

VESI- JA YMPÄRISTÖHALLITUKSEN  
MONISTESARJA

Nro 307

**SÄÄNNÖSTELYJÄRVIEN  
EROOSIORANTOJEN  
KUNNOSTUS JA HOITO**

Juha Riihimäki  
Erkki Alasaarela  
Seppo Hellsten  
Reijo Keränen  
Terttu Kurttila



Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja

Nro 307

**SÄÄNNÖSTELYJÄRVIEN  
EROOSIORANTOJEN  
KUNNOSTUS JA HOITO**

Juha Riihimäki  
Erkki Alasaarela  
Seppo Hellsten  
Reijo Keränen  
Terttu Kurttila

Tekijät ovat vastuussa julkaisun sisällöstä, eikä siihen voida vedota vesi- ja ympäristöhallituksen virallisena kannanottona.

Julkaisua saa Oulun vesi- ja ympäristöpiiristä.

ISBN 951-47-4130-7

ISSN 0783-3288

Painopaikka: Vesi- ja ympäristöhallituksen monistamo, Helsinki 1991.

Julkaisija

Vesi- ja ympäristöhallitus

Julkaisun päivämääräTekijä(t) (toimielimestä: nimi, puheenjohtaja, sihteeri)

Juha Riihimäki, Erkki Alasaarela, Seppo Hellsten, Reijo Keränen, Terttu Kurttila

Julkaisun nimi (myös ruotsinkielinen)

Säännöstelyjärvien eroosiorantojen kunnostus ja hoito

Julkaisun lajiToimeksiantajaToimielimen asettamispvmJulkaisun osatTiivistelmä

Kirjallisuuskatsauksen tarkoituksena on ollut kerätä tietoa eroosiorantojen kunnostuksen ja hoidon tarpeisiin. Rantavyöhykkeen geomorfologisista prosesseista, maisemarakenteesta ja rannan kasvillisuuteen vaikuttavista tekijöistä esitetään lyhyet kuvaukset.

Koti- ja ulkomaisesta kirjallisuudesta on haettu eroosiosuojaukseen soveltuvia menetelmiä. Erityisesti on pyritty etsimään tietoa biologisista suojausmenetelmistä ja kasvillisuuden käytöstä rantojen eroosiosuojauksessa ja maisemarakentamisessa.

Katsauksen loppuksi esitellään lyhyesti sekä Suomessa että ulkomailla tavallisimmin käytetyt rakentamalla tehtävät eroosiosuojausmenetelmät. Monet valtamerten rannoille soveltuvat menetelmät eivät sovi sellaisenaan käytettäväksi Suomen säännöstelyjärvillä. Rakentamalla tehtävä rannan suojaus ei useinkaan sovi luonnonmaiseen.

Asiasanat (avainsanat)

Eroosiorannat, maisemanhoito

Muut tiedotSarjan nimi ja numero

Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja nro 307

ISBN

951-47-4130-7

ISSN

0783-3288

Kokonaissivumäärä

66

Kieli

Suomi

HintaLuottamuksellisuus

Julkinen

Jakaja

Oulun vesi- ja ympäristöpiiri

Kustantaja

Vesi- ja ympäristöhallitus



## SISÄLLYSLUETTELO

ALKUSANAT	6
1. JOHDANTO	7
2 RANTAVYÖHYKE EKOLOGISENA YMPÄRISTÖNÄ	8
2.1 Rantaprosessit	8
2.2 Rantojen maisemarakenne	12
2.3 Kasvillisuuteen vaikuttavat tekijät	15
3. KASVILLISUUDEN ELVYTTÄMINEN	22
3.1 Tutkimus- ja koetoiminta	22
3.2 Kasvillisuuden ekologisten olosuhteiden parantaminen	24
3.3 Kasvillisuuden käyttö biologisena suojauksena	27
3.4 Kasvillisuuden käyttö maisemarakentamisessa	35
3.5 Kasvillisuus ekologisena ympäristönä	36
3.6 Elvytykseen ja istutukseen soveltuvat kasvilajit	38
4. RANTOJEN SUOJAUS RAKENTAMALLA	41
4.1 Rannan loiventaminen	41
4.2 Suojaava ranta ja rannan "ruokkiminen"	42
4.3 Rannan verhoaminen	43
4.4 Rannan suojaaminen vallilla	44
4.5 Rantasuisteet	45
4.6 Rannasta irti oleva aallonmurtaja	47
5. Yhteenveto	49
KIRJALLISUUS	51
LIITTEET	57

## ALKUSANAT

Suomessa on yhteensä 221 säännöstelyhanketta. Näiden pinta-ala on yli kolmannes järviemme kokonaispinta-alasta. Pohjois-Suomessa säännösteltyjä järviä on noin 60 ja säännöstelyt palvelevat lähinnä voimataloutta ja tulvasuojelua. Säännöstelyn aiheuttamat haitat, joilla on taloudellista merkitystä on korvattu ja kompensoitu. Tästä huolimatta säännöstelyn kehittämiselle on tarvetta. Oulujoen vesistöalueella käynnistettiin vesi- ja ympäristöhallinnon aloitteesta yhteistyössä Oulujoki Oy:n ja Imatran Voima Oy:n kanssa vuonna 1989 säännöstelyn kehittämisprojekti. Projektia koordinoi Kainuun vesi- ja ympäristöpiiri. Tämä kirjallisuuskatsaus liittyy säännösteltyjen järvien rantojen hoitoa ja kunnostusta koskevaan tutkimukseen, joka on osa edellämainittua projektia.

