksia typen kokonaismäärään eikä typpiyhdisteiden välisiin suhteisiin.

Fosforin poiston kannalta biologinen esikäsitteily osoittautui huonoimmaksi. Imeytyksen aikaansaama reduktio oli vain 5...10 % ja lähtevän veden pitoisuus 6...7 mg P/l. Parempaan lopputulokseen päästiin mekaanisella esikäsitteilyllä. Lähtevän veden pitoisuus oli 5...6 mg P/l, koska reduktio oli noin

50 %. Biologis-kemiallisen käsittelyn jäännösflokkit pidättyivät hyvin suodattimeen. Niinpä imeytyksessä saatiin 30...40 % reduktio ja lähtevän veden fosforipitoisuus oli vain 0,4...0,5 mg P/l.

Tehokas esikäsittely lisäsi hydraulista kapasiteettia. Kuormituksen jatkuessa kapasiteetti kuitenkin laski samalla tavoin kaikissa suodattimissa. Sekä mekaanisesti että biologisesti käsitellyllä jätevedellä kuormitettujen suodattimien kapasiteetti nousi viikon lepotauon jälkeen lähes alkuperäiselle tasolle. Sen sijaan biologis-kemiallisen esikäsittelyn kohdalla lepotauon vaikutus oli selvästi pienempi, koska tukkeutumisen aiheuttava kerros ei ole samalla tavoin biologisesti hajoavaa.

Yhdysvalloissa tehdyn tutkimuksen mukaan (LAAK 1970) imeytysratkaisujen mitoituksessa käytettävää pintakuormitusta voidaan suurentaa, jos jätevesi on biologisesti esikäsitelty. LINDBAK (1978) kuitenkin korostaa, että biologisten pienpuhdistamoiden huonon käyttövarmuuden vuoksi saostuskaivoa on pidettävä parempana esikäsittelytapana, vaikka imeytyspinta-alaa tarvitaankin enemmän. Myöskään kemiallista esikäsittelyä hän ei pidä suositeltavana, koska saostuskemikaalit oletettavasti huonontavat mikrobiologisen hajoamisen edellytyksiä ja nopeuttavat tukkeutumista. CARLSSON (1977) puolestaan asettaa kyseenalaiseksi jälkisaostuksen järkevyyden biologisella puhdistamalla, jos jatkokäsittelynä on imeytys. Jälkisaostus lisää tukkeutumisalttiutta ja ilman sitäkin fosfori pidättyy hyvin maahan.

5.45 Imeytyksen vaikutus pohjaveteen

Imeytys perustuu maaperän kykyyn sitoa itseensä jäteveden sisältämiä lika-aineita. Osa niistä voi kuitenkin kulkeutua pohjaveteen saakka. Edellä on todettu (kohta 5.43) imeytyksen aiheuttaneen joissakin tapauksissa pohjaveden bakteeri-, typpi- ja suolapitoisuuksien nousua. Fosfori pidättyy hyvin maahan, joten siitä ei yleensä ole haittaa.

Oikein rakennetussa imeytysojastossa bakteerit ja muut taudinaiheuttajat pidättyvät hyvin maakerrokseen. Pidättyminen tapahtuu

pääasiassa kyllästymättömässä kerroksessa heti imeytysojan alla. Jos pohjavedenpinta nousee imeytysojaan, puhdistusteho heikkenee ratkaisevasti. Tällöin on olemassa ilmeinen vaara bakteerien kulkeutumisesta omaan tai naapurin kaivoon. Bakteerien pidätyminen maahan ei kuitenkaan koskaan ole täydellistä, joten annettuja suojaetäisyyksiä imeytyslaitoksen ja vedenottamon välillä on ehdottomasti noudatettava. Yleisesti ollaan sitä mieltä, että kahden kuukauden viipymä maaperässä riittää pudottamaan patogeenisten bakteereiden määrän niin alhaiselle tasolle, ettei hygieenistä vaaraa ole.

Pitkällä tähtäyksellä suurin ongelma lienee imeytyksen aiheuttama pohjaveden nitraattipitoisuuden nousu. Ammoniumtyppi pidättyy maahan jossain määrin. Aerobisissa olosuhteissa se kuitenkin hapettuu nopeasti nitraatiksi, joka helppoliukoisena kulkeutuu pohjaveteen. Nitraattiongelma on tiedostettu varsinkin Yhdysvalloissa ja Kanadassa, missä imeytys on jo pitkään ollut laajalti käytetty menetelmä. Esimerkiksi Yhdysvalloissa Long Islandissa alueella, jonka pinta-ala on noin 750 km², asuu lähes 1,5 milj. ihmistä ja yli kolmasosan jätevedet käsitellään maahan imeyttämällä. Vuonna 1976 todettiin, että 35 %:ssa tutkituista 447 kaivosta typpipitoisuus oli kohonnut ja 19 tapauksessa nitraattipitoisuus ylitti EPA:n (U.S. Environmental Protection Agency) asettaman rajan 10 mg N/l (ANDREOLI et al. 1979).

Suomessa LÄÄKINTÖHALLITUKSEN (1971) yleiskirjeen mukaan vesi luokitellaan talousvedeksi sopimattomaksi, jos siinä on:

- koliryhmän bakteereja (35^oC) 10 kpl tai enemmän 100 ml:ssa tai
- osoitettavissa termotolerantteja bakteereja (44^oC) tai
- fekaalisia streptokokkeja 2 tai enemmän 100 ml:ssa.

Yhden ruokakunnan käyttöön voidaan hyväksyä mikrobiologisesti huonompilaatuinenkin vesi, ei kuitenkaan milloin vedessä on:

- koliryhmän bakteereja (35⁰C) yli 50 kpl 100 ml:ssa tai
- termotolerantteja bakteereja (44⁰C) yli 2 kpl 100 ml:ssa tai
- fekaalisia streptokokkeja yli 10 kpl 100 ml:ssa

Typpiyhdisteiden osalta on annettu seuraavan jaotelman mukaiset raja-arvot. Vesi on yleensä hyväksyttävää, jos pitoisuus on alle ilmoitetun pienemmän arvon. Jos taas pitoisuus ylittää suuremman raja-arvon, veden kelvollisuus on vähentynyt huomattavasti:

ammoniumtyppi (NH ₄ ⁺)	mg/l	0,2	0,5
nitraatti (NO ₃ ⁻)	mg/l	30	50
nitriitti (NO ₂ ⁻)	mg/l	0,01	0,02

Jäteveden pilaaman kaivon vettä on vaikea saada uudelleen juomakelpoiseksi. Myös kallioporakaivojen vesi voi tulla käyttökelttomaksi, jos jätevettä pääsee kalliohalkeamien kautta kaivoon. Imeytysratkaisujen yhteydessä on aina varmistettava, ettei aiheuteta käytettävän tai käyttökelpoisen pohjaveden pilaantumista. Imeytystä ei tule käyttää tärkeillä pohjavesialueilla (VESIHALLITUS 1980). Muistettakoon kuitenkin, että imeytystä suuremman vaaran muodostaa kontrolloimaton jätevesien johtaminen maahan.

5.46 Imeytysratkaisujen toteuttaminen

5.461 Tarvittavat esitutkimukset

Imeytysratkaisujen käyttökelpoisuus riippuu aina vallitsevista olosuhteista. Tapauskohtaisesti on selvitettävä laitoksen mitoitus ja onko imeytys ylipäänsä mahdollista. Maaperän vedenläpäisevyyden on oltava riittävä, vettäjohtavan kerroksen on oltava tarpeeksi laaja, pohjavedenpinta ei saa olla liian korkealla ja tietty suojaetäisyys esimerkiksi kaivoon ja vesistöön on varmistettava. Näitä imeytyksen perusedellytyksiä on käsitelty kohdassa 5.421.

Norjalaisten ohjeiden mukaan (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975) maaperätutkimusten ensimmäisessä vaiheessa selvitetään, onko imeytys:

- ilmeisesti mahdollista
- todennäköisesti mahdollista, mutta tarkemmat tutkimukset ovat tarpeen
- ilmeisesti ei ole mahdollista

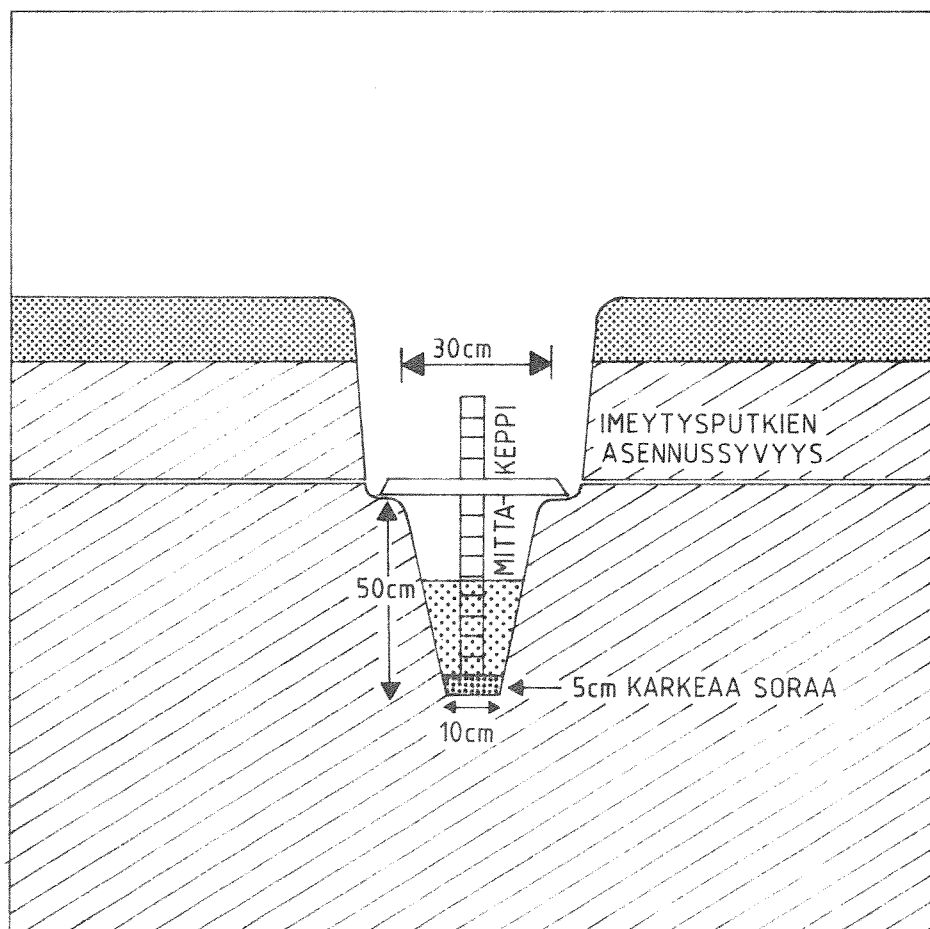
Arvioinnin suorittaa asiantunteva henkilö tekemänsä tarkastuksen tai alueen yleistuntemuksen perusteella. Tapauksen sijoittaminen ensimmäiseen ryhmään edellyttää, että maakerros muodostuu karkeasta hiekasta tai sorasta ja sen laajuus ja syvyys on suhteellisen hyvin tunnettu. Tällöin ei tarvita varsinaista imeytystutkimusta.

Jos on epäilystä imeytyksen toteuttamismahdollisuudesta, kunta vaatii tehtäväksi imeytystutkimuksen. Se muodostuu rakeisuustutkimuksesta ja imeytyskokeesta. Varsinainen mitoitutus suoritetaan rakeisuuden perusteella. Jos asiantuntijan mielestä on mahdollista, että syvemmällä on tiiviitä huonosti vettäläpäiseviä kerroksia, on tehtävä myös imeytyskoe.

Imeytyskoe tehdään vähintään kolmessa kohdassa. Kokeessa mitataan puhtaan veden imeytymisnopeus kuvan 41 mukaisessa kuopassa. Kokeen on tapahduttava siinä syvyydessä, missä imeytykskin tapahtuisi. Ennen kokeen alkua kuoppa pidetään 24 tuntia vedellä täytettynä. Mittauksen alkaessa vedenpinnan annetaan laskeutua 15 cm korkeudelle kuopan pohjasta. Imeytymisajalla tarkoitetaan aikaa, jona vedenpinta laskee koe-kuopassa 25 mm. Aika määrätään tavallisesti mittaamalla vedenpinnan lasku 30 minuutissa. Esimerkiksi jos vedenpinta tänä aikana laskee 75 mm, imeytymisaika on $25 \cdot 30 : 75 = 10$ minuuttia. Imeytymisajan ollessa alle 30 minuuttia maaperä on imeytykseen sopivaa edellyttäen, että myös rakeisuustutkimuksen tulos on positiivinen.

Rakeisuustutkimusta varten kunnan määräämä asiantuntija ottaa vähintään kaksi noin 2 kg maanäytettä. Näytteet on otettava siitä syvyydestä, missä imeytykskin tapahtuisi. Näytteet lähetetään tutkittaviksi kunnan ilmoittamaan paikkaan. Rakeisuuskäyrästä päätellään, onko imeytys mahdollista. Rakeisuuskäyrän tulkitsemista on käsitelty imeytysratkaisujen mitoituksen

yhteydessä kohdassa 5.422. Imeytyskoetta ja rakeisuustutkimusta suositellaan käytettäväksi myös Ruotsissa (STATENS NATURVÅRDSVERK 1971, 1974a).



Kuva 41. Imeytymisajan mittaaminen (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)

Edellä kuvatut tutkimukset ovat aina vain suuntaa antavia. Rakeisuustutkimuksesta selviää maaperän rakenne vain juuri näytteenottokohdassa. Luonnossa maa ei koskaan ole homogeenista, vaan tiiviit ja hyvin vettäläpäisevät kerrokset vuorottelevat. Imeytyskokeen suurin heikkous puolestaan on siinä, että koe tehdään puhtaalla vedellä. Jäteveden imeytymisnopeus on aivan eri suuruusluokkaa huokosten tukkeutumisesta johtuen.

Jos on kyse suurista imeytyslaitoksista, vaaditaan huomattavasti laajempia esitutkimuksia. Esimerkiksi maakerrosten laajuus tarkistetaan kairauksin, pohjaveden virtaussuunta ja pinnankorkeuden vaihtelut

selvitetään ja suoritetaan koeimeytyksiä jätevedellä.

Jätevesimäärän ollessa pieni mahdolliset haittavaikutukset jäävät vähäisiksi. Lähinnä on syytä varmistaa, ettei omaa tai maaperän kaivoa liata. Imeytymisnopeuden tarkka tunteminen ei ole tarpeen, koska laitoksen rakentaminen varmuuden vuoksi hiukan ylimitoitetuksi ei juurikaan lisää kustannuksia. Niinpä esitutkimukseksi usein riittää paikallistuntemus ja asiantuntijan paikan päällä suorittama tilanteen arviointi. Jos mennään laajempiin tutkimuksiin, kustannukset kasvavat selvästi. On oltava paikka, jossa maanäytteet tutkitaan, ja asiantuntevaa henkilökuntaa tutkimuksia suorittamaan. Perimmäisenä ongelmana on kuitenkin aina, kuka päättää, mitä kussakin tapauksessa pitää tutkia.

5.462 Rakentaminen

Norjassa on todettu, että useilla imeytyslaitoksilla ei alun alkaenkaan ole edellytyksiä toimia kunnolla suunnittelu- ja rakennusvaiheessa tehtyjen virheiden vuoksi. Niitä on hyvin vaikea korjata jälkikäteen. Mitoitus- ja rakentamishojeiden olemassaolo ei yksin takaa hyvää lopputulosta, vaan suunnittelu- ja rakennusaikaisella valvonnalla on erittäin tärkeä merkitys. Niissä kunnissa, joissa rakentamista seurataan järjestelmällisesti, tulokset olivat parhaita (LINDBAK 1978).

Tanskassa rakennusaikaiset virheet ja laiminlyönnit on pyritty eliminoimaan ns. "viemärimestarien" (kloakmester) koulutuksella. Jokaisella tontin rajan sisäpuolisella viemäryömaalla on oltava nimetty viemärimestari, joka vastaa työn oikeasta suorittamisesta (TEKNOLOGISK INSTITUT BYGGE-TEKNIK 1979).

Norjalaisten kokemusten mukaan (LINDBAK 1978) yleinen virhe on, että rakentaja kuvittelee osaavansa soveltaa annettuja ohjeita. Joitakin osia jätetään rakentamatta tai ohjeista

poiketaan oman harkinnan mukaan. Erityisesti seuraaviin yksityiskoh-
tiin on kiinnitettävä huomiota.

Saostuskaivon tilavuuden ja rakenteen on oltava ohjeiden mukainen. Väärin rakennetun saostuskaivon puhdistusteho ei ole riittävä, vaan kiintoainetta pääsee imeytysputkiin aiheuttaen tukkeutumisen. Jos käytetään useampia imeytysputkia, on niiden lähdettävä samalta korkeudelta, jotta koko alue kuormittuu tasaisesti. Putket voivat lähteä joko saostuskaivon viimeisestä osasta tai erillisestä jakokaivosta. Pumpulle, sifonille tai vaappuruuhelle on aina tehtävä oma kaivo. Kaivot on sijoitettava sellaiseen paikkaan, että kaikki osat voi tyhjentää. Kaivoja ei saa missään tapauksessa peittää.

