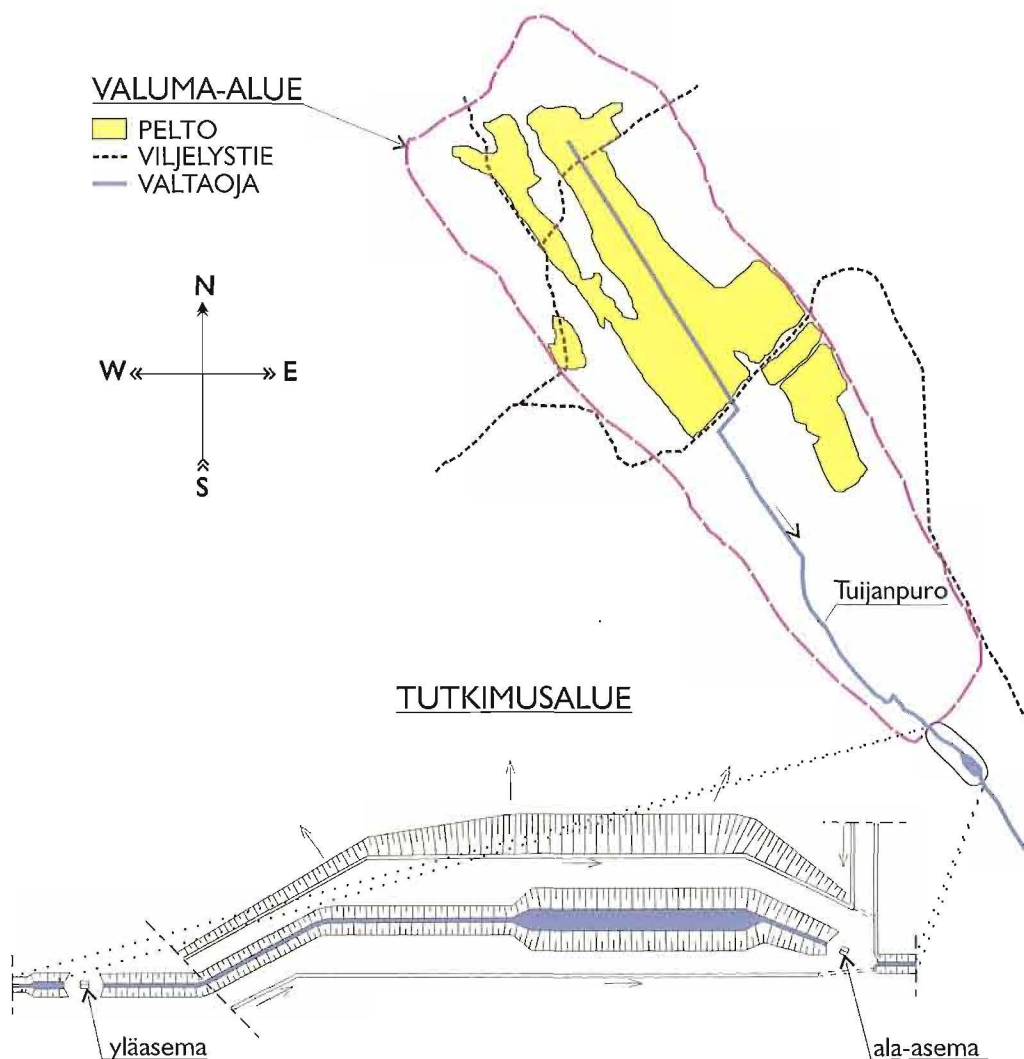


YMPÄRISTÖN-
SUOJELU

Martti Häikiö, Jyrki Laitinen, Esko Lakso ja Antti Lehtinen

Laskeutusaltaiden käyttökelpoisuus viljelyalueiden vesiensuojelussa



S u o m e n y m p ä r i s t ö

Martti Häikiö, Jyrki Laitinen, Esko Lakso ja Antti Lehtinen

Laskeutusaltaiden
käyttökelpoisuus
viljelyalueiden
vesiensuojelussa

HELSINKI 1998



Painotuote

ISBN 952-11-0324-8

ISSN 1238-7312

Kansikuva

Tuijanpuron laskeutusaltaan tutkimusjärjestelyt, Rautalampi

Martti Häikiö

Paino

Oy Edita Ab, Helsinki 1998

Alkusanat

Nyt tehty laskeutusallastutkimus käynnistettiin syksyllä 1994. Se jakaantui kahden osatutkimukseen, joissa rakennettiin koealtaat peruskuivatushankkeiden yhteyteen Rautalammin Tuijanpurolle (Pohjois-Savon ympäristökeskus) ja Lapuan Luomannevanojalle (Länsi-Suomen ympäristökeskus). Tämä loppuraportti perustuu pääasiassa osatutkimusten erillisinä julkaistuihin, yksityiskohtaisempiin raportteihin.

Pohjois-Savon ympäristökeskuksen osatutkimuksen vastuullisena johtajana toimi tutkimuspäällikkö, ensin Irmeli Taipalinen, sitten Jaakko Kangasjärvi ja loppuajasta Kristina Servomaa. Osatutkimuksen käytännön työstä ja raportoinnista vastasi Martti Häikiö. Länsi-Suomen ympäristökeskuksen osatutkimuksesta vastasivat Jyrki Laitinen ja Ulf Höglund. Tutkimusta koordinoi ohjausryhmä, jonka työskentelyyn osallistui edellä mainittujen henkilöiden lisäksi puheenjohtajana Antti Lehtinen Suomen ympäristökeskuksesta, Esko Lakso Oulun yliopistosta sekä Pertti Seuna, Seppo Rekolainen, Markku Puustinen ja Soini Heino Suomen ympäristökeskuksesta.

Myös useat muut henkilöt erityisesti Pohjois-Savon ja Länsi-Suomen ympäristökeskuksista ovat osallistuneet koealtaiden suunnitteluun, rakentamiseen ja seurantaan sekä tutkimuksen raportointiin. Tutkimuksen rahoitti maa- ja metsätalousministeriö. Kiitämme lämpimästi kaikkia niitä, jotka ovat panoksellaan edesauttaneet tutkimuksen toteutusta.



Sisällys

Alkusanat	3
Johdanto	7
Tutkimushankkeiden ja tutkimusmenetelmien kuvaus	8
2.1 Tuijanpuron alue, peruskuivatushanke ja tutkimusallas	8
2.2 Luomannevanon alue, peruskuivatushanke ja tutkimusallas	9
2.3 Tutkimusmenetelmät	9
Tutkimusten tulokset	11
3.1 Hydrologia	11
3.1.1 Tuijanpuro	11
3.1.2. Luomannevanonja	11
3.2 Kiintoaine ja sen pidättyminen	12
3.2.1 Tuijanpuro	12
3.2.2 Luomannevanonja	14
3.3 Fosforin ja typen pidättyminen	14
3.3.1 Tuijanpuro	14
3.3.2 Luomannevanonja	15
3.4 Ojien ja altaiden geotekninen mitoitus	16
Malli altaan tehokkuuden arvioimiseksi	17
4.1 Mallin rakenne	17
4.2 Mallin käyttö	18
4.3 Mallin sovitus maatalousalueiden tyypillisille pohjamaalajeille	19
4.3.1 Yleistä	19
Tulosten tarkastelu	21
5.1 Edellytykset kiintoaineen poistolle	21
5.2 Edellytykset ravinteiden poistolle	22
5.3 Altaan mitoitukseen ja perustamisedellytyksiin vaikuttavat tekijät	23
5.4 Ehdotukset altaan suunnitteluun ja toteutukseen	24
5.5 Jatkotutkimuksen tarve	26
Johdopäätökset	28
Lähdeluettelo	29
Liitteet	
Liite 1. Tuijanpuron valuma-alue 1 : 20 000 (peruskarttalehti n:o 3224 08)	31
Liite 2. Tuijanpuron laskeutusaltan pintakuva, pituusleikkaus ja poikkileikkaus	32
Liite 3. Luomannevanon valuma-alue 1 : 20 000 (peruskarttalehti n:o 2311 10)	33
Liite 4. Luomannevanon laskeutusaltan pintakuva ja poikkileikkaus 1 : 500	34
Liite 5. Malliajojen tulokset maalajeittain	35
Kuvailulehdet	46



Johdanto



Laskeutusaltaita ja lietekuoppia on käytetty jo kauan peruskuivatus- ja muiden vesirakennushankkeiden aiheuttamien vesistöhaittojen vähentämiseen pidättämään työn aikana veteen joutunutta maa-ainesta. Laskeutusaltaista on tiedetty olevan eniten hyötyä, kun töitä tehdään märissä olosuhteissa ja alueen maalajit ovat herkästi sortuvia ja erodoituvia. Vesirakentamisen ohella laskeutusaltaita käytetään yleisesti myös turvetuotannosta ja metsäojituksesta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentämiseen.

Viime vuosina laskeutusaltaisiin on kohdistettu toiveita myös viljelyalueilta peräisin olevan vesistökuormituksen eräänä vähentämiskeinona. Laskeutusaltailta on oletettu olevan merkitystä viljelyalueilta kulkeutuvan kuormituksen vähentäjänä silloinkin, kun mitään vesirakentamista ei ole käynnissä. Nykyisen maatalouden tukijärjestelmän mukaisesti viljelijät voivat saada laskeutusaltaiden rakentamiseen EU:n ympäristötukeen kuuluvaa eristyistukea. Lisäksi valtion rahoitustuella toteutettaviin peruskuivatushankkeisiin voidaan edellyttää rakennettavaksi laskeutusaltaita työn aikaisen ja myös sen jälkeisen kuormituksen ehkäisemiseksi, mikäli altaista on odotettavissa ilmeistä vesiensuojelullista hyötyä.

Laskeutusaltaiden yleistynyt käyttö ja toisaalta vähäiset tutkimustiedot altaiden toimivuudesta viljelyalueiden vesiensuojelussa lisäsivät tarvetta tutkimukselle, jolla voitaisiin parantaa altaiden suunnittelua ja rahoitusta koskevan päätöksenteon perusteita. Vuonna 1994 aloitettiin kaksi laskeutusallastutkimusta, joista toinen tehtiin Länsi-Suomen ympäristökeskuksessa ja toinen Pohjois-Savon ympäristökeskuksessa. Tämä raportti on tutkimusten yhteinen loppuraportti ja perustuu pääosin tutkimuksesta aikaisemmin tehtyihin raportteihin (Häikiö ja Laitinen 1996, Häikiö 1998, Laitinen ja Höglund 1998).

Laskeutusaltaiden toimivuutta on lähestytty toteutettujen altaiden tutkimuksen ja teorian pohjalta. Käytännön tutkimuksissa seurattiin Rautalammin Kerkonkosken kylän Tuijanpuroon ja Lapuan Luomannevanajaan rakennettujen laskeutusaltaiden toimivuutta noin kahden vuoden ajan. Tutkimuksissa pyrittiin selvittämään yleisesti altaiden suunnitteluperusteisiin, käyttömahdollisuuksiin ja toimivuuteen liittyviä kysymyksiä. Lisäksi hahmoteltiin teoriaan ja kokemukseen pohjautuva, altaan suhteellista kiintoainepoistokykyä kuvaava malli, jonka avulla voidaan arvioida altaan kykyä pidättää siihen tulevaa kiintoainekuormaa, kun valuma-alueen maalaji ja veden virtausnopeus altaaseen johtavassa uomassa tunnetaan. Tutkimuksessa ei ole otettu kantaa muihin viljelyalueiden vesiensuojelumenetelmiin.

2

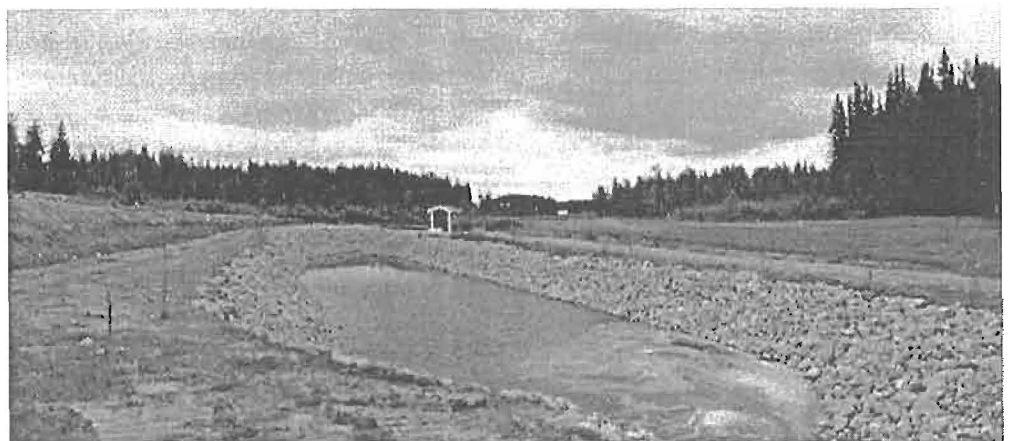
Tutkimushankkeiden ja tutkimusmenetelmien kuvaus

2.1 Tuijanpuron alue, peruskuivatushanke ja tutkimusallas

Tuijanpuro sijaitsee Rautalammin kunnassa Kerkonkosken kylässä noin 80 kilometrin päässä Kuopiosta. Puro laskee Niiniveteen, joka on osa valtakunnallisesti merkittävää Rautalammin reittivesistöä. Valtaojan latvaosaan rakennetun tutkimusaltaan valuma-alue on noin 1,2 km² (liite 1). Alueella on viljelykäytössä olevaa peltoa yhteensä noin 0,25 km² ja pellot ovat enimmäkseen jatkuvasti kasvipeitteisiä.

Tuijanpuron peruskuivatus on toteutettu alunperin 1950 -luvulla. Kunnostuskaivu suoritettiin pääasiallisesti heinäkuussa 1995, mutta osa työstä jouduttiin suorittaman talvella maaperän heikon kantavuuden vuoksi. Kaivu toteutettiin pääasiassa kuivana aikana, joten sen suorat vesistövaikutukset jäivät vähäisiksi. Kaivu suoritettiin toispuoleisena kaivuna, mikäli se oli mahdollista. Lisäksi vastakäivetun uoman luiskiin kylvettiin paikoitellen nurmikasvien siementä luiskien eroosion estämiseksi.

Tutkimusallas (kuva 1, taulukko 1 ja liite 2) toteutettiin Tuijanpuron kunnostusojituksen yhteydessä kesällä 1995. Allas sijoitettiin tutkimuksen vesimittausten vuoksi sellaiseen kohtaan, johon sitä ei oltaisi muuten perustettu. Kokonaisuudessaan noin 3 m syvän kaivannon luiskia jouduttiin vahvistamaan kohdan häiriöherkän pohjamaalajin ja paineellisen pohjaveden vuoksi. Tämä nosti altaan rakentamiskustannuksia oleellisesti. Yhteensä altaan rakentamiskustannukset ilman tutkimusjärjestelyjä olivat noin 80 000 mk. Ilman vahvistustakin altaan rakentamiskustannukset olisivat olleet noin 50 000 mk.



Kuva 1. Tuijanpuron ylävaluma-alueen laskeutusallas ja altaan alapuolinen mittausasema. Kuva on otettu kesällä 1996, noin vuosi altaan valmistumisen jälkeen.

Taulukko 1. Tuijanpuron ylävaluma-alueen laskeutusaltaan mitoitusparametrit.

Mitoittava tekijä		Arvo
valuma-alueen koko		1,2 km ²
mitoitusvirtaama	(Mhq = 170 l s ⁻¹ km ⁻²)	0,2 m ³ s ⁻¹
vesipinta-ala	(NW)	550 m ²
	(MHW)	620 m ²
pintakuorma mitoitusvirtaamalla		n.1,2 m h ⁻¹
vesitilavuus	(NW)	420 m ³
	(MHW)	640 m ³
viipymä mitoitusvirtaamalla		0,86 h
vesipoikkileikkaus	(NW)	7,6 m ²
	(MHW)	11,5 m ²
virtausnopeus	(MHQ)	0,018 m s ⁻¹
lietetilän korkeus		0,4 m
lietetilavuus		120 m ³

2.2 Luomannevanojan alue, peruskuivatushanke ja tutkimusallas

Luomannevanoja sijaitsee Lapuan Haapakosken kylässä. Ojan yläosalle rakennettun laskeutusaltaan valuma-alue on noin 1,1 km², josta peltoa on hieman yli 0,3 km² (liite 3). Valuma-alueen peltojen keskikaltevuus on noin 0,015 m m⁻¹ ja metsän noin 0,07 m m⁻¹. Alueen maalaji on pääasiassa savea.

Luomannevan ojitus toteutettiin alunperin 1950-luvulla. Uusintaojitus tehtiin syksyllä 1995. Hankkeessa oli tavoitteena tutkia myös märkätyönä tehtävästä kaivusta aiheutuvien haittojen ehkäisemistä laskeutusaltaalla. Kaivu jouduttiin lopulta tekemään kuivatyönä, koska vuoden 1995 kesä ja syksy olivat lähes sateettomia.

Luomannevanojan laskeutusallas (taulukko 2 ja liite 4) rakennettiin kesällä 1995 hyvissä ajoin ennen altaan yläpuolisen uoman kaivua. Kuivan syksyn vuoksi altaan läpi virtasi vettä ensimmäisen kerran vasta kevättulvien yhteydessä huhtikuussa 1996. Allas toteutettiin pelkästään kaivamalla, eikä vahvistuksia tehty. Altaan luiskat muotoiltiin alunperin liian jyrkiksi, ja niitä loivennettiin kesällä 1996. Altaan vedenkorkeutta säädellään pienillä virtaamilla jakokaivon settipadolla. Suurilla virtaamilla altaan poistorakenne padottaa, jolloin vettä pääsee jakokaivon lisäksi tulvauomaan. Tämä lisää altaan tilavuutta ja pinta-alaa suurilla virtaamilla. Koko tutkimuksen aikana ei ole esiintynyt niin suuria virtamia, että vettä olisi padottunut tulvauomaan. Altaan kaivukustannukset tulo- ja lähtöojineen ilman tutkimusjärjestelyjä olivat noin 55 000 mk.

2.3 Tutkimusmenetelmät

Molempien tutkimuskohteiden tutkimusjärjestelyt olivat samantyyppiset. Altaiden ylä- ja alapuolelle perustettiin mittausasemat, joiden varusteina oli automaattiset jääkaappinäytteenottimet. Virtaamaa mitattiin automaattisella paineanturilla varustetulla virtaamamittarilla. Tuijanpurolla virtaamaa mitattiin altaan yläpuoliselta asemalta ja Luomannevanojalla altaan alapuoliselta asemalta. Mittapatoina olivat 120 asteen V-padot.

Taulukko 2. Luomannevanojan laskeutusaltaan mitoitusparametrit.

Mitoittava tekijä		Arvo
valuma-alueen koko		1,1 km ²
mitoitusvirtaama	(MHq = 170 l s ⁻¹ km ⁻²)	0,18 m ³ s ⁻¹
vesipinta-ala	(MHW)	930 m ²
pintakuorma mitoitusvirtaamalla		n.0,7 m h ⁻¹
vesitilavuus	(MHW)	750 m ³
viipymä mitoitusvirtaamalla		1,16 h
vesipoikkileikkaus ilman lietevaraa	(MHW)	15 m ²
virtausnopeus altaassa	(MHQ)	0,012 m s ⁻¹
lietetilän korkeus		0,4 m
lietetilavuus		300 m ³

Tuijanpurolla näytteitä otettiin 10 osanäytteen kokoomanäytteinä, jolloin yksi litran vesinäyte vastasi yhteensä 2 000 m³ yläpuolisen mitta-aseman ohi virrannutta vettä. Näytteet toimitettiin kerran viikossa Pohjois-Savon ympäristökeskuksen laboratorioon analysoitaviksi. Tutkimuksen yhteydessä tehdyn vertailun perusteella viikon säilytys kylmässä näytteenottimessa ei vaikuttanut merkittävästi näytteiden laatuun, kun vertailukohtana pidettiin näytteitä, jotka toimitettiin välittömästi näytteenoton jälkeen analysoitavaksi.

Lähes kaikista Tuijanpuron näytteistä analysoitiin kiintoaine, joskin keväällä ja heinäkuussa 1996 esiintyneiden suurien valumajaksojen yhteydessä jouduttiin vähentämään analysoitavien näytteiden määrää muutamalla näytteellä. Suurimasta osasta näytteitä määritettiin myös ravinteiden pitoisuudet ja kemiallisen hapenkulutuksen määrä. Fosforin osalta määritettiin kokonais- ja fosfaattifosfori ja typen osalta kokonais-, ammonium-, sekä nitraatti- ja nitriittityppi.

Tuijanpuron näytteiden kiintoainepitoisuus määritettiin huokoskooltaan 0,45 µm suodattimella (Nuclepore). Kiintoainemääritys tehtiin kaksivaiheisena siten, että ensin näyte suodatettiin GFC-suodattimella (huokoskoko noin 1 µm), jonka suodoksesta tehtiin nuclepore-suodatus.

Tuijanpuron altaaseen kertyneen sedimentin määrä mitattiin kolme kertaa. Määrä arvioitiin vaaitsemalla sedimentin pinnan ja pohjan korkeusasemat ja laskemalla poikkileikkaustietojen perusteella sedimentin tilavuus. Sedimenttinäytteitä otettiin kaksi kertaa, ensimmäisen kerran keväällä 1996 ja toisen kerran keväällä 1997. Sedimenttinäytteistä analysoitiin märkä- ja kuivapaino, hehkutusjäennös, raekokojakauma ja kokonaisravinteet Suomen ympäristökeskuksen maa- ja jätelaboratoriossa.

Luomannevanojan tutkimuksessa vesinäytteet otettiin kertainäytteinä. Näytteenottolaitteistossa ilmenneiden ongelmien ja mittapadon jäätyksen vuoksi näytteitä otettiin myös käsivaraisesti. Kaikista näytteistä analysoitiin kiintoaine (Nuclepore, huokoskoko 0,45 µm), kokonaisfosfori ja kokonaistyyppi.

Luomannevanojan altaan sedimenttikertymää havaittiin sedimenttikeräimien avulla. Keräimiä aseteltiin pohjalle altaan rakentamisen yhteydessä ja niihin kertyneen sedimentin määrää ja laatua analysoitiin kesällä 1996.

Tutkimusten tulokset

Tutkimusten tuloksia on käsitelty aiemmin ilmestyneissä kolmessa osaraportissa. Yhteisessä väliraportissa (Häikiö ja Laitinen 1996) on esitetty mm. Tuijanpuron tutkimuksen ensimmäisen tarkkailujakson tuloksia. Erillisissä tutkimusraporteissa (Häikiö 1998, Laitinen ja Höglund 1998) on käsitelty tutkimusten tuloksia yksityiskohtaisemmin. Tässä raportissa kuvataan pääpiirteet niistä tuloksista, joilla on merkitystä altaan toimivuutta koskevien johtopäätösten kannalta.

3.1 Hydrologia

3.1.1 Tuijanpuro

Tuijanpuron valuma-alue on pieni ja järvetön, joten sille on tyypillistä virtaaman voimakas vaihtelu. Kuivana aikana Tuijanpurossa ei virtaa lainkaan vettä, mutta ylivaluma voi olla runsasvetisenä keväänä yli $200 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Vuosien 1995 ja 1996 keskivalumat olivat Tuijanpurolla $7,71 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$ ja $7,9 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Laukaassa sijaitsevan vertailualueen, Ruunapuron ($F = 5,39 \text{ km}^2$) vuosien 1961 - 1990 keskivaluma oli $8,1 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$.