Kirjallisuuskatsauksen on pääosin koonnut LuK Juha Riihimäki Kainuun vesi- ja ympäristöpiiristä. Lisäksi työhön ovat osallistuneet FK Seppo Hellsten (VTT, rakennuslaboratorio), FT Reijo Keränen (Ylä-Savon Instituutti), FT Erkki Alasaarela (Oulun vesi- ja ympäristöpiiri) ja maisema-arkkitehti Terttu Kurttila (Oulun Viatek Oy). Kirjallisuushaun luovutti käyttöömme Dr. Bjørn Rørslett (NIVA, Norja)



## 1. JOHDANTO

Järvet ovat geologisesti katsoen nuoria muodostumia ja ovat jatkuvan luontaisen kehityksen alaisina. Tähän liittyen rantojen alati tapahtuva uudestaannuodostus vaikuttaa järvien muodon muuttumiseen. Erityisen suurta luontainen muuttuminen on ollut Oulujärvessä, joka on jatkuvasti kallistunut itään päin.

Vedenkorkeuden säännöstely vaikuttaa rantojen pysyvyyteen ja rantaprosesseihin. Useimmissa säännöstellyissä järvissä Pohjois-Suomessa on avovesikauden vedenkorkeutta nostettu säännöstelyä aloitettaessa. Näissä järvissä haitan muodostaa rantojen yleinen epästabiilisuus. Tämä vaikuttaa patojen ja penkereiden pysyvyyteen, aiheuttaa paikoitellen rantojen vyörymistä ja estää vesikasvillisuuden kehittymistä. Edelleen pohjaveden nousu vesirajan yläpuolella ja kevättulvien puuttuminen muuttavat paikoittain kasvillisuusvyöhykkeitä. Kaikki nämä muutokset vaikuttavat rantojen maisemarakenteen muuttumiseen. Rannan vakiintuminen uutta vedenkorkeutta vastaavaan tilaan kestää useita kymmeniä vuosia.

Oulujärvi muodostaa poikkeuksen pohjoissuomalaisten säännöstelyjärvien joukossa. Sen kesävedenkorkeutta on säännöstelyä aloitettaessa laskettu. Tämän johdosta ovat rannat stabiloituneet ja rantavyörymät vähentyneet, mikä on mahdollistanut vesikasvillisuuden lisääntymisen.

Tässä kirjallisuuskatsauksessa etsitään mahdollisuuksia vähentää eroosion aiheuttamaa haittaa säännöstellyissä järvissä. Tämä voi tapahtua rantojen suojauksen avulla. Suomessa rantoja on perinteisesti suojattu luiskatun kiviverhouksen avulla. Nämä eivät aina sovellu hyvin maisemaan. Tämän työn yhteydessä tarkastellaan mahdollisuuksia rantojen biologiseen suojaukseen ja maisemarakentamiseen.

## 2 RANTAVYÖHYKE EKOLOGISENA YMPÄRISTÖNÄ

### 2.1 Rantaprosessit

Rantavyöhykkeen kehittyminen ja sitä aiheuttavien tekijöiden kompleksisuus on suuri. Jo pelkästään vaikuttavien tekijöiden erittely karkean jaotuksen mukaisesti on vaikeaa; toisiinsa sidottuja osa-alueita ovat ainakin (ks. Ippen 1966; Hails & Carr 1975):

- hydraulikka mukaan lukien aallokon ominaisuudet,
- hydrologia, meteorologia ja klimatologia,
- geologia ja geomorfologia sekä
- biologia.

Näin ollen lumi-ilmastovyöhykkeellä sijaitsevan säännöstelyjärven rantavyöhykkeen prosessikaavion esittelyssä ei päästä pääsuuntauksia syvemmälle.

Rantaviivan muotoutumiseen vaikuttavat tekijät ovat selvästi tapaus- ja aluekohtaisia. Tästä johtuen varsinkin meriolosuhteista saadut tulokset eivät aina ole suoraan siirtokelpoisia meidän sisävesillemme. On kuitenkin joukko voimia ja säätelytekijöitä, jotka ovat universaaleja, paikasta ja ajasta riippumattomia. Näitä lienevät ennen kaikkea vedenpinnan korkeuden vaihtelu ja rannan perusaineksen laatu.

Suojaustoimenpiteitä ajatellen on tärkeää kiinnittää huomiota siihen, miten aallokko toimii koko rantavyöhykkeellä. Aallokon käyttäytymisestä rajoitetun ulapan olosuhteissa ei ole olemassa yleisesti hyväksyttyä mallia. Merien aallokosta on olemassa lukuisia malleja ja laskentakaavoja, mutta niiden suoraviivaiselle, kriitikittömälle käytölle muussa yhteydessä ei ole perusteita (vrt. Khandecker 1989).