Putket on asetettava suoraan ja oikeaan kaltevuuteen. Niitä ei tule kaivaa syvemmälle kuin on välttämätöntä, koska maan pintakerroksessa fysikaaliset, kemialliset ja mikrobiologiset olosuhteet ovat edullisimmat. Samalla etäisyys pohjavedenpintaan pysyy mahdollisimman suurena. Ojaston lähellä ei saisi olla suuria puita tai pensaita, joiden juuret voivat tunkeutua putkiin. Maasuodattimen suodatinhiekan on oltava raekooltaan sopivaa. Putkia ympäröivät sorakerrokset on tehtävä ohjeiden mukaan ja ilmaputkia ei saa jättää rakentamatta.

Rakennustyön aikana maa helposti tiivistyy tai liettyy, jolloin sen huokoisuus ja vedenläpäisevyys pienenevät. Seuraavia suosituksia noudattamalla kaivutyön aiheuttamat haitat vähenevät:

- Työ tehdään maan vesipitoisuuden ollessa alhainen.
- Raskailla koneilla ei tarpeettomasti ajeta imeytys-
alueella.
- Kaivantoa ei tehdä syvemmäksi kuin on välttämätöntä.
- Liettynyt tai tiivistynyt pintamaa poistetaan lapiolla.
- Kaivanto täytetään samana päivänä tai mahdollisimman pian.

5.463 Hoito

Oikein mitoitettu ja rakennettu imeytyslaitos tarvitsee hyvin vähän hoitoa. Saostuskaivon säännöllinen tyhjentäminen on

kuitenkin ehdoton edellytys imeytyksen onnistumiselle. Jos kaivo on täynnä lietettä, kiintoaine ei erotu jätevedestä, vaan joutuu imeytysputkiin ja tukkii suodatinmaan. Kaivojen tyhjennystiheydeksi suositellaan 1...2 kertaa vuodessa.

LINDBAKIN (1978) mukaan tyhjentäminen olisi suoritettava, kun lietteen pinta kaivon ensimmäisessä osassa ulottuu 10 cm päähän osien välisen aukon tai putken alareunasta. Lietteen kertymistä on aluksi hyvä seurata riittävän tyhjennystiheyden varmistamiseksi. Muutenkin ensimmäisinä vuosina on hyvä seurata laitoksen toimintaa. Silloin on ehkä mahdollista korjata virheet, jotka muuten lyhentäisivät laitoksen käyttöikä. Jatkossa riittänevät seuraavat toimenpiteet. Aina saostuskaivon tyhjennyksen yhteydessä tarkistetaan kaikki putkiliitokset. Kaivon liian alhainen vedenpinta merkitsee vuotoa ja liian korkea vedenpinta tukkeutumista tai pohjavedenpinnan nousua. Maan painumisen tai routimisen vuoksi kaivo voi siirtyä paikaltaan. Jos saostus- tai jakokaivosta lähtee useampia imeytysputkia, on niiden korkeus tarkistettava kerran vuodessa. Vaappuruuhi voi juuttua paikalleen esimerkiksi ruostumisen takia. Sen toiminta on tarkistettava säännöllisesti useita kertoja vuodessa. Sen sijaan sifonissa ei ole liikkuvia osia, joten se on varmatoimintainen.

5.5 SAOSTUSKAIVOT

5.51 R a k e n n e j a m i t o i t u s

Suomessa yleisin jätevesien käsittelytapa haja-asutusalueilla on johtaminen 2- tai 3-osaisen saostuskaivon kautta maahan. Muissa pohjoismaissa saostuskaivoa ei käytetä itsenäisenä käsittelymenetelmänä. Se liittyy kuitenkin erillisenä tai rakenteellisesti yhteenliitettynä esi- tai jälkiselkeytysaltaana myös tehdasvalmisteisiin pienpuhdistamoihin sekä esikäsittelynä jätevesien imeytysmenetelmiin.

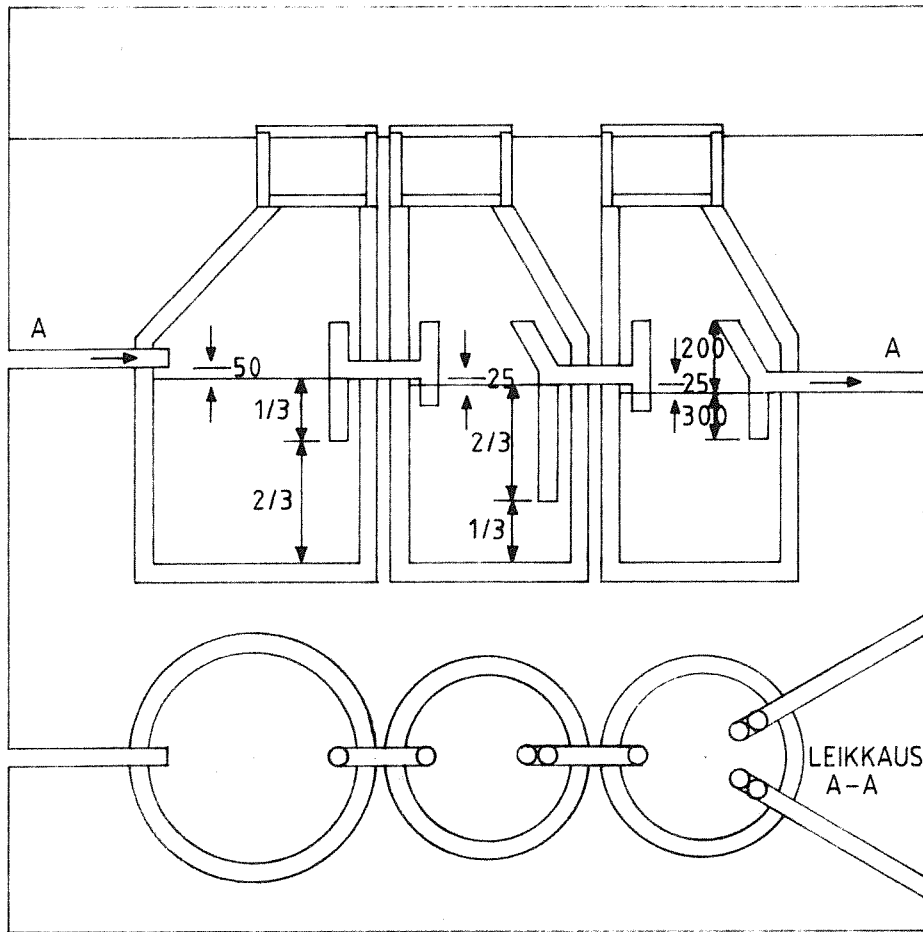
Aiemmin saostuskaivojen materiaalina on käytetty miltei yksinomaan betonia. Tavallisesti kaivot kootaan betonirenkaista. Suurille jätevesimäärille kaivo voidaan tehdä paikallavalettuna suorakulmion muotoiseksi. Viime vuosina valmiit lujitemuoviset saostuskaivot ovat yleistyneet varsinkin muissa pohjoismaissa. Suomessa niitä käytetään edelleen melko vähän.

Toimiakseen hyvin jäteveden mekaanisena käsittelymenetelmänä saostuskaivon on täytettävä seuraavat yleisvaatimukset:

- Viipymä on 1...2 vuorokautta.
- Oikovirtaus kaivojen läpi on estetty.
- Pinta- tai pohjalietettä ei saa huuhtoutua poistuvan veden mukaan.
- Kaivon kaikki osat on voitava tyhjentää.

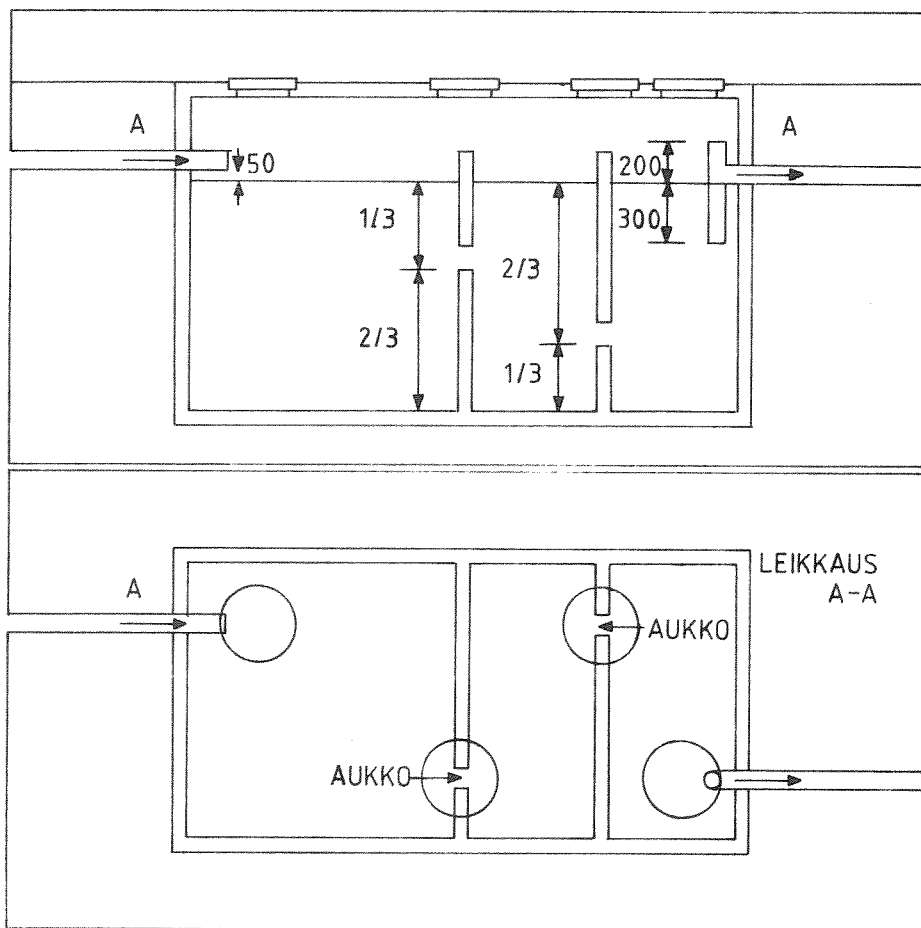
Näiden tavoitteiden saavuttamiseksi saostuskaivojen rakenteellisista yksityiskohdista on annettu tarkkoja määräyksiä. Ne esitetään tässä norjalaisten ohjeiden mukaisina (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975), mutta määräykset ovat samanlaisia kaikissa pohjoismaissa pieniä poikkeuksia lukuunottamatta. Seuraavat kohdat koskevat sekä pyöreitä että suorakulmaisia kaivoja, kuvat 42 ja 43.

- Ensimmäisen osan tilavuus on kaksinkertainen toisen ja kolmannen osan tilavuuteen verrattuna.
- Tuloputki ensimmäiseen osaan on vähintään 5 cm kaivon vedenpinnan yläpuolella.
- Osien välisten putkien halkaisija on vähintään 100 mm tai aukko on pinta-alaltaan vastaavansuuruinen.
- Ensimmäisen ja toisen osan välinen putki tai aukko on vesisyvyyden kolmanneksen etäisyydellä pinnasta ja toisen ja kolmannen osan välisen kolmanneksen etäisyydellä pohjasta.
- Poistoputki viimeisestä osasta tehdään T-haaraputkesta. Sen on ulotuttava 30 cm vedenpinnan alapuolelle ja 20 cm vedenpinnan yläpuolelle. Poistoputki on voitava puhdistaa.
- Putkien liitokset tehdään elastisella saumausaineella.
- Saostuskaivo sijoitetaan siten, että kaikki osat voidaan tyhjentää imulaittein varustetulla autolla.



Kuva 42. Norjalainen kolmesta kaivosta rakennettu saostuskaivo (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)

Saostuskaivon tarvittava tilavuus riippuu jätevesimäärästä, viipymästä ja tyhjennystiheydestä. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan (NYBERG 1979) pelkistä pesuvesistä syntyy lietettä 25...60 l asukasta kohti vuodessa. Käymälä- ja pesuvesistä yhdessä syntyvä lietemäärä on 75...225 l asukasta kohti vuodessa. Amerikkalaisissa tutkimuksissa on päädytty selvästi pienempiin arvioihin 70...110 l asukasta kohti vuodessa (BRANDES 1978).



Kuva 43. Norjalainen suorakulmainen paikallavalettu saostuskaivo (MILJØVERNDEPARTEMENTET 1975)

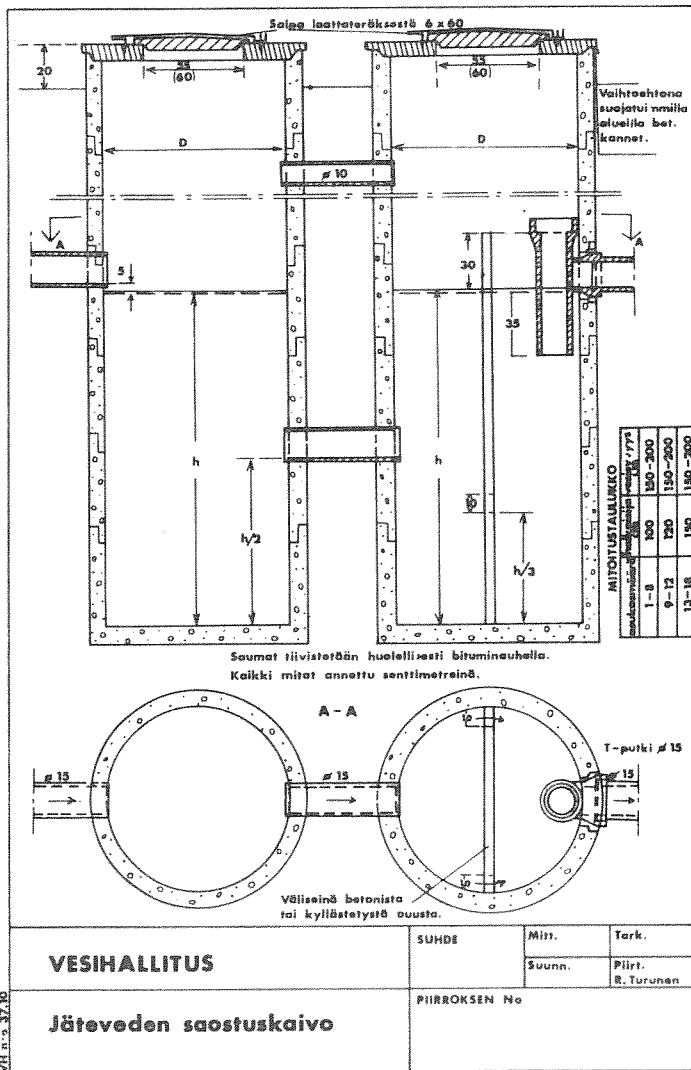
Ruotsissa saostuskaivon mitoituksen lähtökohtana pysyvän asutuksen osalta on vähintään 800 l jätevettä vuorokaudessa 4...5-henkisessä taloudessa. Jos kiintoaineen erotusaste on 70 %, syntyy vuodessa noin 900 l lietettä, jonka kuiva-ainepitoisuus on 6 %. Tämän lietteen varastointitilavuuden lisäksi tarvitaan yhden vuorokauden jätevesimäärän vaatima tilavuus 800 l ja 300 l:n varmuusvara tilapäisen lisäkuormituksen varalta. Näin ollen saadaan saostuskaivon vähimmäis-tilavuudeksi 2 000 l, jos se tyhjennetään kerran vuodessa. Loma-asunnolla riittää tilavuudeksi 1 100 l. Jos loma-asunnolla ei ole vesikäymälää, on vaadittu tilavuus 700 l. Jos saostuskaivoon ei johdeta käymäläjätevesiä, se voidaan rakentaa 2-osaiseksi. Muulloin suositellaan 3-osaista kaivoa (STATENS NATURVÅRDSVERK 1971, 1974a).

Norjassa saostuskaivojen kokonaistilavuuden on oltava jonkin verran suurempi kuin Ruotsissa. Vakinaisessa asunnossa, jossa on vesikäymälä, vähimmäistilavuus on 4 000 l. Loma-asunnolla riittää kaivon tilavuudeksi 1 000 l, jos siihen johdetaan vain pesuvesiä, ja muussa tapauksessa 2 000 l (MILJØ-VERNDEPARTEMENTET 1975). Tanskassa vaadittava tilavuus on 300 l asukasta kohti kuitenkin vähintään 1 800 l. Pelkille pesuvesille riittää 40 l asukasta kohti ja vähintään 1 600 l (TEKNOLOGISK INSTITUT BYGGETEKNIK 1979). Yhteenveto eri maissa vaadituista saostuskaivojen vähimmäistilavuuksista on esitetty taulukossa 44.

Taulukko 44. Imeytystä edeltävän saostuskaivon vähimmäistilavuus eri maissa

kuormitusryhmä	<u>saostuskaivon vesitilavuus l/talous</u>		
	Norja	Ruotsi	Tanska
vakinainen asunto, jossa on vesikäymälä	4 000	2 000	1 800
vakinainen asunto ilman vesikäymälää	2 000		
loma-asunto, jossa on vesikäymälä	2 000	1 100	
loma-asunto ilman vesikäymälää	1 000	700	1 600

Edellä kerrottu saostuskaivojen mitoitus koskee saostuskaivoa imeytyksen esikäsittelynä. Ainoastaan Suomessa saostuskaivo on myös itsenäinen käsittelymenetelmä. VESIHALITUS (1980) suosittelee 3-osaista saostuskaivoa, joka rakennetaan kahdesta betonirengaskaivosta asettamalla jälkimmäiseen väliseinä. Kaivon rakenne ja mitoitus on esitetty kuvassa 44. Imeytyksen esikäsittelynä riittää 2-osainen saostuskaivo, jos siihen ei johdeta käymäläjätevesiä. Imeytyskaivoa käytettäessä edeltävää saostuskaivoa ei pidetä välttämättömänä, mikäli kaivoon johdetaan vain loma-asunnon saunasta tulevia pesuvesiä.



