

VESITALOUS

1/1981

SISÄLTÖ:

- Simo Jaatinen: Kansainvälinen vesihuollon vuosikymmen
- Markku Ollila: Vesitalouden opetuksen kehittäminen
- Juhani Puolanne, Pekka Tiitto ja Martti Seppälä: Pienten jätevesipuhdistamoiden lietteen kuivaaminen luonnonmenetelmiä käyttäen
- Markku Lehtokari ja Jaakko Paatero: Kompostointiprosessin seurantamenetelmistä
- Pertti Vakkilainen: Avo-oja jätevedenpuhdistajana
- Jussi Hooli, Antti Hepojoki, Markku Maunula, Paul Silfverberg ja Tuula Suortti: Salaojaputkien toiminnalliset kokeet
- Tellervo Kylä-Harakka: Toksisuuden ennustamisesta matemaattisen mallin avulla
- Markku Heikkonen: Kokemuksia viemärien vuotovesitutkimuksista ja vuotojen syistä
- Pertti Vakkilainen: Uusi maankosteuden laskentamalli

Avo-oja jäteveden puhdistajana

Johdanto

Professori Pentti Kaiteran toimesta aloitettiin jo vuonna 1955 tutkimus, jolla on pyritty löytämään halpa ja helppo-hoitoinen, pienille yhdyskunnille tarkoitettu jätevedenpuhdistamo. Tutkimuksen eräänä kohteena on alusta alkaen ollut Selänpäässä sijaitseva Valkealan opisto. Opiston jätevedet käsiteltiin vuosina 1955—70 biologisessa suotimessa, jonka toiminnasta Asumalahti (1963) on diplomityössään tehnyt selvitystä. Opiston laajentuessa tämä ratkaisu kävi riittämättömäksi ja vuosina 1970—75 käsittelylaitos koostui suurehkoista sakokaivosta, ilmastusportaista ja lammikkouomasta. Hooli (1974) selvitti ko. ratkaisun tehoa (taulukko 1) ja totesi laitoksen toimivan kesäaikana tyydyttävästi, mutta talvella tulos jäi heikoksi. Tehon parantamiseksi haettiin neuvoa mm. Pohjanlahden takaa, sillä Ruotsissa oli 1960-luvulla tehty selvityksiä lähes vastaavanlaisen laitoksen jäteveden puhdistumisesta. Seuraavassa selostetaan lyhyesti tämän Älbyssä suoritettujen koetoiminnan tuloksia, kuvataan näiden pohjalta Valkealan opistolle syntyneitä ratkaisumallia ja tällä aikaansaataavaa puhdistustehoa.

Älbyn selvitys

Brink (1968) selvitti lähellä Uppsalaa sijaitsevan Älbyn hoitolaitoksen jätevesien puhdistumista. Laitoksen jätevesien määrä on noin 7 m³/d ja ne johdetaan kahden tilavuudeltaan 35 m³:n sakokaivon jälkeen avo-ojaan, jonka valuma-alue purkukohdassa on 0.39 km² (kuva 1). Pisteessä C ojaan purkautuvat 0.14 km²:n salaojitetulta alueelta tulevat kuivatusvedet. Näytteitä otettiin em. alueilta valuvista vesistä ja 1, 50, 100, 150, 175, 200, 250, 350, ja 500 metrin päästä jäteveden purkukohdasta. Vastaavissa kohdissa rekisteröitiin myös virtaama. Havaintojen teko kesti vuoden 1964 joulukuun alusta vuoden 1965 marraskuun loppuun. Tuloksia analysoidessaan Brink tarkastelee erikseen kesä-, talvi- sekä kevät ja syysaikaa.

Tutkimuksen eräät päätulokset käyvät ilmi kuvasta 2, jossa on esitetty keskiarvotiedot aikajaksoittain sähköjoh-

tavuudesta, happamuudesta, BHT:sta, KHT:sta, fosforista ja typestä. Kuormitusparametrien pitoisuuden havaitaan laskevan noin 90% sekä kesällä että talvella. Keväällä ja syksyllä virtaaman kasvaessa lasku jää huomattavasti pienemmäksi, sillä vesimäärien lisääntyessä huuhtoutuu ojaan kertynyt liete virtauksen mukana. Tämä käy selvästi ilmi myös kuvista 3 ja 4, joissa on tarkasteltu typen ja fosforin kokonaismääriä eri ajankohtina.