Vaikka vuosien 1995 ja 1996 keskivalumat olivat Tuijanpurolla lähes yhtä suuria, valumat jakautuivat vuodenajoille eri tavoin. Vuoden 1995 suurin vuorokauden aikainen valuma ($Hq_d = 193 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) syntyi normaalin vuoden tapaan kevätvalunnan yhteydessä, kun taas vuoden 1996 suurin vuorokauden aikainen valuma ($Hq_d = 155 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) syntyi poikkeuksellisen sateisen heinäkuun aikana. Koko tutkimuksen aikainen suurin hetkellinen ylivaluma ($Hq_h = 256 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) havaittiin heinäkuussa 1996.

Ennen uoman kaivua tarkkailtiin virtaamaa ja veden laatua vajaan vuoden ajan. Kyseinen jakso syyskuusta 1994 toukokuuhun 1995 oli keskimääräistä sateisempi. Ajanjakson keskivaluma oli $14,4 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Vuoden 1995 kesä oli kuiva ja lähes sateeton. Ennen syyskuuta Tuijanpurossa ei käytännössä virrannut vettä noin kolmeen kuukauteen. Ensimmäisen kaivun jälkeisen tarkkailujakson aikana syyskuusta 1995 toukokuuhun 1996 oli niinkään keskimääräistä kuivempaa ja ajanjakson keskivaluma ($6,3 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) jäi vähäiseksi. Toisen kaivun jälkeisen tarkkailujakson keskimääräistä valumaa ($7,5 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$) kasvatti sateinen heinäkuu.

3.1.2. Luomannevanaja

Luomannevanojan valuma-alue on järvetön ja alueelle on tyypillistä virtaamien voimakas vuodenaikaisvaihtelu. Alueen keskivalumaksi on arvioitu $8 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^{-2}$. Kerran 20 vuodessa tapahtuvaksi ylivalumaksi on arvioitu $300 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$ ja alivalumaksi $0 \text{ l s}^{-1} \text{ km}^2$.

Mittausongelmista johtuen Luomannevanojalta ei saatu jatkuvia virtaamahavaintoja. Alueen keskimääräinen aluesadanta on 560 mm vuodessa. Koejakson

aikana oli pitkiä sateettomia jaksoja, joten valuma-alueen pienuuden vuoksi piennin virtaama mittapadolla on ollut 0 l/s. Jakson aikana suurin mitattu virtaama on ollut 60 l/s. Talvi 1996-1997 oli runsasluminen. Kumpanakin keväänä lumi sulii kuitenkin hiljalleen synnyttämättä suuria kevätvalumia. Suurimmat tutkimuksen aikaiset virtaamat syntyivät marraskuussa 1997, kaksi vuotta peruskuivatushankkeen toteuttamisesta.

3.2 Kiintoaine ja sen pidättyminen

3.2.1 Tuijanpuro

Tuijanpuron kiintoainepitoisuutta tarkkailtiin vajaan vuoden ajan ennen peruskuivatushankkeen toteuttamista. Tavoitteena oli tutkia kaivun vaikutusta ojan kiintoainepitoisuuteen ja kiintoainekulkeumaan. Uoman veden kiintoainepitoisuus vaihteli välillä 2 - 60 mg l⁻¹ ollen keskimäärin 11 mg l⁻¹. Kaivua edeltävää vedenlaatua voidaan kuvailla kiintoaineen osalta lähes luonnontilaiseksi. Perustilaisessa uomassa oli tiheä kasvipeite, joka esti uomaerosion tehokkaasti. Alueelta kulkeutuvan eroosion määrä jäi vähäiseksi, sillä alueen pelloista noin 60 % on nurmella ja siten ympärivuotisesti kasvipeitteistä.

Altaan rakentamisen jälkeisen vuoden aikana mittausasemien välinen uoma sortui useasta kohdasta ja myös altaan toinen seinämä liikkui. Kesällä 1996 rakenteet korjattiin, eikä niistä ole sen jälkeen irronnut sanottavasti maa-ainesta. Sortumien vuoksi tulokset on käsitelty erikseen näiltä kahdelta jaksolta.

Uoman kaivu lisäsi veden keskimääräistä kiintoainepitoisuutta sekä virtaaman ja kiintoainepitoisuuden välistä riippuvuutta merkittävästi. Spearmanin järjestyskorrelaatiokertoimella (r_s , Ranta ym. 1991) laskettu virtaaman ja kiintoaineen välinen riippuvuus oli ennen uoman kaivua 0,37 ($p < 0,01$) ja uoman kaivun jälkeisillä tutkimusjaksoilla 0,66 - 0,67 ($p < 0,01$).

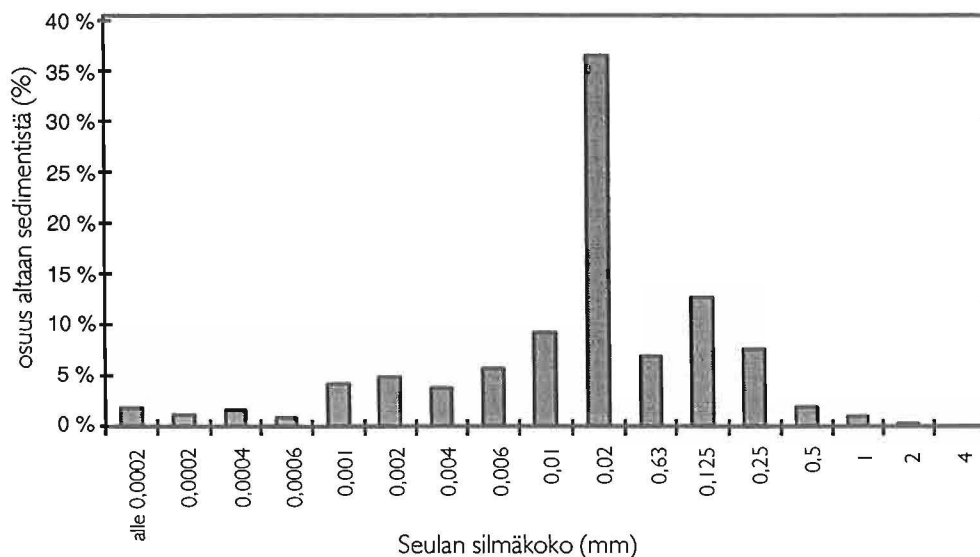
Ensimmäisellä tarkkailujaksolla kiintoainepitoisuus oli ylemmällä mittausasemalla keskimäärin 72 mg l⁻¹ ja vaihteli välillä 12 - 400 mg l⁻¹. Toisella kaivun jälkeisellä tarkkailujaksolla kiintoainepitoisuus oli keskimäärin 48 mg l⁻¹ vaihdellen välillä 9 - 390 mg l⁻¹. Suurin osa tutkimuksen aikana alueelta kulkeutuneesta kiintoaineesta lähti liikkeelle muutamasta eroosioherkästä uomanosasta. Kyseisissä kohdissa eroosion määrää lisäsi eroosioherkän maalajin ja keskimääräistä suuremman veden virtausnopeuden lisäksi paineellinen pohjavesi. Koko tarkkailujakson kiintoainekulkeumasta noin 85 % (31 500 kg) kulkeutui lumien sulamisen aiheuttaman kevätvalunnan yhteydessä ja noin 30 % (10 500 kg) kahden kevättulvan aikaisen maksimipäivän aikana huhti-toukokuussa 1996.

Tutkimusalueen uomien eroosiosta johtuen ensimmäisen kaivun jälkeisen jakson aikana altaan alapuolisen mittausaseman ohi kulkeutui jatkuvasti enemmän kiintoainetta kuin altaan yläpuolisen mittausaseman, vaikka havaintojen mukaan altaaseen pidättyikin materiaalia. Ensimmäisellä tarkkailujaksolla altaaseen arvioitiin kulkeutuneen noin 80 000 kg kiintoainetta. Määrästä noin puolet oli lähtöisin tutkimusalueen tulouomasta, joka on pituudeltaan vain noin 5 % (115 m) altaan yläpuolisesta uomasta. Altaaseen tulleesta materiaalista arvioitiin pidättyneen noin 45 000 kg, eli hieman alle 60 %. Arvio on suuntaa-antava, sillä kaikkia tutkimusalueen varastonmuutoksia ei voitu määrittää tarkasti. Voidaan kuitenkin pitää varmana, että allas pidätti merkittävän osan, eli ainakin puolet siihen kulkeutuneesta kiintoaineesta. Tutkimusalueen tulouomasta altaaseen kulkeutunut kiintoaine oli karkeampaa kuin tutkimusalueen yläpuolelta kulkeutunut, mikä lisäsi altaan pidätystehoa.

Tutkimusalueen uomat kunnostettiin kesällä 1996 ja toisella tarkkailujaksolla altaaseen saapui kiintoainetta ainoastaan tutkimusalueen yläpuolisen mittausaseman yläpuolelta. Tutkimuksen vesimittausten vuoksi altaan yläpuolisen mittausaseman yläpuolelle syntyi uomanosa, johon pidättyi tutkimusalueen yläpuolisessa uomassa pohjakulkeumana kulkeutunut materiaali. Tämän vuoksi altaaseen kulkeutui toisella tarkkailujaksolla ainoastaan veteen sekoittunutta materiaalia.

Toisella tarkkailujaksolla tutkimusalueelle kulkeutui kiintoainetta mittausten mukaan yhteensä noin 19 200 kg ja sitä poistui veden mukana 15 700 kg. Tämän perusteella kiintoainetta pidättyi toisella kaivun jälkeisellä tarkkailujaksolla noin 3 500 kg eli 18 % altaaseen tulleesta määrästä. Tarkkailujakso oli virtaamien suhteen erittäin poikkeuksellinen. Kevätvalunta jakautui tasaisesti, eikä varsinaista tulvahuippua esiintynyt. Tarkkailujakson aikana tutkimusalueelle kulkeutuneesta kiintoaineesta noin 40 % (7 500 kg) kulkeutui lumen sulamisen aiheuttaman valunnan mukana noin kahden kuukauden aikana. Kahden kevään maksimipäivän aikana kiintoaineesta kulkeutui noin 6 % (1 100 kg). Kevätvalunnan aiheuttaman kiintoainekulkeuman vähäinen osuus koko jakson aikaisesta kiintoainekulkeumasta johtuu poikkeuksellisen sateisesta heinäkuusta, jonka osuus koko jakson kiintoainevirtaamasta oli hieman alle 50 % (9 300 kg). Heinäkuun kahden maksimipäivän aikana kulkeutui yhteensä noin 36 % (7 000 kg) koko jakson aikaisesta kiintoainevirtaamasta.

Altaaseen kertyneen sedimentin määrää ja laatua tutkittiin kaksi kertaa. Sedimentin määrähavainnot tukevat vesianalyysien avulla laskettuja ainevirtaamia. Kevään 1997 havaintojen perusteella laskettiin sedimentin keskimääräinen tilavuuspainotteinen raekoostumus (kuva 2). Suurin osa sedimentistä kerrostui altaan tulopäähän ennen puoliväliä. Tämän jälkeen hienoaineksen osuus sedimentissä kasvoi ja sedimentin määrä väheni. Sedimentti koostui pääasiassa karkeaa hiesua suuremmista mineraalipartikkeleista. Altaaseen tulevan veden kuljettamasta kiintoaineesta suurin osa oli hietaa pienempiä partikkeleita. Tästä huolimatta altaaseen sedimentoituneessa materiaalissa on melko vähän hienoja jakeita.



Kuva 2. Raekokojen suhteelliset osuudet koko Tuijanpuron laskeutusaltaan sedimentissä.

3.2.2 Luomannevanaja

Luomannevanojasta otettiin muutamia vesinäytteitä ennen altaan kaivua ja uoman kunnostusojitusta. Näytteiden kiintoainepitoisuus vaihteli välillä 2 - 100 mg l⁻¹. Pitoisuudet olivat yllättävän pieniä, vaikka alueen pellosto suuri osa on keväisin kasvipeitteetöntä. Pieniä pitoisuuksia selittänevät hyvin alueen tasaisuus ja perustilaisen uoman kasvipeitteisyys.

Kaivun vaikutukset jäivät Luomannevanojalla havaintojen perusteella pienemmiksi kuin Tuijanpurolla. Kaivun jälkeisen kevään päivittäiset kiintoainepitoisuudet vaihtelivat välillä 5 - 170 mg l⁻¹. Korkein yksittäinen kiintoainepitoisuus havainto kaivun jälkeisen kevään aikana oli 270 mg l⁻¹.

Luomannevanojan virtaamahavaintoja ei voitu tehdä ympärivuotisesti, joten ainevirtaamiakaan ei voida laskea luotettavasti. Altaan toimivuudesta tehtävät päätelmät perustuvat pitoisuushavaintoihin.

Altaalla ei havaittu olevan suurta vaikutusta kiintoainepitoisuuksiin ja ajoittain altaan alapuoliset pitoisuudet ovat olleet yläpuolisia korkeampia. Altaaseen kertyneen sedimentin määrää ja laatua tutkittiin kesällä 1996. Havaintojen perusteella altaaseen sedimentoituneen materiaalin määrä jäi vähäiseksi ja sedimentti oli pääasiassa hiesua.

Heikkoa pidätystulosta selittänee parhaiten Luomannevanojan valuma-alueen savivalentainen pohjamaalaji. Vaikka alueelta olisi kulkeutunut paljon materiaalia, pohjamaalajista puuttuvat karkeat jakeet, jotka olisivat voineet liikkeelle lähdettyään voineet pidäytyä altaaseen. Tämän lisäksi altaan alhaiseen tehokkuuteen johtivat tutkimuksen aikaiset pienet virtaamat. Koko tutkimuksen aikana ei esimerkiksi esiintynyt merkittäviä kevätylivalumia, vaan lumen sulaminen jakautui pitkälle aikavälille.

3.3 Fosforin ja typen pidättyminen

3.3.1 Tuijanpuro

Ravinteiden osalta kaivun vaikutukset jäivät pienemmiksi kuin kiintoaineen suhteen. Yläasemalla havaitut pitoisuudet olivat samaa suuruusluokkaa kaivua edeltävän jakson pitoisuuksiin verrattuna.

Kokonaisfosforin ja kiintoainepitoisuuden välinen riippuvuus voimistui kaivun yhteydessä, mutta kokonaisfosforin pitoisuudet eivät nousseet yhtä paljon kuin kiintoainepitoisuudet. Kaivu lisäsi alueelta huuhtoutuvan kokonaisfosforin määrää, mutta ei todennäköisesti vaikuttanut lisäävästi liukoisen fosforin huuhtoutumiseen alueelta. Tutkimustulosten perusteella uomista erodoitunut vähäravinteinen kiintoaine päinvastoin satoi itseensä alueen pelloilta huuhtoutunutta liukoista fosforia etenkin ensimmäisen kaivun jälkeisen tarkkailujakson aikana, mikä näkyi fosfaattifosforipitoisuuksien pienenemisenä. Luonnollisen pitoisuusvaihtelun suuruutta ei voitu arvioida tutkimuksen aineistosta, joten tulos ei ole yksiselitteinen.

Kokonaistypen ja epäorgaanisen typen eri jakeiden pitoisuudet lisääntyivät kaivun yhteydessä lievästi verrattuna perustarkkailujaksoon. Vastakaivetun uoman osuutta pitoisuuksien kasvusta on mahdoton todeta, koska perustilaisen uoman vedenlaatutuloksia on vain yhdeltä vuodelta ja todennäköisesti merkittävä osa vaihtelusta johtuu luonnollista tekijöistä. Ojituksen yhteydessä kaivettiin umpeenkasvaneen lammen kohdalle syntynyttä liejukkooa. Tämä mahdollisesti lisäsi

alueelta huuhtoutuvan orgaanisen materiaalin määrää, mikä on todennäköisesti suurin yksittäinen kaivusta aiheutunut typpipitoisuuksien nousuun vaikuttanut syy.

Altaalla ei ollut koko tutkimuksen aikana merkittävää vaikutusta ravinteiden pidättäjänä. Ensimmäisen kaivun jälkeisen tarkkailujakson aikana altaaseen arvioidtiin pidättyneen kokonaisfosforia sedimentoituneen kiintoaineen mukana, mutta suurin osa altaaseen tulleesta kokonaisfosforista kulkeutui hienoon kiintoaineseen sitoutuneena altaan läpi. Toisella tarkkailujaksolla saavutettiin sekä kokonaisettä fosfaattifosforin osalta noin 6% pidättyminen.

Typen osalta lievää pidättymistä tapahtui sedimentaation ja denitrifikaation kautta, mutta pidättyminen oli kokonaisainevirtaamina mitattuna erittäin pieni. Kokonais-, sekä nitraatti- ja nitriittitypen suhteen saavutettiin toisella tarkkailujaksolla noin 3 % pidättyminen altaaseen. Ammoniumtyypeä allas vapautti toisen kaivun jälkeisen tarkkailujakson aikana ainevirtaamien perusteella noin 7 %. Tämän päällään johtuneen altaassa tapahtuneesta hajotustoiminnasta.

3.3.2 Luomannevanoja

Luomannevanon laskeutusallastutkimuksen yhteydessä keskityttiin ravinteiden osalta kokonaisravinteiden tarkkailuun. Allas ei tutkimustulosten mukaan vaikuttanut merkittävästi kokonaisfosforipitoisuuksiin, mutta lisäsi jatkuvasti kokonaisytypen pitoisuutta. Kokonaisytyppipitoisuuden kasvulle ei löydetty mitään yksiselitteistä syytä.

3.4 Ojien ja altaiden geotekninen mitoitus

Tuijanpuron maalajien ongelmallisuus oli tiedossa jo ennen kaivun alkua. Uoman luiskia loivennettiin paikoitellen alkuperäisen suunnitelman mukaisesta, mutta toimenpiteestä ei ollut suurta hyötyä etenkin herkästi erodoituvien uomanosien suhteen. Paikoitellen esiintynyt paineellinen pohjavesi ja häiriöherkät maalajit aiheuttivat sortumia ja hidastivat kasvipeitteen palautumista uoman luiskiin. Suurin osa koko tutkimuksen aikana syntyneestä kiintoainekuormituksesta on lähtöisin muutamasta eroosioherkästä uomanosasta, joiden yhteispituus oli noin 10 - 15 % koko uoman pituudesta. Eräs selitys tapahtuneelle on, että tavoiteltuun kuivatussyvyyteen pyrittiin liian nopeasti, vaikka paineellinen pohjavesi oli tiedossa kaivun aikana. Pohjaveden aiheuttamaa häiriötä yritettiin paikoitellen lieventää ojan suuntaisesti rakennetulla salaojalla, mutta tästä ei ollut suurta hyötyä.

Tuijanpuron laskeutusallas vahvistettiin jo rakennusvaiheessa suodatinkankaalla ja 0,3 - 0,4 m paksulla kiviverhouksella estämään altaan luiskien sortumat. Toisen puolen luiska liikkui noin metrin altaaseen päin, vaikka vahvistus pitikin luiskan sortumattomana. Luiskan painuminen johtui ainakin osittain kaivumasojen läjittämisestä liian lähelle allasta, vajaan kymmenen metrin päähän altaan luiskasta.

Tuijanpuron altaalle kuljettiin rakennusaikana poistouoman kohdalle rakennettua tieuraa pitkin. Altaan valmistumisen jälkeen poistouoma kivettiin samaan tapaan kuin allas, mutta kiveyksen alle ei laitettu suodatinkangasta. Ennen kiveystä uoma muotoiltiin häirityllä koheesiomaalla. Seuraavana keväänä poistouoma menetti muotonsa käytännössä täysin. Täyttömaata koossa pitäneet kitkavoimat hävisivät huokostilan kyllästyessä vedellä ja seurauksena oli maa-aineksen valuminen uomaan ja edelleen veden kuljettamana pois tutkimusalueelta.

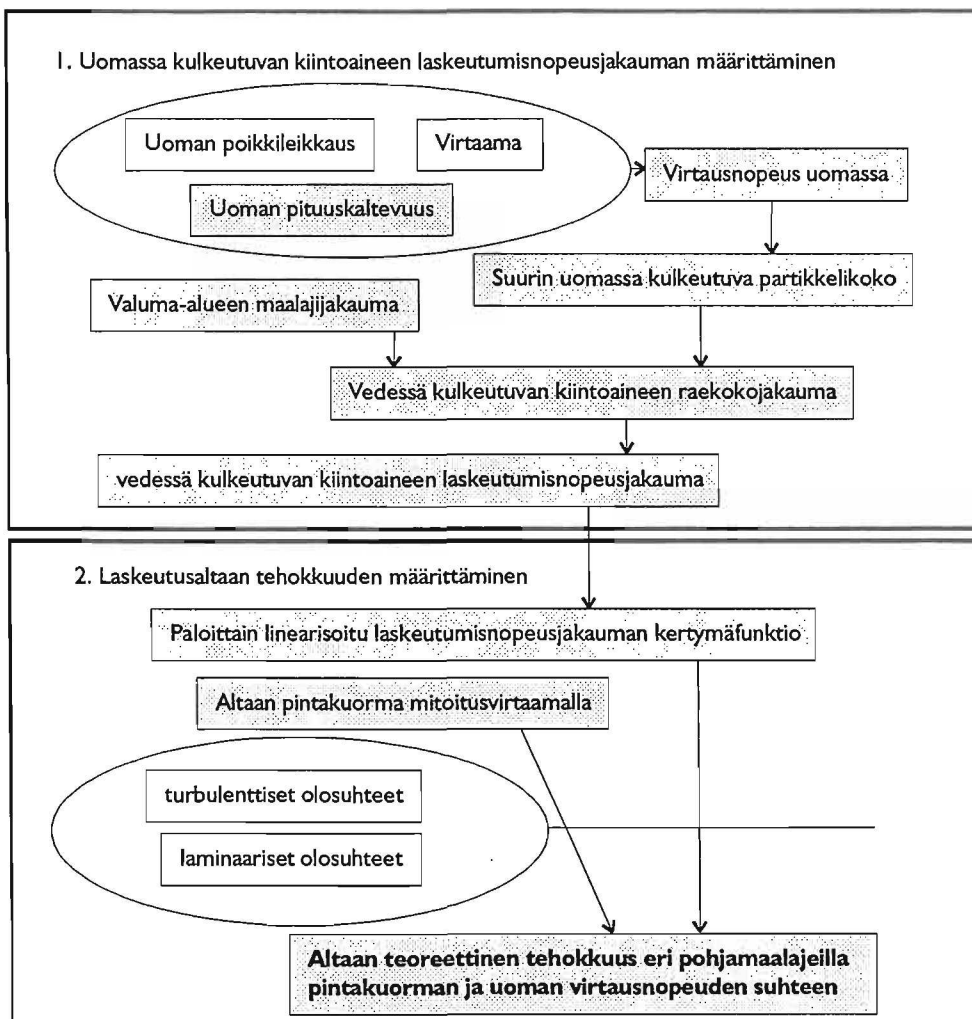
Luomannevanojan uoman luiskat ovat pysyneet hyvin kunnossa ja uomaan syntyi jo kaivun jälkeisenä kesänä voimakas kasvillisuus. Altaan luiskia jouduttiin jälkikäteen loiventamaan niihin syntyneiden liukumien vuoksi. Luiskien sortumat ovat voineet aiheuttaa lisäkuormitusta, jolloin heikosti toimineen altaan tehokkuus vain heikkeni entisestään.