Kuva 44. Suomalaisen saostuskaivon rakenne ja mitoitus

Myös SUOMEN KUNNALLISTEKNINEN YHDISTYS (1975) on julkaissut saostuskaivojen mitoitusohjeita. Asukasmäärän ollessa enintään 30 suositellaan 3-osaista betonirengaskaivoa. Tätä suuremmille yksiköille (40...200 avl) saostuskaivo tehdään betonista paikallavalettuna. Mitoitusperusteena on vesitilavuus 300 l asukasta kohti, jos saostuskaivo toimii itsenäisenä käsittelymenetelmänä, ja 200 l asukasta kohti esimerkiksi imeytyksen esikäsittelyinä.

5.52 T o i m i v u u s

Saostuskaivon tehtävänä on ennen kaikkea vähentää jäteveden kiintoaineen määrää. Hyvin toimivassa saostuskaivossa kiintoaineesta erottuu noin 70 % (STATENS NATURVÅRDSVERK 1974a). Muiden komponenttien osalta reduktiot ovat pieniä, BHK7:n osalta 10...30 % ja ravinteiden osalta 0...20 % (SUOMEN KUNNALLISTEKNINEN YHDISTYS 1975).

Ruotsalainen WERNER (1975) on tutkinut saostuskaivon rakenteen vaikutusta puhdistustulokseen. Kaikkiaan tutkittiin noin 70 saostuskaivoa. Analyysitulokset hajosivat melko paljon, joten selvää yhteyttä ei saatu esimerkiksi kiintoainepitoisuuden ja vesitilavuuden, pinta-alan, syvyyden tai kaivossa olevan lietemäärän välille. Kuitenkin 3-osaisessa saostuskaivossa näytti kiintoainepitoisuus pienenevän, jos tilavuutta ja syvyyttä lisättiin pinta-alan pysyessä samana. Vastaavasti 2-osaisessa kaivossa kiintoainepitoisuus pieneni, kun pinta-ala, tilavuus ja syvyys kasvoivat mainitussa järjestyksessä. Kiintoainepitoisuus vaihteli melkoisesti laitoksittain keskiarvon ollessa välillä 70...120 mg/l. Lähtevän veden BHK7-, KHK- ja kiintoainepitoisuudet olivat likimain samoja riippumatta siitä, tuliko kaivoon pelkkiä pesuvesiä vai myös käymäläjätevesiä. Tutkimuksessa oli mukana myös muutamia pienpuhdistamoita. Pelkällä saostuskaivolla päästiin parempaan lopputulokseen kuin huonosti hoidetulla pienpuhdistamolla.

Amerikkalaiset OTIS ja BOYLE (1976) ovat vertailleet saostuskaivon ja biologisen pienpuhdistamon toimivuutta yhden perheen jätevesien käsittelymenetelmänä. Pienpuhdistamolla saavutettiin parempi BHK5-reduktio kuin saostuskaivolla, mutta lähtevän veden kiintoainepitoisuudet olivat lähes samat. Tutkittujen kuuden saostuskaivon tilavuus oli 3 800...4 500 l. Kaikissa talouksissa oli pyykinpesukone, joissakin myös astianpesukone ja jätemylly. Lähtevän veden kiintoainepitoisuus oli keskimäärin 54 mg/l ja BHK5-arvo 158 mg02/l. Saostuskaivojen suurimpina etuina pienpuhdistamoihin verrattuna pidettiin vähäistä hoidon tarvetta ja puhdistustuloksen tasaisuutta.

ULMGRENIN (1979) mukaan viipymä on saostuskaivon puhdistustehon kannalta ratkaiseva tekijä. Viipymä puolestaan riippuu kokonaistilavuuden ohella mm. kaivon sisäisestä muotoilusta, lietteen määrästä ja huippuvirtaamien taseusmahdollisuuksista. Ruotsissa on markkinoilla lukuisia eri valmistajien saostuskaivoja, joiden muotoilu ja materiaali poikkeavat toisistaan. On vaikea sanoa, onko niiden puhdistustehossa eroa, koska luotettavaa testausmenetelmää ei ole olemassa. Vuonna 1979 on Ruotsissa julkaistu ehdotus saostuskaivojen testausmenetelmäksi (NYBERG 1979). Se perustuu keinotekoisien lietteen käyttöön. Erikokoisilla ja -painoisilla muovikuulilla jäljitellään todellisen lietteen laskeutuvuusominaisuuksia.

Norjassa puolestaan on normit lujitemuovisille saostuskaivoille (STATENS FORURENINGSTILSYN 1977). Niissä annetaan lujisuusvaatimukset sekä materiaaleille että valmiille kaivoille. Normit täyttävä saostuskaivo varustetaan tyyppimerkinnällä.

Ruotsissa ja Norjassa lujitemuoviset saostuskaivot ovat viime vuosina kovasti yleistyneet. Niiden etuna betonirengaskaivoihin verrattuna on ennen kaikkea tiiviys ja asennuksen helppous. Edellä imeytysratkaisujen toimivuutta tarkasteltaessa todettiin, että väärin asennettu saostuskaivo on usein syynä huonoon lopputulokseen.

Rakenteellisia seikkoja tärkeämpää on kuitenkin saostuskaivojen säännöllinen tyhjentäminen. Täynnä lietettä olevan kaivon puhdistusteho on miltei olematon. Saostuskaivojen tyhjentämättä jättäminen on yleisin syy imeytysratkaisujen huonoon toimivuuteen. Runsas kiintoaine tukkii pian imeytysputket. Kaikissa pohjoismaissa suositellaan saostuskaivojen tyhjennystiheydeksi 1...2 kertaa vuodessa. Tyhjentämisen lisäksi ei juuri tarvita muuta hoitoa.

5.6 UMPIKAIVOT

Tietyissä tapauksissa jätevedet voidaan koota umpikaivoon tai -säiliöön ja kuljettaa käsiteltäväksi jätevedenpuhdistamolle. Kuljetuskustannukset ovat suoraan jätevesimäärästä riippuvat. Jos umpikaivoon kerätään vain käymäläjätevesiä, kustannukset poiskuljetuksesta laskevat. Käytettäessä normaalia vähemmän vettä tarvitsevia käymäläratkaisuja vähennetään tyhjennystarvetta edelleen ratkaisevasti. Tällöin

pesuvesien käsittelystä on huolehdittava erikseen.

Kerättäessä esimerkiksi nelihenkisen perheen kaikki jätevedet 5 m^3 umpikaivoon on se tyhjennettävä viikottain. Jos umpikaivoa käytetään vain käymäläjätevesien keräämiseen, riittää tyhjennys kerran kolmessa viikossa. Alipainekäymälää käytettäessä vastaavan kokoinen säiliö täyttyisi vain runsaat kaksi kertaa vuodessa (VESIHALLITUS 1980).

Umpikaivot on rakennettava huolella ja tiivistettävä mahdolliset saumat, jotta jätevesiä ei pääsisi kontrolloimattomasti maaperään. Suomessa umpikaivojen materiaalina on tavallisesti betoni. Betonikaivon saaminen täysin tiiviiksi on kuitenkin melko vaikeaa. Sen vuoksi lujitemuovisia umpisäiliöitä on pidettävä suositeltavimpina. Umpikaivon omistajien välintämättömyys on hämmästyttävän yleistä. Vuotava kaivo tietysti pienentää jäteveden kuljetuskustannuksia mutta samalla se aiheuttaa pohjaveden likaantumista. Ensimmäisenä vaaravyöhykkeessä on aina oma kaivo.

Tanskassa on tiukimmat määräykset umpikaivojen suhteen. Siellä kelpaavat vain teräksiset tai lujitemuoviset säiliöt. Säiliön on oltava vähintään 15 m etäisyydellä kaivosta. Umpisäiliötä ei saa sijoittaa 30 m lähemmäksi porakaivoa, jos vedenottamon kapasiteetti on alle $6\,000 \text{ m}^3$ vuodessa. Kapasiteetin ollessa yli $6\,000 \text{ m}^3$ vuodessa suojaetäisyys on 50 m. Etäisyyden umpisäiliöstä tiehen ja tontin rajalle on oltava vähintään 2 m (TEKNOLOGISK INSTITUT BYGGETEKNIK 1979).

Ennen umpikaivon rakentamista on aina selvitettävä kaivon tyhjennystapa ja -paikka. Kaivon tilavuutta suunniteltaessa on otettava huomioon tyhjennysauton säiliön tilavuus. Jätevesi pitäisi voida kuljettaa jätevedenpuhdistamolle eikä kaatopaikalle. Jätteestä voi puhdistamollakin olla haittaa mätänemistilastaan ja suuresta kertakuormituksesta johtuen, mikäli sitä ei voida ottaa mukaan prosessiin vähitellen. Puhdistamon mahdollisuudet vastaanottaa tällaista jätettä olisi selvitettävä (VESIHALLITUS 1980). Jätevesien kokoaminen umpinaiseen säiliöön siirtääkin vain jäteongelman

paikasta toiseen ja on lisäksi käyttökustannuksiltaan muita menetelmiä kalliimpi, joten sitä voidaan pitää suositeltavana ratkaisuna vain, mikäli muut menetelmät eivät olosuhteista johtuen ole mahdollisia tai riittävän tehokkaita.

5.7 VAIHTOEHTOISET KÄSITTELYMENETELMÄT JA NIIDEN KUSTANNUKSET

Edellä on esitetty käyttökokemuksia yksittäisten käymälä- ja käsittelyratkaisujen osalta. Käytännössä näistä muodostuu lukuisia vaihtoehtoisia yhdistelmiä. Lopullinen vaihtoehdon valinta on aina tapauskohtainen ratkaisu, koska olosuhteet vaihtelevat suuresti.

Karkeasti yleistäen on Ruotsissa päädytty taulukon 45 mukaisiin "parhaisiin" ratkaisuihin (ULMGREN 1979). Vaihtoehtojen arvosteluperusteina ovat olleet hoidon tarve, käyttövarmuus ja ympäristövaiikutukset. Mainittakoon vielä, että imeytysmenetelmien toteuttamismahdollisuus riippuu aina maaperäolosuhteista.

Taulukko 45. "Parhaat" jätevesien käsittelytavat erilaisissa kohteissa ruotsalaisen arvioinnin mukaan (ULMGREN 1979)

avl	loma-asutus	pysyvä asutus	kurssikeskus ym.
3...5	imeytysojasto (-kaivo) imeytyskenttä viemäritön käymälä	imeytysojasto (-kaivo)	-
6...20	imeytysojasto imeytyskenttä viemäritön käymälä	imeytysojasto maasuodatin	-
21...100	imeytysojasto ¹⁾ viemäritön käymälä ¹⁾	maasuodatin pienpuhdistamo	maasuodatin pienpuhdistamo
101...500	maasuodatin ²⁾ pienpuhdistamo ²⁾	pienpuhdistamo maasuodatin (osa-alueil- le)	pienpuhdistamo

1) Edellyttää tavallisesti tonttikohtaista ratkaisua

2) Näin suuri loma-asutusalue pitää useimmiten rinnastaa pysyvään asutukseen

VESIHALLITUKSEN (1980) monisteessa "Haja-asutuksen ja muiden pienten yksiköiden jätevesien käsittely" on muodostettu vastaavanlaisia yhdistelmävaihtoehtoja Suomen olosuhteisiin soveltaen. Kunkin

vaihtoehdon edut, haitat ja kustannukset huomioonottaen on arvioitu sen käyttökelpoisuus erilaisissa kohteissa. Vertailutaulukko on liitteenä 6. Lopputulos on hyvin samantapainen kuin edellä esitetty ruotsalainen. Poikkeuksen muodostaa Suomessa itsenäiseksi käsittelymenetelmäksi hyväksytty saostuskaivo, josta todetaan seuraavaa. "Kun vaatimukset jätevesien käsittelylle ovat vähäiset eivätkä jätevesimäärät ole suuria, voidaan oikein mitoitettuja ja huolellisesti rakennettuja saostuskaivoja useissa tapauksissa pitää riittävinä".

Taulukkoon 46 on koottu eri vaihtoehtojen laite- ja rakennuskustannuksia laskettuna erillisille yhden talouden järjestelmille. Laitteiden hankinta- ja rakennuskustannukset on laskettu keskimääräisinä yhden talouden järjestelmille. Sisäkäymälätilan aiheuttamia kustannuksia eikä rakennuksen sisäpuolisia sähkö-, vesijohto- ja viemäriasennuksia ole otettu huomioon. Myös talosta saostuskaivon ensimmäiseen osaan johtavan viemärin kustannukset puuttuvat arviosta. Pelkkien käyttökustannusten osalta kallein ratkaisu olisi kaikkien jätevesien kerääminen umpinaiseen säiliöön ja kuljettaminen muualle käsiteltäväksi. Kaikki muut ratkaisut ovat huomattavasti edullisempia käyttökustannuksiltaan. Verrattaessa tonttikohtaisen jätevesien käsittelyn kustannuksia yleiseen viemäriverkkoon liittymiseen on otettava huomioon myös kunnallinen jätevesimaksu. Halvempiin yksikkökustannuksiin päästään sopivissa olosuhteissa esimerkiksi useamman talouden yhteiskäsittelyllä. Yhteis- ja erillisjärjestelmää on laajemmin vertailtu mm. YVY-tutkimuksessa "Haja-asutuksen viemäröinti ja jätehuolto" (YHDYSKUNTIEN VESI- JA YMPÄRISTÖ-PROJEKTI 1976).

Taulukko 46. Vaihtoehtoisten käymäläjärjestelmien ja jätevesien käsittelymenetelmien kustannusvertailu vuoden 1979 hintatasossa (VESIHALLITUS 1980)

Suorakompostikäymälä + imeytysojasto:	11 000...17 000 mk
" + maasuodatin:	12 000...19 000 mk
" + imeytyskaivo:	9 500...13 500 mk
" + pelkkä saostuskaivo:	8 000...12 000 mk
Pikakomposti- tai kuorikekäymälä + imeytysojasto:	6 500...10 000 mk
" + maasuodatin:	7 500...12 000 mk
" + imeytyskaivo:	5 000... 6 500 mk
" + pelkkä saostuskaivo:	3 500... 5 000 mk
Vesikäymälä, imeytysojasto (yhteiskäsittely):	6 000... 8 000 mk
" maasuodatin (yhteiskäsittely):	7 000...10 000 mk
Vähävetinen käymälä + imeytysojasto:	9 000...17 000 mk
" + maasuodatin:	10 000...19 000 mk
" + imeytyskaivo:	7 500...13 500 mk
" + pelkkä saostuskaivo:	6 000...12 000 mk
Vesikäymälä, kemiallinen pienpuhdistamo (yhteiskäsittely):	alk. n. 6 000 mk
",biologinen pienpuhdistamo "	alk. n. 11 000 mk
Vesikäymälä, pelkkä saostuskaivo (yhteiskäsittely):	3 500... 5 500 mk
", liittyminen kunnalliseen viemäriverkkoon (kaava-alueella kunnan perimien maksujen mukaan)	3 000... 5 000 mk

6. Y H T E E N V E T O

Suomessa on edelleen noin 1,6 milj. asukasta yleisten viemärlaitosten ulkopuolella. Pääosan haja-asutusalueen talouksista muodostavat tilakeskukset ja muut suhteellisen etäällä toisistaan olevat pientalot. Taajamien reuna-alueilla on kuitenkin varsin tiheääkin viemärimätöntä asutusta. Lisäksi maassamme on lähes 300 000 loma-asuntoa, jotka sijaitsevat yleensä välittömästi vesistöjen ranta-alueilla. Haja-asutukseen rinnastettavia pieniä kuormittajia ovat myös erilaiset majoitusliikkeet, kurssikeskukset, leirintäalueet, oppilaitokset ym., joita ei ole liitetty yleiseen viemäriverkostoon.

Vedenkulutus pientaloissa on yleensä pienempi kuin kerrostaloissa. Vedenkulutuksen kasvu ja varsinkin vesikäymälöiden yleistyminen haja-asutusalueilla lisäävät vesistöihin ja pohjavesiin kohdistuvaa jätevesikuormitusta ja aiheuttavat hygieenisiä haittoja ympäristölle. Vesikäymälän huuhteluvedet muodostavat lähes 30 % talouden vedenkulutuksesta ja niiden osuus BHK- ja fosforikuormituksesta on noin puolet ja typpikuormituksesta peräti 90 %. Näin ollen tavallisen vesikäymälän korvaaminen jollakin muulla käymälätyypillä vähentää oleellisesti sekä vedenkulutusta että jätevesikuormitusta.

Markkinoilla on lukuisia erityyppisiä vesikäymälän korvaavia käymäläratkaisuja. Niitä on toistaiseksi käytetty hyvin vähän. Ulkokäymälä on edelleen yleinen haja-asutusalueilla. Tavallisin tonttikohtainen jätevesien käsittelytapa Suomessa on saostuskaivo, josta jätevedet johdetaan avo-ojaan. Tiheästi rakennetuilla haja-asutusalueilla jätevedet voidaan koota umpikaivoon ja kuljettaa jätevedenpuhdistamolle. Yhden tai muutaman talouden ja pienehköjen laitosten käytössä olevia pienpuhdistamoita lienee Suomessa noin 4 000 kappaletta. Ne ovat yleensä biologisia suodattimia ja kemiallisia suorasaostuslaitoksia ja suurehkoissa yksiköissä aktiivilietelaitoksia. Muissa pohjoisessa pienpuhdistamoihin

suhtaudutaan varauksellisemmin kuin Suomessa ja säostuskaivoa ei hyväksytä lainkaan itsenäiseksi jäteveden käsittelymenetelmäksi. Tavallisimmin jätevedet imeytetään maahan.