Tutkimuksen loppupäätelmänä Brink toteaa: "...mikäli oja kaivetaan ainoastaan hapetusta varten, eikä siihen lasketa kuivatusvesiä, voidaan epäilemättä saada arvokkaita tuloksia".

Ratkaisumalli

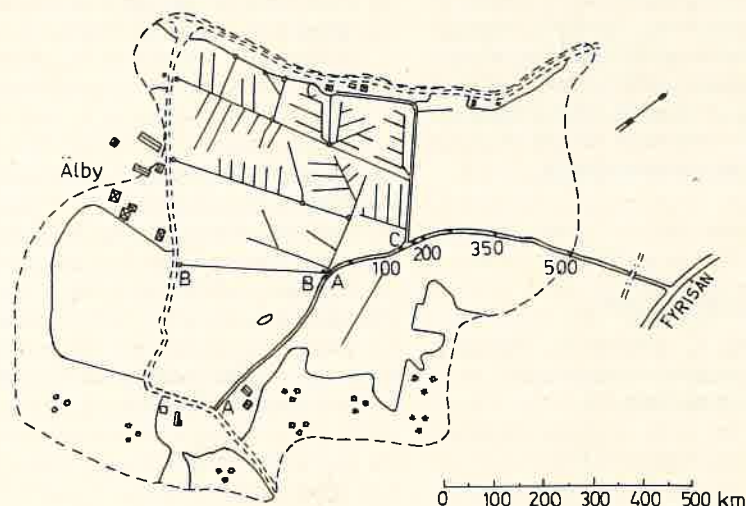
Valkealan opiston henkilömäärä on noin 100. Tämän kokoisten laitosten jätevesimäärät vaihtelevat vuorokauden eri aikoina melkoisesti ja Valkealassa tilannetta kärjistää vielä se seikka, että erään asuntolan viemärointi on jouduttu järjestämään pumppaamalla (kuva 5). Opiston jätevesien käsittelyn tehostamiseksi päädyttiin seuraaviin toimenpiteisiin (kuva 6):

- sakokaivoon asennettiin kemikaalinsyöttölaitteisto, jolla saostinkemikaali syötetään kaivosta lähtevään veteen,
- ilmastusportaiden alapäähän lam-