Altaan geoteknisesti oikeaa mitoitusta tulisi korostaa altaan suunnittelun olennaisena osana. Altaasta, joka pidättää yläpuolelta tulevaa karkeaa kiintoainetta, mutta jonka luiskista vapautuu hienoja partikkeleita, ei ole suurta vesiensuojelullista hyötyä. Suunnitelmien tulee aina perustua riittäviin pohjatutkimuksiin sopivan allaspaikan löytämiseksi ja altaan luiskien koossapysymisen varmistamiseksi.

Malli altaan tehokkuuden arvioimiseksi

4.1 Mallin rakenne

Altaan yleisen toimintakyvyn arvioimiseksi hahmoteltiin altaan teoriaan (Huisman 1973 ja Cordoba-Molina ym. 1978) pohjautuva, altaan tehokkuutta kuvaava malli. Mallin avulla voidaan arvioida altaan suhteellista pidätystehokkuutta kiintoaineen suhteen, kun tunnetaan alueen pohjamaalaji, virtausnopeus altaaseen johtavassa uomassa ja altaan mitoitusparametrit. Mallin rakenteen periaatekaavio on esitetty kuvassa 3.



Kuva 3. Kiintoainepoistuman yleiseen arvioimiseen käytetyn mallin periaatekaavio.

Malli rakentuu kahdesta osasta, joista toista käytetään uomasta altaaseen kulkeutuvan kiintoaineen laadun määrittämiseen ja toista altaan tehokkuuden laskeamiseen. Malli ottaa huomioon ainoastaan vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin osuuden, joten pohjakulkeumana liikkuvan materiaalin vaikutus altaan pidätyskykyyn täytyy selvittää erikseen.

Malli pohjautuu osittain kokemusperäisesti valittuihin oletuksiin. Mallissa veteen sekoittuvan materiaalin raekokojakauma arvioidaan yksinkertaisella riippuvuussuhteella veden virtausnopeuden ja alueen pohjamaalajin perusteella. Todellisuudessa kiintoaineen kulkeutuminen on monimutkainen prosessi, jota ei voida selittää yksinkertaisten riippuvuussuhteiden perusteella. Mallin pohjana oleva teoria ja laskennassa käytetyt oletukset on käsitelty yksityiskohtaisemmin Tuijanpuron tutkimusraportissa (Häikiö 1998). Siinä on myös testattu mallia Tuijanpuron pohjamaalajilla (siHkMr). Testauksen perusteella mallin antama tulos vastaa suuruusluokaltaan käytännössä havaittuja poistumia, kun myös pohjakulkeuma otetaan huomioon. Malli soveltunee käytettäväksi altaan tarveselvityksen yhteydessä osoittamaan altaasta saatavan hyödyn suuruusluokkaa.

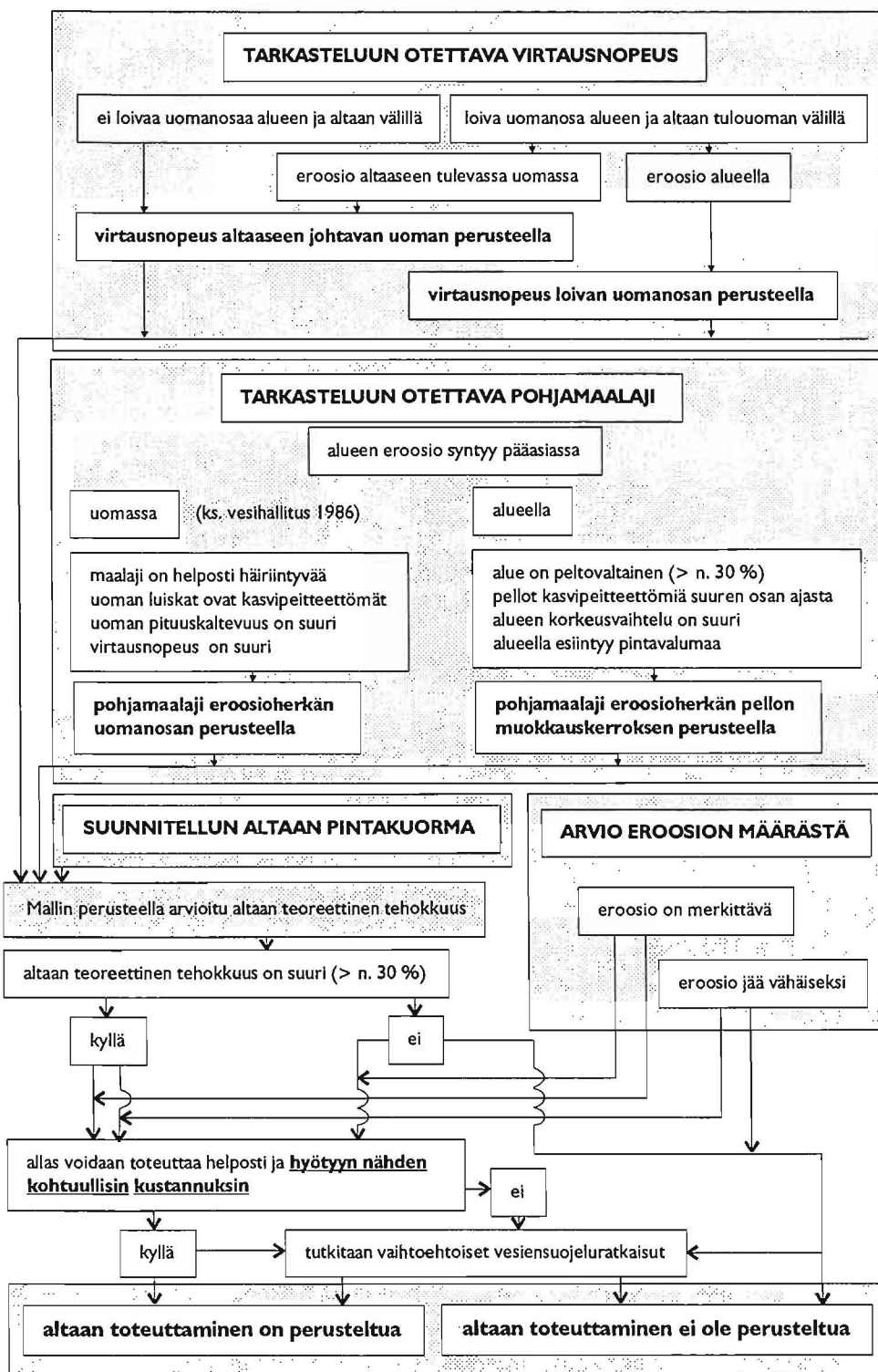
4.2 Mallin käyttö

Mallilla voidaan arvioida karkeasti altaan koon vaikutusta altaan suhteelliseen pidätyskykyyn, kun tunnetaan virtausnopeus altaaseen johtavassa uomassa ja alueen pohjamaalajin raekokojakauma. Mallilla ei voida arvioida altaan todellista tehokkuutta tai altaan täyttymiskehitystä, mutta se on käyttökelpoinen suunnitteluväline altaan perustamistarvetta ja suunnitellun altaan pinta-alan riittävyttä arvioitaessa.

Mallissa tarkasteluun otettava pohjamaalaji valitaan alueelta, jolla suurimman osan valuma-alueelta tulevasta kuormituksesta ennakoidaan syntyvän. Mikäli altaaseen kulkeutuu pääasiassa uomaerosion kautta liikkeelle lähtenyt materiaalia, on pohjamaalajin raekokojakaumana käytettävä eroosiolle alttiin uomanosan pohjamaalajia. Mikäli altaaseen kulkeutuva materiaali tulee olemaan pääasiassa pelloilta kulkeutuvaa kiintoainetta, käytetään mallin maalajina eroosiolle alttiin pellon muokkauskerroksen maalajia (kuva 4).

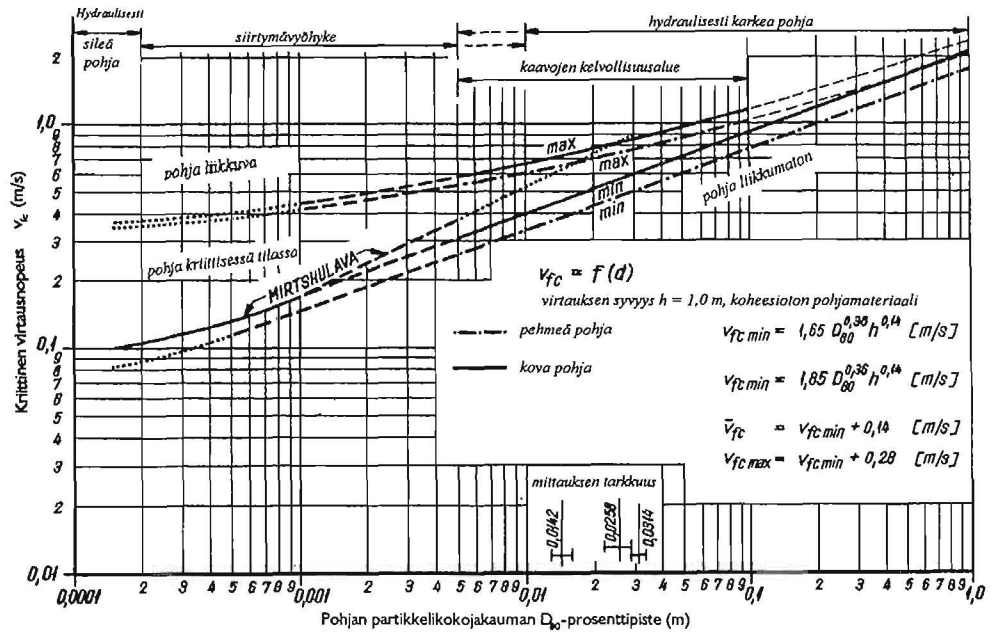
Virtausnopeus lasketaan altaan tulouoman kaltevuuden ja muiden dimensoiden perusteella. Mallin käyttöä hankaloittaa se, ettei koko uoman kaltevuus ole koskaan vakio. Loivissa kohdissa virtausnopeus on keskimääräistä pienempi. Tällaisiin kohtiin voi laskeutua laadultaan karkeaa kiintoainetta, mikä vähentää nopeasti laskeutuvan materiaalin osuutta altaaseen kulkeutuvasta kiintoaineesta. Mikäli altaaseen johtavan uoman kaltevuus on suuri heti altaan yläpuolella, mutta tämän kohdan yläpuolella on loiva uomanosa, jää valuma-alueelta altaaseen kulkeutuvan kiintoaineen laatu hienommaksi kuin mallin perusteella oletetaan. Mikäli suurin kuormitus kulkeutuu tällaisessa tilanteessa loivan uomanosan yläpuolelta, kannattaa mallissa käytettäväksi virtausnopeudeksi valita loivan uomanosan virtausnopeus. Mikäli pyritään vähentämään nimenomaan välittömästi altaan yläpuolella olevan jyrkän uomanosasta aiheuttamaa kiintoainekuormaa, valitaan mallissa käytetty virtausnopeus jyrkän uomanosan virtausnopeuden perusteella (kuva 4).

Kokonaispoistuman arvioimiseksi tulisi tuntea myös pohjakulkeuman osuus koko kiintoainekulkeumasta altaaseen johtavassa uomassa. Pohjakulkeuman määrää ei voida arvioida helposti. Pohjakulkeuman esiintymistä voidaan kuitenkin arvioida esimerkiksi Stelczerin (1981) esittämästä käyrästä (kuva 5), kun tunnetaan pohjamaalajin raekokojakauman D_{80} -prosenttipiste. Tarkemmin asiaa on käsitelty Tuijanpuron tutkimusraportissa (Häikiö 1998).



Kuva 4. Päätöksentekokaavio altaan suunnitteluun.

Altaan teoreettista tehokkuutta voidaan arvioida tyypillisille maatalousalueiden pohjamaalajeille laskettujen mallikäyrästä perusteella (luku 4.3, liite 5). Tulvaisuudessa altaan teoreettisen tehokkuuden määrittämiseen voidaan kehittää myös tarkempia menetelmiä, mikäli malliajojen tulokset osoittautuvat käyttötarkoitukseen nähden liian epätarkoiksi. Tarkemman mallin toteuttaminen ja käyttö vaativat huomattavasti enemmän infomaatiota valuma-alueen ominaisuuksista.



Kuva 5. Kriittisen pohjanopeuden suuruuden riippuvuus (koheesiottoman) uoman pohjan D_{80} -partikkelikoosta (Stelczer 1981; Suomennettu)

Altaan tehokkuuden lisäksi on kussakin tapauksessa syytä arvioida karkeasti alueelta kulkeutuvan eroosion määrä. Mikäli arvioitun eroosion määrä ja mallin perusteella arvioitu teoreettinen poistuma on suuri, on altaan toteuttaminen perusteltua. Mikäli jompikumpi ehto ei toteudu, vähenevät perusteet altaan toteuttamiselle (kuva 4).

4.3 Mallin sovitus maatalousalueiden tyypillisille pohjamaalajeille

4.3.1 Yleistä

Yleistämiskelpoisen informaation saamiseksi edellisissä luvuissa kuvattu kiintoaineen poistumaa kuvaava malli sovitettiin joillekin tyypillisten suomalaisten maanviljelysalueiden pohjamaalajeille (liite 5). Maalajit valittiin Suomen peltojen kuitvatustilatutkimuksen (KUTI) aineistosta, joka on kerätty vuosina 1989 - 1992 (Puustinen ym. 1994).

Malliajojen tulosten käyttö kannattaa rajoittaa altaan hyödyn arvioimiseen tarveselvityksen yhteydessä. Mallin antaman tuloksen ohella tulisi aina arvioida pohjakulkeuman mahdollista esiintymistä ja mahdollisuuksien mukaan myös sen suuruutta. Altaasta saatavan hyödyn määrää voidaan arvioida, kun tunnetaan altaan tehokkuus vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin suhteen, pohjakulkeuman suuruusluokka ja alueelta kulkeutuvan eroosion määrä. Altaasta saatava hyöty korostuu, mikäli alapuolisen vesistön liettyminen on suuri ongelma.

Tulosten tarkastelu

5.1 Edellytykset kiintoaineen poistolle

Tuijanpuron laskeutusaltaan tutkimus jakautuu kahteen toisistaan selkeästi poikkeavaan tarkkailujaksoon. Kun altaan tulouomasta erodoitui paljon kiintoainetta, arvioitiin altaan kokonaistehokkuudeksi kiintoaineen suhteen noin 60 % (Häikiö ja Laitinen 1996). Tällöin altaasta oli suurta hyötyä etenkin välittömästi altaan yläpuolisesta uomanosasta liikkeelle lähteneen materiaalin pidättäjänä. Kun altaan tulouoman eroosio estettiin, altaaseen kulkeutui pääasiassa hienoa, veteen sekoitunutta materiaalia tutkimusalueen yläpuolelta. Tällöin altaan kokonaistehokkuudeksi arvioitiin kiintoaineen suhteen noin 20 % (Häikiö 1998). Tutkimuksen aikana altaaseen sedimentoitunut materiaali oli laadultaan melko karkeaa. Hiedan, hiekan ja soran osuus sedimentin tilavuudesta oli noin 67 %. Valtaosa altaaseen sedimentoituneesta kiintoaineesta kertyi altaan alkupäähän noin 20 metrin matkalle.

Luomannevanojan laskeutusaltaan kiintoaineenpidätyskyky jäi tutkimustulosten perusteella vähäiseksi. Altaaseen kertyi vain vähän sedimenttiä, joka oli pääosin hiesua. Tutkimuksen aikaiset virtaamat jäivät pieniksi normaalia kuiveman ajankohdan vuoksi. Vaikka virtaamat, ja sen myötä kiintoainekulkeuma, olisivat olleet tutkimuksen aikaisia suuremmat, altaan suhteellinen pidätyskyky ei todennäköisesti olisi kasvanut merkittävästi. Alueen pohjamaalaji on pääasiassa savea, mikä yksinkin selittää heikkoa pidätystehokkuutta hyvin.

Kohtuullisen kokoinen allas voi pidättää tehokkaasti kiintoainetta ainoastaan, jos siihen kulkeutuvan materiaalin laatu on laskeutuksen kannalta riittävän karkeaa. Päätelmää tukevat Tuijanpuroilta ja Luomannevanojalta saatujen tulosten ja laskeutusteorian pohjalta tehtyjen mallilaskelmien lisäksi laskeutusaltaan kiintoaineen poistokykyyn vaikuttavia tekijöitä selvittäneet tutkimukset (Ahti ym. 1996, Bondurant 1975, Brown ym. 1981 ja Joensuu 1994).

Pyöreän partikkelin teoreettisen laskeutumisenopeuden ja laskeutusteorian perusteella voidaan arvioida, että pintakuormaltaan 1 - 2 m h⁻¹ laskeutusaltaaseen pidätyvät tehokkaasti halkaisijaltaan 0,015 - 0,02 mm ja sitä suuremmat mineraalipartikkelit eli partikkelit, joiden laskeutumisenopeus ylittää 0,5 - 1 m h⁻¹.

Laskeutusteorian perusteella altaaseen pidättyy aina jonkin verran myös hitaasti laskeutuvaa kiintoainetta, mikäli sitä on altaaseen saapuvassa vedessä. Altaan tehokkuus jää kuitenkin vähäiseksi hitaasti laskeutuvien partikkeleiden suhteen, paitsi jos altaan pintakuorma on erittäin pieni tai jos yksittäiset partikkelit yhtyvät nopeammin laskeutuviksi hiukkasiksi joko altaassa tai välittömästi ennen sitä. Pintakuormaa voidaan pienentää kasvattamalla altaan pinta-alaa, mutta käytännössä altaan pinta-alan kasvattaminen hienon hiesun tai saven tehokkaan poiston edellyttämiin mittoihin on mahdotonta. Kustannussyistä myöskään vedessä kulkeutuvien hiukkasten laskeutumisenopeuden kasvattaminen kemiallisella käsittelyllä ei tule kysymykseen maatalouden vesien suojelemissa.

Luomannevanojan altaan tehokkuus jäi heikoksi, vaikka altaan pintakuorma oli koko tutkimuksen aikana 0 - 0,3 m h⁻¹ ja teoriassa myös hitaasti laskeutuvien

partikkeleiden pidättymistä olisi voinut tapahtua. Todennäköisesti pienten partikkeleiden laskeutumisesta häiritsevät tekijät ovat haitanneet puhdistusta merkittävästi, mutta mahdollisesti tulosta heikensi myös altaan eroosio.

Arvioitaessa tietyllä altaalla saavutettavaa kiintoainepoistumaa on lähtökohdaksi otettava valuma-alueen ominaisuudet. Eroosioon liittyviä aluetekijöitä ovat tutkineet Suomessa ainakin Mansikkaniemi (1982), Seuna (1982) ja Pajala (1989). Eroosion voidaan yleistäen arvioida olevan suurta siinä tapauksessa, että pohjamaalaji on helposti erodoituvaa, alueen kaltevuus on melko suuri ja alue on ainakin osittain kasvipeitteetöntä. Eroosion määrään vaikuttaa myös useita muita tekijöitä. Tällaisia ovat muun muassa maan kyllästysaste, sulamisvesien osuus vuotuisesta valunnasta ja alueella esiintyvän sateen rankkuus. Ojien kaivun vuoksi eroosion määrä voi tilapäisesti moninkertaistua perustilanteeseen verrattuna.

Allas ei välttämättä pidätä tehokkaasti alueelta tulevaa kuormitusta, vaikka eroosio olisikin suuri. Ahti ym. (1996) tutkivat valuma-alueen ominaisuuksien vaikutusta altaiden täyttymiskehitykseen metsäojitusalueilla. Heidän mukaansa altaan täytyminen oli suurinta alueilla, jossa pohjamaalajeina olivat keskikarkeat tai karkeat lajittuneet pohjamaalajit. Tällaisella alueella altaan täytyminen on normaalinkin eroosion esiintyessä nopeahkoa, koska altaaseen kulkeutuvan kiintoaineen laatu on laskeutuksen kannalta sopivaa.

Maatalousalueiden tyypillisillä pohjamaalajeilla tehtyjen mallilaskelmien (luku 4.3.2) perusteella voidaan arvioida, että altaan tehokkuus kaltevalla alueella riippuu oleellisesti pohjamaalajin raekokojakaumasta. Tasaisella alueella altaan tehokkuus jää pieneksi pohjamaalajista riippumatta. Tällöin laskeutumiskykyisen kiintoaineen liikkeelle lähtemisen edellytykset puuttuvat, tai liikkeelle lähteneet laskeutumiskykyiset partikkelit laskeutuvat loivaan uomaan. Esimerkiksi Taponen (1995) tutki Uudellamaalla kolmea laskeutusallasta, joiden tehokkuus jäi tutkimuksen perusteella melko pieneksi. Hän arvioi karkean kiintoaineen pidättävän loivaan uomastoon ennen altaita, jolloin altaiden teho jäi väistämättä heikoksi.

5.2 Edellytykset ravinteiden poistolle

Tuijanpuron altaalla ei ollut suurta vaikutusta alueelta kulkeutuvan ravinnekuormituksen pidättäjänä. Sekä kokonais- että fosfaattifosforin osalta saavutettiin noin 6 %:n pidättäminen. Kokonais-, sekä nitraatti- ja nitriittitypen suhteen saavutettiin noin 3 %:n pidättäminen altaaseen. Ammoniumtypen pitoisuutta allas lisäsi toisen tarkkailujakson ainevirtaamien perusteella noin 7 %.

Luomannevanon havainnot ovat saman suuntaisia Tuijanpuron havaintojen kanssa. Allas ei pidättänyt fosforia ja vapautti tyyppeä käytännössä jatkuvasti.

Tutkimusten tulokset tukevat päätelmää, ettei altaista ole merkittävää hyötyä ravinteiden poiston kannalta. Vastaavia tuloksia ovat esittäneet ainakin Taponen (1995), Reddy ym. (1982) ja Devito ym. (1989). Toisaalta on esitetty tutkimustuloksia, joiden perusteella altailla olisi ollut kiintoaineen pidättymisen ohella myös ravinteita pidättävä vaikutus ainakin ajoittain (Hirvonen ym. 1996, Braskerud 1995, Lindkvist ja Håkansson 1993).

Ravinteiden pidättäminen kasvittomaan altaaseen on ilmeisesti selitettävissä pääasiassa sedimentaatiolla. Kokonaisfosforin osalta hyvään puhdistustulokseen päästään todennäköisimmin karkeilla (hHk) ja voimakkaasti lajittuneilla keskikarkeilla (kHs, Ht) maalajeilla, kun merkittävä osa kokonaisfosforista kulkeutuu nopeasti laskeutuvaan kiintoaineeseen sitoutuneena ja pidättyy altaaseen sedimentoitumalla. Liukoisen fosforin pidättäminen kasvittomaan altaaseen edellyttää sen sitoutumista altaaseen sedimentoituvan kiintoaineen pinnalle. Typen poistuminen edellyttää orgaanisen kiintoaineen sedimentoitumista altaaseen tai nitrifikaatio-denitrifikaatio-prosesseille suotuisien olosuhteiden syntyä.

5.3 Altaan mitoitukseen ja perustamisedellytyksiin vaikuttavat tekijät

Tutkimuksessa rakennetun mallin antamat tulokset viittaavat siihen, että altaan pintakuorman suhteellinen vaikutus kiintoainepoistumaan on suuri erityisesti silloin, kun altaaseen kulkeutuvan kiintoaineen laskeutumisnopeus on pieni. Tällainen tilanne syntyy, kun veden virtausnopeus altaaseen johtavassa uomassa on pieni, tai kun valuma-alueen pohjamaalajit koostuvat enimmäkseen hienoista maalajeista.