Käymälöiden toimivuus

Käymälöitä koskeva tutkimustoiminta on keskittynyt lähinnä kompostikäymälöihin. Norjassa on käynnissä laaja kompostikäymälöiden toimivuustutkimus, joka muodostuu laboratoriotestauksesta ja normaalissa perheikäytössä olevien käymälöiden seurannasta. Kompostikäymälät ovat periaatteessa hyviä ratkaisuja, koska jätteestä saadaan käyttökelpoista maanparannusainetta. Kaikkien muiden viemäröttömien käymälätyyppien kohdalla jätteen kuljetus ja jälkikäsittely muodostavat suuremman ongelman.

Suorakompostikäymälöistä on todettu parhaiksi kaltevapohjaiset mallit, joissa ilmakehän ansiosta ilmaa kyetään johtamaan koko ulostemassaan eikä vain sen pintaan. Ilmanvaihdon tehtävänä kompostikäymälässä on lisäksi poistaa käymälästä kosteutta ja hajua. Pikakompostikäymälöissä massan tehokas sekoittaminen on erittäin tärkeää. Hyväksi ratkaisuksi on todettu karhimainen sekoitin, jota käytetään joka käytön jälkeen. Kompostikäymälään on lisättävä jotain hiilipitoista orgaanista ainetta kuten ruoantähteitä tai puutarhajätettä oikean hiili-typpi-suhteen aikaansaamiseksi ja liian kosteuden sitomiseksi. Suomessa on saatu hyviä kokemuksia kuorikkeen käytöstä käymälän peiteaineena. Se sitoo hyvin sekä kosteutta että hajua.

Tämän tutkimuksen yhteydessä selvitettiin kolmen käymälämerkin käyttökokemuksia käyttäjille lähetetyllä tiedustelulla. Tutkitut käymälämerkit olivat Clivus Multrum suorakompostikäymälä, Upo-Sähkötuoli pikakompostikäymälä ja Aqua Magic vähävetinen huuhtelukäymälä. Kyselylomakkeita lähetettiin 382 kappaletta ja vastauksia saatiin 196 kappaletta.

Clivus Multrumin käyttäjät olivat yleensä tyytyväisiä käymäläänsä. Riittävä ilmanvaihto ja säiliön lämpöeristys ovat edellytyksenä käymälän kunnolliselle toiminnalle. Häiriöt ilmenevät hajuhaittoina

ja nesteen kerääntymisenä säiliön pohjalle. Myös karpä-sistä oli ollut haittaa. Käymälä ei vaadi varsinaista hoitoa, mutta sen toimintaa on seurattava, joten myönteinen ennakoasenne on välttämätön.

Sähkötuolin käyttäjistä vain puolet oli tyytyväisiä käymäläänsä. Tyytymättömyyden aiheuttajia olivat hajuhaitat, jätteen kuivuminen säiliössä ja nesteen kerääntyminen multalaatikkoon sekä WC-paperin hajoamattomuus. Kompostoituminen edellyttää jatkuvaa hoitoa, sekoittamista ja kosteuden säätöä. Mikäli kompostoituminen ei onnistu, käymälän käyttö on epämiellyttävää. Täysin tyytyväisiä käyttäjiäkin oli, joten ongelmana on nimenomaan hoidon vaikeus.

Aqua Magicit oli hankittu vedenkulutuksen vähentämiseksi umpisäiliöön tapahtuvan viemäroinnin yhteydessä. Käymälä muistuttaa ulkonäöltään ja toimintaperiaatteeltaan tavallista vesikäymälää ja sen käyttö on helppoa. Vastaajat olivatkin tyytyväisiä käymälään. Tavallisimpia toimintahäiriöitä olivat putken tukkeutuminen ja viat laitteen venttiileissä.

Pienpuhdistamoiden toimivuus

Sekä Suomessa että muissa pohjoismaissa on tehty useita pienpuhdistamoiden toimivuutta koskevia tutkimuksia. Pienpuhdistamolla voidaan saavuttaa erittäin hyvä puhdistustulos sekä orgaanisen aineen että fosforin suhteen. Huonosti toimivia pienpuhdistamoita on kuitenkin paljon. Ongelmana on ennen kaikkea puutteellinen hoito ja käyttötarkkailu. Lisäksi laitteiden toimintavarmuus ei nykyisellään ole riittävä. Varsinkin kaikkein pienimpien, yhden perheen käytössä olevien puhdistamoiden hoito on vaikeasti järjestettävissä. Biologiset suodattimet ovat yleensä toimineet paremmin kuin vastaavankokoiset kemialliset suorasaostuslaitokset. Kemiallisilla puhdistamoilla kemikaalien annostelu ja pH:n säätö tuottavat vaikeuksia. Kuormitusvaihtelujen tasaamiseksi biologisissa puhdistamoissa on

toteutettu jätevesien kierrätys. Sen sijaan kemialliset puhdistamot näyttäisivät sietävän huonosti kuormitushuippuja. Suurehkoissa yksiköissä käytetään pääasiassa aktiivilietelaitoksia ja kierto-suodattimia. Aktiivilietelaitoksilla voidaan päästä erittäin hyvään puhdistustulokseen. Prosessi on kuitenkin vaikea säätää ja herkkä toimintahäiriöille, joten laitoksella on ehdottomasti oltava asiantunteva hoitaja. Kiertosuodattimia on toistaiseksi käytössä melko vähän, mutta saadut kokemukset ovat myönteisiä.

Imeytysmenetelmien toimivuus

Jäteveden maahan imeytys perustuu maaperän kykyyn sitoa jäteveden sisältämiä lika-aineita. Puhdistuminen tapahtuu imeytysputkien ja pohjavedenpinnan välisessä kyllästymättömässä vyöhykkeessä. Orgaaninen aine ja fosfori pidättyvät maahan tehokkaasti. Sen sijaan typpi niukkaliukoisena kulkeutuu pohjaveteen. Puhdistustulokseen vaikuttavia tekijöitä ovat hydraulinen kuormitus ja jäteveden viipymä kyllästymättömässä vyöhykkeessä, suodatinmaan rakeisuus ja kiviainekoostumus sekä maaperän happipitoisuus ja lämpötila.

Mahdollisia imeytysratkaisuja ovat imeytysojasto, imeytyskaivo, imeytyskenttä ja maasuodatin. Esikäsitteilynä tulee olla saostuskaivo. Kaikista em. menetelmistä on saatu hyviä kokemuksia Ruotsissa ja Norjassa. Samalla on todettu, että menetelmät ovat herkkiä rakennevirheille. Puhdistustulokset ovat usein jääneet heikoksi ja suodattimet ovat tukkeutuneet odotettua aikaisemmin. Riittävän yksityiskohtaiset ohjeet ja työn rakennusaikainen valvonta ovatkin edellytyksenä hyvän puhdistustuloksen saavuttamiselle. Myöhemmin virheiden korjaaminen on vaikeaa. Imeytysratkaisut eivät juuri vaadi hoitoa saostuskaivojen säännöllistä tyhjentämistä lukuunottamatta.

Suomessa saostuskaivoa käytetään myös itsenäisenä käsittelymenetelmänä. Saostuskaivo vähentää ennen kaikkea kiintoaineen määrää. Muiden tekijöiden osalta puhdistumista ei juuri tapahdu. Betonirenkaista rakennetut kaivot ovat Suomessa yleisimpiä. Markkinoilla on myös lujitemuovisia saostuskaivoja. Puhdistustulos riippuu lähinnä jäteveden viipymästä saostuskaivossa. Kaivon säännöllinen tyhjentäminen on ehdoton edellytys kunnolliselle toiminnalle.

7. J A T K O T U T K I M U K S E N T A R V E

Suomessa ja muissa pohjoismaissa tehdyt tutkimukset osoittavat, että haja-asutusalueilla käytettävien jäteveden käsittelymenetelmien puhdistustulos ja toimintavarmuus eivät ole riittäviä. Eniten puutteita on imeytysmenetelmiä koskevassa tiedossa. Tarvitaan lisää tietoa sekä puhdistumisprosessista että laitosten teknisestä toteuttamisesta. Ruotsissa ja Norjassa keskitytään tällä hetkellä imeytyksen teoreettisten perusteiden selvittämiseen. Tosin samanaikaisesti tutkitaan myös toimivia laitoksia. Kompostikäymälöiden osalta puolestaan tarvitaan tietoa ennen kaikkea käymälöiden toimivuudesta käytännössä.

Tämän tutkimuksen yhteydessä on pyritty kartoittamaan sekä Suomessa että muissa pohjoismaissa käynnissä olevat tutkimukset. Suomessa on käynnissä seuraavia tutkimuksia:

- Kuorikekäymälää kehitetään eri tahoilla. Apulaisprofessori Mirja Salkinoja-Salonen tutkii perhekäyttöön sopivaa kuorikekäymälää ja jätteen kompostointia. Myös dipl.ins. Aaro Alestalo kehittää kuorikekäymälää. Kaakkois-Suomen Sotilasläänissä puolestaan tutkitaan eläinlääkintämajuri Jarmo Louvon johdolla joukkokäyttöön sopivaa kuorikekäymälää ja kompostointia suuressa yksikössä.
- Dipl.ins. Erkki Syvälahti tutkii pienpuhdistamoiden toimivuutta Turun seudulla. Vesinäytteitä otetaan noin 70 pienpuhdistamosta vuoden ajan 4...8 näytettä puhdistamo kohti. Näytteenotto on aloitettu vuonna 1980. Mukana tutkimuksessa on myös noin kymmenen saostuskaivoa.
- MMK Mauri Takala tutkii pajun kasvattamista imeytyskentässä Maatalouden tutkimuskeskuksen Hämeen koeasemalla.
- Tekn.yo. Paul Silferberg tekee rakennushallituksessa tutkimusta pienten yhdyskuntien jäteveden hyötykäytöstä. Työ on pääasiassa kirjallisuustutkimus ja siinä käsitellään mm. imeytyskenttää, energiapajukon viljelyä ja jäteveden sadetusta. Toiseksi tutkittavaksi esimerkkikohteeksi on

valittu em. Hämeen maataloudellinen koeasema.

- Valtion teknillinen tutkimuskeskus ja Kuopion kaupunki rakentavat yhteistyönä koerakentamisalueen Kuopion Pellesmäkeen. Jätevesien ja kiinteiden jätteiden osalta on tavoitteena kompostointiin ja vesien imeytykseen perustuvan järjestelmän toiminnan, ympäristövaikutusten ja hyötykäytön selvittäminen sekä vertailu keskitettyyn käsittelyjärjestelmään. SITRA rahoittaa koerakentamisen tutkimuksen ja suunnittelun. Alueen rakentaminen aloitetaan vuonna 1981.
- Vesientutkimuslaitoksessa aloitetaan vuonna 1981 tutkimus, jossa selvitetään saostuskaivolietteen käsittelyn ja sijoittamisen nykytila ja ongelmat sekä lietemäärät, parhaat vaihtoehdot saostuskaivolietteen käsittelemiseksi, sijoittamiseksi ja hyödyntämiseksi.
- Dipl.ins. Erkki Santala on Suomen edustajana Pohjoismaiden ministerineuvoston ympäristöasioiden virkamieskomitean vesi- ja jätevesiprojektin alaisessa haja-asutuksen jätevesiasioita käsittelevässä työryhmässä. Se selvittää, mitä tutkimuksia alalla on käynnissä, pyrkii tarpeen mukaan koordinoimaan niitä ja laatii perusteet kussakin maassa tehtäviä haja-asutuksen jätevesien käsittelyohjeita varten. Työryhmä saa työnsä päätökseen vuonna 1981.

Ruotsissa Statens Naturvårdsverk on käynnistänyt laajan jäteveden imeytysmenetelmiä koskevan tutkimuksen, jonka loppuraportti valmistuu vuonna 1982. Tutkimus käsittää mm. seuraavia osaprojekteja:

- Mikrobiologiset prosessit maassa jätevedettä imeytettäessä ja typen poisto maasuodattimessa denitrifikaation avulla.
- Patogeenisten ja indikaattoriorganismien elinaika ja kulkeutuminen maassa ja pohjavedessä.
- Raskasmetallien ja fosforin pidättyminen maahan.
- Mekaanisesti, biologisesti ja biologis-kemiallisesti käsitellyn jäteveden imeyttäminen avoimissa altaissa.
- Lika-aineiden leviäminen kyllästymättömässä vyöhykkeessä matemaattisten mallien avulla kuvattuna.
- Lika-aineiden leviäminen pohjavedessä matemaattisten mallien avulla kuvattuna.

Tukholman teknillisessä korkeakoulussa on käynnissä saostuskaivotutkimus. Kehitteillä on saostuskaivojen testausmenetelmä, jolla rakenteeltaan ja materiaaliltaan erilaisien saostuskaivojen puhdistusteho voidaan mitata. Lisäksi Ruotsissa valmistuu vuonna 1981 selvitys haja-asutusalueella käytettävissä olevien jäteveden käsittelymenetelmien soveltuvuudesta tähänastisten käyttökokemusten perusteella. Imeytysratkaisuja koskevat ohjeet ovat parhaillaan uudistettavana.

Norjassa jäteveden imeytystä tutkitaan lähinnä Åsin maatalouskorkeakoulussa. Tällä hetkellä käynnissä oleva tutkimusprojekti päättyy vuonna 1982 ja se on koordinoitu em. ruotsalaisen imeytystutkimuksen kanssa. Tutkimus käsittää seuraavat osaprojektit:

- Mikrobiologiset prosessit maassa erityisesti suodattimen tukkeutumisen kannalta.
- Suodatinmaan ominaisuuksien (kiviainekoostumus, rakeisuus, tiiviys ym.) vaikutus puhdistustulokseen.
- Käyttökelpoisen fosforin adsorptioindeksin aikaansääminen imeytykseen sopivien maalajien valitsemiseksi.
- Imeytyksen mikrobiologia hygieeniseltä kannalta.
- Madonmunien ja eläinparasiittien pidätyminen maahan.
- Sellaisen kenttäkäyttöön sopivan menetelmän kehittäminen, jolla tutkitaan maaperän soveltuvuus imeytykseen.
- Pienehköjen kaatopaikkojen suotoveden käsittely.
- Koelaitosten rakentaminen em. laboratoriotutkimusten tulokset huomioonottaen.

Lisäksi Norjassa on käynnissä useita eri imeytysmenetelmien toimivuutta käsitteleviä tutkimuksia, joiden alustavia tuloksia on käsitelty imeytystä koskevassa luvussa. Norjalaisia imeytysratkaisujen mitoitusta ja rakennetta koskevia ohjeita uudistetaan parhaillaan. Myös kompostikäymälöitä käsittelevä tutkimus jatkuu edelleen. Lisäksi on juuri perustettu kompostikäymälöiden testausasema, jonne myös muissa pohjoismaissa toimivat valmistajat voivat lähettää tuotteitaan testattaviksi.

Edellä esitetyt Suomessa, Ruotsissa ja Norjassa käynnissä olevat tutkimukset huomioonottaen seuraavat tutkimukset ja muut tehtävät näyttäisivät jatkossa tarpeellisilta:

Käymälät:

- Norjassa on käynnissä laaja kompostikäymälöitä käsittelevä tutkimus, jota on tarpeen seurata. Lähivuosina tullaan saamaan uutta tietoa ennen kaikkea käymälöiden toimivuudesta normaalisissa perheikäytössä.
- Kuorikkeen käyttöä koskevissa tutkimuksissa olisi syytä paneutua erityisesti käymälän teknisen rakenteen kehittämiseen, jotta tarvittavan kuorikkeen ja tyhjennettävän massan määrää voitaisiin vähentää ja tyhjentämistä helpottaa. Kuorikekäymälästä tulisi pyrkiä kehittämään myös yleisiin tiloihin, kuten leirintäalueille, sopiva malli.
- Kemiallisissa käymälöissä käytettävien kemikaalien vaikutusta hajoamisprosessiin olisi tutkittava, koska jäte voi hidastaa kompostoitumista ja haitata biologisen puhdistamon toimintaa.

Pienpuhdistamot:

- Tehdyt tutkimukset käsittelevät paljolti sellaisia puhdistamoita, joita ei enää valmisteta. Tällä hetkellä markkinoita hallitsevien Vesimies-, Orwa- ja Argument-puhdistamoiden toimivuutta tulisi tutkia.
- Kuormitusvaihteluiden todellinen vaikutus eri puhdistamotyyppien toimintaan olisi selvitettävä. Kaikkien tutkittavien puhdistamoiden virtaama olisi mitattava.
- Kemiallinen suorasaostuslaitos saattaisi olla käyttökelpoinen pelkkien pesuvesien käsittelyssä. Tutkimustuloksia asiasta ei toistaiseksi ole riittävästi.

Maahan imeytys:

- Käynnissä olevia ruotsalaisia ja norjalaisia tutkimuksia on tarpeen seurata, jotta saadaan ajan tasalla olevaa tietoa.
- Suomessa voidaan suureksi osaksi soveltaa suoraan Ruotsista

ja Norjasta saatavaa tietoa. Olosuhteiden erilaisuuden vuoksi tarvitaan kuitenkin omaa tutkimusta esimerkiksi asennussyvyyden ja lämpöeristyksen osalta. Lisäksi olisi selvitettävä, mitkä Suomen maalajeista ovat imeytykseen sopivia ja mikä on kiinteistökohtaisen imeytyksen vaatima tonttikoko.