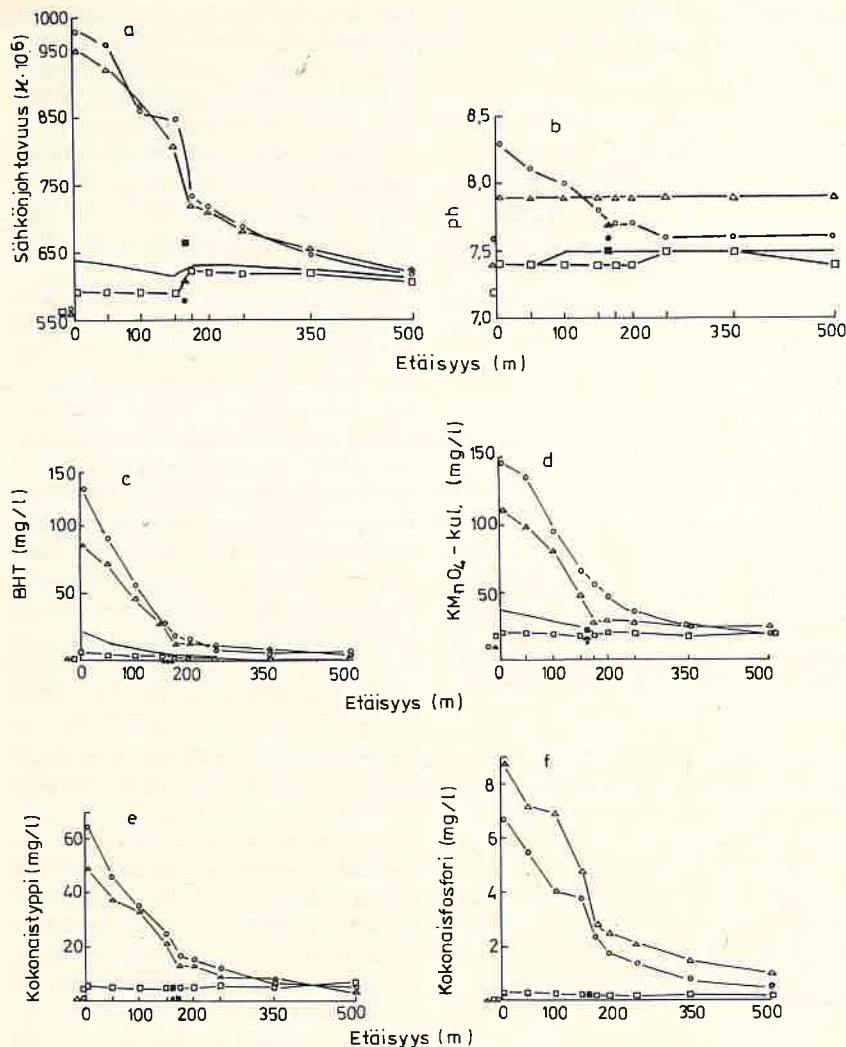
Taulukko 1. Valkealan opiston jätevesien puhdistuminen lammikkouomassa (reduktioprosentit) Hoolin (1975) mukaan. Näytteenottopisteet on esitetty kuvassa 6.

Vuodenaika Näytteenottopaikka	BHT ₇	KMnO ₄ - kulutus	Kokonais- fosfori	Kokonais- typpi
Kesä/5 näytettä				
L 50	27	4	4	11
L150	37	13	19	38
L300	39	13	29	45
Talvi/5 näytettä				
L 50	—7	10	2	11
L150	0	19	11	13
L300	11	10	10	24

Lähtevän jäteveden laatu keskimäärin: kesä: BHT₇ = 55 mg/l, KMnO₄-kulutus = 170 mg/l, kokonaisfosfori = 3.6 mg/l, kokonaistyyppi = 8.7 mg/l; talvi: BHT₇ = 110 mg/l, KMnO₄-kulutus = 145 mg/l, kokonaisfosfori = 7.1 mg/l, kokonaistyyppi = 26.5 mg/l.



Kuva 1. Älbyn tutkimusalue (Brink, 1968).



Kuva 2. (a) Johtavuus, (b) pH, (c) BHT-, (d) KHT-, (e) typpi, ja (f) fosforipitoisuudet avo-ojassa Alabyssä. ○ ● talvi, △ ▲ kesä, □ ■ kevät ja syksy: — koko vuosi: ● ▲ ■ piste C (Brink, 1968).

mikkouoman alkuun rakennettiin sakokaivo ja ponttiseinällä lammikkouomasta erotettu selkeytystila,

- sakokaivot varustettiin lietepumputilla,
- rakennettiin kaksi lietelavaa, joissa lietteeseen sekoitetaan turvetta,
- lammikkouoma tyhjennettiin kertyneestä lietteestä,
- vesi lammikkouomassa laskettiin alas.

Laitoksen alkupään ratkaisu on tavallinen. Kemikaalin sekoittuminen tapahtuu ilmastusportaissa ja flokkauksessa tarvittavan energian saa aikaan veden virtaus ilmastusportaista sakokaivoon. Vesi selkeytyy sakokaivossa ja siihen liittyvässä selkeytystilassa. Lietteiden poisto pyrittiin järjestämään tehokkaaksi, sillä lammikon heikohkon toimivuuden erääksi syyksi todettiin lietteiden poistossa tapahtuneet laiminlyönnit.

Lammikkouoman muuttaminen hape-tusojaksi, jossa ohuena kerroksena virtaavat kohdat ja noin 10 cm:n syvyiset suvannot vuorottelevat, on ratkaisuna sensijaan poikkeuksellinen, kun ajatellaan niitä menettelytapoja, joita meillä on lammikkopuhdistamojen tehostamiseksi suoritettu.