Virtausnopeuden kasvaessa altaaseen johtavassa uomassa myös altaaseen kulkeutuvan nopeasti laskeutuvan kiintoaineen määrä kasvaa. Tällöin altaan pintakuorman suhteellinen vaikutus altaan tehokkuuteen vähenee. Tämä johtuu siitä, että karkea materiaali laskeutuu nykyisen mitoituksen mukaiseen altaaseen kokonaisuudessaan, kun taas altaaseen pidäytyvän hienon materiaalin määrä riippuu oleellisesti altaan pintakuorman suuruudesta. Esimerkiksi Joensuu (1994) havaitsi pintakuorman ja altaan kokonaistehokkuuden yhteyden nimenomaan alueilla, joiden pohjamaalaji koostui pääasiassa hienoista maalajeista. Karkeammilla pohjamaalajeilla vastaavaa yhteyttä ei ollut.

Tuijanpuron ja Luomannevanon tutkimusten tulokset viittaavat siihen, että hienojen partikkeleiden tehokas laskeutus ei onnistu nykyisen mitoituksen mukaisella allasrakenteella. Vastaavia tuloksia on esitetty myös muissa tutkimuksissa (mm. Taponen 1995, Brown ym. 1981). Altaaseen pidätyntä karkea materiaali puolestaan pidättyy pääasiassa altaan alkupäähän. Vastaavia tuloksia ovat esittäneet ainakin Tiihonen (1994) ja Bondurant (1975).

Esimerkiksi keskikarkea hiesupartikkeli, jonka halkaisija on 0,01 mm ja Stokesin lain mukainen laskeutumisnopeus noin $0,25 \text{ m h}^{-1}$, ei enää laskeudu tehokkaasti altaaseen jonka pintakuorma ylittää 1 m h^{-1} . Vastaavasti keskikarkea hietapartikkeli, jonka halkaisija on 0,08 mm ja jonka arvioitu laskeutumisnopeus on noin 16 m h^{-1} , laskeutuu tehokkaasti jo pienehköön altaaseen.

Mikäli altailla pyritään pidättämään merkittävässä määrin myös hietaa hienompia partikkeleita, altaiden mitoitusta tulisi väljentää huomattavasti nykyisestä. Mikäli taas pyritään pidättämään pelkästään karkeita materiaaleja, altaan mitoitusta voidaan pienentääkin.

Nykyisin käytössä olevat mitoituserusteet maatalouden laskeutusaltaille on esitetty taulukossa 3 (Heino ym. 1992). Pintakuorman osalta mitoituserusteet ottavat huomioon karkean materiaalin laskeutusvaatimukset ja pyrkivät lisäksi hienon materiaalin osittaiseen pidätymiseen. Tutkimustulokset viittaavat siihen, ettei altaiden nykyisen mitoituksen lähtökohtia ole syytä muuttaa ainakaan pintakuorman osalta. Sen sijaan altaan perustamisedellytyksiin, sijoituspaikan valintaan sekä altaan muotoon ja syvyyteen tulisi kiinnittää huomiota.

Altaan toteutusedellytykset tulisi harkita tarkkaan jokaisessa kohteessa erikseen. Allas kannattaa toteuttaa ainoastaan, mikäli altaalle löydetään geoteknisesti sovelias paikka. Altaasta ei todennäköisesti ole suurta hyötyä alueilla, joissa siihen tuleva kuorma on vähäistä ja materiaali laadultaan hitaasti laskeutuvaa. Tällainen tilanne syntyy, mikäli alueen pelloista suuri osa on jatkuvasti kasvipeitteistä, alueen pinnankaltevuudet ovat pieniä ja alueen pohjamaalaji pääasiassa savea. Mikäli valuma-alue on jatkuvasti kasvipeitteetöntä, pinnankaltevuudeltaan suurta ja alueen pohjamaalaji on pääasiassa hietaa tai karkeampia materiaaleja, on altaasta saatava hyöty todennäköisesti suurimmillaan. Altaasta saatava hyöty korostuu, mikäli alapuolisen vesistön liettyminen on suuri ongelma.

Taulukko 3. Suomen maataloudessa nykyisin käytössä olevat laskeutusaltaan mitoitusperusteet (Heino ym. 1992).

Määrävä tekijä	Ohjeellinen arvo
mitoitusvirtaama	MHQ
pintakuorma	2 m h ⁻¹
viipymä mitoitusvirtaamalla	0,5 - 1 h
minimitilavuus	viipymän perusteella
altaan enimmäisleveys	käytettävissä olevan kaluston perusteella
syvyys	mahdollisimman suuri
virtausnopeus	laskeutettavaksi halutun raakoon perusteella
poikkileikkauksen pinta-ala	halutun virtausnopeuden perusteella

Altaan tehokkuutta ja soveltuvuutta vesiensuojelumenetelmäksi voidaan arvioida kuvassa 4 esitetyn päätöksentekokaavion pohjalta. Kaaviossa on esitetty aluetekijät, jotka tulisi huomioida suunnitellun altaan hyötyä arvioitaessa. Altaan suhteellista tehokkuutta voidaan arvioida karkeasti Suomen maatalousalueille tyyppillisten pohjamaalajien perusteella laskettujen käyrästöjen avulla (liite 5), jotka on tarkoitettu päätöksenteon ja suunnittelun apuvälineiksi. Käyrästöjen perusteella arvioitu altaan tehokkuus on ainoastaan suuntaa antava. Altaan rakentamisesta saatavaa hyötyä voidaan arvioida, mikäli tunnetaan alueelta tulevan kuorimituksen määrä ja laatu, suunnitellun altaan arvioitu tehokkuus ja altaan arvioidut toteuttamiskustannukset. Altaan suunnittelun yhteydessä tulisi aina selvittää myös muiden vaihtoehtoisten vesiensuojelumenetelmien toteuttamismahdollisuudet ja niiden toteuttamisesta saatava hyöty.

5.4 Ehdotukset altaan suunnitteluun ja toteutukseen

Allas kannattaa toteuttaa mahdollisimman vähäisellä kaivulla, sillä kustannusten kasvun lisäksi kaivulla on aina jonkin verran haitallisia vesistövaikutuksia. Mikäli nykyisen mitoituksen mukainen allas perustetaan puhtaasti kaivamalla, nousevat altaan toteuttamiskustannukset väistämättä korkeiksi. Todennäköisesti investoinnille ei saada koskaan vastinetta, mikäli allas perustetaan alueelle, jossa sen toimintamahdollisuudet ovat pienet. Joissakin tilanteissa altaalle löytyy luontaisesti sopiva paikka, jolloin allas voidaan perustaa lähes pelkästään padottamalla vettä uomaan.

Laskeutusaltaita voidaan käyttää myös muita vesiensuojelumenetelmiä täydentävänä ratkaisuna. Esimerkiksi kosteikkoon johdettavan veden esikäsitteilyyn on yleensä syytä käyttää laskeutusallasta, mikäli suunnitteilla olevaan kosteikkoon oletetaan kulkeutuvan myös karkeaa kiintoainetta. Allas hidastaa kosteikon tukkeutumista ja pidentää sen käyttöikä, minkä lisäksi kiintoaine on huomattavasti helpompi poistaa altaasta kuin kosteikosta. Tällaisessa tilanteessa altaasta saatava suoranainen hyöty voi jäädä vesiensuojelun kannalta vähäiseksi, mutta kosteikon käyttöiän pidentymisen kautta saatava hyöty voi olla merkittävä.

Mikäli allas toteutetaan itsenäisenä vesiensuojeluratkaisuna, kannattaa todennäköisesti pyrkiä rakenteeseen, joka mahdollistaa kasvillisuuden levittäytymisen altaan loppupäähän. Karkean kiintoaineen pidätyksen kannalta altaan loppupäähän syntyvällä kasvillisuusvyöhykkeellä ei ole suurta merkitystä, koska nopeasti laskeutuva karkea materiaali pidättyy pääasiassa jo altaan alkupäässä. Kasvillisuusvyöhykkeellä voi olla positiivinen vaikutus altaan kykyyn pidättää ravinteita, minkä lisäksi tiheä kasvillisuus voi suodattaa vedestä hitaasti laskeutuvia partikkeleita.

Eräänä vaihtoehtona nykyiselle tasavyvyiselle altaalle on syvyydeltään kaksiosaisen altaan toteuttaminen. Tällaisesta altaasta on esitetty melko lupaavia tutkimustuloksia ainakin Norjassa (Braskerud 1995). Ensimmäinen osa on syvä, laskeutukseen tarkoitettu, ja toinen osa kasvillisuuden tehokkaan levittäytymisen kannalta riittävän matala osa. Kasvillisuudesta saatavan hyödyn lisäksi altaan toteuttamiskustannukset laskevat kaivumassojen vähenemisen myötä.

Altaan laskeutusosan osuus koko pinta-alasta tulisi harkita erikseen alueen pohjamaalajin ja perustamispaikan olosuhteiden perusteella. Sopivaksi laskeutusosan pinta-alaksi voidaan arvioida noin puolet nykyisen mitoituksen mukaisen altaan pinta-alasta. Laskeutusosan koko riippuu siitä, kuinka karkeaa materiaalia alueelta odotetaan kulkeutuvan. Hienohkoilla ja keskikarkeilla pohjamaalajeilla laskeutusosa on suunniteltava suuremmaksi kuin karkeilla materiaaleilla. Laskeutusosan koon arvioinnissa tulisi huomioida vaaditun pintakuorman lisäksi myös alueelta tulevan kuormituksen määrä. Laskeutusosan tilavuus on suunniteltava sellaiseksi, että se riittää pidättämään halutun tyhjennysvälin aikana altaaseen saapuvan karkean kiintoaineen. Joissakin tilanteissa vaadittu tilavuus voi olla laskeutusosan pinta-alaankin vaikuttava tekijä, sillä allasta ei kannata pyrkiä toteuttamaan liian syvänä.

Altaan poistorakenteena on usein käytetty erilaisia padottavia rakenteita, jolloin sen vedenkorkeus, pintakuorma ja tilavuus riippuvat kulloinkin esiintyvistä virtaamasta. Tällä parannetaan altaan hydraulista toimivuutta eri vuodenaikoina ja erilaisilla virtaustiloilla. Virtauksen pohjanopeus saattaa ylittää kriittisen pohjanopeuden arvon, mikäli poistorakenne ei ole padottava. Tällöin vesi irrottaa mukaansa altaaseen sedimentoitunutta hienoa materiaalia, mikä heikentää altaan toimivuutta. Eräs padottavasta rakenteesta saatava hyöty on altaan jääpeitteen aiheuttamien ongelmien väheneminen, kun allas jäätyy syksyllä alhaiselle tasolle. Padottavalla poistorakenteella varustetussa altaassa kevätvalunta ohjautuu pääasiassa jään päälle ja sedimentin resuspensio jää vähäiseksi. Padotuksen vaikutus valuma-alueen kuivatussyvyyteen on vähäinen ja haitta esiintyy ainoastaan suuren virtaaman yhteydessä, jolloin vedenpinta valtaojassa on joka tapauksessa korkealla.

Altaan poistorakenne on yksinkertaisinta toteuttaa veden korkeutta säätelevällä V-padolla, jolla voidaan myös mitata virtaamaa. Myös muunlaiset padottavat rakenteet tulevat hyvin kyseeseen. Edellytyksenä on rakenteen varmatoimisuus ja helppo toteutettavuus.

Pienen virtaaman aikana altaan kasvillisuusosan veden korkeudeksi tulisi valita 0,1 - 0,5 m ja suuren virtaaman aikana 0,5 - 1 m. Vastaavasti altaan laskeutusosan ohjeellinen veden korkeus olisi pienen virtaaman aikana noin 1 m ja suuren virtaaman aikana noin 1,5 m.

Altaan onnistuneen ja edullisen toteutuksen kannalta realistiset ja huolella laaditut suunnitelma-asiakirjat ovat ensiarvoisen tärkeitä. Altaiden suunnittelua tulisi yhtenäistää siten, että suunnitelmissa vaaditaan riittävä selvitys altaan hyödyn ja perustamismahdollisuuksien kannalta olennaisista asioista, ennenkuin altaan perustamiseen ja ylläpitoon sijoitetaan valtion varoja tai työpanosta.

Altaiden suunnittelussa tulisi aluksi tehdä tarveselvitys, jossa arvioidaan altaan käyttömahdollisuudet (taulukko 4). Mikäli allas päätetään tarveselvityksen jälkeen toteuttaa, tulisi altaan suunnittelussa painottaa edullista toteutustapaa ja geoteknisen mitoituksen tärkeyttä altaan vakavuuden varmistamiseksi (Heino ym. 1992). Lisäksi altaan sopivuus maisemaan sekä hydraulisten vaatimusten mukaiset altaan muoto ja syvyys ovat eräitä altaan suunnittelun kannalta olennaisia asioita (taulukko 5).

Taulukko 4. Altaan tarveselvityksessä huomioon otettavia asioita

Tarveselvityksen asialista	Toteutustapa
valuma-alueen koko	rajataan peruskartalle
alueen peltoprosentti	lasketaan viljelysuunnitelmista tai peruskartalta
alueen avonaisuus	arvioidaan viljelysuunnitelmista viljelykasvit ja viljelytapa, havainnot
valtaojan avonaisuus	ojituksen ajankohta, havainnot
pohjamaalaji	arvioidaan peruskuivatuksen suunnitelma-asiakirjoista, tarvittaessa analyysi
muokkauskerroksen maalaji	viljavuusselvityksistä, tarvittaessa analyysi
ojan kaltevuus	peruskuivatuksen suunnitelma-asiakirjoista
valumaveden laatu	silmämääräiset havainnot tai vesianalyysit
altaan teoreettinen tehokkuus	arvio mallin mukaisesta tehokkuudesta
päättöksentekokaavio (kuva 4)	voidaan käyttää toteuttamispäätöksen pohjana

Taulukko 5. Altaan suunnittelussa huomioon otettavia asioita

Altaan suunnittelun asialista	Toteutustapa
maaperätutkimukset	riittävät tutkimukset paikan soveltuvuuden varmistamiseksi
geotekninen mitoitus	riittävä varmuus luiskien sortumista tai liukumia vastaan
altaan toteuttamiskustannukset	minimoidaan kaivumassat, edullinen mutta kestävä poistorakenne
altaan sopivuus maisemaan	luontainen paikka jos mahdollista
altaan hydraulinen toimivuus	erityinen huomio mitoitusvirtaaman aikaisen virtauksen ohjautumiseen
altaan mitoitusparametrit	ks. sivu 23 (Heino ym. 1992)
poistorakenteen mitoitus	padottava rakenne, esim. V-pato
altaan piirokset	pintakuva, poikkileikkaus, pituusleikkaus ja poistorakenne
altaan suunnitelma-asiakirjat	tulisi sisältää ainakin edellä esitetyt asiat riittävällä tarkkuudella

5.5 Jatkotutkimuksen tarve

Suomessa laskeutusallastutkimusten tuloksia on esitetty suhteellisen vähän. Teorian, aiempien ja nyt tehtyjen tutkimusten pohjalta pystytään kuitenkin jo melko hyvin arvioimaan altaista saatavan hyödyn suuruutta. Täysmittakaavaisten laskeutusallastutkimusten toteuttamiskustannukset ovat korkeat, eikä yksittäisten altaiden tutkimustulosten tuoma lisäarvo ole välttämättä kovin suuri.

Jatkossa täysmittakaavaiseen altaiden tutkimukseen suunnattavat voimavarat kannattaneet kohdistaa uusien allasratkaisujen tutkimukseen alueille, joissa eroosio on merkittävä ongelma ja laadultaan sellaista, että altaiden voidaan olettaa toimivan. Eräitä mielenkiintoisia tutkimuskohteita ovat kaksiosaisina tai luonnonmukaisesti padottamalla toteutetut allasrakenteet. Käytännössä tutkimustulosten yleistettävyyden, eli altaan toimivuuteen vaikuttavien tekijöiden empiirisen mallinnuksen ja hyöty-kustannusanalyysin tekemisen edellytys on laajahkon tutkimusaineiston kerääminen erilaisista allasratkaisuista useissa kohteissa.

Nyt toteutetun allasmallin tarkkuutta ei voida pitää kovin hyvänä, koska altaan pidätyskykyyn vaikuttavat aluetekijät jouduttiin kuvaamaan puutteellisesti ja yksinkertaisilla riippuvuussuhteilla. Malleja ja muita suunnittelutyökaluja tulisi kehittää, mikäli laskeutukseen viljelyalueiden vesiensuojelumenetelmänä halutaan edelleen panostaa. Tähän liittyen aluetekijöiden ja altaan pidätyskykyyn välisten riippuvuussuhteiden tarkempi tunteminen on ensiarvoisen tärkeää. Pel-

kästä laskeutusaltaiden tutkimuksesta ei kuitenkaan välttämättä saada merkittävää lisäinformaatiota. Eräänä lähestymistapana voisi olla eroosioon ja ainekulkeumaan vaikuttavien valuma-aluemekanismien tarkempi selvittäminen. Eroosio-, kulkeutumis- ja sedimentaatiomekanismeja kuvaavien mallien kytkeminen jo suhteellisen tarkkoihin hydrologisiin malleihin toisi merkittävää lisäarvoa sekä tutkimuksen, että käytännön sovellusten kannalta myös pelkkiä altaita laajemmalle sovellusalueelle.

6

Johtopäätökset

Tutkimustulokset osoittavat, että laskeutusaltaasta saatava vesiensuojelullinen hyöty on varsin rajallinen. Tuijanpuron laskeutusallas pidätti suuren osan siihen kulkeutuneesta kiintoaineesta silloin, kun kiintoaine oli laadultaan helposti laskeutuvaa. Altaan pidätysteho laski merkittävästi, kun altaaseen saapuvan kiintoaineen laatu muuttui hienommaksi. Luomannevanojan allas ei pidättänyt kiintoainetta koko tutkimuksen aikana juuri lainkaan. Ravinteiden suhteen kummankin altaan toimivuus jäi vähäiseksi.

Altaalla saavutettava hyöty rajoittuu altaaseen kulkeutuvan karkean kiintoaineen poistoon. On epätodennäköistä, että nykyisen mitoituksen mukaisilla altailla olisi myös muita merkittäviä vesiensuojelullisia vaikutuksia.

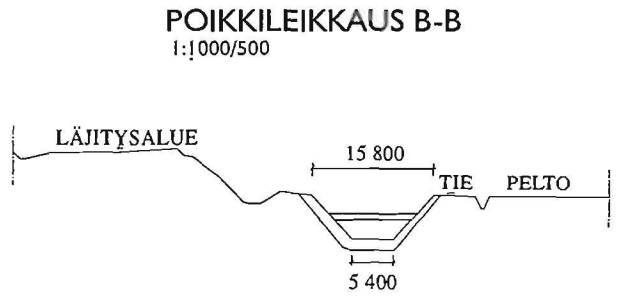
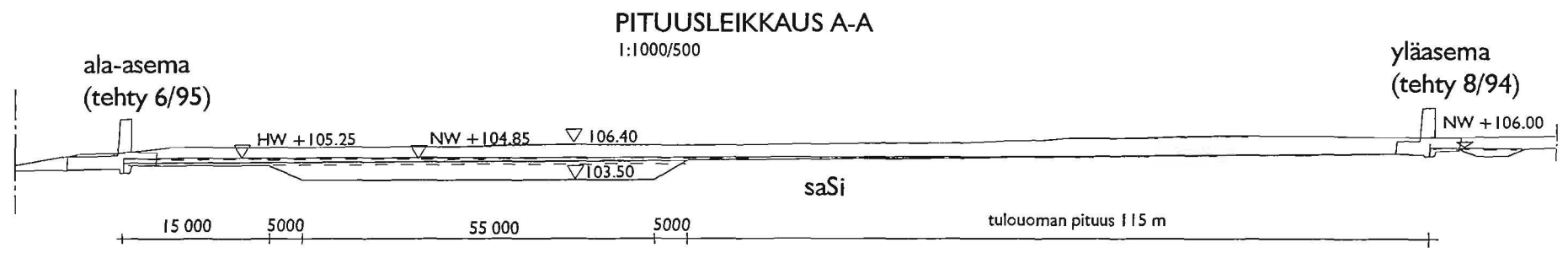
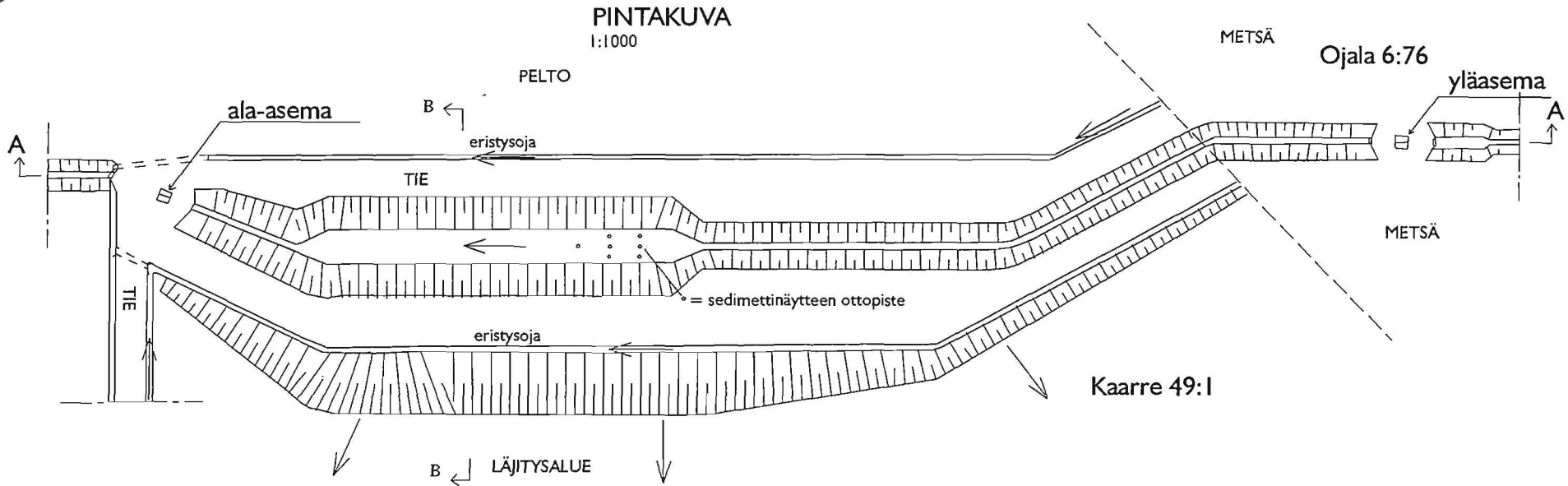
Laskeutusteorian ja eri tutkimusten pohjalta arviotuna laskeutusallas soveltuu heikosti yleisesti käytettäväksi viljelyalueiden vesiensuojelumenetelmäksi, joskin siitä voi olla joissakin tilanteissa suurta hyötyä partikkelimuodossa kulkeutuvan kuormituksen pidättäjänä. Altaan toteuttamisedellytykset tulisi arvioida kussakin tilanteessa tarkasti. Altaan toteuttamisedellytyksiä voidaan tarkastella tässä tutkimuksessa esitettyjen yleisperiaatteiden pohjalta. Mikäli altaalla saavutettava hyöty arvioidaan vähäiseksi, tulisi käyttää alueelle paremmin soveltuvia vesiensuojeluratkaisuja.