- Suomessa on vain muutamia imeytysojastoja ja maasuodattimia. Koelaitoksia olisi rakennettava, jotta saataisiin käytännön kokemusta maahan imeytyksestä myös Suomen oloissa.
- Erääksi tutkimuskohteeksi voisi valita pesuvesien imeytyksen tutkimisen olosuhteissa, joissa pintavalunnan pääsy laitokseen on estetty.

Saostuskaivot ja umpikaivot:

- Tämän tutkimuksen yhteydessä saostuskaivoja on käsitelty hyvin lyhyesti. Tarkempi kirjallisuusselvitys olisi laadittava.
- Ruotsissa käynnissä olevaa saostuskaivotutkimusta on tarpeen seurata.
- Suomessa toisin kuin muissa pohjoismaissa saostuskaivo on käytössä itsenäisenä käsittelymenetelmänä ja se tulee jatkossakin olemaan yleinen maamme haja-asutusalueilla. Näin ollen muista pohjoismaista saatavaa tietoa ei voida sellaisenaan soveltaa Suomen oloihin, vaan meillä tarvitaan myös omaa tutkimustoimintaa. Tällä hetkellä ei juuri ole tietoa saostuskaivojen toimivuudesta käytännössä. Olisikin tehtävä toimivuusselvitys normaalissa käytössä olevista saostuskaivoista. Tutkimuksen kohteeksi tulisi valita rakenteeltaan, materiaailtaan ja kuormitukseltaan erilaisia kaivoja. Vesianalyysien selvittäisiin kaivojen puhdistusteho ja pyrittäisiin arvioimaan kaivojen rakenteen, tyhjentämisen ja muun hoidon vaikutusta toimivuuteen.
- Umpikaivoja suositellaan alueille, joilla halutaan suojella pohjavesiä. Näin ollen vuotavat umpikaivot ovat ilmeisenä vaarana pohjavesille. Olisikin selvitettävä, kuinka tiiviitä umpikaivot ovat ja miten niiden tiiveys voitaisiin varmistaa.

- Olisi selvitetävä, miten saostuskaivoista ja umpikaivoista tyhjennettävän lietteen kokonaismäärä vaikuttaa eri olosuhteissa käsittelymenetelmään. Lisäksi olisi tutkittava, miten lietteen vastaanotto ja käsittely järjestetään jätevedenpuhdistamoilla.

Muut tehtävät:

- Alan tutkimustoiminta Suomessa olisi koordinoitava. Olisi keskitetysti suunniteltava, mitä ja kenen toimesta maassamme tutkitaan ja miten tutkimukset rahoitetaan. Tutkimusten tulisi olla nimenomaan käytäntöä palvelevia.
- Koulutusta ja valistusta olisi lisättävä kaikilla tasoilla. Lisää tietoa tarvitsevat mm. laitosten suunnittelijat, rakentajat, rakentamista ja käyttöä yalvovat viranomaiset, yksityiset käyttäjät ja hoidosta vastaavat henkilöt.
- Pienille yksiköille tarkoitettujen menetelmien ja laitteiden kehittämisessä on erityisesti kiinnitettävä huomiota yksinkertaisuuteen ja toimintavarmuuteen. Rakentamista, käyttöä ja hoitoa koskevien ohjeiden on oltava riittävän yksityiskohtaisia.
- Norjassa ollaan käynnistämässä kompostikäymälöiden testausasemaa. Suomessa tulisi päättää, miten suhtaudutaan sen luomaan tyyppihyväksyntäjärjestelmään.
- Lainsäädäntö kuivakäymälän osalta olisi saatava ajanmukaiseksi, jotta vältettäisiin tulkintavaikeudet kompostikäymälän sijoituksen osalta.
- Pienpuhdistamoille olisi luotava jonkinlainen testausjärjestelmä. Tulisi pyrkiä siihen, että jokin tutkimuslaitos tai vastaava tarvittaessa voisi testata markkinoilla olevat puhdistamot valvoituissa olosuhteissa ja antaa yhdenmukaisten arvostelukriteerien perusteella lausunnot toimivuudesta.
- Olisi mahdollisimman pian saatava aikaan imeytysratkaisujen mitoitus- ja rakentamishojeet sekä mitoitusohjeet sellaisille saostuskaivoille, joihin johdetaan vain pesuvesiä.
- Ennen imeytysmenetelmien yleistymistä olisi päätettävä, mitä esitutkimuksia vaaditaan ja kuka tutkimukset suorittaa.
- Olisi tutkittava mahdollisuuksia lietteenpoiston organisoimiseksi. Siten voitaisiin varmistaa saostuskaivojen ja umpikaivojen säännöllinen tyhjentäminen.

8. ENGLISH SUMMARY: ON SITE TREATMENT AND DISPOSAL SYSTEM ALTERNATIVES FOR HOUSEHOLD WASTEWATER

In Finland there are still some 1,6 million people that are not served by municipal sewerage systems. A majority of the families in rural areas live on separate farms or in other small houses relatively far apart. In the outskirts of the population centres, however, there may be settlement that is quite dense but is not served by sewer networks. In addition, there are in our country some 300 000 vacation houses most of which are immediately bordering the watercourses. Other small polluters comparable with sparse settlement are various hotels and motels, training centres, camping areas, schools etc. that have not been connected to the municipal sewer system.

Much less water is in general consumed in small private houses than in apartment houses. An increase in water use and especially the more widespread adoption of flush toilets in the rural areas add to the pollution of the watercourses and groundwater and cause adverse hygienic effects in the environment. Flush toilets use about 30 % of the water consumed by households, and their portion in the BOD and phosphorus loading is about 50 % and in the nitrogen loading as much as 90 %. Thus both water use and pollution loading can be substantially reduced by substituting the ordinary flush toilet with some other type.

Various types of toilets that substitute the water-flushed toilet are being marketed. Their use has been very limited until now. Outside toilet is still common in rural areas. For the wastewaters of individual houses the most common treatment method is the septic tank from which the wastewater is lead into an open ditch. In densly populated rural areas wastewaters can be collected in holding tanks

and transported to the wastewater treatment plant. There are some 4 000 small units or package treatment plants in Finland serving one or two households or other small establishments. They are in general trickling filter plants or chemical precipitation plants or, when bigger units are needed, activated sludge plants. In the other Nordic countries a more reserved attitude prevails towards package treatment plants, and the septic tank is not accepted as an independent treatment method. Most often wastewater is infiltrated into the ground.

Performance of the toilets

The research that has been done on the performance of toilets concentrates mainly on the composting types. In Norway an extensive investigation on the performance of composting toilets is under way consisting of laboratory tests and monitoring of private toilets. The composting toilet is in principle a good solution since the waste material is converted to compost. In all other unsewered toilet types the transportation and subsequent treatment pose greater problems.

The best models among large composting toilets are those with sloped bottom, where conduits bring air right into the waste mass, not only to its surface. Ventilation also serves to eliminate humidity and odour from the toilet. In small composting toilets efficient mixing of the mass is very important. A raketlike mixer applied each time the toilet is used has proved to be a good solution. To obtain the right carbon-nitrogen ratio and to absorb excess moisture some carbonous organic substance such as food or garden wastes should be added to the compost. In Finland positive results have been obtained by using bark chips as cover material. It absorbs well both moisture and odour.

In connection with this study the performance of three toilet types was investigated by addressing an inquiry to the users. The three trade marks were the Clivus Multrum large composting toilet, the Upo-Sähkötuoli (Upo Mulltoa) small composting toilet and the Aqua Magic low-volume flush toilet. 382 inquiries were mailed and 196 answers obtained.

The users of the Clivus Multrum were in general content with their toilets. Sufficient ventilation and thermal insulation are prerequisites for proper performance. Malfunctioning is revealed by odour and the collecting of liquid on the tank bottom. Also flies were mentioned as an inconvenience. The toilet needs no particular maintenance, but its performance must be followed up, and a positive disposition is hence indispensable.

Only half of the users of the Upo Sähkötuoli were content with their toilet. Discontent was caused by odour, drying up of waste in the tank, collecting of liquid in the soil box and the toilet paper not decomposing. To succeed, composting requires continuous care, mixing and adjustment of moisture. If composting fails the toilet is unpleasant to use. Since there exist users that are quite content with the toilet, the problem must be the difficulty of correct maintenance.

The Aqua Magics had been acquired to reduce water consumption in connection with holding tanks. The looks and functioning of the toilet are similar to the ordinary water closet and it is easy to use. According to the answers the users were content with their toilets. The most common malfunctions were pipe cloggings and defects in the valves.

The performance of package treatment plants

In Finland and in the other Nordic countries numerous studies have been carried out on the performance of package treatment plants. Such plants can give very good treatment results as to the removal of organic matter and phosphorus. However, there are also very many badly performing package treatment plants. Problems are due primarily to insufficient maintenance and monitoring. Neither is the operativeness of the facilities sufficiently secured. Particularly the maintenance of the smallest

units, those serving a single family, is difficult to arrange. Trickling filters have generally performed better than chemical precipitation plants. At chemical treatment plants the dosing of chemicals and the pH adjustment have caused difficulties. In biological treatment plants wastewater is recycled to even out load fluctuations. Chemical treatment plants would seem to tolerate peak loads badly. In bigger units mostly activated sludge process or rotating biological disks are used. At activated sludge plants very good treatment results may be obtained. However, the process is not easily regulated and it is sensitive to disturbances in plant operation. Hence, a competent operator is absolutely required. There are not many rotating biological disks in use as yet, but the experience from them has been positive.

Performance of the soil absorption systems

Soil absorption of wastewaters is based on the ability of soil to absorb pollutants inherent in wastewater. Purification takes place in the unsaturated zone between the perforated pipes and the groundwater table. Organic material and phosphorus are effectively infiltrated. Nitrogen, on the contrary, does not dissolve easily and passes into the groundwater. Treatment efficiency is affected by hydraulic loading and the retention time of the wastewater in the unsaturated zone, the gradation of the filter material and the oxygen content and temperature of the soil.

Possible infiltration systems are absorption fields, seepage pits, evapotranspiration beds and sand filter trenches. Infiltration should be preceded by a septic tank. All above-mentioned methods have given good results in Sweden and Norway. But it was also observed that the systems are sensitive to structural defects. The treatment efficiency has often been poor and the filters have clogged prematurely. Sufficiently detailed specifications and supervision of construction are the requirements for good performance. It is difficult to correct the mistakes at a later stage. Soil absorption systems don't require much other maintenance than the regular evacuation of the septic tanks.

In Finland septic tanks are used as independent treatment units. In septic tanks primarily suspended solids are removed. The other pollution factors are hardly affected. In Finland septic tanks are often made of concrete cylinders. Also septic tanks of reinforced plastic are in the market. Treatment efficiency depends on the detention period of wastewater in the tank. Regular evacuation of the tank is required if the tank is to perform properly.

9. K I R J A L L I S U U S L U E T T E L O

- Airaksinen, J.U. 1978. Maa- ja pohjavesihydrologia. 248 s. Oulu.
- Alestalo, A. 1974. Kuoren käyttö biologisessa käymälässä. Tekniikka 64, 11:20.
- Alexander, M. 1977. Introduction to soil microbiology. 2.ed. 467 p. New York.
- Andreoli, A., Bartilucci, N., Forgione, R. & Reynolds, R. 1979. Nitrogen removal in a subsurface disposal system. Journal Water Pollution Control Federation 51, 4:841-854.
- Begert, A. & Ruider, E. 1977. Betriebsergebnisse österreichischer Kleinkläranlagen. Österreichische Abwasser Rundschau 22, 6:113-118.
- Bitton, G. 1975. Adsorption of viruses onto surfaces in soil and water. Water Research 9, 5/6: 473-484.
- Blomström, G. 1979. Driftundersökning av 10 mindre reningsverk (50-500 pe). Stockholm. Statens naturvårdsverk PM-1141.
- Bouma, J. 1975. Unsaturated flow during soil treatment of septic tank effluent. Journal of the Environmental Engineering Division ASCE 101, EE6: 967-983.
- Bouwer, H. 1970. Ground water recharge design for renovating waste water. Journal of the Sanitary Engineering Division ASCE 96, SA1:59-74.
- Brandes, M. 1978. Accumulation rate and characteristics of septic tank sludge and septage. Journal Water Pollution Control Federation 50, 5:936-943.

- Brandes, M. 1980. Effect of precipitation and evapotranspiration of a septic tank-sand filter disposal system. *Journal Water Pollution Control Federation* 52, 1:59-75.
- Carlsson, L. 1977. Grundvattenpåverkan genom infiltration av behandlat avloppsvatten vid Ånn, Jämtlands län. *Vatten* 33, 2:144-152.
- De Vries, J. 1972. Soil filtration of waste water effluent and mechanism of pore clogging. *Journal Water Pollution Control Federation* 44, 4:565-573.
- Enfield, C.G. & Bledsoe, B.E. 1975. Fate of waste water phosphorus in soil. *Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE* 101, IR3:145-155.
- Espoon kaupunki 1973. Eräiden kiinteistökohtaisten jätevedenkäsittelylaitteiden toiminnan tarkkailu Espoossa kesällä 1973. Moniste. 20 s. Espoon kaupunki. Teknillinen virasto.
- Espoon kaupunki 1976. Eräiden kiinteistökohtaisten pienpuhdistamoiden vertaileva tarkkailu. Moniste. 4 s. Espoon kaupunki. Tekninen virasto.
- Espoon kaupunki 1979. Selvitys Espoon alueella olevien kiinteistökohtaisten pienpuhdistamoiden tarkastuksista kesällä 1979. Moniste. 2s. Espoon kaupunki. Terveysvirasto.
- Gerba, C.P., Wallis, C. & Melnick, J.L. 1975. Fate of wastewater bacteria and viruses in soil. *Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE* 101, IR3: 157-174.
- GUTTORMSEN, D. & Pedersen, T.A. 1978. Alternative klosettløsninger for fritidshus og helårsboliger. 87 p. Ås. Norges Landbrukshøgskole. Mikrobiologisk institutt. PRA-brukerrapport 21.

- Hudson, J.F. 1977. Environmental impact of on-site systems. U.S. Environmental Protection Agency. National conference on less costly wastewater treatment systems for small communities 12.-14.4.1977. Reston. P. 29-32.
- Hvatum, O.Ø. 1977. Binding av fosfor i jord ved infiltrasjon av avløpsvann. 58 p. Ås. Norges landbrukshøgskole. Institutt for jordbunnslaere. PRA-prosjekt 3.5.
- Johansen, O.J., Paulsrud, B. & Eikum, A.S. 1976. Bare halvparten av norske kloakkrensaneanlegg renses avløpsvannet tilfredsstillende. Teknisk ukeblad 123, 31: 7-10.
- Jones, R.A. & Lee, G.F. 1979. Septic tank wastewater disposal systems as phosphorus sources for surface waters. Journal Water Pollution Control Federation 51, 11:2764-2775.
- Koistinen, O. & Alestalo, A. 1978. Onko WC aikansa elänyt. Ympäristö ja Terveys 9, 4-5:317-321.
- Konsumentverket 1977. Klosetter för fritid. 32 p. Stockholm.
- Kristiansen, R. 1978. Sandfiltergrøfter. Studier av økologiske forhold og renseseffekter i et forsøksanlegg 186 p. Ås. Norges Landbrukshøgskole.
- Kristiansen, R. & Skaarer, N. 1979. BOV-vannets sammansetning og mengde. Undersøkelser i Danskerudsfeltet på Ås. Vann 14, 2:151-156.
- Kujala, K. 1977. Tutkimus eräiden rakennushallituksen korjaushuollossa olevien jäteveden pienpuhdistamoiden toiminnasta. 62 s. Helsinki. Rakennushallitus.

- Kymen vesipiiri 1979. Pienten jäteveden puhdistamoiden toimivuus. Moniste 12.9.1979. 3s. Kouvola.
- Laak, R. 1970. Influence of domestic waste water pretreatment on soil clogging. Journal Water Pollution Control Federation 42, 8:1495-1500.
- Lance, J.C. 1975. Fate of nitrogen in sewage effluent applied to soil. Journal of the Irrigation and Drainage Division ASCE 101, IR3: 131-144.
- Latostenmaa, H. 1978. Pienpuhdistamoiden lietteen käsittely ja sijoittaminen. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 89-78. Pienpuhdistamot. Helsinki. S.X1/1-X1/15.
- Leinonen, J. 1976. Pienten, erityisesti loma-asutukseen käytettyjen järvien kuormituskapasiteetin arviointia. 117 s. Diplomityö. Tampereen teknillinen korkeakoulu. Rakennus-insinööriosa.
- Lindbak, P.E. 1977. Avløp fra spredt bolig- og fritidsbebyggelse. Undersøkelser av rensesystemer basert på jord som rensemedium. Beskrivelse av de enkelte anlegg og deres funksjon. 296 p. Ås. Norges landbrukshøgskole. Institutt for hydroteknikk. PRA-prosjekt 3.5.
- Lindbak, P.E. 1978. Rensing av avløppsvann fra spredt bolig- og fritidsbebyggelse. 54 p. Ås. Norges landbrukshøgskole. Institutt for hydroteknikk. PRA-brukerrapport 20.
- Louvo, J. & Häyrinen, P. 1978. Terveys-Taival. Taipalsaaren leiri-alueen ympäristöhygienian kehittämissuunnitelma. 123 s. Kouvola. Kaakkois-Suomen Sotilasläänin Esikunta. Terveystenhoitotoimisto.
- Louvo, J. & Mertanen, J. 1979. Terveys-Linnake. Kotkan rannikkopatteriston linnakesaarten ympäristöhygienian kehittämissuunnitelma. 75 s. Kouvola. Kaakkois-Suomen Sotilasläänin Esikunta. Terveystenhoitotoimisto.