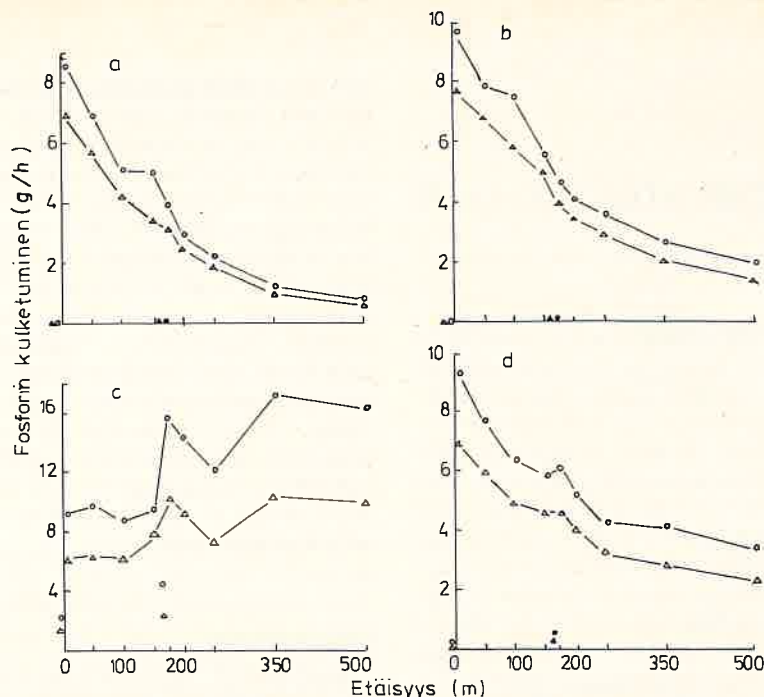
Saostinkemikaalina käytettiin alkuvaiheessa finnferrä, mutta jatkuvien syöttöhäiriöiden takia päädyttiin viimein kalkinsyöttöön. Syötettävän kalkkiliuoksen valmistus on yksinkertainen, sillä ylempään sakokaivoon asennettuun, tilavuudeltaan noin 650 litran astiaan sekoitetaan yksi säkillinen kalkkia. Laboratoriossa suoritettujen flokkaukskoekiden perusteella parhain tulos saavutetaan syöttämällä kalkkiliuosta 120–130 litraa vuorokaudessa (klo 6–24). Fosforin poiston kannalta tulos laboratoriokeiden perusteella edel-

leen paranisi, jos kalkkiliuokseen sekoitettiin finnferrä (100 l kalkkiliuosta + 100 l 1:10 laimennettua finnferrä). Finnferrin syövyttävien ominaisuuksien takia puhdistamolla ei oltu kuitenkaan halukkaita sen käyttöön, joten kemikaalina on käytetty pelkästään kalkkia. Kalkinsyötössä ei ole esiintynyt sanottavasti häiriöitä lukuunottamatta kalvopumpun rikkoontumista kesäkuussa 1978, jolloin syöttöön tuli lähes kuukauden katko. Lammikkouoman valtaa kesäisin erittäin runsas kasvusto, joka poistetaan aina kasvukauden loputtua. Lietteen poisto lammikkouomasta ei ole osoittautunut neljän toimintavuoden aikana tarpeelliseksi.