Yksittäisestä altaasta voi olla hyötyä, mikäli valuma-alueen tai uoman eroosio on merkittävää ja alueelta kulkeutuva materiaali on laadultaan melko karkeaa. Eriyistä hyötyä altaasta voi olla peruskuivatushankkeesta aiheutuvan vesistökuormituksen vähentäjänä, sillä useissa tapauksissa merkittävä osa ojituksen yhteydessä uomasta liikkeelle lähtevästä materiaalista on pidätettävissä helposti laskeutusaltaaseen. Yksittäisestä altaasta saatava hyöty korostuu, mikäli altaan alapuolisen vesistön liettymisestä aiheutuu merkittäviä ongelmia. Altaasta voi olla joissakin tilanteissa välillistäkin hyötyä, mikäli sillä ehkäistään esimerkiksi varsinaiseksi vesiensuojelumenetelmäksi tarkoitettun kosteikon tukkeutumista.

Lähdeluettelo

- Ahti, E.; Joensuu, S.; Vuollekoski, M. (1996): Laskeutusaltaiden vaikutus kunnostusojitusalueiden kiintoainehuuhtoumaan. Teoksessa Saukkonen S.; Kenttämies K. (toim.): Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö No.2, Suomen ympäristökeskus, Helsinki. S. 139-155.
- Bondurant, J.A.; Brockway, C.E.; Brown, M.J. (1975): Some aspects of sedimentation pond design. National symposium on urban hydrology and sediment control. University of Kentucky, Lexington. S. 117-121.
- Braskerud, B.C. (1995): Fangdammer som tiltak mot landbruksforurensninger III: Tilbakeholdelse av jord, fosfor og nitrogen i fangdammer. Jordforsk rapport 9/95. Landbruksdepartement, Norges forskningsråd, Norge. 52 s.
- Brown, M.J.; Bondurant, J.A.; Brockway, C.E. (1981): Ponding surface drainage water for sediment and phosphorus removal. Transactions of the ASAE 25(6):1478-1481.
- Cordoba-Molina, J.F.; Hudgins, R. R.; Silveston, P. L. (1978): Settling in continuous sedimentation tanks. Journal of the Environmental Engineering Division 104(No.EE6):1263-1275.
- Devito, K.J.; Dillon, P.J.; Lazerte, B.D. (1989): Phosphorus and nitrogen retention in five Precambrian shield wetlands. Biochemistry 8:185-204.
- Heino, S.; Puustinen, M.; Maijala, T.; Latostenmaa, H. (1992): Vesistökuormituksen vähentäminen peltojen peruskuivatuksessa. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 406. Vesi- ja ympäristöhallitus, rakennustoimisto, Helsinki. 66 s.
- Hirvonen, A.; Helminen, H.; Salonen, V-P. (1996): Laskeutusallas pelto-ojien fosfori- ja kiintoainekuormituksen vähentäjänä - tutkimustulokset Köyliöstä. Vesitalous 3:2-5.
- Huisman, L. (1973): Sedimentation and flotation, mechanical filtration. Delft University of Technology, Delft.
- Häikiö, M.; Laitinen, J. (1996): Laskeutusaltaan toimivuus maatalouden peruskuivatushankkeen yhteydessä (Väliraportti). Pohjois-Savon ympäristökeskuksen monistesarja 1. Pohjois-Savon ympäristökeskus, Kuopio. 44 s.
- Häikiö, M. (1998): Laskeutusaltaan toimivuus maatalouden vesiensuojelussa (tutkimusraportti). Suomen ympäristökeskuksen monistesarja 110. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 90 s.
- Joensuu, S. (1994): Laskeutusaltaiden täyttyminen ja täyttymisnopeuteen vaikuttavat tekijät metsäojitusalueilla. Lisensiaattityö. Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos, Helsinki. 104 s.
- Laitinen, J.; Höglund, U. (1998): Laskeutusaltaan kokeilu vesistökuormituksen vähentämismenetelmänä Karhunluomalla, Lapualla (tutkimusraportti). Länsi-Suomen ympäristökeskuksen monistesarja. Länsi-Suomen ympäristökeskus, Vaasa.
- Lindkvist, H.; Håkanson, Å. (1993): Kväve- fosfor och partikelfångande egenskaper hos en haländsk damm under ett värflöde. Seminarier och examensarbeten 21. Swedish University of Agricultural Sciences, Division of Water Management. Uppsala. 21 s.
- Mansikkaniemi, H. (1982): Soil erosion in areas of intensive cultivation in southwestern Finland. Fennia 160(2):225-276.
- Pajala, H. (1989): Savijoen valuma-alueen kiintoaine-eroosio. Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja 171. Vesi- ja Ympäristöhallitus, Helsinki. 48 s.
- Puustinen, M.; Merilä E.; Palko J.; Seuna, P. (1994): Kuivatustila, viljelykäytäntö ja vesistökuormitukseen vaikuttavat ominaisuudet Suomen pelloilla. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja A 198. Helsinki. 319 s.
- Ranta, E.; Rita, H.; Kouki, J. (1991): Biometria. Kolmas korjattu painos. Yliopistopaino, Helsinki. 569 s.
- Reddy, K.R.; Sacco, P.D.; Graetz, D.A.; Campbell, K.L.; Sinclair, L.R. (1982): Water treatment by aquatic ecosystem: Nutrient removal by reservoirs and flooded fields. Environmental Management 6(3):261-271.
- Seuna, P. (1982): Influence of forestry draining on runoff and sediment discharge in the Ylijoki basin, North Finland. Aqua Fennica 12:3-16.

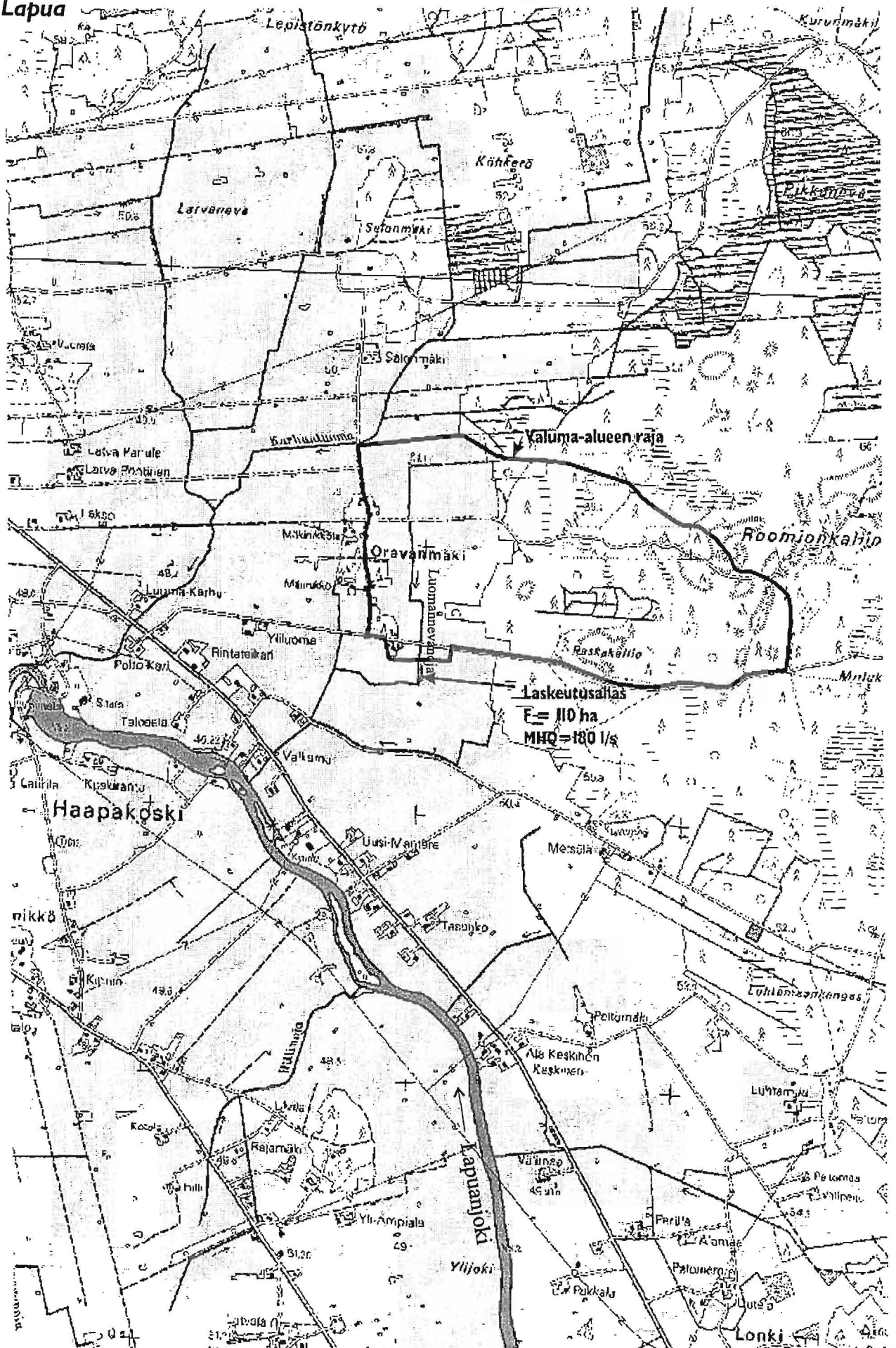
- Stelczer, K. (1981): Bed-Load Transport. Theory and practice. BookCrafters, Inc., Chelsea, Michigan, USA. 295 s.
- Taponen, T. (1995): Laskeutusaltaat maatalouden vesiensuojelussa: I osa: Teoriaselvitys, II osa: Laskeutusaltaiden vedenlaadun seuranta Helsingin vesi- ja ympäristöpiirissä vuosina 1993 ja 1994. Uudenmaan ympäristökeskuksen julkaisuja 3. Uudenmaan ympäristökeskus, Helsinki. 56 s.
- Tiihonen, J. (1994): Laskeutusallas maatalouden aiheuttaman hajakuormituksen vähentäjänä Köyliön Kaukanaronojassa. Pro gradu-tutkielma, geologian laitos, Turun yliopisto. 50s.



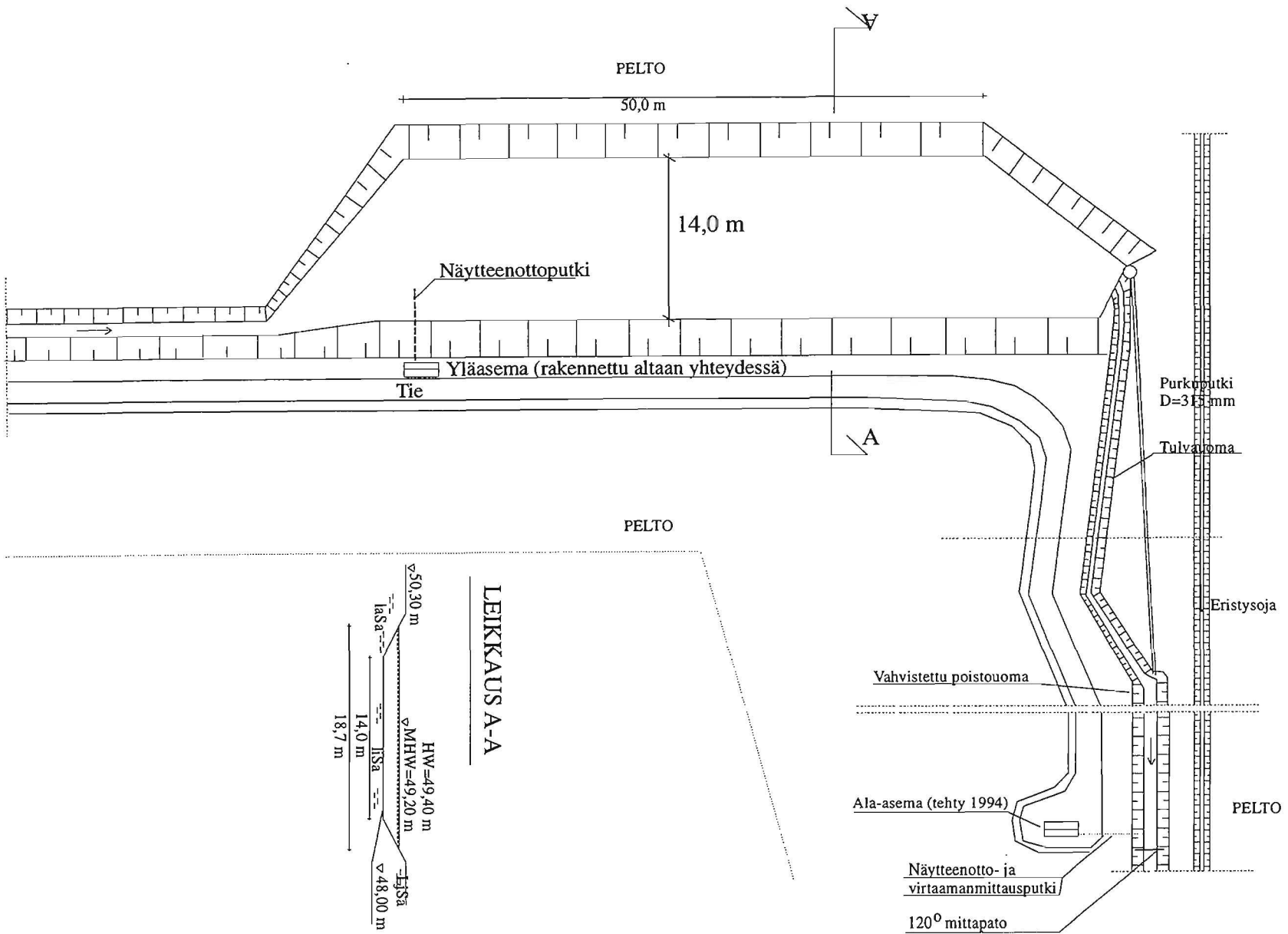
Liite 3. Luomannevanon valuma-alue I : 20 000 (peruskarttalehti n:o 2311 10)

Liite 3

Lapua



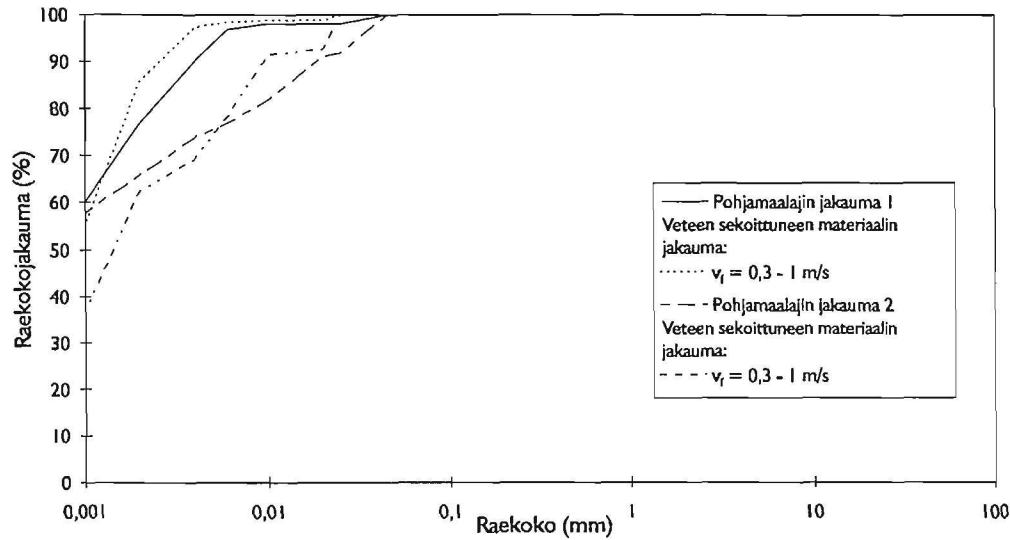
Liite 4. Luomannevanojan laskeutusaltaan pintakuva ja poikkileikkaus 1 : 500



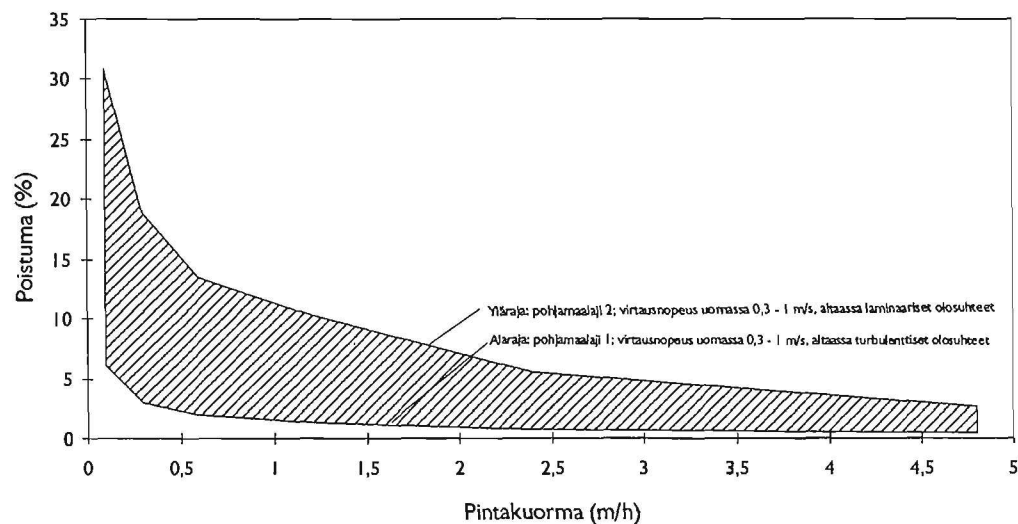
Liite 5. Malliajojen tulokset maalajeittain

Aitosavi

Laskennassa käytetyt aitosaven raekokojakaumat ja näiden perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/1. Mallin perusteella lasketut altaan suhteelliset tehokkuudet eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/2.



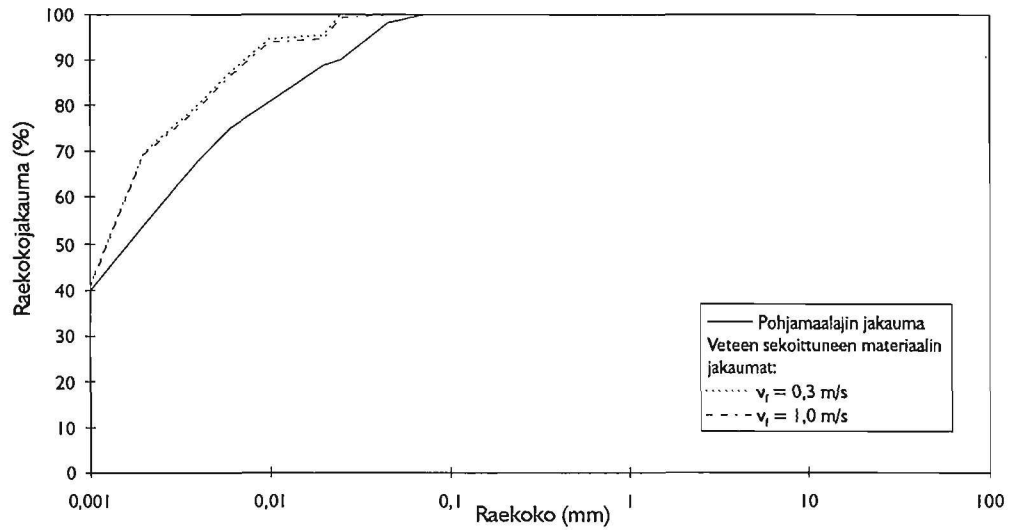
Kuva L5/1. Laskennassa käytetyt aitosaven raekokojakaumat ja vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



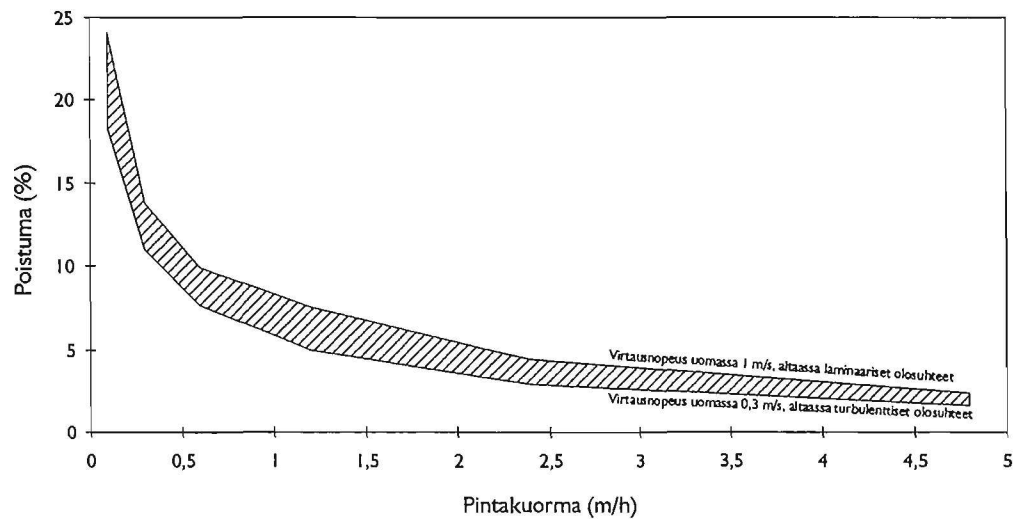
Kuva L5/2. Aitosavella mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulentsisuuden suhteen.

Hiesusavi

Laskennassa käytetty hiesusaven raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/3. Mallin perusteella lasketut altaan suhteelliset tehokkuudet eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/4.



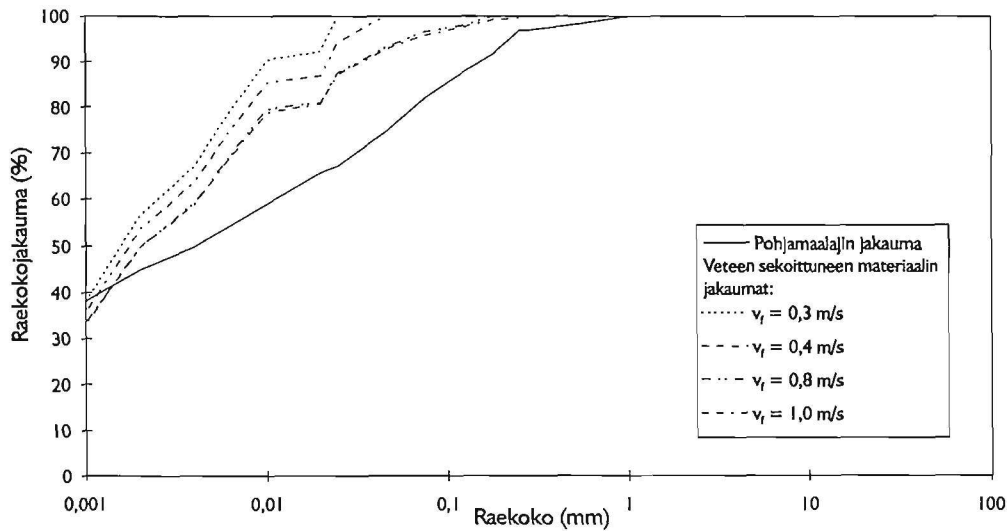
Kuva L5/3. Laskennassa käytetty hiesusaven raekokojakauma ja vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



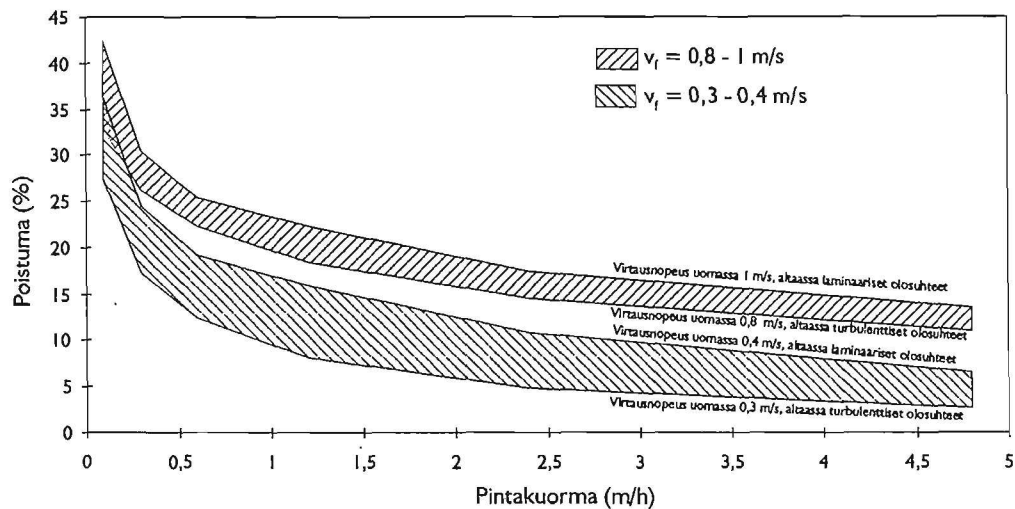
Kuva L5/4. Hiesusavelle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulentsisuuden suhteen.