- Lääkintöhallitus 1971. Terveystoimintalain (469/65) 55 §:n 3 momentin edellyttämät talousveden terveydelliset laatuvaatimukset. 5s. Helsinki. Lääkintöhallituksen yleiskirje N:o 1501/3.3.1971.
- Lääkintöhallitus 1979. Terveystoimintalain soveltaminen siinä tarkoitettuja vesi- ja jätevesiasioita käsiteltäessä. 20 s. Helsinki. Lääkintöhallituksen kirje DNo 472/04/78, 30.10.1979.
- Mattila, J. 1975. Tehdasvalmisteisten jätevedenpuhdistamoiden käytöstä pienten yksiköiden jätevesien käsittelyssä. 152 s. Diplomityö. Teknillinen korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto.
- Miljøstyrelsen 1977a. Udledning af husspildevand på jord. Litteraturstudium. 147 p. København. Miljø-projekter 6.
- Miljøstyrelsen 1977b. Afprøvning af biologiske minirensningsanlæg. 77 p. København. Miljø-projekter 7.
- Miljøstyrelsen 1978. Spildevandafledning udenfor bymæssig bebyggelse. Miljøstyrelsens redegørelse om de problemer der er forbundet med spildevandbortskaffelse i mindre og spredte bebyggelser, herunder sommerhusområder. 47 p. København.
- Miljøstyrelsen 1979. Jord som recipient for spildevand. Statusrapport vedrørende anvendelse af jord som recipient for spildevand. 100 p. København.
- Miljøverndepartementet 1975. Kloakkutslipp fra spredt bolig- og fritidsbebyggelse. 52 p. Oslo.
- Miljøverndepartementet 1977. Fritidsbebyggelse. Sanitærtekniske løsninger. 118 p. Oslo.

- Määttänen, Y. 1978. Rakenteelliset ohjeet. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 89-78. Pienpuhdistamot. Helsinki. S.IX/1-IX/5.
- Nilsson, K. & Englöf, P. 1979. Avloppsinfiltraation. Slutrapport från forskningsprojektet Avloppsinfiltraation-grundvattenpåverkan. 193 p. Malmö.
- Nyberg, F. 1979. Testmetod för slamavskiljare. 20 p. Stockholm. Kungliga Tekniska Högskolan. Vattenvårdsteknik. TRITA-VAT-3792.
- Ontario Department of Health 1975. Septic tank systems. 23 p.
- Otis, R.J. & Boyle, W.C. 1976. Performance of single household treatment units. Journal of the Environmental Engineering Division ASCE 102, EE1: 175-189.
- Pedersen, T.A. 1974,. Biologiske klosetter-virkemåte og muligheter. Vann 9, 4: 240-267.
- Persson, J. 1975. Avloppsanläggningar för 1-5 hushåll. 110 p. Stockholm. Byggeforskningen Rapport R3:1975.
- Pohjoismaiden ministerineuvoston haja-asutustyöryhmä 1980. Monisteita ja kokousmuistiinpanoja. Pohjoismaiden ministerineuvoston ympäristöasioiden virkamieskomitean alainen haja-asutuksen jätevesiasioita käsittelevä työryhmä.
- Pohjois-Savon Seutukaavaliitto 1979. Pohjois-Savon maaseutualueiden kiintojätehuolto. S.44. Kuopio. Pohjois-Savon Seutukaavaliiton julkaisu A:40.
- Rakennustietosäätiö 1977. Ulkokäymälä, puurakenteinen, suunnitteluohje ja ratkaisuesimerkit. 23 s. Helsinki. RT-kortit 936.70, 936.72 ja 936.75.

- Salkinoja-Salonen, M. 1980. Tee sitä taikka tätä, älä peittämättä jätä. TEE, Terveiden elämäntapojen edistämistoiminnan yhteislehti. 4:16-17.
- Salokangas, A. 1978. Prosessitekniset vaatimukset. Insinöörijärjestöjen koulutuskeskus 89-78. Pienpuhdistamot. Helsinki. S.VIII/1-VIII/24.
- Santala, E. 1973. Leirintäalueiden vesi- ja jätehuollosta. 90 s. Helsinki. Vesihallitus. Tiedotus 52.
- Santala, E. 1979. Haja- ja loma-asutuksen aiheuttama kuormitus ja jätevesien käsittelymenetelmät. Vesipäivä 19.11.1979. Vesistöjen hajakuormitus. Helsinki. S. 101-109.
- Santala, E. 1980. Tavanomaisen viemäriverkoston korvaavat ratkaisut. Vesihuoltoliiton kouluspäivät 25.3.-27.3.1980. Viemäristön suunnittelu, materiaalit ja toteutus. Helsinki. S. 88-93.
- Sauer, D.K., Boyle, W.C. & Otis, R.J. 1976. Intermittent sand filtration of household wastewater. Journal of the Environmental Engineering Division ASCE 102, EE4: 789-803.
- Sawhney, B.L. & Starr, J.L. 1977. Movement of phosphorus from a septic system drainfield. Journal Water Pollution Control Federation 49, 11: 2238-2242.
- Scheffer, F. & Schachtschabel, P. 1976, Lehrbuch der Bodenkunde. 9. Auflage. 394 p. Stuttgart.
- Scheuerman, P.R., Bitton, G., Overman, A.R. & Gifford, G.E. 1979. Transport of viruses through organic soils and sediments. Journal of the Environmental Engineering Division ASCE 105, EE4: 629-640.

- Siegrist, R., Witt, M. & Boyle, W.C. 1976. Characteristics of rural household wastewater. Journal of the Environmental Engineering Division ASCE 102, EE3: 533-548.
- Sisäasiainministeriö ja vesihallitus 1978. Loma-asuntojen vesi- ja jätehuolto. 19 s. Helsinki.
- Skaarer, N. 1976a. Bruk av resopsjon som mottaker av avløpsvann. 47 p. Ås. Norges landbrukshøgskole. Botanisk institutt. PRA-prosjekt 3.5.
- Skaarer, N. 1976b. Ulike torvtypers evne til å binde fosfor. 16 p. Ås. Norges landbrukshøgskole. Botanisk institutt. PRA-prosjekt 3.5.
- Soveri, J. & Varjo, M. 1977. Roudan muodostumisesta ja esiintymisestä Suomessa vuosina 1955-1975. 66s. Helsinki. Vesientutkimuslaitoksen julkaisuja 20.
- Stadshaug, H.E. 1976. Jord som rensemedium og resipient for kloakkvann fra enkelthus og mindre tettsteder. Norges lanbruks-høgskole. Jord som resipient. Rapporter fra forskningsprogram for rensning av avløppsvann. Ås. P. 111-144.
- Statens forurensningstilsyn 1976. Retningslinjer for rensning av avløpsvann og privetløsninger for campingplasser. 75 p. Oslo.
- Statens foruensningstilsyn 1977. Kvalitetsnormer for slamavskillere i glassfiberarmert umettet polyester. 23 p. Oslo.
- * Statens naturvårdsverk 1971. Vattenskyddsfrågor vid fritidsbebyggelse. 30 p. Stockholm. Statens naturvårdsverk Publikationer 1971:2.
- Statens naturvårdsverk 1974a. Små avlossanläggningar. 35 p. Stockholm. Statens naturvårdsverk Publikationer 1975:15.

- Statens naturvårdsverk 1974b. Sanitära lösningar vid anläggningar för det rörliga friluftslivet. 217 p. Stockholm. Statens naturvårdsverk Publikationer 1974:22.
- Suomen Asetuskokoelma 1961. Vesilaki. Suomen Asetuskokoelma 264/1961.
- Suomen Asetuskokoelma 1962. Asetus vesiensuojelua koskevista ennakkotoimenpiteistä. Suomen Asetuskokoelma 283/1962.
- Suomen Asetuskokoelma 1965. Terveystoimintalaki. Suomen Asetuskokoelma 469/1965.
- Suomen Asetuskokoelma 1967. Terveystoimintasetus. Suomen Asetuskokoelma 55/1967.
- Suomen Kunnallistekninen Yhdistys 1975. Jäteveden pienpuhdistamo. 72 s. Helsinki. Suomen Kunnallisteknisen Yhdistyksen julkaisu n:o 4.
- Suomen Rakennusinsinöörien Liitto 1973. Vesirakennus. S.10-29. Helsinki. RIL 92.
- Takala, M. 1979. Kokemuksia pajun kasvattamisesta imeytyskentässä. Puheenvuoro Vesipäivillä Helsingissä 19.11.1979.
- Teknologisk Institut Byggeteknik 1979. Kloakmesterarbeidje. Kompendium til kursur for kloakmestre. P. 1/1-1/58, 4/22-4/31, 11/35-11/38.
- Tuononen, E. 1971. Uudenmaan järvihuviloiden tekninen huolto ja vaatimukset vesistön suhteen. 80 s. Diplomityö. Teknillinen Korkeakoulu. Rakennusinsinööriosasto.

- Tuusulanjärven vesiensuojeluyhdistys ry. 1979. Tuusulanjärven hajakuormitus. Haastattelututkimus haja-asutuksen alueelllisesta jakautumisesta ja haja-asutuksen jätevesien käsittelyratkaisuista. 9s. Tuusulanjärven vesiensuojeluyhdistys ry. Monistettuja julkaisuja.
- Ulmgren, L. 1971. Reningsresultat från provning av små paketreningsverk vid Åkeshovs reningsverk. Vatten 27, 3:362-370.
- Ulmgren, L. 1979. Avloppsanläggningar för mindre gruppbebyggelse. 66 p. Stockholm. Byggeforskningen Rapport R27:1979.
- U.S. Environmental Protection Agency 1977. Package treatment plants. Operation manual. 72 p. Washington, D.C. EPA-430/9-77-005.
- Valdmaa, K. 1977. Funktionen i förmultningstoaletten "Biolo". 16 p. Uppsala. Sveriges lantbruksuniversitet. Rapporter från avdelningen för växtnäringslära nr 111.
- Vattenreningsgruppen inom Sveriges Mekanförbund (VARIM) 1976. Avloppsreningsverk 10-500 Pe. 28 p. VARIM Utkast 1 B 1976-09-02.
- Vesihallitus 1971. Selvitys loma-asutuksen ja ympärivuotisen haja-asutuksen vesihuollosta ja kiinteiden jätteiden käsittelystä. 67 s. Helsinki. Vesihallitus. Tiedotus 14.
- Vesihallitus 1972. Selvitys laivojen, veneiden ja loma-asuntoalusten jätehuollosta. 53 s. Helsinki. Vesihallitus. Tiedotus 32.
- Vesihallitus 1976a. Vesiensuojelun periaatteiden soveltamisesta. 352 s. Helsinki. Vesihallituksen julkaisuja 16.
- Vesihallitus 1976b. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden mitoituksen ohjearvoja. Luonnos II. Moniste. 41 s. Helsinki.

- Vesihallitus 1979a. Yhdyskuntien jätevedenpuhdistamoiden toimivuusselvityksen loppuraportti. 107 s. Helsinki. Vesihallituksen julkaisuja 29.
- Vesihallitus 1979b. Selvitys karjataloustilojen vesi- ja jätehuollosta Aurajoen valuma-alueella. Monisteluks. Helsinki.
- Vesihallitus 1980. Haja-asutuksen ja muiden pienten yksiköiden jätevesien käsittely. 45 s. Helsinki. Vesihallituksen monistesarja 1980:15.
- Werner, T. 1976. Undersökning av slamavskiljare och mindre paketreningverk. 13 p. Stockholm. Statens naturvårdsverk PM-699.
- Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti 1976. Haja-asutuksen viemärointi ja jätehuolto. 77 s. YVY-tutkimus 20.
- Yhdyskuntien vesi- ja ympäristöprojekti 1977. Talousveden käyttötarve ja kulutustottumukset. 94 s. Helsinki. YVY-tutkimus 29.
- Øberg, S. 1979. Føreløpige erfaringer fra praktisk undersøkelse av biologiske klosetter for bruk i helårshus. 32 p. Ås. Norges landbrukshøgskole. Mikrobiologisk institutt. Statusrapport 1.

SUOMESSA MARKKINOILLA OLEVIA KÄYMÄLÖITÄ

merkki	markkinoija/maahantuoja	tyyppi
Kompus-U, Kompus-S	Imatran Lujitemuovi Oy Imatra	kuorikekäymälä
Clivus Multrum	Oy Suomen Clivus Turku	suorakompostikäymälä
Toa-Throne	Oy Ekofinn Ab Lahti	"
Bioloo	Oy A.W. Enbom Ab Helsinki	pikakompostikäymälä
Sähkötuoli	Oy Ekofinn Ab Lahti	"
Unilec-sähkö-WC	Oy Unilec Ab Helsinki	kuivattava käymälä
Aqua Magic	Finn-Centra Vantaa	vähävetinen huuhtelu- käymälä
Cipax	Oy Cipax Ab Helsinki	"
Cipax-Saituri	Insinööritoimisto Kaiko Oy Helsinki	"
Saituri	Oy Sul-Mu Ab Porvoo	"
Wanto Snål	Kauko-Import Oy Helsinki	"
Wärtsilän 3 l:n WC	Tammisaaren Posliini Tammisaari	"
Electrolux (Finnment)	Finnment Ky Espoo	alipainekäymälä
Evak	Oy Evak Systems Ab Helsinki	"
Baci	Oy Maritim Ab Helsinki	kemiallinen käymälä
Elsan	Kesko Oy Helsinki	"
Passport	Oy Maritim Ab Helsinki	"

merkki	markkinoija/maahantuoja	tyyppi
Perdisan	Insinööritoimisto Kaiko Oy Helsinki	kemiallinen käymälä
Porta-Potti	Finn-Centra Vantaa	"
Wanto Slam	Kauko-Import Oy Helsinki	"
Newmatic	Oy Finncall Ab Helsinki	kemiallinen kierto- huuhtelukäymälä
Pacto	Kauko-Import Oy Helsinki	paketoiva käymälä
Osby	Oy K.L. Petrell & Co Ab Helsinki	jäädytyskäymälä

SUOMESSA MARKKINOILLA OLEVIA PIENPUHDISTAMOITA, JOIDEN
KAPASITEETTI ULOTTUU ALUEELLE 1...200 AVL

merkki	markkinoija	käsittelymenetelmä
Vesimies	Oy Ekofinn Ab Lahti	biologinen suodatus
Rotorsystem TR, PBF	Oy H.A. Jansson Ab Espoo	kiertosuodatus
Argument	Oy Lohja Ab Virkkala	pitkäilmastus
Aquarex	Valmet Oy Turku	"
Kaiko-Wallax	Insinööritoimisto Kaiko Oy Helsinki	kontaktistabilointi
Metoxy	Oy Galvatek Ab Lahti	pitkäilmastus
Orwa OX	Insinööritoimisto Vartiainen Raisio	"
Oxigest, Addigest	G.W.Berg & Co Helsinki	"
Soaf	Insinööritoimisto Kaiko Oy Helsinki	"
Valmet-puhdistamo	Valmet Oy Turku	aktiivilieteprosessi, liet- teen stabilointi
Vesi-Seppo-puhdistamo	VS-yhtiöt Ilmajoki	pitkäilmastus
Orwa KM	Insinööritoimisto Vartiainen Raisio	kemiallinen suorasaostus
Wallax	Insinööritoimisto Kaiko Oy Helsinki	"

RUOTSISSA JA NORJASSA MARKKINOITAVIA KOMPOSTIKÄYMÄLÖITÄ
(GUTTORMSEN & PEDERSEN 1978)

Suorakompostikäymälöitä:

Bokn_fordelingskammer, Camo_hyttedo, Muldo_G7, Naturdo'n ja_NGP_hyttedo: Tasapohjaisia malleja, joiden kompostisäiliö on kaksiosainen. Osia käytetään vuorotellen. Ensimmäisessä osassa oleva jäte saa kompostoitua sen aikaa, kun toinen osa on käytössä. Säiliö tyhjenetään yläosassa olevan aukon kautta. Ilma tulee säiliöön istuimen kautta ja poistuu suoraan tuuletusputken kautta.

Muldo_G1: Tasapohjainen malli, jonka kompostisäiliö on yksiosainen. Kun säiliö on täyttynyt, se tyhjenetään kokonaan, joten tyhjennettävä massa sisältää sekä vanhaa että aivan uutta jätettä.

Dosenten: Kaltevapohjainen malli. Kompostisäiliön pohjalla on rei'itetty ilmaputki, joka on yhdistetty säiliön yläosassa olevaan ilmanottoaukkoon. Säiliössä oleva väliseinä estää nesteen valumisen alaosaan tyhjennysluukun luo.

Hakodo_700, 1000: Kaltevapohjaisia malleja. Kompostisäiliön pohjalla on rei'itetty ilmaputki, joka on yhdistetty säiliön yläosassa olevaan ilmanottoaukkoon. Pohjan alle voidaan sijoittaa lämpöelementti.