Aaltotutkimuksen toinen äärimmäisyys ovat tankkikokeet, jotka niin ikään eivät aina anna suoraan esimerkiksi järville ja säännöstelyaltaille sovellet-

tavaa tietoa. Ei ole myöskään itsestään selvää, että tankkikokeiden ja meriympäristön välimaastosta löytyisi valmis ratkaisu järviolosuhteisiin.

Rantavyöhykkeen suojausnäkökulmassa on muutamia ilmeisen tärkeitä tekijöitä pohdittavaksi. Varsinkin amerikkalaisessa ja kanadalaisessa tutkimuksessa on vesirajan, ja rantavyöhykkeen yleensä, prosessiherkkyyttä mitattu suoraan aallokon energiamäärällä laskettuna kaavamaisesti aallokon ulottuvuuksista. Varsinkin aallokon tyrskykorkeutta on pidetty ratkaisevana tekijänä. Tämä laskentatapa sisältää kuitenkin ilmeisiä virhetekijöitä, koska siinä ei huomioida rannan oman säätelyjärjestelmän tehokkuutta ja nopeaa reagointikykyä. Lisäksi on syytä huomata, että tyrskyntymistä, siis aallokon energian siirtymistä prosesseihin, voi tapahtua peräkkäisinä sarjoina vesirajaa lähestyttäessä; energia siis jakautuu tasaisemmin rantatasanteen ylitukseen kuin yhden tyrskyntymislinjan tapauksessa. Monissa malleissa siis vakioidaan muut paitsi aallokkoon sinällään liittyvät parametrit.

Rannan kulumista tai stabiloitumista, ja myös suojausta, ajatellen tärkeimpiä vaikuttavia tekijöitä ovat ainakin:

- vedenpinnan korkeus,
- aallokon mittasuhteet,
- rannan kaltevuus,
- rannan aines,
- aika.

Näiden väliset keskinäiset suhteet eivät ole aivan yksiselitteisesti esitettävissä (Sunamura 1977).

Vedenpinnan noston aiheuttamaa rannan kulumista (vesirajalla ja sen yläpuolella tapahtuvaa) ehkäiseviä toimenpiteitä ovat ennen kaikkea kuluvan rantaosuuden fyysinen suojaus siten, että aallokko tai muut rantavoimat eivät pysty aiheuttamaan muutoksia profiilissa. Toinen mahdollinen menetelmä on vähentää aallokon toimintaa niin paljon, että kulutuksen raja-arvo ei ylitä. Juuri tuon raja-arvon määrittäminen on yksi keskeisimpiä rannan suojaukseen liittyviä tekijöitä.

Esimerkiksi tasarakeiseen hiekkalajitteeseen muodostuneen törmärannan kulumiseen riittää pelkkä veden läsnäolo, siis maa-aineksen huokostilan täyttyminen vedellä. Vesirajalla aallokon energia voi siis olla nolla, mutta kulumista tapahtuu painovoiman vaikutuksesta. Ilman aallokon aiheuttamien virtausten vaikutusta tällainen kuluminen ei ole kovin pitkäaikaista, mutta se riittää kuitenkin järkyttämään törmän tasapainoa. Toisaalta kiviiseen harjusoraan tai moreeniainekseen tapahtuva kuluminen on hidasta, eikä tietyn vaiheen jälkeen aallokon energian lisäys pysty merkittävästi lisäämään kulutusta.

Savi-silttilajitteisiin muodostuneissa törmissä riittää pelkkä vesikontakti aiheuttamaan hienon aineksen jatkuvaa hidasta liettymistä veteen. Kuluminen on jonkin verran nopeampaa aallokon vaikuttaessa. Hienosedimenttien kuluminen on kuitenkin sikäli ajallisesti jatkuvampaa verrattuna hiekkalajitteisiin, että aallokon toimintaa estäviä kerrostumia ei muodostu huuhteluvyöhykkeelle. Kokonaisuudessaan hienosedimentit ovat kestävämpiä aallokkoa vastaan kuin hiekka-soralajitteet. Hienoainesta sisältävät maalajit ovat sitä vastoin hyvin herkkiä painovoiman, veden ja routimisen vaikutuksille.

Turverannoilla kuluminen tapahtuu periaatteessa monimutkaisemmin kuin hiekkarannoilla; tässä on tietenkin eroja turvelajien välillä. Pitkälle maatunut turve kuluu helpommin kuin maatumaton, paljon juurihuovastoa sisältävä turve on kulutuskestävää, paljon puuta sisältävä turve kuluu myös hitaammin kuin puuton, koska turpeesta irronnut puuainees kerrostuu monissa tapauksissa rannan eteen aallokkoa vaimentavaksi valliksi. Turverantojen kohdalla on lisäksi syytä huomata se peruslähtökohta, että suot ovat lähes aina laaksojen pohjilla, siis mahdollisimman hyvin suojattuina aallokon toiminnalta.