Hietasavi

Laskennassa käytetty hietasaven raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/5. Mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/6.



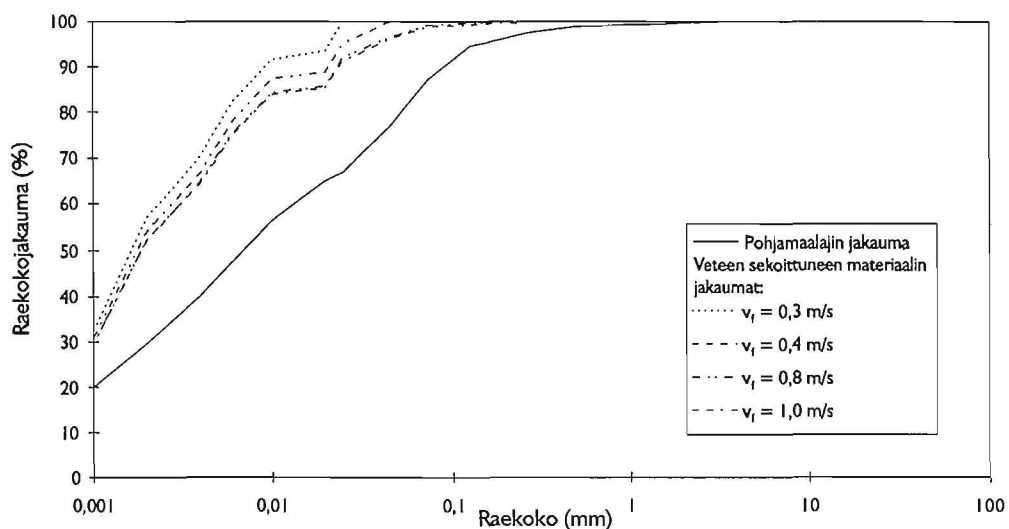
Kuva L5/5. Laskennassa käytetty hietasaven raekokojakauma ja vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



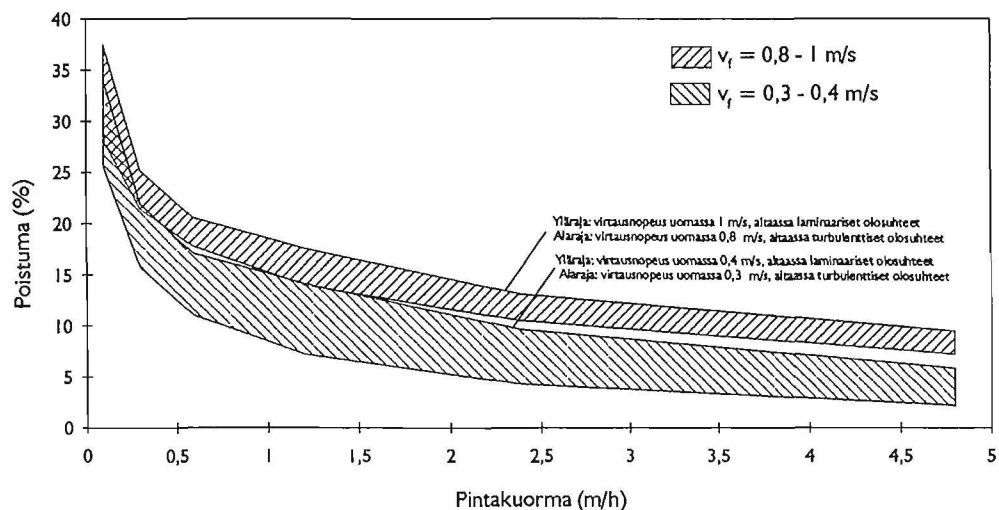
Kuva L5/6. Hietasavelle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulenttisuuden suhteen.

Hieno hiesu

Laskennassa käytetty hienon hiesun raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/7. Mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/8.



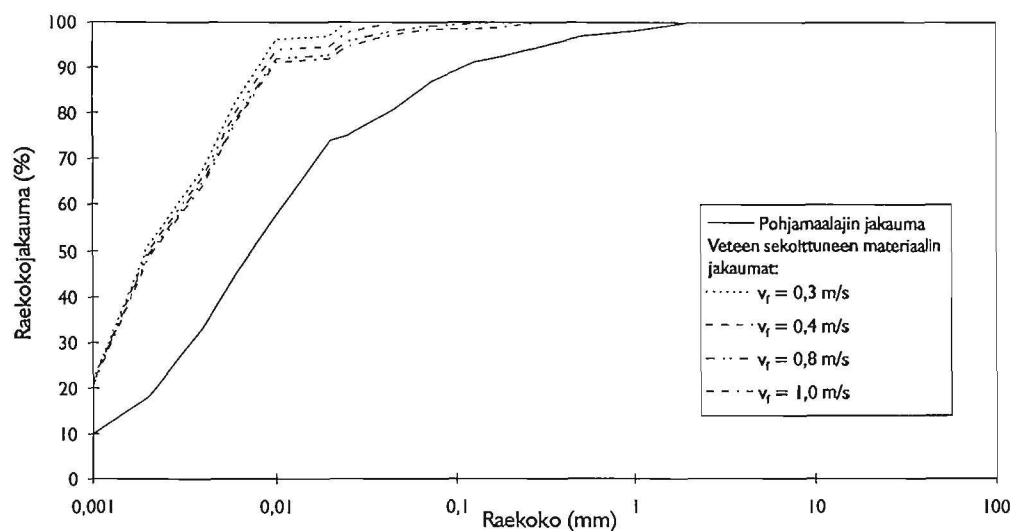
Kuva L5/7. Laskennassa käytetty hienon hiesun raekokojakauma ja vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



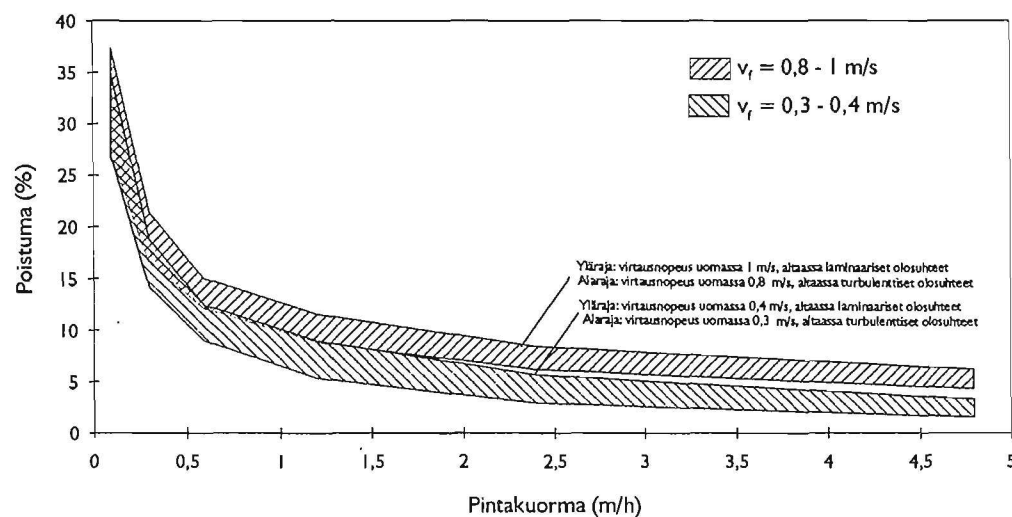
Kuva L5/8. Hienolle hiesulle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulentsisuuden suhteen.

Karkea hiesu

Laskennassa käytetty karkean hiesun raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/9. Mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/10.



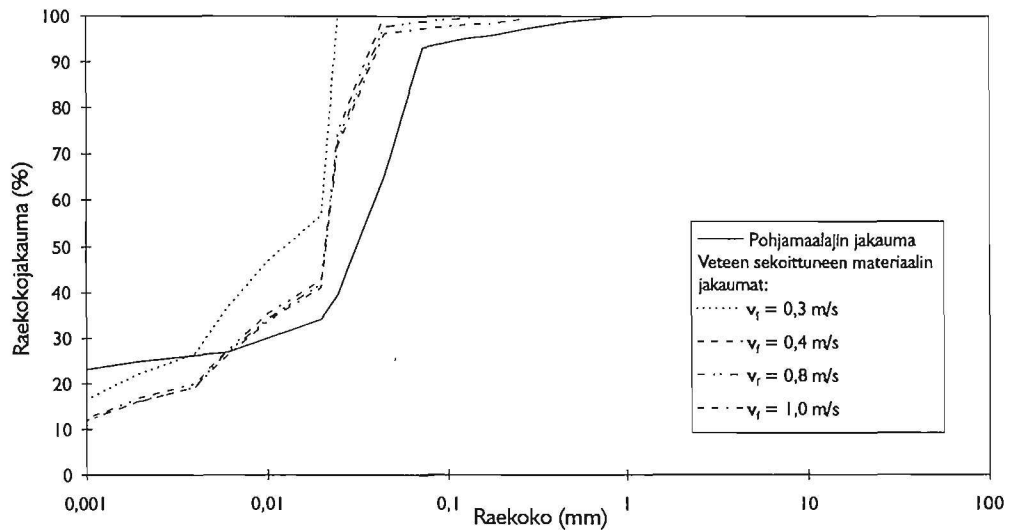
Kuva L5/9. Laskennassa käytetty karkean hiesun raekokojakauma ja vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



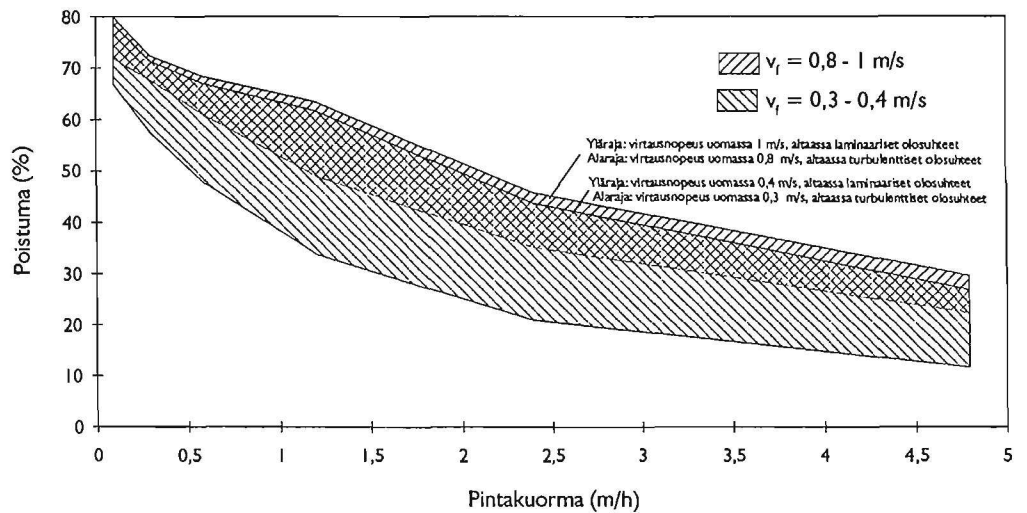
Kuva L5/10. Karkealle hiesulle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulenssisuuden suhteen.

Lajittunut hieno hieta

Laskennassa käytetty lajittuneen hienon hiedan raekokojakuma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/11. Mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/12.



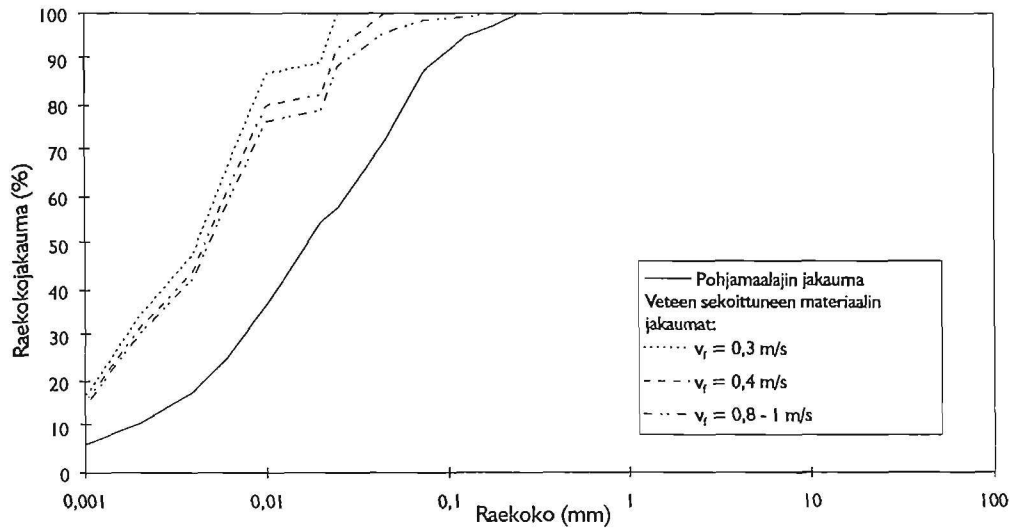
Kuva L5/11. Laskennassa käytetty lajittuneen hienon hiedan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



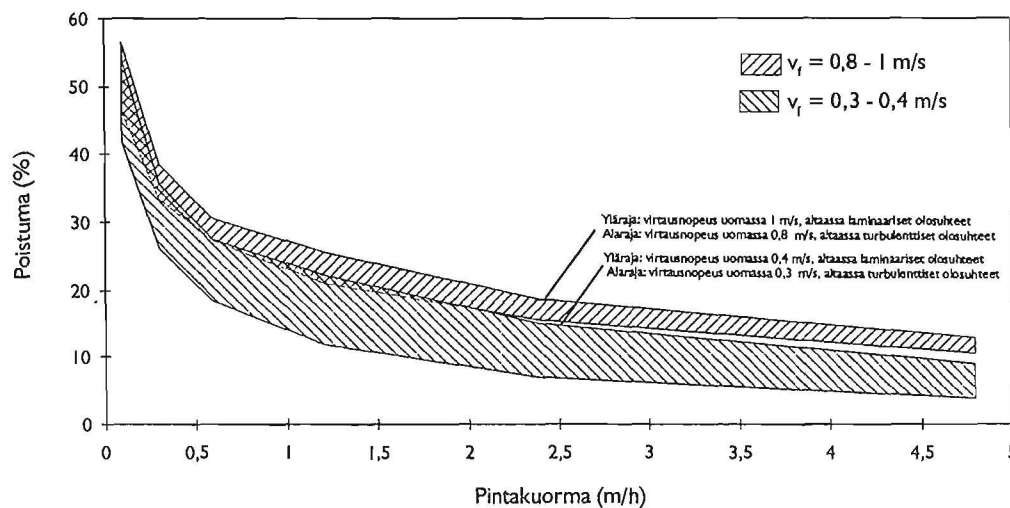
Kuva L5/12. Lajittuneelle hienolle hiedalle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulentsisuuden suhteen.

Lajittumaton hieno hieta

Laskennassa käytetty lajittumattoman hienon hiedan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/13. Mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/14.



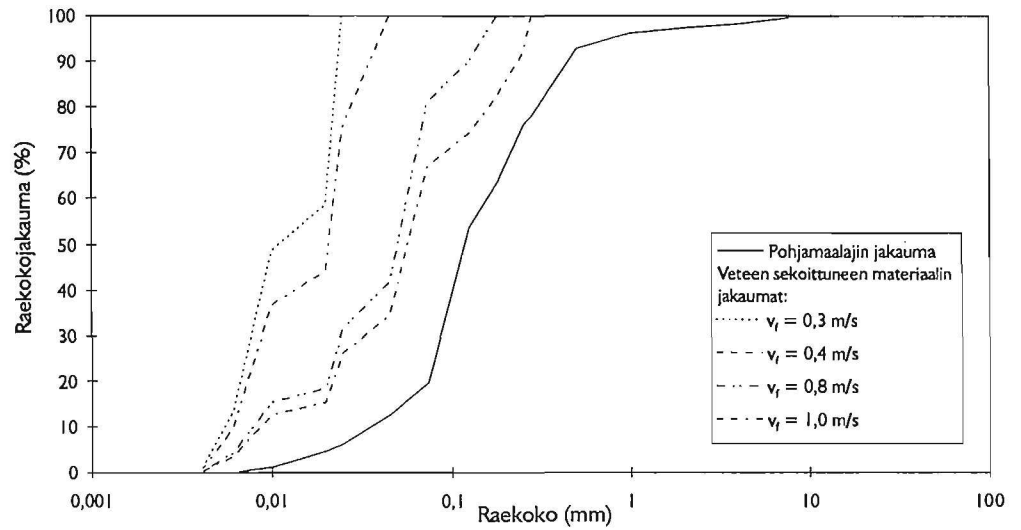
Kuva L5/13. Laskennassa käytetty lajittumattoman hienon hiedan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



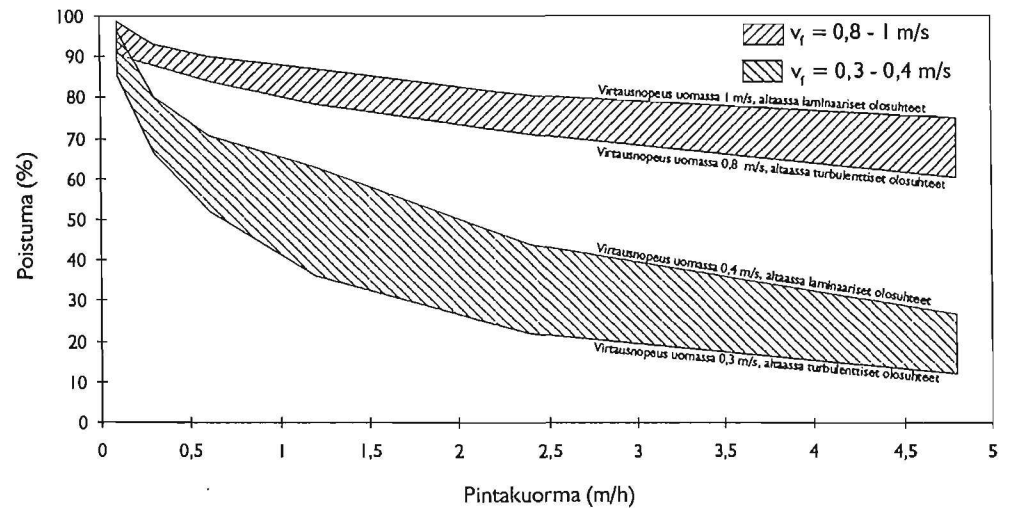
Kuva L5/14. Lajittumattomalle hienolle hiedalle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulentsisuuden suhteen.

Lajittunut karkea hieta

Laskennassa käytetty lajittuneen karkean hiedan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/15. Mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/16.



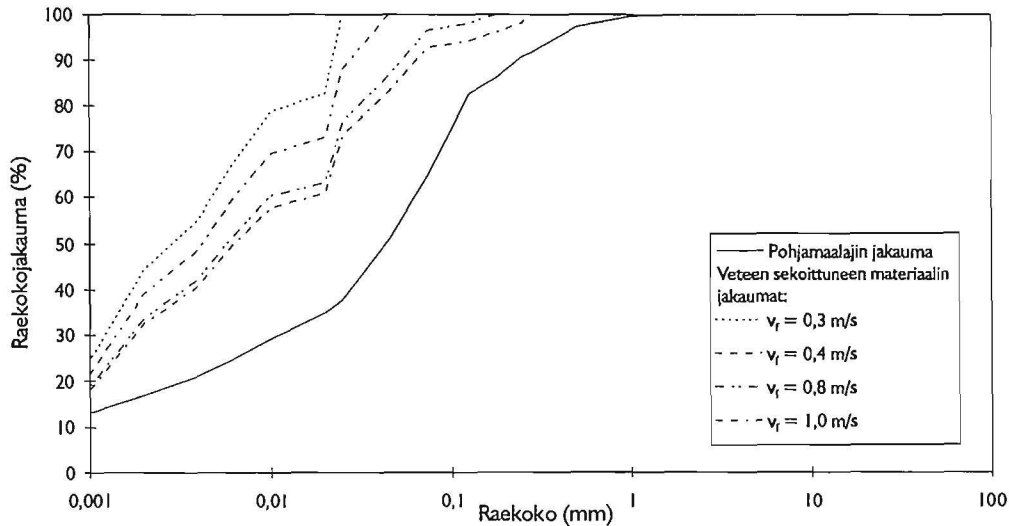
Kuva L5/15. Laskennassa käytetty lajittuneen karkean hiedan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



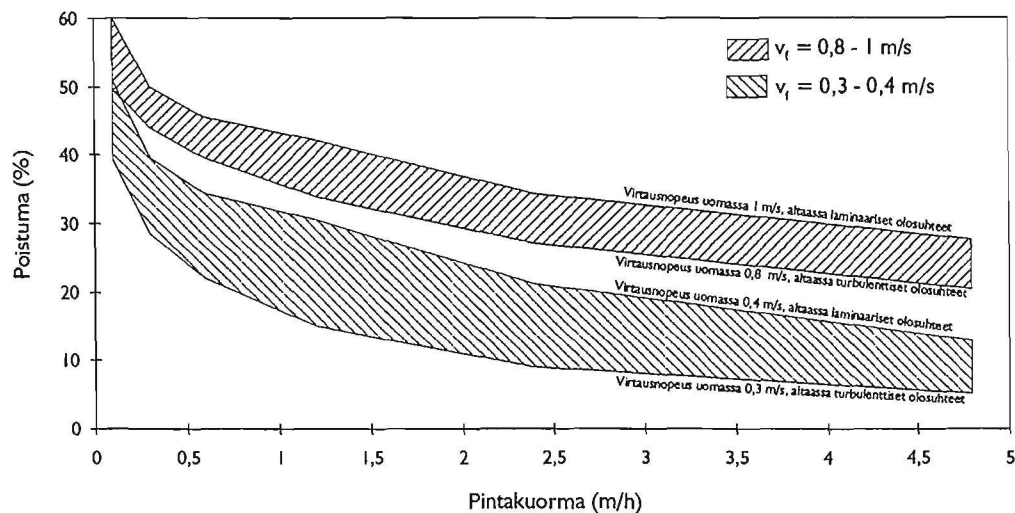
Kuva L5/16. Lajittuneelle karkealle hiedalle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulensittisuuden suhteen.

Lajittumaton karkea hiehta

Laskennassa käytetty lajittumattoman karkean hiedan raekokojakuma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/17. Mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/18.