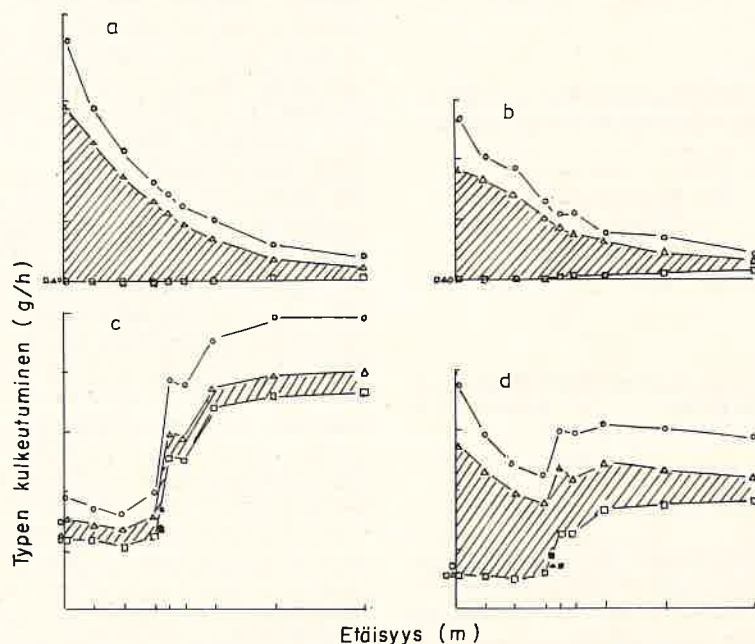
Käsittelytuloksia

Puhdistamon toiminnan seuraamiseksi on analysoitu kuvassa 6 esitetyistä kohdista otettuja vesinäytteitä. Näytteet ovat päiväajan kokoomanäytteitä (yleensä klo 9–18), lukuunottamatta bakteerinäytteitä, joita on otettu vain yksi kunkin näytteenottopäivänä. Näytteenotto on ainoastaan pisteistä L0 ja L250 suoritettavissa ilman vaikeuksia. Sakokaivon pintavedestä näytettä otettaessa on vaarana, että pitoisuudet ovat suuremmat kuin kaivosta lähtevässä vedessä todellisuudessa. Pisteissä L50, L100 ja L300 veden syvyys on vain noin 10 cm, joten myös näissä pitoisuudet voidaan huolimattomalla näytteenotolla saada todellisuutta suuremmiksi. Näytteitä on käytettävissä liian vähän täydellisen kuvan saamiseksi laitoksen toiminnasta, mutta saadut tulokset ovat siinä määrin samansuuntaisia, että ne oikeuttavat eräiden johtopäätösten vetämiseen.

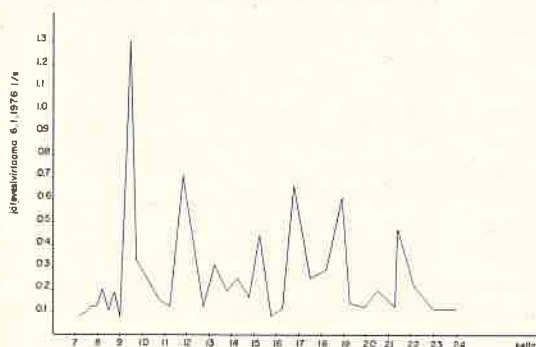
Syyskaudelta (loka—marraskuu) on viisi kokoomanäytettä, joista analyysitulokset on koottu taulukkoon 2. Näytteet edustavat tilannetta, jossa kasvukausi on jo päättynyt, mutta lammikkouoma ei ole vielä kauttaaltaan jäähtynyt. Kalkinsyötön seurauksena pH-arvot ovat lammikkouomassa kauttaaltaan kohonneet, mutta lähtevän veden keskiarvo 8.2 on "vesistöystävällinen". BHT-reduktio laitoksen "kemiallisessa osassa" on noin 45%. Lammikkouoman alkuvaiheessa pitoisuuden alenemista ei näytä tapahtuvan pH-arvon ollessa korkean, mutta jo 100 metrin kohdalla on BHT-arvoissa tapahtunut voimakas pudotus. Koko laitoksen BHT-reduktio on noin 85%, josta lammikkouoman osuus on noin 40%. Ravinteista fosforipitoisuudet laskevat lähinnä kemikaalin vaikutuksesta, sillä kun kokonaisfosforin kokonaisreduktio on keskimäärin 80%, jää tästä määrästä uoman osalle vain