Snurredass: Sylinterimuotoinen kompostisäiliö muodostuu ulkosäiliöstä ja neliosaisesta sisäsäiliöstä. Yhden osan täytyttyä käännetään toinen osa tilalle. Kussakin osassa on kolme Λ -muotoista ilmakehää. Ilman sisäänotto tapahtuu säiliön yläosassa olevan aukon kautta. Sisäsäiliön pohja on rei'itetty, joten liika neste valuu ulkosäiliöön.

Bc-1s, Bc-maxi: Kaltevapohjaisia malleja. Kompostisäiliössä on hiukan pohjan yläpuolella kolme Λ -muotoista ilmakehää. Ilman sisäänotto tapahtuu tyhjennysluukussa olevan aukon

kautta. Ilmakanaviin on asennettu lämpökaapeli, jonka teho on 250 W. Säiliössä oleva väliseinä estää nesteen valumisen alaosaan tyhjennysluukun luo. Bc-3-mallissa säiliön yläosaan on asennettu karhimainen sekoitin, jota käytetään joka käytön jälkeen.

Biolett: Kompostisäiliön yläosassa on kaksi kaltevaa mineraalivillalla päällystettyä levyä, joille virtsa kerääntyy. Näihin levyihin on asennettu 130 W lämpöelementit. Ulosteeet kerääntyvät säiliön pohjalle. Ilma tulee säiliöön istuimen kautta.

Camodo'n malli, Sjusjøen: Säiliö muodostuu jätteen keräyssäiliöstä, kompostisäiliöstä ja nesteen haihdutustilasta. Jätteet joutuvat ensin 40 l keräyssäiliöön. Sen pohja on rei'itetty, joten liika neste valuu haihdutustilaan. Kun keräyssäiliö on täysi, jätteet kipataan kompostisäiliöön. Haihdutustilan pohjassa on 50 W lämpöelementti. Ilman sisäänotto tapahtuu säiliön etuseinässä olevan aukon kautta.

Pikakompostikäymälöitä:

Biodo: Jäte levitetään kompostisäiliöön sekoittimella, jota käytetään ulkopuolella olevasta vivusta. Alinna oleva maatumekin jäte tippuu ritilän läpi tyhjennyslaatikoihin käytettäessä ritilän yläpuolelle asennettua multakoukkua. Ilman sisäänotto tapahtuu istuimen kautta. Lämpöelementti (230 W) on kompostisäiliön takaseinässä. Puhaltimen teho on 20 W.

KPS-miljøklosett: Jäte levitetään kompostisäiliöön sekoittimella, jota käytetään ulkopuolella olevasta vivusta. Alinna oleva maatumekin jäte tippuu ritilän läpi tyhjennystilaan käytettäessä ritilän yläpuolelle asennettua multakoukkua. Lisäksi voidaan käyttää irrallista multakoukkua. Tyhjennystilassa on rei'itetty välipohja, joten liika neste erottuu kompostista. Ilman sisäänotto tapahtuu tyhjennystilan etuosassa olevan reiän kautta. Lämpöelementti (280 W) on ritilän alla. Sähkökäyttöisen mallin lisäksi valmistetaan myös propaanilla lämmitettävää käymälää. Käymälä tyhjennetään tyhjennysluukusta.

Mullbänk: Jäte levitetään kompostisäiliöön sekoittimella, jota käytetään ulkopuolella olevasta vivusta. Alinna oleva maatumekin jäte

tippuu ritilän läpi tyhjennystilaan käytettäessä irrallista multakoukkua, joka työnnetään ritilän yläpuolelle säiliön etuosassa olevasta reiästä. Käymälä tyhjenetään tyhjennysluukusta. Ilman sisäänotto tapahtuu tyhjennysluukussa olevan reiän kautta. Lämpöelementti (144 W) on ritilän alla. Puhaltimen teho on 21 W.

Mulltex: Jäte levitetään kompostisäiliöön sekoittimella, jota käytetään ulkopuolella olevasta vivusta. Alinna oleva maatunein jäte tippuu ritilän läpi tyhjennystilaan käytettäessä irrallista multakoukkua, joka työnnetään ritilän yläpuolelle tyhjennysluukun kautta. Ilman sisäänotto tapahtuu istuimen kautta ilmakehää pitkin säiliön alaosaan. Lämpöelementti (124 W) on tyhjennystilan pohjassa. Puhaltimen teho on 21 W.

Tropic: Jäte levitetään kompostisäiliöön sekoittimella, jota käytetään ulkopuolella olevasta vivusta. Alinna oleva maatunein jäte tippuu ritilän läpi tyhjennystilaan käytettäessä irrallista multakoukkua, joka työnnetään ritilän päälle tyhjennysluukun kautta. Ilman sisäänotto tapahtuu kompostisäiliön etuseinässä olevan aukon kautta. Lämpöelementti (250 W) on tyhjennystilan pohjassa. Puhaltimen teho on 18 W.

Toga_hyttetoalett: Jäte kerääntyy istuimen alla olevaan irroitettavaan säiliöön. Reiätetyn pohjan läpi liika neste valuu maahan. Ilma tulee säiliöön pohjan kautta ja poistuu tuuletusputken kautta. Käymälässä ei ole lämpöelementtiä eikä puhallinta. Kun säiliö on täysi, se tyhjenetään ja jäte jälkikompostoidaan.

Bc-mini: Jätettä sekoitetaan kompostisäiliössä karhimaisella sekoittimella, jota käytetään ulkopuolella olevasta vivusta. Kun jätettä on kertynyt noin sekoittimen akselin tasolle, se joutuu jälkikomposti- ja tyhjennystilaan. Lämpöelementti (100 W) on pohjan alla. Maatunut jäte poistetaan tyhjennysluukun kautta. Ilma tulee säiliöön takaseinässä olevasta aukosta ja leviää massaan Λ -muotoisia kanavia pitkin. Puhaltimen teho on 17 W.

ESJENTEN YKSIKOIDEN TALOUSKATTEVEESIEN KASITTELYMAHDOLLISUUDET
KÄYMÄLÄTIERUSTELU 22.1.1980

Clivus Multrum, Upo-Sähkötuoli ja Aqua Magic

1. Käymälän hankinta

Käymälän merkki

Omistajan asuinkunta

Kunta, jossa käymälä on

Käymälä on

- vakinaisessa asunnossa
 loma-asunnossa
 muualla, missä

Minä vuonna käymälä on hankittu

Onko käymälä edelleen käytössä

- kyllä
 ei, milloin poistettu käytöstä

Oliko asunnolla tai kohteessa aikaisemmin toisenlainen käymälä

- kyllä
 ei

Aikaisempi käymälä oli

- ulkoikäymälä
 tavallinen huuhtelukäymälä (WC)
 muu, mikä

Onko samalla asunnolla tällä hetkellä käytössä muuta käymälää

- kyllä, mikä

ei

Mikä sai Teidät hankkimaan tämän käymälän

- viranomaisen vaatimus, mikä viranomainen

tuttavun suositus

mainonta

vesistön likaantumisvaara

muu ympäristönsuojelu

muu syy

2. Käymälän käyttö

Käymälää käyttää yleensä päivittäin

aikuisia

lapsia

joista on

kotona

kodin ulkopuolella töissä, koulussa tms.

Jos käymälä on loma-asunnossa, vastatkaa lisäksi seuraaviin kolme

kysymykseen

Loma-asunnon kokonaiskäyttöaika on pv/v

Loma-asuntoa käytetään kesäisin

- jatkuvasti
 loma-aikana ja viikonloppuisin
 pääasiassa vain loma-aikana
 pääasiassa vain viikonloppuisin

Loma-asuntoa käytetään talvella

- ei koskaan
 hyvin harvoin
 melko usein
 jatkuvasti

3. Käymälän sijoitus

Käymälä on
 asuinrakennuksessa keskellä rakennusta
 asuinrakennuksessa ulkoseinän vieressä
 erillisessä käymälärakennuksessa

Onko käymälähuone lämmitetty tai lämpimässä tilassa
 kyllä
 ei

Säiliö on sijoitettu
 kellariin
 rakennuksen ulkopuolelle

Sijaitseeko säiliö lämmitetyssä tilassa
 kyllä
 ei

Onko säiliö lämpöeristetty
 kyllä
 ei

Ilma tulee käymälähuoneeseen
 suoraan ulkoa
 lämmitetystä tilasta

Ilman tulo käymälähuoneeseen on järjestetty
 venttiilin kautta
 oven alla olevasta raosta
 ilma tulee vain ovea aukaistaessa
 muuten, miten

Onko säiliön tuuletusputkessa puhallin
 kyllä
 ei

Tuuletusputken korkeus mitattuna käymälän lattian tasosta on m

Onko tuuletusputki suora
 kyllä
 ei, minikäitaisia kulmia, montako 45° tai 90° kulmaa

Onko tuuletusputki lämpöeristetty lämmittämättömissä tiloissa
 olevalta osalta
 kyllä
 ei

4. Käymälän toiminta

Säiliöön tulee
 käymäläjätettä
 keittiöjätettä
 turvetta, lehtiä tms. pihasta tai puutarhasta

Montako kertaa säiliötä on tyhjennetty

Ensimmäinen tyhjennys suoritettiin kuukauden kuluttua
 käytön aloittamisesta

Onko tyhjentäminen mielestänne helppo suorittaa
 kyllä
 ei, miksi

Kaikkiaan on poistettu noin 1 kompostoitunutta jätettä

Poistettu aines käytettiin
 suoraan maanparannusaineena
 jälkikompostoinnin jälkeen maanparannusaineena
 ei hyötykäyttöä, vaan jäte sijoitettiin

Onko esiintynyt hajuhaittoja
 ei lainkaan ajoittain jatkuvasti
 käymälähuoneessa lievästi voimakkaana
 kellariissa
 ulkona

Hajuhaitat ovat ilmenneet
 käymälää käytettäessä
 säiliötä tyhjennettäessä
 epäedullisissa sää- (tuuli-) olosuhteissa

Upo-Sähkötuoli

Käymälässä on esiintynyt seuraavia haittoja tai häiriöitä

poistettu aines vain osittain hajonnutta

poistettu aines pahanhajuista

nestettä säiliön pohjalla

karpäsiä

jäätymäinen

muita, mitä

.....

.....

.....

.....

.....

Onko poikkeuksellisen suuri kuormitus (talossa vieraita) vaikuttanut käymälän toimintaan

ei

kyllä, millä tavalla

.....

.....

.....

.....

3. Käymälän sijoitus

Käymälä on

asuinrakennuksessa keskellä rakennusta

asuinrakennuksessa ulkoseinän vieressä

erillisessä käymälärakennuksessa

Onko käymälähuone lämmitetty tai lämpimässä tilassa

kyllä

ei

Ilma tulee käymälähuoneeseen

suoraan ulkoa

lämmitetystä tilasta

Ilman tulo käymälähuoneeseen on järjestetty

venttiilin kautta

oven alla olevasta raosta

ilma tulee vain ovea aukaistaessa

muuten, miten

.....

Onko tuuletusputki suora

kyllä

ei, minkälaisia kulmia, montako 45° tai 90° kulmaa

Onko tuuletusputki lämpöeristetty lämmittämättömissä tiloissa olevalta osalta

kyllä

ei

Onko kosteuden säätö mielestänne helppoa

kyllä
 ei

Jos vastasitte edelliseen kieltävästi, kertokaa kokemuksistanne

4. Käymälän toiminta

Käymälään tulee

käymäläjätettä
 keittiöjätettä
 muuta, mitä

Multalaatikot on tyhjennetty kuukauden välein

Ensimmäinen tyhjennys suoritettiin kuukauden kuluttua käytön aloittamisesta

Onko tyhjentäminen mielestänne helppo suorittaa

kyllä
 ei, miksi
.....
.....
.....

Poistettu aines käytettiin

suoraan maanparannusaineena
 jälkikompostoinnin jälkeen maanparannusaineena
 ei hyötykäyttöä, vaan jäte sijoitettiin

Onko esiintynyt hajuhaittoja

käymälässä jatkuvasti
ulkona lievästi
ei lainkaan ajoittain voimakkaana

Hajuhaitat ovat ilmenneet

käymälää käytettäessä
 multalaatikoita tyhjennettäessä
 epäedullisissa sää- (tuuli-) olosuhteissa

Kosteuden säätö suoritetaan

lisämällä vettä
 ilmansäätimen avulla

Onko säiliöön lisätty vettä

kyllä, kuinka usein
 ei

Käymälässä on esiintynyt seuraavia haittoja tai häiriöitä

sekoitin ei toimi
 sekoittimen teho ei riitä
 puhallin ei toimi
 nestettä multalaatikossa
 paperi ei hajoa
 jäte kuivuu säiliössä
 jäte kuivuu multalaatikossa
 kärpäsiä
 muita, mitä

Onko sähkövirta ollut katkaistuna

ei yleensä koskaan
 vain poikkeustapauksissa
 melko usein, kuinka pitkiä jaksoja
 hyvin usein, kuinka pitkiä jaksoja

Onko poikkeuksellisen suuri kuormitus (talossa vieraita)

vaikuttanut käymälän toimintaan
 ei
 kyllä, millä tavalla

Aqua Magic

3. Käymälän sijoitus

Käymälä on

- asuinrakennuksessa
- erillisessä käymälärakennuksessa

Onko käymälähuone lämmitetty tai lämpimässä tilassa

- kyllä
- ei

Onko käymälähuoneessa koneellinen ilmanvaihto

- kyllä
- ei

Ilma tulee käymälähuoneeseen

- suoraan ulkoa
- lämmitetystä tilasta

Ilman tulo on järjestetty

- venttiilin kautta
- oven alla olevasta raosta
- ilma tulee vain ovea aukaistaessa
- muuten, miten

Ilma poistuu käymälähuoneesta

- tuuletusputken kautta
- seinässä olevan venttiilin kautta
- ei järjestettyä ilman poistoa

4. Käymälän toiminta

Säiliön tilavuus on

Säiliön tyhjennysväli on ollut kuukautta

Tyhjennyskustannukset olivat mk, kun säiliö viimeksi tyhjennettiin

Säiliö on

- kellarissa
- kaivettu maahan

Säiliön etäisyys käymälästä on m

Onko säiliössä täyttymisen osoittava hälytin

- kyllä
- ei

Onko esiintynyt hajuhaittoja

- ei lainkaan ajoittain
 - käymälässä
 - ulkona
- jatkuvasti
..... lievänä jatkuvasti
..... voimakkaana

Hajuhaitat ovat ilmenneet

- käymälää käytettäessä
- säiliötä tyhjennettäessä
- epäedullisissa sää- (tuuli-) olosuhteissa
-
-
-

KÄYMÄLÄKYSSELYN VASTAUSTEN PERUSTEELLA LAADITUT TAULUKOT

1. Lähetettyjen kyselylomakkeiden ja saatujen vastausten määrät

	Clivus	Sähkötuoli		Aqua Magic	kaikki käymälämerkit
		tavallinen	iso yhteensä		
lähetettyjen kyselylomakkeiden määrä	144		146	92	382
saapuneiden vastausten määrä	70	72	14	86	196
vastausprosentti	49		59	43	51

2. Käymälöiden määrä käyttökohteittain

käyttökohde	Clivus		Sähkötuoli		Iso Sähkötuoli		Aqua Magic	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
vakinainen asunto	37	53	67	93	13	93	30	75
loma-asunto	28	40	4	6	1	7	6	15
muu kohde	5	7	1	1	-	-	4	10
käymälöitä yhteensä	70	100	72	100	14	100	40	100

Seuraavien taulukoiden luvut tarkoittavat ko. tavalla vastanneiden lukumäärää ja vastausten osuutta kunkintyyppisten käymälöiden kokonaismäärästä

3. Rinnakkaiskäymälän yleisyys (% edelleen käytössä olevien käymälöiden määrästä) ja käytöstä poistettujen käymälöiden määrä

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa					
	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%	Aqua Magic kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	Aqua Magic kpl
käymälä edelleen käytössä	35	100	64	100	30	100	28	100	5	5
asunnolla on myös toinen käymälä, joka on										
ulkokäymälä	3	9	38	59	3	10	3	11	5	3
muu	1	3	3	5	-	-	1	3	-	-
asunnolla ei ole toista käymälää	31	88	23	36	27	90	24	86	-	2
käymälä poistettu käytöstä	2		16		-		-		-	1
nykyinen käymälä on										
ulkokäymälä	-		9							
WC	2		6							
muu	-		3							1

4. Käymälän käyttäjämäärä

käyttäjämäärä	vakinaisessa asunnossa						loma-asunnossa						
	Clivus kpl	%	Sähkö- tuoli kpl	%	Iso Sähkö- tuoli kpl	%	Aqua Magic kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkö- tuoli kpl	Iso Sähkö- tuoli kpl	Aqua Magic kpl
1	2	4	16	24	1	8	1	3	-	-	1	-	-
2	4	10	30	45	6	46	6	20	8	29	1	-	2
3-4	20	54	19	28	6	46	16	54	9	32	1	-	3
5-	12	32	-	-	-	-	6	20	7	25	1	1	-
ei vastausta	-	-	2	3	-	-	1	3	4	14	-	-	1
käymälöitä yhteensä	37	100	67	100	13	100	30	100	28	100	4	1	6

5. Syy käymälän hankintaan

	vakinaisessa asunnossa						loma-asunnossa					
	Clivus		Sähkö- tuoli		Aqua Magic		Clivus		Sähkö- tuoli		Aqua Magic	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
viranomaisen vaatimus tai suositus	3	8	3	4	6	20	-	-	-	-	-	-
tuttavan suositus	4	11	7	9	4	13	4	14	-	-	-	-
mainonta	4	11	22	27	9	30	9	32	2	-	-	3
vesistön likaantumis- vaara	17	46	4	5	4	13	5	18	-	-	-	2
muu ympäristönsuojelu	23	62	8	10	1	3	11	39	1	-	-	2
vanhuus tai sairaus	-	-	22	27	-	-	-	-	1	-	-	-
veden säästäminen	-	-	-	-	16	53	-	-	-	-	-	-
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	30	100	28	100	5	-	-	6