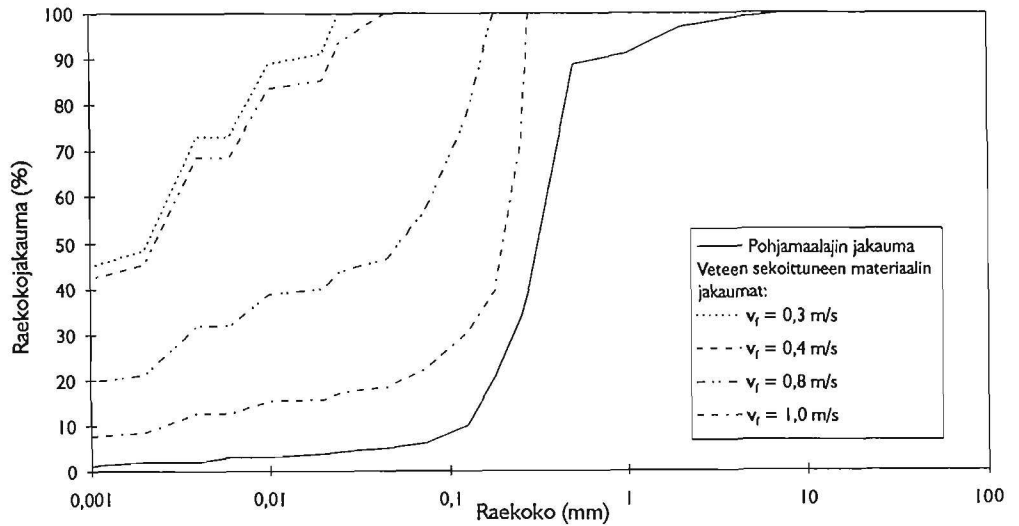
Kuva L5/17. Laskennassa käytetty lajittumattoman karkean hiedan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



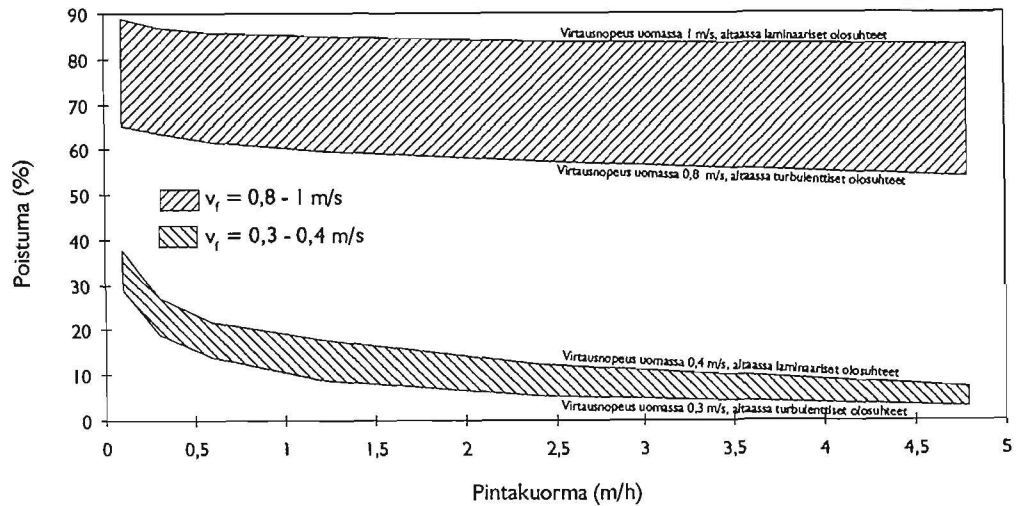
Kuva L5/18. Lajittumattomalle karkealle hiedalle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulentsuuden suhteen.

Lajittunut hieno hiekka

Laskennassa käytetty lajittuneen hienon hiekan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/19. Mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/20.



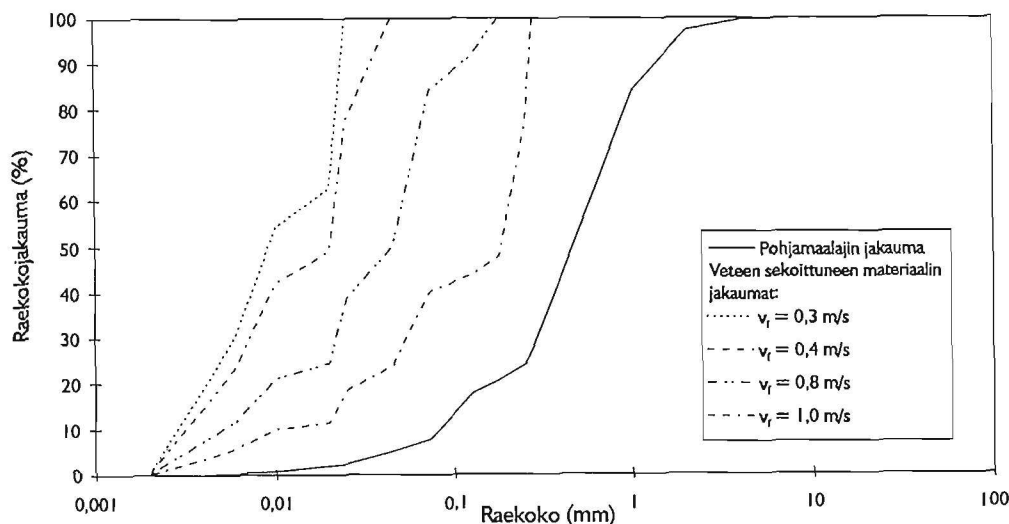
Kuva L5/19. Laskennassa käytetty lajittuneen hienon hiekan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



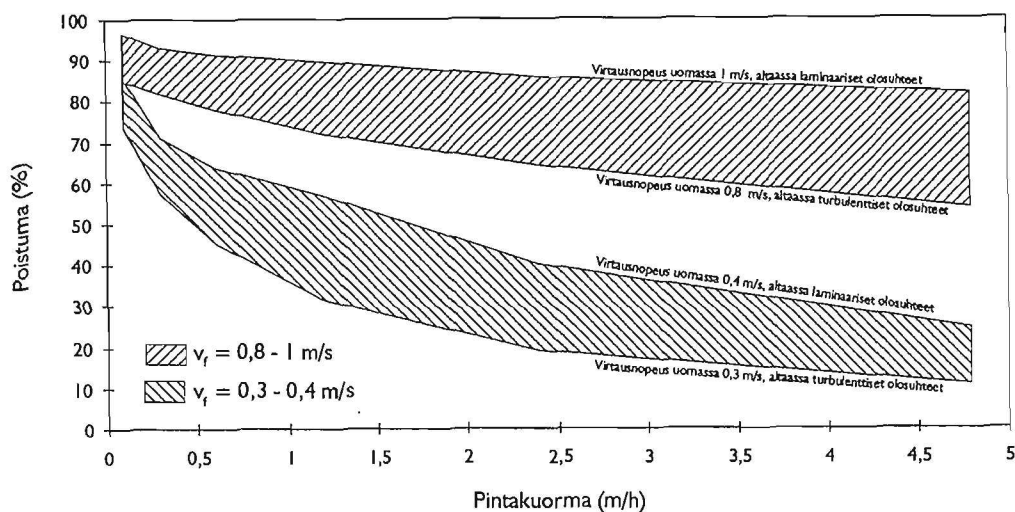
Kuva L5/20. Lajittuneelle hienolle hiekalle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulenssisuuden suhteen.

Lajittumaton hieno hiekka

Laskennassa käytetty lajittumattoman hienon hiekan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat erilaisilla veden virtausnopeuksilla on esitetty kuvassa L5/21. Mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus eri tilanteissa on esitetty kuvassa L5/22.



Kuva L5/21. Laskennassa käytetty lajittumattoman hienon hiekan raekokojakauma ja tämän perusteella lasketut vedessä sekoittuneena kulkeutuvan materiaalin raekokojakaumat.



Kuva L5/22. Lajittumattomalle hienolle hiekalle mallin perusteella laskettu altaan suhteellinen tehokkuus pintakuorman, uomassa esiintyvän virtausnopeuden ja altaan turbulenttisuuden suhteen.

Kuvailulehti

Julkaisija	Suomen ympäristökeskus	Julkaisu-aika 25. 05. 1998
Tekijä(t)	Martti Häikiö, Jyrki Laitinen, Esko Lakso ja Antti Lehtinen	
Julkaisun nimi	Laskeutusaltaiden käyttökelpoisuus viljelyalueiden vesiensuojelussa	
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut		
Tiivistelmä	<p>Tutkimuksessa tarkkailtiin Rautalammin Tuijanpuroon ja Lapuan Luomannevanajaan rakennettujen laskeutusaltaiden toimivuutta noin kahden vuoden ajan. Altaat toteutettiin peruskuivatushankkeiden yhteydessä.</p> <p>Ensimmäisenä vuonna kaivun jälkeen Tuijanpuron allas, jonka valuma-alueen maaperä koostuu vaihtelevista moreenimaalajeista, pidätti noin 60 % (45000 kg) siihen kulkeutuneesta kiintoaineesta. Tällöin altaaseen kulkeutui paljon välittömästi sen yläpuolelta liikkeelle lähtenyt kiintoainetta, josta merkittävä osa oli karkeaa. Toisena vuonna kaivun jälkeen allas pidätti noin 20 % (3 500 kg) siihen kulkeutuneesta kiintoaineesta. Tällöin altaan läheisen tulouoman eroosio oli estetty ja altaaseen kulkeutui ainoastaan veteen sekoittunutta materiaalia. Noin 70 % tutkimuksen aikana altaaseen sedimentoituneesta materiaalista pidättyi ennen altaan puoliväliä. Suurin osa altaaseen pidättyneestä materiaalista oli hietaa tai sitä karkeampaa materiaalia. Luomannevanajan allas, jonka valuma-alueen maaperä on savivaltainen, ei pidättänyt kiintoainetta koko tutkimuksen aikana juuri lainkaan.</p> <p>Altaiden pidätysteho jäi heikoksi ravinteiden osalta. Pääsääntöisesti kokonais- ja liukoisen fosforin pitoisuudet alenivat altaissa hieman. Luomannevanajan allas lisäsi lähes jatkuvasti veden kokonaistypen pitoisuuksia ja vastaavasti Tuijanpuron allas lisäsi veden ammoniumtypen pitoisuuksia.</p> <p>Altaan suhteellista tehokkuutta voidaan arvioida tutkimuksessa esitetyn allasmallin avulla. Altaan perustamisesta saatavan hyödyn arvioinnissa ja altaan suunnittelussa voidaan käyttää tutkimuksessa esitettyjä yleisperiaatteita.</p>	
Asiasanat	laskeutusaltaat, maatalous, vesiensuojelu, vesistökuormitus, kiintoaine, typpi, fosfori	
Julkaisusarjan nimi ja numero	Suomen ympäristö 233	
Julkaisun teema	Ympäristönsuojelu	
Projektihankkeen nimi ja projektinumero		
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Maa- ja metsätalousministeriö	
Projektiryhmään kuuluvat organisaatiot		
	ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0324-8
	Sivuja 48	Kieli suomi
	Luottamuksellisuus julkinen	Hinta 50 mk
Julkaisun myynti/ jakaja	Suomen ympäristökeskus, asiakaspalvelu sähköpostiosoite: neuvonta.syke@vyh.fi puh. (09) 4030 0100, telefax (09) 4030 0190	Oy Edita Ab, (09) 566 0266 telefax (09) 566 0380
Julkaisun kustantaja	Suomen ympäristökeskus PL 140, 00251 Helsinki	
Painopaikka ja -aika	Oy Edita Ab, Helsinki 1998	

Presentationssblad

Utgivare	Finlands miljöcentral	Datum 25.05.1998						
Författare	Martti Häikiö, Jyrki Laitinen, Esko Lakso och Antti Lehtinen							
Publikationens titel	Sedimenteringsbassängernas användbarhet för vattenskyddet i jordbruksområden							
Publikationens delar/ andra publikationer inom samma projekt								
Sammandrag	<p>Under två års tid studerades funktionen hos de sedimenteringsbassänger som byggts i Tuijanpuro i Rautalampi och Luomannevanaja i Lappo. Bassängerna byggdes i samband med grundtorrläggningen.</p> <p>Jordmånen i Tuijanpuro består av olika moräner. Under det första året efter grävningen fångade bassängen vid Tuijanpuro upp ca 60% (45 000 kg) av det suspenderade materialet som transporterades till bassängen. Bassängen samlade en stor del av det materialet som satts i rörelse i fåran till bassängen, vilket huvudsakligen bestod av grovt material. Under det andra året efter grävningen fångade bassängen upp ca 20% (3 500 kg) av det suspenderade materialet som transporterades till bassängen. Då var erosionen i fåran till bassängen förhindrad och bassängen fångade endast sådant material som var uppblandat med vatten. Under undersökningens gång uppfångades ungefär 70% av allt material som sedimenterades i bassängen före bassängens mitt. Största delen av materialet var mo eller material grövre än mo. Under undersökningens gång fångade bassängen vid Luomannevanaja knappt något suspenderat material alls. Jordmånen i Luomannevanaja består huvudsakligen av lerjord.</p> <p>Bassängernas förmåga att fånga upp närsalter förblev svag. Huvudsakligen bassänger fångade små antal av total- och fosfatfosfor. Bassängen vid Luomannevanaja ökade nästan kontinuerligt vattnets totalkvävehalt och bassängen vid Tuijanpuro ökade på motsvarande sätt vattnets ammoniumkvävehalt.</p> <p>Bassängens relativa effektivitet kan bedömas med hjälp av den bassängmodell som presenteras i undersökningen. Vid bedömningen av bassängens nytta och vid planeringen av bassängen kan man utnyttja de allmänna principer som framförts i undersökningen.</p>							
Nyckelord	sedimenteringsbassänger, jordbruk, vattenskydd, föroreningsbelastning av vattendrag, suspenderad material, kväve, fosfor							
Publikationsserie och nummer	Miljön i Finland 233							
Publikationens tema	Miljövård							
Projektets namn och nummer								
Finansär/ uppdragsgivare	Jord- och skogsbruksministeriet							
Organisationer i projektgruppen	<table border="1"> <tr> <td>ISSN 1238-7312</td> <td>ISBN 952-11-0324-8</td> </tr> <tr> <td>Sidantal 48</td> <td>Språk finska</td> </tr> <tr> <td>Offentlighet offentlig</td> <td>Pris 50 mk</td> </tr> </table>		ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0324-8	Sidantal 48	Språk finska	Offentlighet offentlig	Pris 50 mk
ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0324-8							
Sidantal 48	Språk finska							
Offentlighet offentlig	Pris 50 mk							
Beställningar/ distribution	Finlands miljöcentral kundservice e-mail: neuvonta.syke@vyh.fi telefax (09) 4030 0100, tel. (09) 4030 0190	Oy Edita Ab tel. (09) 566 0226 telefax (09) 566 0380						
Förläggare	Finlands miljöcentral							
Tryckeri/ tryckningsort och -år	Oy Edita Ab, Helsingfors 1998							

Documentation page

Publisher	Finnish Environment Institute	Date 25.05.1998						
Author(s)	Martti Häikiö, Jyrki Laitinen, Esko Lakso and Antti Lehtinen							
Title of publication	The use of sedimentation basins in reducing diffuse load from arable land							
Parts of publication/ other project publications								
Abstract	<p>The research areas were located at the Tuijanpuro ditch and at the Luomannevanoja ditch, which are situated at the Rautalampi and Lapua municipalities in central and western Finland. Sedimentation basins were constructed as parts of the drainage projects. The basins were monitored for an additional two years after the end of the drainage projects.</p> <p>During the first year after the drainage project, the sedimentation basin at the Tuijanpuro ditch, where the soil consist of varied moraine soils, retained approximately 60 % (45 000 kg) of the solid materials carried into the basin by incoming water. During the first year there were large landslides in the ditch immediately upstream from the sedimentation basin. This erosion of the incoming ditch was halted after the first year. The retention of incoming suspended solids to the sedimentation basin was estimated to be 20 % (3 500 kg) during the second year after the drainage project. During that time there was no material deposited into the basin by landslides at the incoming ditch and so nearly all incoming particles were carried there via suspension in the incoming water. Around 70 % of all material retained by the sedimentation basin settled into the first half of the basin. The basin at the Luomannevanoja ditch, where the soil consists of clay soils, had only slight effect on concentrations of the suspended solids carried by water.</p> <p>The sedimentation basins under the study had only a slight effect on nutrients drifted into them. Chiefly a rather small retention were observed for total and phosphate phosphorus. The basin at the Luomannevanoja ditch had continuous increasing effect on concentrations of the total nitrogen in water and the basin at the Tuijanpuro ditch had increasing effect on concentrations of the ammonia nitrogen in water.</p> <p>General principles presented in this study may be used when planning and estimating the efficiency of the basin. A model was developed which can be used as a rough estimation tool of the effectiveness of a sedimentation basin.</p>							
Keywords	sedimentation basins, agriculture, water protection, water pollution, suspended matter, nitrogen, phosphorus							
Publication series and number	The Finnish Environment 233							
Theme of publication	Environmental Protection							
Project name and number, if any								
Financier/ commissioner	Ministry of Agriculture and Forestry							
Project organization	<table border="1"> <tr> <td>ISSN 1238-7312</td> <td>ISBN 952-11-0324-8</td> </tr> <tr> <td>No. of page 48</td> <td>Language Finnish</td> </tr> <tr> <td>Restrictions Public</td> <td>Price 50 FIM</td> </tr> </table>		ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0324-8	No. of page 48	Language Finnish	Restrictions Public	Price 50 FIM
ISSN 1238-7312	ISBN 952-11-0324-8							
No. of page 48	Language Finnish							
Restrictions Public	Price 50 FIM							
For sale at/ distributor	Finnish Environment Institute customer service e-mail: neuvonta.syke@vyh.fi tel. + 358 9 4030 0100, telefax + 358 9 4030 0190 P.O. Box 140, FIN-00251 Helsinki, Finland	Edita Ltd, tel. + 358 9 566 022 telefax + 358 9 566 0380						
Financier of publication	Finnish Environment Institute							
Printing place and year	Edita Ltd, Helsinki 1998							

Suomen Ympäristö

76. Pykälä, Juha & Vuorinen Soili: Suomen uhanalaiset lajit. Punavalkku (*Cephalanthera rubra*). Suomen ympäristökeskus.
77. Pykälä, Juha & Vuorinen Soili: Suomen uhanalaisia lajeja: Vuorikuisma (*Hypericum montanum*). Suomen ympäristökeskus.
78. Kaipiainen, Heidi; Kempainen, Eija & Bonn; Thomas: Suomen uhanalaisia lajeja: Tähhelmikkä (*Melica ciliata*). Hotade arter i Finland: Grusslok (*Melica ciliata*). Suomen ympäristökeskus.
79. Joensuu, Ilona; Vuori, Kari-Matti & Nieminen, Mari: Vesistöarakentamisen ja lyhytaikaissäänöstelyn vaikutus Perhonjoen koskien eliöyhteisöihin. Keski-Pohjanmaan ympäristökeskus.
80. Hassi, Laura: Ihanteita ja ohjauvälineitä - asumisen tuen kohdentuminen vuonna 1993. Ympäristöministeriö.
81. Grönroos, Juha; Rekolainen, Seppo & Nikander, Antero: Maatalouden ympäristötuen toimenpiteiden toteutuminen v. 1995. Suomen ympäristökeskus.
82. Leskelä, Ari & Hudd, Richard: Kyrönjoen lohi- ja meritaimenistutusten tuloksellisuus Carlinmerkkintöjen perusteella. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
83. Hudd, Richard; Kjellman, Jakob & Leskelä, Ari: Kyrönjoen suiston poikastuotanto ja kalakannat. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
84. Markat ja maankäyttö. Kaavatalouden näkökohtia päättäjille. Ympäristöministeriö.
85. Uuskallio, Irma: National overview on distressed urban areas in Finland. Ympäristöministeriö.
86. Peltola, Taru: Yritysten muuttuva toimintaympäristö hallinnon haasteena. Hämeen ympäristökeskuksen pk-yritysprojektin loppuraportti. Hämeen ympäristökeskus.
87. Luostarinen, Matti; Yli-Viikari, Anja (toim.): Maaseudun kulttuurimaisemat. Suomen ympäristökeskus, Maatalouden tutkimuskeskus.
88. Airamo, Raimo & Permanto, Timo: Yleiskaavoitus ja vaikutusten arviointi. Esimerkkinä Lahden yleiskaavoitus 1946 - 1996. Ympäristöministeriö.
89. Seppälä, Jyri & Jouttijärvi, Timo (toim.): Metsäteollisuus ja ympäristö. Suomen ympäristökeskus.
90. Jokioisten kulttuuriympäristöohjelma. Ympäristöministeriö.
91. Kilpailuttaminen valtion tukemassa asuntotuotannossa. Työryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
92. Malaska, Pentti; Luukkanen, Jyrki; Vehmas, Jarmo & Kaivo-oja, Jari: Environment – Based Energy Taxation in the Nordic Countries. Comparisons by Energy Source and a Review of the Finnish Discussion. Ympäristöministeriö.
93. Muuttuva ihminen – muuttuva asunto. Ympäristöministeriö.
94. Jauhiainen, Tapani; Vuorinen, Heikki; Heinonen-Guzejev, Marja & Paikkala, Sirkka-Liisa: Ympäristömelun vaikutukset. Ympäristöministeriö.
95. Lind, Tuula & Pietala, Jorma: Kotipalveluja käyttävien vanhusten kauppamatkat Lahdessa. Ympäristöministeriö.
96. The Finnish Background Report for the EC Documentation of Best Available Techniques for Pulp and Paper Industry. Ympäristöministeriö.
97. Alanen, Tommi & Ratia, Pasi: Asuntorakentamisen työllisyysvaikutukset. Ympäristöministeriö.
98. Pitkjärvi, Jyrki: Geenitekniikalla muunnettujen mikro-organismien ympäristövaikutukset. Suomen ympäristökeskus.
99. Viinikainen, Tytti: Yhteiskuntatieteellinen ympäristötutkimus Suomessa. Katsaus tutkimusaloihin ja kirjallisuuteen. Suomen ympäristökeskus.
100. Pietiläinen, Olli-Pekka & Pirinen, Marja: Typpi- ja fosforikuormituksen vaikutus perifytonon kasvuun Kymijoenlaaksoilla. Suomen ympäristökeskus.
101. Maataloudesta peräisin olevien nitraattien vesiin pääsyn rajoittamista koskeva valtioneuvoston päätösehdotus. – Työryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
102. Suurmyymälätyöryhmän mietintö. Ympäristöministeriö.
103. Kilpi, Mikael & Asanti, Timo (toim.): Saaristolinnuston suojelun nykytila Suomen rannikoilla. Suomen ympäristökeskus.
104. Björklöf, Katarina: Merkkigeenien käyttö geeniteknisesti muunnettujen mikro-organismien seurantaan ympäristössä. Suomen ympäristökeskus.
105. Filatov & Heinonen: Results of the Finnish-Russian Joint Study of the Lakes Onega, Ladoga and Saimaa Conducted in the Summer of 1990. Suomen ympäristökeskus.
106. Hukkanen, Tiina: Puutaloprojekti. Ympäristöministeriö.
107. Paldanius, Jari: Vuorovaikutteisen suunnittelun kokemuksia Suomessa. Ympäristöministeriö.
108. Biodiversiteettityöryhmä: Ympäristöministeriön toimintaohjelma luonnon monimuotoisuuden säilyttämiseksi. Ympäristöministeriö.
109. Lahti, Pekka; Heinonen, Sirkka; Koski, Kimmo & Tolsa, Heimo: Kestävä kehitys aluerakenteessa. Kansainvälisiä näkemyksiä, suomalainen sovellus. Ympäristöministeriö.
110. Water and Wastewater Management in Finland and Fifteen Other European Countries. Ympäristöministeriö.
111. Luontokoulutyöryhmä: Luontokoulutoiminta. Palvelut. Kehittämisideat. Verkostot. Ympäristöministeriö.
112. Sipilä, Kaija: Luonto- ja leirikoulutoiminta osana maaseudun kehittämistä. Ympäristöministeriö.
113. Itämeren tila. Ympäristöministeriö.
114. Siikanen, Antti: Kotitalous ja asumismenot. Selvitys lama-ajan asumismenoista. Ympäristöministeriö.