Rannan fyysinen suojaus herkimmin kuluvilla hiekkarannoilla, siis verhoaminen tai peittäminen, on monissa tapauksissa vaikeaa. Syinä mahdolliseen epäonnistumiseen ovat:

- Aineksen tasarakeisuus ja sen aiheuttama suuri kulutusherkyys. Vähäinenkin aallokko, tai vain veden läsnäolo, riittää kulutuksen alkamiseen; törmän tyven suojaus on siis tehtävä aukottomasti.
- Törmissä vaikuttavat myös muut voimat kuin aallokko. Esimerkiksi pohjaveden purkautuminen, routiminen ja normaalit painovoiman aiheuttamat massaliikunnat voivat tehdä suojauksen vaikeaksi.

Toinen vesirajan yläpuolisen vyöhykkeen suojausmenetelmä on heikentää vesirajalle tulevan aallokon energia niin paljon, että kulumista ei juuri tapahdu. Tämä voidaan tehdä joko aallonkorkeutta alentamalla tai huuhtelukorkeutta ja/tai -etäisyyttä lisäämällä (ks. Takeda 1984).

Aallokon korkeutta voidaan alentaa madaltamalla tai levittämällä rantatasannetta. Madaltaminen on varsin suuritöistä, onhan rannan syvyyttä lisätty säännöstelyssä vedenpintaa nostamalla. Tasapainolain mukaisesti pohjaa pitäisi nostaa ainakin saman verran kuin vedenpintaa on nostettu.

Täyttömaan raekoko on harkittava tarkkaan, koska rantatasanteen kokonaisenergiamäärä on vedennoston myötä kohonnut; materiaalin pitäisi siis olla alkuperäistä karkeampaa, jotta se kestäisi kohtuullisesti kulutusta.

Jos suojattava rantakohde on ollut aktiivinen jo ennen säännöstelyä, ts. huomattavia määriä aineista on ollut mukana prosesseissa, tulee rannan luonnollinen suojausjärjestelmä ottaa huomioon. Lähinnä lisääntyvästä masvirtauksesta johtuen rannan vedenalaisen tasanteen leveys näyttää lisääntyvän vedenpinnan kohotessa. Tämä ilmiö tapahtuu verraten nopeasti, joten ilman mitään toimenpiteitäkin ranta pyrkii suojaamaan itseään. Toki suuret vedenpinnan nostot ehtivät aiheuttaa huomattavaa törmän kulumista ennen kuin rantatasanne reagoi muuttuneeseen tilanteeseen. Vaikka rantatasanne leventyisikin, ei sen suojaava vaikutus voi parhaimmillaankaan saavuttaa täydellisesti ennen säännöstelyä vallinnutta tilannetta.

Rantatasanteen ainestasapainon manipulointi on kuitenkin epävarma ja kallias keino vähentää vesirajalla tapahtuvaa kulutusta. Rantatasanteen pinta on selvästi nk. avoin järjestelmä, joka vuotaa energiaa ja materiaalia moneen suuntaan. Vuoto on nykyisen tietämyksen mukaan sitä suurempi, mitä laa-

jempi on vedenpinnan ja tuulen suunnan vaihtelu. Rannan täyttöön ryhdyttäessä on tarkoin selvitettävä alueen potentiaalinen prosessikaavio kallien täyttötoimenpiteiden hyödyn arvioimiseksi.

Matalan vedenpinnan aikana on aineksen vallitseva kulkeutumissuunta rantatasannetta ylös vesirajavyöhykkeelle, missä se osaltaan hetkellisesti ehkäisee kulutusta korottamalla huuhteluvyöhykettä. Korkean veden aikana, säännöstelyn nostaessa vedenpintaa, aineksen kulkeutumisesta tapahtuu rannan ulkoreunalle (ennen tasapainon muodostumista), minkä seurauksena rantatasanne levenee ja vesirajalle tulevan energian määrä vähenee. Joillakin alueilla kulkeutuminen voi olla myös vallitsevasti rannansuuntainen, joten tasanteelle istutettu aines vaikuttaa vain lyhyen aikaa suojaavasti samalla kohtaa olevaan rantaan.

Ranta-aineksen kulkeutumisen ja kerrostumisen kannalta lienee järkevää kohdistaa suojaustoimenpiteet vesirajavyöhykkeelle. Tämä varsin kapea ja selvärajainen prosessialue voidaan tulkita suojausongelmien kannalta avoimeksi vain rantaviivan suunnassa. Huuhtelupenkereen vastasivua pitkin tapahtuu aineksen nopeaakin kulkeutumisesta myötääallokon suuntaan. Ylimääräisillä rakenteilla tämä kulkeutuminen voidaan katkaista ja siten sulkea järjestelmä. Vyöhykkeelle saapuva aines jää korottamaan huuhtelupintaa ja siten tehokkaasti ehkäisee kulumista.

## **2.2 Rantojen maisemarakenne**

Maisemasuunnittelulla, maisemarakentamisella ja myöhemmällä maisemahoidolla luodaan edellytykset kunnostettavan järven ranta-alueiden luonnontilan ja käyttökelpoisuuden kehitykselle tasapainoiseksi maisemaksi. Rantaviivan linjaus ja verhoilu, ruoppausmaiden muotoilu ja ranta-alueiden istuttaminen tulee suunnitella kokonaisuutena, jolloin kunnostettavista ranta-alueista voidaan saada peruspiirteiltään luonnonrantojen kaltaisia. Käytämällä erilaisia rantaverhoilumateriaaleja ja istuttamalla vesikasvillisuutta, puita ja pensaita voidaan korostaa ranta-alueiden eri kohtien luonnetta ja muodostaa suojaavyöhykkeitä (Jormola 1990).