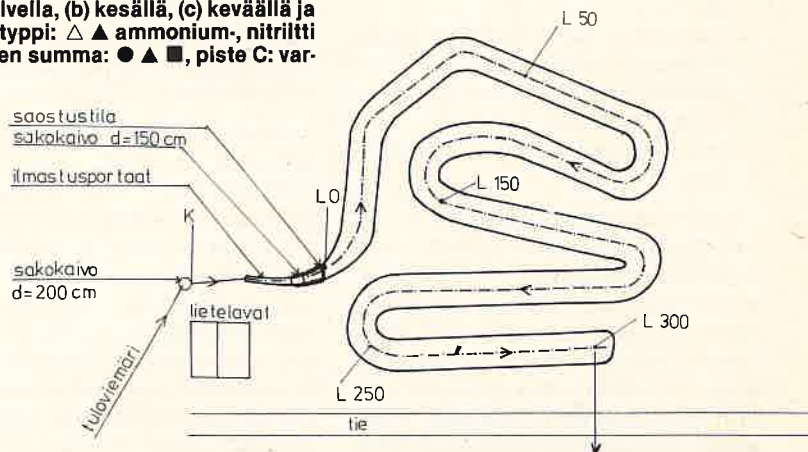
Kuva 3. Fosforin kulkeutuminen Ålbyn avo-ojassa (a) talvella, (b) kesällä, (c) keväällä ja syksyllä sekä (d) koko vuoden aikana. ○ ● kokonaisfosfori, △ ▲, fosfaattifosfori: ● ▲, piste C (Brink, 1968).



Kuva 4. Typen kulkeutuminen Ålbyn avo-ojassa (a) talvella, (b) kesällä, (c) keväällä ja syksyllä sekä (d) koko vuoden aikana. ○ ● kokonaistyyppi: △ ▲ ammonium-, nitriitti ja nitraattitypen summa: □ ■ nitraatti- ja nitriittitypen summa: ● ▲ ■, piste C: varjostettu alue kuvaa ammoniumtyppeä.



Kuva 5. Jätevesimäärän vaihtelut Valkealan opistolla 6.1.1976 klo 7—24.



Kuva 6. Valkealan opiston jäteveden puhdistamo tehostamistoimenpiteiden jälkeen. Kuvaan on merkitty näytteenottopisteet.

noin 8%. Typen osalta tilanne on siinä mielessä käänteinen, että noin 50%:n reduktiosta 40% tapahtuu uomassa.

Talviajalta on käytettävissä ainoastaan yksi kokoomanäyte (taulukko 3). Puhdistamon toiminta näyttää sen perusteella sujuvan samalla tavoin kuin edellä kuvattiin huolimatta siitä, että uoma oli likipitään pohjaansa asti jässä.

Kymen vesipiirin vesitoimiston toimesta tarkkailtiin keväällä 1977, kuinka puhdistamo toimii sulamiskauden aikana. Tällöin selvitettiin huhtikuussa viiden kertaanäytteen avulla kokonaisfosfori- ja kokonaistyyppipitoisuuksien reduktiota. Tämän selvityksen perusteella sakokaivosta lähtevän veden keskimääräiset pitoisuudet (ja vaihteluvälit) olivat: kok. P = 19.0 mg/l (16...21 mg/l), kok. N = 64 mg/l (24...116 mg/l). Lähtevässä vedessä (L300) vastaavat arvot olivat: kok. P = 2.8 mg/l (1.3...5.9 mg/l), kok. N = 20 mg/l (9...33). Kokonaisfosforin osalta keskiarvoa nostaa 1.4. otettu näyte (5.9 mg/l); sen poistaminen pudottaa keskiarvon lukemaan 2.0 mg/l, joka on sopusoinnussa aiemmin esitetyn kanssa.