115. Äystö, Virpi: Rehevien järvien kunnostusten arviointi. Suomen ympäristökeskus.
116. Kleemola, Sirpa & Forsius, Martin: 6th Annual Report 1997. UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution, International Co-operative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. Suomen ympäristökeskus.
117. Marttunen, Mika & Kylmälä, Petri: Kalakantojen hoitomalli Inarijärven kalaistutusten vaikutusten arvioinnissa. Suomen ympäristökeskus.
118. Viirikorpi, Paavo: Eteneekö lähiöuudistus? Paikallisten lähiöprojektien käynnistämisen arviointi. Ympäristöministeriö.
119. Mäkinen, Risto: Remonttiohjelma 1992 - 1996. – Korjausrakentamisen tutkimus- ja kehitysprojektien tulokset. Ympäristöministeriö.
120. Mähönen, Outi & Joki-Heiskala, Päivi: (toim.) AMAP-Arktisen ympäristön tila ja Suomen Lappi. Suomen ympäristökeskus.
121. Lehtoranta, Jouni: Ravinteet Itäisen Suomenlahden pintasedimentissä. Suomen ympäristökeskus.
122. Åkerblom, Satu: Erityisasuminen. Katsaus Ruotsin vanhusten asumiseen 1980- ja 1990-luvulla. Ympäristöministeriö.
123. Seppälä, Jyri: Decision analysis as a tool for life cycle impact assessment. Suomen ympäristökeskus.
124. Lindholm, Tapio; Heikkilä, Raimo & Heikkilä, Marjo (eds.): Ecosystems, fauna and flora of the Finnish-Russian Nature Reserve Friendship. Suomen ympäristökeskus.
125. Malkki, Sirkka; Heinonen-Tanski, Helvi & Jantunen, Paula: Ympärivuotisten kompostikäymälöiden toimintavarmuus ja häiriöiden kartoitus. Ympäristöministeriö.
126. Peuhkuri, Timo: Ympäristövaikutusten arviointi energia-alan ohjelmavalmistelussa. Tapaustutkimus hallituksen energiansäästöohjelman valmisteluprosessista. Suomen ympäristökeskus.
127. Kankaanpään kulttuuriympäristöohjelma. Ympäristöministeriö.
128. Kananaja, Tapio: Turun ja Porin läänin kallioperän suojele- ja opetuskohteita. Ympäristöministeriö.
129. Kaavoitustoimen seuranta 1996. Ympäristöministeriö.
130. Asumistuesta itselliseen asumiseen vai toimeentulotukeen? I osaraportti. Ympäristöministeriö.
131. Melanen, Matti & Ekqvist, Marko (toim.): Suomen ilmanpäästöt ja niiden skenaariot (SIPS-projekti) Tietojärjestelmän tietopohja ja alustavia tuloksia. Suomen ympäristökeskus.
132. Nikulainen, Virpi & Pyy, Outi: Huoltoasemien maaperän kunnostus. Suomen ympäristökeskus.
133. Isaksson, Kaj: Korjausrakentaminen asunto-osakeyhtiöissä ja aravavuokrataloissa. Ympäristöministeriö.
134. Larjavaara, Ilmari: Asuntojen yksityistäminen Pietarissa. Ympäristöministeriö.
135. Liukkonen, Matti: Asukkaat asumisoikeusasuntojen suunnittelussa. Ympäristöministeriö.
136. Koski, Kimmo & Lahti, Pekka: Kaupan suuryksiköt ja kunnallistalous – Herkkyyshanalyysi. Ympäristöministeriö.
137. Suomen biologista monimuotoisuutta koskeva kansallinen toimintaohjelma 1997 - 2005. Ympäristöministeriö.
138. Karvinen, Päivi: Kansalaisten kokemuksia YVA-menettelyyn osallistumisesta. Ympäristöministeriö.
139. Kiviniemi, Markku & Sulankivi, Kristiina: Talonrakentamisen ja kiinteistönhoidon laatujärjestelmien tilanneselvitys. Ympäristöministeriö.
140. Seppälä, Timo: Torjunta-aineiden käyttäytyminen Suomen ympäristöoloissa. Suomen ympäristökeskus.
141. Mujunen, Satu-Pia; Teppola, Pekka & Minkkinen, Pentti: Metsäteollisuuden aktiivilietelaitosten toiminnan monimuuttujainen seuranta ja mallintaminen. Kaakkois-Suomen ympäristökeskus.
142. Teollisuuslaitoksen ympäristömelu. Ympäristöministeriö.
143. Ilmansuojelun neuvottelukunta: Ilmansuojelututkimuksen kehittämisohjelma 2001. Ympäristöministeriö.
144. Hudd, Richard & Kållax, Pia: 0+ kalanpoikasten esiintyminen ja 0+ kalanpoikasten esiintymisbiotoopit Kyrönjoen alaosalla. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
145. Rautio, Mika: Ympäristönsuojelun hallinnollis-oikeudellinen ohjaus kemiallisen metsäteollisuuden vesiensuojelussa. Suomen ympäristökeskus.
146. Kulttuuriympäristön hoito-ohjelma 1997-98. Etelä-Savo ja Häme. Etelä-Savon ympäristökeskus.
147. Koskiahho, Kristiina (toim.): Eheyttävän suunnittelun haasteet. Neuvottelupäivät ympäristöministeriössä 1997. Ympäristöministeriö.
148. Vehmas, Jarmo; Malaska, Pentti; Luukkanen, Jyrki & Kaivo-oja, Jari: Ympäristöpoliittiset ohjauskeinot uusiutuvien energialähteiden käytön edistämiseksi. Ympäristöministeriö.
149. OECD arvioi maamme ympäristöpolitiikkaa. Yhteenveto arvioinnin päätelmistä ja suosituksista. Ympäristöministeriö.
150. Environmental Policies in Finland. Background papers for the OECD Environmental Performance Review of Finland 1997. Ympäristöministeriö.
151. Tanskanen, Juha-Heikki: Valtakunnallisten yhdyskuntajätteen hyödyntämistavoitteiden saavutettavuus Päijät-Hämeessä. Suomen ympäristökeskus.
152. Vanhojen metsien suojelutyöryhmä: Vanhojen metsien suojele Pohjois-Suomessa. Vanhojen metsien suojelutyöryhmän osamietintö III, osa II karttaliitteet. Ympäristöministeriö.
153. Riihimäki, Juha & Hellsten, Seppo: Konnivesi-Ruotsalaisen säännöstelyn vaikutukset rantavyöhykkeessä. Suomen ympäristökeskus.

154. Natura 2000 -ehdotuksesta annetut lausunnot. Yhteenvedot ministeriöide, asiantuntijatahojen sekä järjestöjen ja edunvalvontatahojen lausunnoista. Ympäristöministeriö.
155. Kokko, Kai: Ympäristövaikutusten selvittäminen seutu- ja yleiskaavoituksessa – o ikeudellises-tanäkökulmasta. Ympäristöministeriö.
156. Rähä, Ulla: Alavuden kulttuuriympäristön hoito. Ympäristöministeriö.
157. Rönkä, Kimmo; Halomo, Jyrki; Huhdanmäki, Aimo; Teerimo, Seppo; Terho, Juha & Tolsa, Heimo: Hissi vanhaan kerrostaloon. Taloudellinen kannattavuus, sosiaalinen tarpeellisuus sekä hallin-nolliset ja taloudelliset edellytykset. Ympäristöministeriö.
158. Leskelä, Ari; Hudd, Richard; Kälax, Pia & Kjellman, Jakob: Kevätkutuisten kalalajien lisäänty-minen Lappsundinjoella 1990–96. Länsi-Suomen ympäristökeskus.
159. Hyvärinen, Marketta: Ympäristövaikutusten arvioinnin kehittäminen metsätalouteen liitty-vässä suunnittelussa – esimerkkisuunnittelujen tarkastelu. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökes-kus.
160. Marttunen, Mika: Vaihtoehtoisten kuormitustavoitteiden vaikutukset sisävesissä. Suomen ympäristökeskus.
161. Melanen, Matti (toim.): Jätealan tutkimuksen puiteohjelma 1998 –2002. Suomen ympäristökes-kus.
162. Ympäristön seurannan strategia. Ympäristöministeriö.
163. Tamminen, Pertti; Pakarinen, Kimmo; Lintilä, Janne & Salmela, Arto: Kunnan nettotulot ker-rostalo-, rivitalo- ja omakotialueilla. Tutkimuskohteena Tampere. Ympäristöministeriö.
164. Saarikoski, Heli: Ympäristövaikutusten arviointi jätehuollon strategisessa suunnittelussa. Suo-men ympäristökeskus.
165. Andersson, Harri: Lounais-Suomen saaristo - valtakunnallisen alueidenkäyttötavoitteiden näkökulmasta. Ympäristöministeriö.
166. Andersson, Harri: Sydvästra Finlands skärgård - med tanke på de riksomfattande målen för markanvändning. Ympäristöministeriö.
167. Nippala, Eero; Nuutila, Harri & Rintanen, Risto: Asuinrakennusten perusparannustarpeen vaihtoehtoja 1996–2005. Ympäristöministeriö.
168. Wahlberg, Niklas & Aalto, Jari (toim.) Suomen uhanalaisia lajeja: tummaverkkoperhonen (*Melilataa diamina*). Suomen ympäristökeskus.
169. Kuussaari, Mikko; Pöyry, Juha; Savolainen, Markku & Paukkunen, Juh: Suomen uhanalaisia lajeja: lehtohopeatäplä (*Clossiana titania*). Suomen ympäristökeskus.
170. Lindström, Marianne (ed.): Water Legislation in Selected Countries - a Comparative Study for South African Water Law Review. Suomen ympäristökeskus.
171. Mäkinen, Risto: Rakentamisen vastuut ja laatu. Selvitysmiehen raportti. Ympäristöministeriö.
172. Nurmi, Paula: Eräiden Suomen järvien pohjaeläimistö. Valtakunnallisen seurannan tulokset 1989 - 1992. Suomen ympäristökeskus.
173. Haverinen, Kalervo & Lempinen, Petri: Omin avuin, valtion varoin. Opiskelija-asuntojärjestel-mä Suomessa. Ympäristöministeriö.
174. Vaitomaa, Jaana: Sinilevien ja niiden tuottamien maksatoksiinien käyttäytyminen imeytykses-sä. Kokeita harju- ja sedimenttipatsailla. Suomen ympäristökeskus.
175. Porvari, Petri & Verta, Matti: Elohopea ja metyylielohopea tekoaltaissa ja Kemijoen vesistöissä. Suomen ympäristökeskus.
176. Hyvärinen, Veli (toim.) Hydrologinen vuosikirja 1994. Hydrological Yearbook 1994. Suomen ympäristökeskus.
177. Suomen tekemät kansainväliset ympäristösopimukset. Ympäristöministeriö.
178. Helin, Juha: Turvetuotantovelvoitteita koskevat vesituomioistuinten lupapäätökset. Suomen ympäristökeskus.
179. Soveri, Jouko; Peltonen, Kimmo & Järvinen, Olli: Laskeuma Helsingin seudulla lumesta mää-ritettynä talvikaudella 1995 - 1996. Suomen ympäristökeskus.
180. Vesala, Riitta: Näkökulmia asemakaavaselostuksen uudistamiseen. Ympäristöministeriö.
181. Kujala-Räty, Katariina; Hiisvirta, Leena; Kaukonen, Marke; Liponkoski, Markku & Sipilä, Anni-ka: Talousveden laatu Suomessa vuonna 1996. Suomen ympäristökeskus.
182. Rusanen, Pekka; Mikkola-Roos, Markku & Asanti, Timo: Merimetso *Phalacrocorax carbo* - Musta viikinki. Merimetson kannan kehitys ja siihen vaikuttavat tekijät Itämeren piirissä ja Euroopas-sa. Suomen ympäristökeskus.
183. Haukkasalo, Hannu: Kuntarakenne - yleiskaava Nurmijärvi. Ympäristöministeriö.
184. Ostamo, Eira & Hilden, Mikael: YVA-yhteysviranomaisten lausuntojen laatu - ympäristövaiku-tusten arviointimenettelyt 1994 - 1997. Ympäristöministeriö.
185. Lehtonen, Elina & Kangasjärvi, Jaakko: Biotekniikan riskit? Siirtogeenisten kasvien ympäristö-riskit Suomen oloissa. Suomen ympäristökeskus.
186. Heikkilä, Mikko, Karppinen, Seppo & Santasalo, Tuomas: Parempi kaupunkikeskusta - seitse-män kaupunkikeskustan kehittäminen. Ympäristöministeriö.
187. Lankinen, Markku: Lähiöt muuttuvat ja erilaistuvat - 36 lähiön tilastollinen seuranta 1980 - 95. Ympäristöministeriö.
188. Räike, Antti & Pietiläinen, Olli-Pekka: Typpikuormituksen vaikutus Lohjanjärven ja sen ala-puolisen vesialueen tilaan. Suomen ympäristökeskus.
189. Pietiläinen, Olli-Pekka & Niinioja, Riitta: Typpi ja fosfori Pyhäselän rehevöitymisen säätelijöinä. Suomen ympäristökeskus.
190. Jauho, Mikko & Allt, Anu: Kokemuksia laitosten muuttamisesta asuinkäyttöön. Ympäristömi-nisteriö.
191. Mustonen, Tuija: Mäntyharjun kulttuuriympäristöohjelma. Etelä-Savon ympäristökeskus.
192. Kylä-Setälä Annamajja: Maaperänsuojelun toteutuminen alueellisella tasolla - esimerkkinä Sa-takunta. Suomen ympäristökeskus.

193. Lonka Harriet: Öljy- ja kemikaalivahinkojen torjuntavalmiuden tilan selvitys ympäristövahinkojen torjunnan näkökulmasta. Suomen ympäristökeskus.
194. Niemi, M.; Kulmala, A.; Vanhala, P.; Kulokoski, V. & Esala, M.: Orgaanisten jäteaineiden vaikutukset maaperän mikrobistoon ja kasvien typensaantiin. Suomen ympäristökeskus.
195. Lehtinen; Tana; Mattsson; Engström; Nakari; Ahtiainen & Lagus: Happikemikaalien käyttöön perustuvan massanvalkaisun ympäristövaikutuksia. Suomen ympäristökeskus.
196. Liikanen, Anu: Torjunta-aineiden käyttäytyminen ilmakehässä - lähteet, kulkeutuminen ja poistumismekanismit. Suomen ympäristökeskus.
197. Ahonen, Ilpo, Jalkanen, Aija & Vähäsöyrinki, Asko: Työntekijöiden kemikaalialistuminen saastuneiden maa-alueiden kunnostuksessa. Suomen ympäristökeskus.
198. Lukin, Markus: Kestävä tuote- ja kulutuspolitiikka - kansainväliset lähtökohdat, kansallinen sisältö ja kaupan näkökulma. Ympäristöministeriö.
199. Honkatukia, Juha: Ympäristöverot ja työllisyys. Katsaus tutkimustuloksiin ja toimenpiteisiin Pohjoismaissa ja Hollannissa. Ympäristöministeriö.
200. Tulonen, Annu: Asikkalan kulttuuriympäristöohjelma. Ympäristöministeriö.
201. Hilden, M.; Tahvonen, O & Valsta, L.: Natura 2000-verkoston vaikutusten arviointi. Suomen ympäristökeskus.
202. Vaajasaari, Kati: Liukoisuus- ja biopestit jätteiden kaatopaikkakelpoisuuden määrittämisessä. Loppuraportti. Pirkanmaan ympäristökeskus.
203. Helminen, H.; Häkklä, K.; Keränen, M.; Koponen, J.; Laihanen, P. & Ylinen, H.: Turun edustan virtaus- ja vedenlaatumalli. Lounais-Suomen ympäristökeskus.
204. Ollila, Markku (toim.): Vesistöjen käyttöön liittyvä taloudellinen varallisuus. Suomen ympäristökeskus.
205. Otterström, Thomas, Gynther, Lea & Laurikka, Harri: Ympäristökustannusten arviointimenetelmät. Ympäristöministeriö.
206. Grönroos, Juha; Nikander, Antero; Syri, Sanna; Rekolainen, Seppo & Ekqvist, Marko: Maatalouden ammoniakkipäästöt. Suomen ympäristökeskus.
207. Liike- ja palvelurakennusten kuntoarvio. Ympäristöministeriö.
208. Hirvonen, Jukka: Toimivatko tulorajat. Tilastollista perustietoa aravatulorajojen toimivuudesta. Ympäristöministeriö.
209. Huttula, Timo: Present state and future fate of Lake Võrtsjärv. Results from Finnish - Estonian joint project in 1993 - 1997. Pirkanmaan ympäristökeskus.
210. Ongelmia asunnottomuuden vähentämisessä. Toimenpide-ehdotuksia tilanteen parantamiseksi. Ympäristöministeriö.
211. Leppävuori, Keijo; Lehtinen, Ilkka; Aho, Timo & Lampinen, Veikko: Kiinteistöjen ylläpidon kustannusindeksi 1995 = 100. Ympäristöministeriö.
212. Siustonen, Pasi: Kaavin kulttuuriympäristöohjelma. Ympäristöministeriö.
213. Mattinen, Maire (toim.): Olavinlinna. Maisema ja monumentti. Ympäristöministeriö.
214. Saarela, Jouko; Kink, Hella; Karise, Vello; Kokkonen, Teemu; Hepojoki, Antti & Kotola, Jyrki (eds): Environmental impact of the former military base in the Pakri Peninsula, Estonia. Suomen ympäristökeskus.
215. Jätealan seurantajärjestelmä. Jäteseurantaprojektin loppuraportti. Suomen ympäristökeskus.
216. Juutinen, Artti & Mäenpää, Ilpo: Metallijätteiden kierrätyksen talous - ja ympäristövaikutukset. Ympäristöministeriö.
217. 7th Annual Report 1998. UN ECE Convention on Long-Range Transboundary Air Pollution. International Cooperative Programme on Integrated Monitoring of Air Pollution Effects on Ecosystems. Suomen ympäristökeskus.
218. Forsius, M.; Guardans, R.; Jenkins, A.; Lundin, L. & Nielsen, K.E. (eds): Integrated Monitoring: Environmental Assessment through Model and Empirical Analysis. Suomen ympäristökeskus.
219. Karjalainen, Anneli; Taipale, Lauri & Syri, Sanna: Happamoitumistoimikunnan mietintö. Ympäristöministeriö.
220. Saarinen, K.; Jouttijärvi T. & Forsius K.: Monitoring and control of emissions in pulp and paper industry in Finland. Suomen ympäristökeskus.
221. Teeriaho, Jari: Ehdotus luonnon monimuotoisuuden indikaattoreiksi kunnille. Suomen ympäristökeskus.
222. Laukkanen, Tuula: Sosiaalisen vuokra-asumisen asukasvalinta. Ympäristöministeriö.
223. Vehmas, Jarmo; Petäjä, Jouko; Kaivo-oja, Jari; Malaska, Pentti & Luukkanen Jyrki: Ilmastopolitiikka ja Suomi. Kansainvälisiä näkökohtia sekä kansallisia sähköntuotannon ja -kulutuksen skenaarioita. Ympäristöministeriö.
224. Soluasuminen ja opiskelija-asuntojen perusparantaminen. Ympäristöministeriö.
225. Mannermaa, Mika: Megatrendejä ja skenaarioita valtakunnallisen alueiden käytön perustaksi. Ympäristöministeriö.
226. Kaloinen, Jorma: Vesiensuojelun tavoitteet vuoteen 2005. Målen för skydd av vattnen fram till år 2005. Ympäristöministeriö.
227. Markkanen, Tuula: Selvitys saastuneiden maamassojen alueellisesta käsittelystä eteläisessä Suomessa. Suomen ympäristökeskus.
228. Rantala, Pirjo-Riitta; Nevalainen, Jukka & Jokela, Petri: Metsäteollisuuslietteiden kuivatusmenetelmiä. Pirkanmaan ympäristökeskus.
229. Koverola, Hannu: Rakennetun ympäristön indikaattorit. Ympäristöministeriö.
230. Huolman, Ilpo: Pihlajaveden tila ja suojelun lähtökohdat. Life Pihlajavesi -projekti. Etelä-Savon ympäristökeskus.
231. Sommarlund, H.; Pekkarinen, M.; Kansanen, P.; Vahtera, H. & Väisänen, T.: Savipeittomenetelmän soveltuvuus Tuusulanjärven sedimentin kunnostukseen. Uudenmaan ympäristökeskus.
232. Rakennusten energiatodistus. Loppuraportti. Ympäristöministeriö.



YMPÄRISTÖN- SUOJELU

Laskeutusaltaiden käyttökelpoisuus viljelyalueiden vesiensuojelussa

Laskeutusaltaiden käyttö peltovalumavesistä aiheutuvan kuormituksen vähentämisessä on melko laajaa ja siihen myönnetään EU:n maataloustukea. Kahden peruskuivatushankkeen yhteydessä toteutettu tutkimus osoittaa, että tavanomaiset laskeutusaltaat voivat vähentää kiintoainekuormitusta merkittävästi silloin, kun valumavesien mukana kulkeutuva maa-aines koostuu hiedasta tai sitä karkeammasta materiaalista. Savimaalta tuleva hitaasti laskeutuva materiaali ei jää altaaseen eikä altailla ole juuri vaikutusta ravinnekuormitukseen.

Tutkimus osoittaa myös, että sortumaherkälle maaperälle rakennettu allas voi helposti lisätä vesistökuormitusta. Vaikka koealtaiden rakentajina olivat ympäristökeskusten ammattilaiset, sortumat haittasivat tutkimusta ja aiheuttivat lisäkuormitusta ennen rakenteiden vahvistamista. Tämä korostaa asiantuntevan suunnittelun ja huolellisen paikanvalinnan merkitystä.

Käytännön tutkimustulosten lisäksi on käsitelty yleisesti altaiden suunnitteluperusteisiin, käyttömahdollisuuksiin ja toimivuuteen liittyviä kysymyksiä. Lisäksi on hahmoteltu malli, jonka avulla voidaan karkeasti arvioida altaan kykyä pidättää siihen tulevaa kiintoainekuormitusta.

ISBN 952-11-0324-8

ISSN 1238-7312

Myynti: Suomen ympäristökeskuksen asiakaspalvelu

sähköpostiosoite: neuvonta.syke@vyh.fi

faksi (09) 4030 0190, puh. (09) 4030 0100

postiosoite: PL 140, 00251 Helsinki

ja Oy Edita Ab

Oy EDITA Ab
PL 600, 00043 EDITA, vaihde (09) 566 01
ASIAKASPALVELU
puh. (09) 566 0266, telefax (09) 566 0380
EDITA-KIRJAKAUPAT HELSINGISSÄ
Annankatu 44, puh. (09) 566 0566
Eteläesplanadi 4, puh. (09) 662 801



9 789521 103247