Maisemarakenteen tärkein elementti on vesipinta. Tasaisena ja yhtenäisenä pintana se korostaa lähellä olevien muiden maisematilaa rajaavien tekijöiden muotoa ja merkitystä. Maanpinnan topografia, kasvillisuus sekä ihmisen tekemät rakenteet ovat maisematilaa pystysuunnassa rajaavina tekijöinä vesipintaa tärkeämpiä tilan luonnetta määrääviä tekijöitä. Edellisten tekijöiden perusteella voidaan määritellä vesialueen tai rannan maisemakuva ja jakaa rannat esimerkiksi seuraaviin päätyyppeihin (Vesihallitus 1972):

- Maisematilaltaan avoin ranta (laakea kallioranta, hiekkaranta ja kivikoranta, peltoranta ja niittyranta, suoranta)
- Maisematilaltaan suljettu ranta (jyrkkämuotoinen kallioranta, jyrkkämuotoinen hiekkaranta, muun jyrkän tai jyrkähkön topografisen muodon rajaama ranta, metsäranta, puu- tai pensasvyöhykkeen rajaama ranta)

Rantaviiva ei toimi maisematilan rajana vaan metsän reuna, maaston muodot tai rakenteet rajaavat tilan. Rantavyöhyke on kuitenkin voimakas maisemallinen raja; se on kahden tai useamman maisematekijän välinen reunavyöhyke ja siten visuaalisesti sekä ekologisesti arvokas alue (Vesihallitus 1972).

Maisemasuunnittelun keskeinen osa on kokonaiskuvan muodostaminen. Tärkeitä suunnittelun keinoja ovat massojen sijoittaminen ja rantojen sekä muiden maisemarajojen linjaus ja muotoilu. Luonnonmukainen linjaus ja rantojen maastonmuotoilu mahdollistaa erilaisten kasviyhdykskuntien kehittämisen ja kehittymisen rannoille sekä eri rakenteiden monimuotoisen sijoittamisen veteen ja rannalle.

Maisemanhoidon tavoitteena on säilyttää vesistöt monipuolisina ja tarpeen tullen rikastuttaa maisemakuvaa kehittämällä rannoille uusia kasviyhdykskuntia. Se perustuu vallitsevien kasviyhdykskuntien ja vesistön rakenteen tuntemiseen ja sitä toteutetaan suojelemalla, hoitamalla ja kehittämällä vesistölle luonteenomaisia ominaisuuksia. Tavoitetyypinä voidaan pitää luonnonmukaisia ja monipuolisia vesistömaisemia. Häviämässä olevat kasviyhdykskunnat, kuten tulvaniityt ja rantaluhdat kuuluvat erityisen maisemanhoidon ja -suojelun piiriin.

Maisemakuvallisesti rantavyöhyke on aina veden ja maan raja, jonka muotoutuminen vaikuttaa sekä rantatoimintoihin että koko vesistön ulkonäköön. Sen käsittelykeinot ovat: 1) luontainen kehittyminen, 2) kylvö, 3) istuttaminen, 4) rakentaminen ja 5) edellisten yhdistelmät.

Rantaviivan linjaus seuraa maastonmuotoja. Luonnossa jyrkät kivikkorannat sijoittuvat moreenimäkien yhteyteen ja alavat niittyraunnot laaksopainanteisiin tai tasaisille savikoille. Rantaviivan linjauksessa rakennetaan niemেকেitä alkuperäisten tai läjitysmaista muotoiltujen kohoumien kohdalle ja kumpareiden välisten laaksopainanteiden kohdalle poukamia. Rannan linjauksen tavoitetyyppinä on Suomen luonnonjärvien rikkonainen rantaviiva kasvillisuusvyöhykkeineen.

Rantaviivan muotoilussa tulee noudattaa luonnossa vallitsevia eri rantatyyppien muotoutumisperiaatteita. Se edellyttää läjitysmaiden muotoilun, rantaviivan verhoilun ja istutusten yhteensovittamista. Rantojen luiskakaltevuuksia vaihdellaan siten, että niemেকেissä ranta on jyrkkä ja poukamissa hyvinkin loiva.

Kaivumaiden sijoitusperiaatteet ja maastonmuotoilu noudattavat alueella vallitsevaa pinnanmuotoa. Kaivuumaat voidaan sijoittaa rinteeseen tai alkuperäiseen harjanteeseen vesistöön päin työntäväksi selänneeksi. Alavilla rantaosuuksilla läjitysmassoista voidaan rakentaa ja muotoilla loivia kohoumia. Kaikkien läjitysalueiden viimeistelytason kaltevuuksilla tulee turvata pintavesien valuminen vesistöön.