6. Käymälän hankintavuosi

hankinta- vuosi	Clivus		Sähkötuoli		Iso Sähkötuoli		Aqua Magic	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
-1975	33	51	2	3	1	7	16	44
1976-1977	4	6	25	35	5	36	10	28
1978	11	17	26	37	5	36	9	25
1979	8	12	12	17	1	7	-	-
ei vastausta	9	14	6	8	2	14	1	3
käymälöitä yhteensä	65	100	71	100	14	100	36	100

7. Asunnon aikaisempi käymälä

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa					
	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%	Aqua Magic kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	Aqua Magic kpl
on asunnon ensimmäinen käymälä	18	49	-	-	6	20	4	14	-	-
aikaisempi käymälä oli										
ulkokäymälä	17	46	74	91	22	73	21	75	5	6
WC	2	5	6	8	2	7	2	7	-	-
muu	-	-	1	1	-	-	1	4	-	-
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	30	100	28	100	5	6

8. Loma-asunnon vuosittainen käyttöaika

käyttöaika vrk	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	Aqua Magic kpl	kaikki käymälämerkit kpl	%
- 30	1	4	-	-	1	3
31 - 60	5	18	1	2	8	20
61 - 90	4	14	2	1	7	18
91 - 120	7	25	1	-	8	20
121 - 150	4	14	-	1	5	13
151 -	3	11	1	1	5	13
ei vastausta	4	14	-	1	5	13
käymälöitä yhteensä	28	100	5	6	39	100

9. Loma-asunnon käyttötapa

	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	Aqua Magic kpl	kaikki kpl	käymälämerkit kpl	%
käytetään kesällä jatkuvasti	17	61	1	3	21	54	
lomalla ja vii- konloppuisin	7	25	3	-	10	26	
lomalla	4	14	1	1	6	15	
ei vastausta	-	-	-	2	2	5	
käytetään talvella							
ei koskaan	7	25	2	2	11	27	
hyvin harvoin	14	50	2	2	18	46	
melko usein	7	25	1	1	9	23	
ei vastausta	-	-	-	1	1	3	
käymälöitä yhteensä	28	100	5	6	39	100	

10. Käymälän sijoitus

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa					
	Clivus kpl	%	Sähkö- tuoli kpl	%	Aqua Magic kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkö- tuoli kpl	Aqua Magic kpl
asuinrakennuksessa keskellä rakennusta	16	43	30	38	29	97	4	14	1	5
asuinrakennuksessa ulkoseinän vieressä	18	49	49	61			10	36	4	
kellarissa	1	3	-	-	1	3	-	-	-	-
erillisessä käymälä- rakennuksessa	2	5	1	1	-	-	14	50	-	1
käymälähuone on lämmin	35	95	79	99	29	97	8	29	5	5
käymälähuone on kylmä	2	5	1	1	1	3	20	71	-	1
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	30	100	28	100	5	6

11. Clivuksen säiliön sijoitus

	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa	
	kpl	%	kpl	%
lämmitetyssä kellarissa	18	49	2	7
kylmässä kellarissa lämpöeristettynä	6	16	1	3
kylmässä kellarissa ilman lämpöeristystä	2	5	5	18
rakennuksen ulkopuolella lämpöeristettynä	10	27	10	36
rakennuksen ulkopuolella ilman lämpöeristystä	1	3	10	36
käymälöitä yhteensä	97	100	28	100

12. Ilman tulo käymälähuoneeseen

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa			
	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	
venttiilin kautta	9	24	7	9	5	18	-	
oven alla olevasta raosta	26	70	64	80	13	46	4	
vain ovea aukaistaessa	5	14	3	4	6	21	1	
muulla tavalla	4	11	6	8	4	14	-	
suoraan ulkoa	6	16	8	10	21	75	1	
lämmitetystä tilasta	36	97	72	90	7	25	4	
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	28	100	5	

13. Puhaltimen yleisyys Clivuksen tuuletusputkessa

	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa	
	kpl	%	kpl	%
on puhallin	12	32	7	25
ei ole puhallinta	25	68	21	75
käymälöitä yhteensä	37	100	28	100

14. Clivuksen tuuletusputken pituus ja mahdollisten kulmien määrä niissä tapauksissa, joissa tuuletusputkeen ei ole asennettu puhallinta

	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa	
	kpl	%	kpl	%
putken pituus on				
alle 5 m	4	16	9	43
5 - 5,5 m	3	12	3	14
6 - 6,5 m	5	20	4	19
7 - 8 m	7	28	-	-
yli 8 m	4	16	1	5
ei vastausta	2	8	4	19
putki on suora	9	32	17	81
putkessa on seuraavan- laiset kulmat				
2 x 45°	11	89	3	14
2 x 90°	2	7	-	-
enemmän kulmia	3	12	1	5
käymälöitä yhteensä	25	100	21	100

15. Clivuksen ja Sähkötuolin tuuletusputken lämpöeristys

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa			
	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%
on lämpöeristetty	26	70	77	96	9	32	4	
ei ole lämpöeristetty	10	27	2	3	18	64	1	
ei vastausta	1	3	1	1	1	4	-	
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	28	100	5	

16. Aqua Magicin käymälähuoneen ilmanvaihto

	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa
	kpl	%	kpl
on koneellinen ilmanvaihto	3	10	-
ei ole koneellista ilmanvaihtoa	27	90	6
ilma tulee			
suoraan ulkoa	8	27	3
lämmitetystä tilasta	22	73	3
ilma tulee			
venttiilin kautta	8	27	1
oven alla olevasta raosta	17	57	2
vain ovea aukaistaessa	5	16	1
muulla tavalla	-	-	2
ilma poistuu			
tuuletusputken kautta	18	60	-
venttiilin kautta	8	27	3
muulla tavalla	4	13	3
käymälöitä yhteensä	30	100	6

17. Sähkötuolin kosteuden säätö

	Sähkötuoli		Iso Sähkötuoli	
	kpl	%	kpl	%
säätö suoritetaan				
lisäämällä vettä	44	62	7	50
ilmansäätimen avulla	47	66	10	72
ei vastausta	5	7	-	-
kosteuden säätö on				
helppoa	46	65	10	72
vaikeaa	21	29	3	21
ei vastausta	4	6	1	7
käymälöitä yhteensä	71	100	14	100

18. Esiintyneet hajuhaitat

	vakinaisessa asunnossa						loma-asunnossa				
	Clivus kpl	%	Sähkö- tuoli kpl	%	Aqua Magic kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkö- tuoli kpl	Aqua Magic kpl	
hajua käymälässä											
ei lainkaan	15	41	24	30	19	64	8	28	2	5	
ajoittain	18	49	36	45	9	30	15	54	1	1	
jatkuvasti lievästi	2	5	12	15	1	3	5	18	1	-	
jatkuvasti voimakkaana	-	-	4	5	-	-	-	-	-	-	
ei vastausta	2	5	4	5	1	3	-	-	1	-	
hajua ulkona											
ei lainkaan	15	41	12	15	13	43	11	39	2	3	
ajoittain	6	16	26	32	9	30	4	14	-	2	
jatkuvasti lievästi	3	8	7	9	-	-	-	-	-	-	
jatkuvasti voimakkaana	-	-	6	8	-	-	-	-	1	-	
ei vastausta	11	30	29	36	8	27	13	47	2	1	
hajua säiliön sijoituspaikkana olevassa kellarissa											
ei lainkaan	11	44					3	11			
ajoittain	6	24					1	4			
jatkuvasti lievästi	1	4					-	-			
jatkuvasti voimakkaana	-	-					-	-			
ei vastausta	8	28					4	14			
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	30	100	28	100	5	6	

19. Clivuksen muita haittoja tai toimintahäiriöitä

	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa	
	kpl	%	kpl	%
poistettu aines vain osittain hajonnutta	6	16	2	7
poistettu aines pahanhajuista	5	14	2	7
nestettä säiliön pohjalla	24	65	23	82
kärpäsiä	26	70	10	36
jäätyminen	6	16	6	21
käymälöitä yhteensä	37	100	28	100

20. Sähkötuolin muita haittoja tai toimintahäiriöitä

	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa
	kpl	%	kpl
sekoitin ei toimi	15	19	1
sekoittimen teho ei riitä	14	18	1
puhallin ei toimi	8	10	-
nestettä multalaatikossa	40	50	1
paperi ei hajoa	41	51	1
jäte kuivuu säiliössä	41	51	3
jäte kuivuu multalaatikossa	9	11	-
kärpäsiä	26	33	1
käymälöitä yhteensä	80	100	5

21. Aqua Magicin muita haittoja tai toimintahäiriöitä

	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa
	kpl	%	kpl
WC-laitteen viät	11	37	-
putken tukkeutuminen	9	30	2
vuoto putkessa tai liitännöissä	2	7	1
säiliön ylitäyttö	1	3	-
käymälöitä yhteensä	30	100	6

22. Normaalia suuremman kuormituksen vaikutus Clivuksen ja Sähkötuolin toimintaan

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa			
	Clivus		Sähkötuoli		Clivus		Sähkötuoli	
	kpl	%	kpl	%	kpl	%	kpl	%
lisäkuormitus								
vaikuttaa	2	6	18	27	4	31	4	14
ei vaikuta	29	78	36	54	6	46	20	72
ei vastausta	6	16	13	19	3	23	4	14
käymälöitä yhteensä	37	100	67	100	13	100	28	100

23. Clivukseen ja Sähkötuoliin laitettavan jätteen laatu

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa			
	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	
käymälään lisätään keittiöjätettä puutarhajätettä, turvetta tms.	37	100	28	35	26	93	3	
	19	51	9	11	18	64	-	
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	28	100	5	

24. Clivuksen käyttöaika ennen ensimmäistä tyhjennystä

käyttöaika v	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa	
	kpl	%	kpl	%
1	2	5	6	21
2	4	11	3	11
3-4	4	11	-	-
5-	1	3	1	4
ei vielä tyhjennetty	26	70	14	50
ei vastausta	-	-	4	14
käymälöitä yhteensä	37	100	28	100

25. Vakinaisessa asunnossa olevan Sähkötuolin tyhjennys-
tiheys käyttäjämäärän ollessa 1-2 tai 3-4 henkilöä

tyhjennysväli kk	Sähkötuoli				Iso Sähkötuoli	
	1-2 käyt- täjää kpl	%	3-4 käyt- täjää kpl	%	1-2 käyt- täjää kpl	3-4 käyt- täjää kpl
1-2	5	11	1	5	-	1
3-4	8	17	4	21	-	1
5-6	13	29	8	42	3	4
7-12	8	17	3	16	-	-
yli 12	-	-	-	-	1	-
ei vielä tyhjennetty	4	9	1	5	-	1
ei vastausta	8	17	2	11	2	-
käymälöitä yhteensä	46	100	19	100	6	7

26. Clivuksen ja Sähkötuolin tyhjentäminen

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa		
	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl
tyhjentäminen on							
helppoa	4	11	19	24	8	29	1
vaikeaa	6	16	55	69	4	14	1
ei vastausta	1	3	-	-	2	7	2
käymälää ei ole vielä tyhjennetty	26	70	6	7	14	50	1
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	28	100	5

27. Clivuksen ja Sähkötuolin jätteen jälkikäsittely

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa		
	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl
käytetty maanparannusaineena	10	27	30	38	8	29	1
käytetty jäkikompostoinnin jälkeen maanparannusaineena	5	14	31	39	2	7	1
ei hyötykäyttöä	2	5	12	15	3	11	1
ei vastausta	-	-	1	1	1	3	1
käymälää ei ole vielä tyh- jennetty	26	70	6	7	14	50	1
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	28	100	5

28. Aqua Magicin umpisäiliön tilavuus

tilavuus l	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa
	kpl	%	kpl
- 3 000	10	37	4
3 000- 5 000	9	33	1
5 000- 10 000	7	26	-
10 000-	1	3	-
liittynyt yleiseen viemäriin	3	11	-
ei vastausta	-	-	1
käymälöitä yhteensä	30	100	6

29. Aqua Magicin umpisäiliön sijoitus

	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa
	kpl	%	kpl
säiliö on kaivettu maahan	26	96	4
säiliö on kellarissa	1	4	2
säiliön etäisyys käymälästä			
0- 5 m	10	37	4
6-10 m	4	15	2
11-15 m	8	30	-
yli 15 m	3	11	-
ei vastausta	2	7	-
on ylitäytön estävä hälytin	1	4	1
ei ole ylitäytön estävää hälytintä	26	96	5
käymälöitä yhteensä	27	100	6

30. Aqua Magicin umpisäiliön tyhjentäminen

	vakinaisessa asunnossa		loma-asunnossa
	kpl	%	kpl
tyhjennysväli kk			
- 3	5	19	1
4- 6	12	44	1
7-12	8	30	1
13-	2	7	1
ei vastausta	-	-	2
tyhjennyskustannukset mk/tyhjennyskerta			
- 60	6	22	-
61-100	16	59	1
101-150	4	15	1
151-	1	4	-
ei vastausta	-	-	4
tyhjennyskustannukset mk/vuosi			
-100	7	26	-
101-200	8	30	2
201-500	9	33	-
501-	3	11	-
ei vastausta	-	-	4
käymälöitä yhteensä	27	100	6

31. Käymälän käytön miellyttävyys, puhtaanapito ja hoidon tarve

	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa					
	Clivus kpl	%	Sähkö- tuoli kpl	%	Aqua Magic kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkö- tuoli kpl	Aqua Magic kpl
käymälä on										
miellyttävä	24	64	26	33	17	57	19	68	2	5
jokseenkin miellyttävä	9	24	35	44	13	43	9	32	3	1
epämiellyttävä	2	6	18	22	-	-	-	-	-	-
ei vastausta	2	6	1	1	-	-	-	-	-	-
puhtaanapito on										
helppoa	19	51	19	24	19	64	18	64	2	5
kohtalaisen helppoa	13	35	43	54	10	33	8	29	3	1
vaikeaa	2	6	17	21	1	3	2	7	-	-
ei vastausta	3	8	1	1	-	-	-	-	-	-
käymälä										
vaatii paljon hoitoa	1	3	37	46	-	-	2	7	2	-
ei vaadi paljon hoitoa	32	86	40	50	30	100	24	86	3	6
ei vastausta	4	11	3	4	-	-	2	7	-	-
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	30	100	28	100	5	6

32. Yleisarviointi käymälän käyttökokemuksista

yleisarviointi	vakinaisessa asunnossa				loma-asunnossa					
	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	%	Aqua Magic kpl	%	Clivus kpl	%	Sähkötuoli kpl	Aqua Magic kpl
täysin tyytyväinen	12	32	6	7	16	54	11	39	-	4
jokseenkin tyytyväinen	21	57	35	44	12	40	11	39	3	2
osittain tyytymätön	1	3	19	24	1	3	6	22	2	-
täysin tyytymätön	2	5	17	21	-	-	-	-	-	-
ei vastausta	1	3	3	4	1	3	-	-	-	-
käymälöitä yhteensä	37	100	80	100	30	100	28	100	5	6

Jätevesien käsittelymenetelmien arvioitu käyttökelpoisuus erilaisissa kohteissa (VESIHALLITUS 1980)

Sekä rakennus- että käyttökustannukset ovat vaikuttaneet soveltuvuusarviointiin. Paikalliset olosuhteet voivat vaikuttaa esitettyä arviointia muuttavasti, varsinkin yhteiskäsitteilyvaihtoehtoissa. Kaikkiin menetelmiin sisältyy aina asianmukainen sakokaivo, vaikka sitä ei taulukossa erikseen mainita.

	Pysyvä asutus										Erill.laitokset Leirintä- alueet (kesäai- käyttö)	
	yksi talous	AVL alle 20	AVL 21-100	AVL 101-200	Maatilat (koskee vain talousjäte- vesiä)	Loma-asutus AVL alle 5	AVL 6-20	AVL 21-100	AVL 101-200	20-100 AVL 101-200		
Imetysojasto (kaikki jätevedet)	+	+	-	-	+	+-	+	-	+	-	+	-
Imetysojasto + suljettu käymäläratk.	+	+	+	-	+	+	+	+	+	+	+	+
Imetysojasto + suljettu käymäläratk.	+	-	-	-	+	+	-	-	-	+	+	+
Maasuodatin (kaikki jätevedet)	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-
Maasuodatin + suljettu käymäläratk.	+	+	+	-	+	-	+	+	+	-	-	-
Imetysojasto (kaikki jätevedet)	+	+	-	-	+	+	-	-	-	-	-	-
Imetysojasto + suljettu käymäläratk.	+	+	-	-	+	+	+	+	+	-	-	-
Pienpuhdistamo	-	+	+	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Lammikkopuhdistamo	-	-	-	+	-	-	-	-	-	-	-	-
Vain sakokaivot (kaikki jätevedet)	+	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vain sakokaivot + suljettu käymälä- ratk.	+	+	-	-	+	-	+	-	-	-	-	-

Selitykset:

+ + erittäin hyvä
+ hyvä

+ - tyydyttävä tai olosuhteista riippuen ajateltavissa oleva vaihtoehto
- huono

- - ei käyttökelpoinen

x) edellyttää tontti- tai osa-aluekohtaista ratkaisua

271