Kesäaikana opiston väkimäärä on yleensä oleellisesti vähäisempi kuin muina vuodenaikoina. Vain kolme kertaa on näytteet onnistuttu saamaan ajankohtina, jolloin opistolla on ollut likimäärin 100 henkeä. Nämä tilanteet poikkeavat toisistaan seuraavasti: 27.7. 1976 ja 4.7.1978 ei kalkkia syötetty; ensin mainittuna päivänä ei lietteestä puhdistettuun uomaan ollut enää kehittyä kasvustoa lainkaan, kahta vuotta myöhemmin pohja taas oli kauttaaltaan rehevän kasvillisuuden peitossa. Kesällä 1976 kalkinsyöttöä ei oltu vielä järjestetty ja kesäkuussa 1978 sattunut kalvopumpun rikkoutuminen katkaisi kalkinsyötön ja syöttö saatiin käyntiin uudelleen vasta 5.7.1978. 8.8.1978 otetut näytteet edustavat nor-

Taulukko 2. Puhdistamon toiminta loka—marraskuussa. Näytteenottopisteet käyvät ilmi kuvasta 6. Näytteenottopäivät 28.9., 25.10., 10.11., 2.12.1976, 28.11.1978.

Näytteen- otto- paikka	Lämpö- tila °C	pH	BHT ₇ mg/l	KMnO ₄ - kulutus mg/l	Kok- fosfori mg/l	Kok- typpi mg/l	Entero- kokit kpl/100 ml
K	16.5±1.7	7.5±0.1	161±26	163±26	9.7±2.8	48±7	(21±9)×10 ³
L0	11.4±1.9	10.6±0.8	89±23	140±36	2.6±1.1	44±14	(3±2)×10 ³
K50	5.9±2.2	10.2±1.0	86±10	120±15	2.2±0.9	37±12	(2±2)×10 ³
L150 ¹⁾	0.1	8.7	32	80	1.4	23	1.2×10 ³
L250	2.5±2.1	8.3±0.7	20±11	83±18	2.0±0.7	23±7	(6±6)×10 ³
L300	2.4±2.1	8.2±0.6	22±8	89±28	1.8±0.2	23±6	(5±5)×10 ³

¹⁾ vain yksi näyte (28.11.1978)

Taulukko 3. 23.1.1980 otetun kokoomanäytteen analysointitulokset.

Näytteen- otto- paikka	Lämpö- tila °C	pH	BHT ₇ mg/l	KMnO ₄ - kulutus mg/l	Kok- fosfori mg/l	Kok- typpi mg/l	Entero- kokit kpl/100 ml
K	15.5	7.3	320	510	10.7	49	1.0×10 ⁵
L0	9.2	10.3	140	380	3.3	51	1.5×10 ⁵
L150	0.1	8.5	50	105	1.7	28	2.6×10 ⁴
L250	0.1	8.1	35	85	1.8	26	2.3×10 ⁴

Taulukko 4. Puhdistamon toiminta kesäaikana: 27.7.1976 ei kalkinsyöttöä, uoma ilman kasvustoa: 4.7.1978 ei kalkinsyöttöä, uomassa runsas kasvusto: 8.8.1978 normaali kalkinsyöttö.

Päiväm. Näytteen- ottopaikka	Lämpö- tila °C	pH	BHT ₇ mg/l	KMnO ₄ - kulutus mg/l	Kok- fosfori mg/l	Kok- typpi mg/l	Entero- kokit kpl/100 ml
27.7.1977							
K	19.0	7.2	190	225	13.5	52	4.9×10 ⁶
L0	17.8	7.4	165	190	11.5	55	2.7×10 ⁶
L50	18.1	7.6	88	165	11.0	47	1.1×10 ⁶
L250	19.2	7.9	33	120	7.3	35	6.0×10 ⁵
L300	18.5	7.8	25	125	7.7	36	6.0×10 ⁵
4.7.1978							
K	—	8.2	180	383	16.0	47	1.7×10 ⁵
L0	17.8	8.3	155	119	9.2	52	1.7×10 ⁵
L50	—	7.9	52	99	9.4	39	2.8×10 ⁵
L150	17.1	7.5	35	100	5.2	28	—
L250	17.7	7.4	30	71	4.3	24	8.2×10 ²
L300	16.9	7.5	10	61	4.4	23	4.0×10 ³
8.8.1978							
K	—	9.4	290	351	15.9	65	—
L0	18.1	10.4	—	151	1.9	55	—
L50	16.0	9.5	156	114	1.7	48	3.7×10 ⁴
L150	14.2	8.4	40	86	1.7	33	2.9×10 ⁴
L250	14.7	7.8	21	73	1.7	27	9.0×10 ³
L300	14.3	7.8	14	62	1.8	25	5.5×10 ³

maalia tilannetta kalkinsyöttöineen (taulukko 4).