Maastonmuotoilun tulee jäljitellä suunnittelukohteen luonnon rajoja. Niemet rakennetaan yleensä kuperiksi ja selännemäisiksi ja lahdet koveriksi, alavina jatkuviksi laaksoiksi. Rannan muotoilussa noudatetaan samaa periaatetta; niemeen liitetään jyrkähkö kupera ranta, lahteen ja laaksoon loiva, muodoltaan kovera tai suorahko rantaviiva.

Siirrettävien maamassojen lajittelu edistää maastonmuotojen pysymistä toivotunlaisina. Moreeni kuljetetaan niemiin ja selänneisiin, missä tarvitaan kantavaa maalajia. Lahdissa ja laaksoissa voi olla löyhiäkin maalajeja. Pelto-



ja niittyalueille ohjataan sellaiset massat, jotka soveltuvat kasvualustaksi. Täyttöalueen nykyinen kasvukerros voidaan kuoria pois täyttötöiden ajaksi ja käyttää myöhemmin massojen päällä. Täyttöalueet tulee aina liittää nykyiseen maanpintaan siten, että maaston muoto jatkuu eikä synny vettä kerääviä painanteita. Maastonmuotoilu peltoalueilla onnistuu yleensä hyvin yksinkertaisen maastonmuodon ansiosta.

### 2.3 Kasvillisuuteen vaikuttavat tekijät

Ranta-alueen kasvillisuuden merkitys on kaksivaiheinen tarkasteltaessa rannan ekologista ympäristöä.

- Ranta- ja vesikasvillisuus ilmentää koostumuksellaan rannan ekologisia olosuhteita.
- Kasvillisuus muodostaa rannalle oman ekologisen ympäristön, joka suojaa rantaa aallokon ja muiden eroosivoimien vaikutukselta.

Säännösteltyjen järvien rantavyöhykkeellä vaikuttavat samat ekologiset muuttujat kuin luonnontilaisissakin järvissä, mutta niiden voimakkuus ja/tai kesto ovat usein eri suuruusluokkaa. Kasvilajisto ja samalla myös kasvillisuus ovat säännöstelyjärvissä voimakkaasti muuttuneet elinympäristön muuttamisen myötä. Rantavyöhykkeen kasvillisuutta elvytettäessä on ensin tiedettävä vallitsevat ekologiset olosuhteet ja mahdollisuudet niiden muuttamiseen, jotta sopivan kasvilajiston valitseminen onnistuisi.

Ranta- ja vesikasvillisuus voidaan jakaa kasvillisuuden elomuotojen perusteella **syvyysgradientin** mukaisiin vyöhykkeisiin. Vesisyvyys edustaa eräänlaista ekologisten tekijöiden summaa, johon liittyy suuri joukko muuttujia. Näistä tärkeimpiä ovat valo, pohjan laatu, hydrostaattinen paine ja lämpötila. Edellämainittujen tekijöiden muodostama vertikaalinen kompleksigradieni vaikuttaa ehkä voimakkaimmin vyöhykkeisyyden muodostumiseen. Veden laatu, pohjan rakenne ja rannan avoimuus vaikuttavat merkittävästi paikalla tavattavaan lajistoon ja myös sen muodostamiin vyöhykkeisiin (Mäkirinta 1978 b, Toivonen & Lappalainen 1980). Nämä tekijät voivat vaihdella runsaastikin sekä järvien välillä että sisällä; ne muodostavat kasvillisuuteen vaikuttavan monimutkaisen horisontaalisen gradientin.

Kasvilajisto voidaan vedenkorkeuden vaihteluvyöhykkeiden mukaisesti jakaa esim. Eurolan (1965) mukaan;

- tulvaa kestäviin maakasveihin eli geoamfibiontteihin
- kuivuutta kestäviin vesikasveihin eli hydroamfibiontteihin
- kuivuutta kestäättömiin vesikasveihin eli hydrofyytteihin.

Ryhmät ovat myös sidoksissa elomuotoihin; helofyytit l. ilmaversoiset vesikasvit ovat pääasiassa geoamfibiontteja ja hydroamfibiontteja, kun taas valtaosa elodeideista l. uposlehtisistä on hydrofyytteja. Lisäksi se osa lajistoa, jolla ei ole selvää suosituinta vyöhykettä voidaan luokitella indifferenteiksi.

Energiantuotantoa varten säännöstellyissä järvissä vedenkorkeuden vaihteluväli ja joskus myös vaihtelun esiinymistiheys lisääntyy. Tällöin useiden vesikasvien vertikaalinen elinalue kapenee (Quennerstedt 1958) ja ainakin pohja- ja uposlehtisillä kasveilla siirtyy syvemmälle (Rørslett 1984). Tämä johtuu osittain siitä, että vedenkorkeuden vaihtelu vaikuttaa selvästi myös muihin ranta-alueen ympäristötekijöihin, esim. vedenalaiseen valoilmastoon sekä aallokon ja jään vaikutusalueeseen. Kasvien mahdollisuus joutua kohtaamaan edellämainittujen tekijöiden aiheuttamia epäsuotuisia olosuhteita ja täten myös näiden vaikutus kasvillisuuteen riippuu vedenkorkeuden vaihtelun ajallisista ominaisuuksista. Sen vuoksi tutkittaessa vedenkorkeuden vaihtelun vaikutusta kasvillisuuteen olisi parempi käyttää vedenkorkeuden todennäköisyysjakamaa kuin keskimääräistä vedenkorkeutta tai säännöstelyväliä (Rørslett 1984).

**Jääpeitteen** vaikutus vesikasveihin on erittäin merkittävä sekä elintoimintojen hidastumisen että mekaanisen vaikutuksen kannalta. Säännöstellyissä järvissä vedenkorkeuden talvinen lasku aiheuttaa jään painumisen pohjaa vasten, jolloin pohjasedimentti sekä puristuu kasaan että jäätyy ainakin rannan ylimmällä osalla (Hellsten ym. 1989). Jään aiheuttama kulutus on useiden kasvien ylärajan määräävä tekijä (Rørslett 1987b). Kasvilajin vaste jääpeitteen vaikutukseen riippuu mm. sen talvehtimistavasta ja kyvystä sie-

tää hapettomia oloja. Lajien suhtautumista jäähän voidaankin tulkita kolmella tavalla:

- 1. Kasvi karttaa jäätyvää vyöhykettä esim. nuottaruoho (*Lobelia dortmanna*).
- 2. Kasvi karttaa myös jään painuma-aluetta esim. tummalahnaruoho (*Isoetes lacustris*).
- 3. Kasvi on sopeutunut kestämään jäätymistä esim. rantaleinikki (*Ranunculus reptans*).

Jo Roivainen (1932) totesi kesäasuisena talvehtivan tummalahnaruohon karttavan jään vaikutusvyöhykettä. Tummalahnaruohoa onkin käytetty useissa eri tutkimuksissa jään alarajan indikaattorina (Mäkirinta 1978b, Hellsten 1982, Granberg & Hakkari 1980, Granberg & Ruohonen 1985). Tummalahnaruohon ylärajan muuttumista onkin pidetty kaikkein selvimpänä merkinä säännöstelyn vaikutuksesta ja sen perusteella on jopa arvioitu säännöstelyn vaikutuksia kalojen kutualueisiin (Hakkari ym. 1978).

Lehtivihreää sisältävillä kasveilla valo on luonnollisesti keskeisin muuttuja, joka on määräämässä kasvien esiintymistä. Säännöstellyissä järvissä monet ekologiset tekijät kuten jää ja kuivumisuhka ovat siirtämässä kasvillisuuden esiintymisaluetta syvemmälle, jolloin valaistuksen väheneminen muodostuu selvästi kriittiseksi esiintymisaluetta rajaavaksi tekijäksi.

Valon vaikutus vaihtelee voimakkaasti kasvin elomuodosta riippuen; helofyytit ja nymfeidit l. kellulehtiset nostavat yhteyttävät lehtensä vedenpinnan yläpuolelle, jolloin veden valonläpäisevyys vaikuttaa ainoastaan nuoruusvaiheessa kasvin menestymiseen. Lemnidit l. irtokellujat kelluvat jo nuorina veden pinnalla ollen alusta alkaen täysin riippumattomia veden väristä ja sameudesta. Muilla elomuodoilla valon puute vaikuttaa ratkaisevasti syvimmän esiintymissyvyyden määräytymiseen.

Veden valaistusolosuhteet ovat suoraan verrannollisia veden väriin ja sameuteen (Eloranta 1978). Vesikerroksessa tapahtuva valon heikkeneminen on melko riippumaton tulevasta säteilystä, joten säteilyn määrä tietyssä syvyydessä voidaan arvioida (Rørslett 1987a).

Useissa tutkimuksissa on todettu punaisen valon määrän toimivan ratkaisevana makrofyttisen kasvillisuuden alarajan määrääjänä (esim. Eloranta & Marja-aho 1982, Karlson & Peura 1981). Lajikohtaisen kriittisen valorajan määräävät todennäköisesti lajiominaiset tekijät, ylläpitoenergian tarve sekä elämänkierto (Rørslett 1985). Tarvittavaksi punaisen valon määräksi on todettu olevan 1 - 5 % pintaan tulevan valon määrästä. Eloranta (1978) pitää laajassa Keski-Suomen järviä koskevassa tutkimuksessaan eufoottisen, tuotavan vyöhykkeen alarajana yhtä prosenttia punaisen valon pintaan tulevasta määrästä. Mäkirinta (1978a) pitää parempana kasvillisuuden alarajan indikaattorina kokonaisvalaistuksen intensiteettiä. Myös muita tapoja eufoottisen vyöhykkeen määrittämiseksi on esitetty (kts. Spence 1982).

**Pohjan laadun** vaikutus kasvistoon on erittäin keskeinen; vaikutus voi olla välillinen eli pohjan laatu ilmaisee vallitsevia ekologisia olosuhteita kuten suojaisuutta, rannan kaltevuutta ja stabiiliutta. Toisaalta pohjan laatu vaikuttaa suoraan kasvillisuuden esiintymiseen erityisesti niillä elomuodoilla, jotka ottavat ravinteita pohjasedimentistä. Em. elomuotoja ovat esim. helofyytit, nymfeidit ja isoetidit l. pohjaruusukkeiset kasvit (Mäkirinta 1978c).