Normaalitilanteessa 8.8.1978 laitoksen toiminta näyttää tapahtuvan samoin kuin edellä todettiin; lähtevän veden pitoisuudet ovat samaa suuruusluokkaa eli BHT₇=14 mg/l, kok. P=1.8 mg/l ja kok. N=25 mg/l. Taulukon 4 perusteella kalkinsyöttö vaikuttaa lähinnä vain fosforipitoisuuksiin, joiden alentamiseen se on tarkoitettukin. Kasvuston vaiku-

tuksesta on toki arveluttavaa tehdä päätelmiä havaintojen vähäisyyden takia, mutta huomio kiinnittyy fosforipitoisuuksissa esiintyviin eroihin: tilanteessa ilman kasvustoa on lähtevän veden pitoisuus 7.7 mg/l, kun taas kasvien peittäessä uoman pohjan po. pitoisuus on ollut 4.4 mg/l. Ensimmäisessä tapauksessa vähenemä on lammikkouomassa 33% ja viimeeksi mainitussa 52%.

Edellä esitetyn perusteella näyttää siltä, että kuvatuilla ratkaisulla päästään vähintään seuraaviin reduktioprosentteihin: BHT₇=85%, P=80% ja N=50%. Lammikkouoman osalle näistä voidaan kohdistaa: BHT₇>40%, P<15% ja N>40%. Lähtevän veden pitoisuudet ovat keskimäärin seuraavat: BHT<25 mg/l, P<2 mg/l ja N<25 mg/l. Laitoksen toimiessa ilman kalkinsyöttöä lopputulos näyttää eroavan sillä tavoin, että BHT₇-pitoisuuksien pieneminen tapahtuu pääasiassa lammikkouomassa ja että fosforin reduktio jää pienemmäksi.

Yhteenveto

Artikkelissa esitellään eräs mahdollinen ratkaisumalli pienille, 100—200 asukkaan yhdyskunnille. Valkealan opistolla toteutettu ratkaisu koostuu kahdesta saostuskaivosta, niiden välisistä ilmastusportaista ja jälkimmäistä kaivoa seuraavasta saostusaltaasta sekä 300 metriä pitkstä lammikkouomasta, joka vedenpintaa laskemalla on muutettu hapetusojaksi. Saostuskaivot on varustettu pumpuilla, joilla kaivoihin ja saostustilaan kertyvä liete voidaan pumpata lietelavoille. Ensimmäisestä saostuskaivosta lähtevään veteen syötetään kalkkiliuosta.

Kuvatulla ratkaisulla näytetään päästävän lähtevässä vedessä jatkuvasti seuraaviin keskimääräisiin pitoisuuksiin: BHT₇<25 mg/l, kokonaisfosfori<2.0 mg/l, kokonaistyppi<25 mg/l. Nämä arvot vastaavat likimäärin seuraavia reduktioprosentteja: BHT₇ 85%, kokonaisfosfori 80%, kokonaistyppi 50%. Hapetusojan osalle näistä prosenttimäärästä voidaan kohdistaa: BHT>40%, P<15%, N>40%. Kalkin syötön vaikutus näkyy lopputuloksissa lähinnä vain fosforipitoisuuksissa.

Päätösmaininnat

Vesinäytteiden analysointi on tapahtunut TKK:n vesitalouden laboratoriossa. Laboratorioinsinööri Alpo Maasilalle, joka on huolehtinut analyysien tekemisestä, osoitan parhaimmat kiitokseni.

Viitteet

- Asumalahti, K.** 1963. Maaseudun ja haja-asutuksen jätevesiongelmissa. Diplomityö Teknillisessä korkeakoulussa.
- Brink, N.** 1968. Self-purification in an open ditch. Water Research 2:481—503.
- Hooli, J.** 1974. Talven vaikutuksesta liikaantuneiden vesien puhdistumiseen. Julkaisematon käsikirjoitus.