Erilaisten elomuotojen vaatimukset pohjan laadun osalta vaihtelevat selvästi. Helofyyteillä ja yleensäkin useimmilla suurijuurisilla kasveilla maaperän laatu ja ravinnepitoisuus ovat merkittäviä esiintymiseen vaikuttavia tekijöitä (Maristo 1941, Toivonen 1981). Wisheu ja Keddy (1989) katsovat ikivihreyden ja isoetidin elomuodon olevan niin sopeutuneita tiettyihin olosuhteisiin, että isoetidien läsnäolo osoittaa suoraan kasvupaikan vähäravinteisuutta. Em. ominaisuuksien yhteys alhaiseen biomassatuotantoon tukee myös teoriaa, jonka mukaan kasvupaikan vähäravinteisuus on biomassantuotantoa ja lajirunsautta rajoittava tekijä.

Järven pohjaan sedimentoituvan orgaanisen aineen määrä korreloi positiivisesti maaperän siltin ja saven osuuden sekä P, K, Ca ja Mg konsentraation kanssa (Wilson & Keddy 1985). Orgaanisen aineen lisääntyminen saattaa luoda kasvualustan, jossa kasvin tarvitsemia ravinteita on paremmin tarjolla (Sand-Jensen & Søndergaard 1979). Barko ja Smart (1983) ovat kuitenkin esittäneet että erilainen kyky sietää orgaanisen aineen lisääntymistä saattaa

vaikuttaa upoksissa olevan kasvillisuuden väistymiseen vedenpinnan yläpuolella viihtyvien lajien lisääntyessä.

Säännöstellyissä järvissä rantavyöhykkeen mineralisoituminen ja karuuntuminen on selkeästi havaittavissa. Vedenkorkeuden noston ja vedenpinnan lisääntyneen vaihtelun aiheuttama eroosio sekä rannan jyrkentymisen siirtää orgaanista ainesta syvemmälle ja matala rannan osa karuuntuu (esim. Hellsten ym. 1989). Eroosion vaikutuksen vähentäminen onkin keskeisin kunnostustoimenpide kasvillisuuden elvytystä suunniteltaessa.

Kasvisto suhtautuu **avoimuuteen** eli lähinnä aallokon vaikutukseen hyvin joustavasti. Esimerkiksi helofyyttien ja monien rantaviivan tuntumassa kasvavien kuivuutta sietävien vesikasvien elinalueen yläraja siirtyy rannalla ylöspäin samalla kun rannan varpumaiset kasvit vetäytyvät pois tyrskyvyöhykkeeltä (Keddy 1983). Avoimuuden vaikutus näkyy kahdella tavalla; aallokko muuttaa pohjan laatua huuhtomalla pois hienojakoisen sedimentin sekä orgaanisen aineksen ja toisaalta vaikuttaa kasveihin mekaanisesti irroittaen kasvit tai estäen itävien siementen juurtumisen (Keddy 1982, Spence 1982). Pohjan laadun muuttumisen vaikutuksia kasvillisuuteen on esitelty edellisessä kappaleessa.

Pelkkä kasvien vaste abioottisiin tekijöihin ei riitä yksistään selittämään rantakasvillisuuden vyöhykkeisyyden muodostumista; kasvien väliset vuorovaikutussuhteet eli **kilpailu** saattaa olla myös merkittävä tekijä (Wilson & Keddy 1985). Tosin Rørslett (1987a) ei todennut kilpailulla olevan merkitystä lajien vyöhykkeisyyteen tutkiessaan ruskoärviän (*Myriophyllum alterniflorum*), tummalahnaruohon sekä raanin (*Littorella uniflora*) elinalueiden laajuutta ja niihin vaikuttavia tekijöitä.

Kilpailun vaikutus on suurempi runsastuottoisilla ja suojaisilla kasvupaikoilla kuin sellaisilla vähätuottoisilla kasvupaikoilla, joilla ympäristön aiheuttama disturbanssi on suuri. Avoimilla habitaateilla kasveilla saattaa olla hyötyä toisten kasvien läheisyydestä sillä naapurikasvi voi tarjota suojaa aallokon vaikutukselta ja sitoa sedimenttiä (Wilson & Keddy 1986).

Ei voida esittää mitään yksittäistä selkeää tekijää, joka määräisi kasvillisuuden esiintymisen järven rannalla. Yksinkertaisen syy - seuraussuhteen määrittämisen tekee mahdottomaksi se, että rantavyöhykkeen kasvillisuuteen vaikuttaa sekä syvyysuuntainen että rannansuuntainen monien päällekkäisten ekologisten tekijöiden gradientti. Kasviyksilön asettuminen kasvupaikalleen onkin aina useiden eri tekijöiden kuten valon, vedenkorkeuden vaihtelun, jään vaikutuksen, pohjan laadun ja avoimuuden sekä kilpailutekijöiden yhteisvaikutus. Lisäksi esimerkiksi aika saattaa olla hyvinkin tärkeä tekijä; kasvilaji ei ole yksinkertaisesti vielä ehtinyt levittäytyä kaikille potentiaalisille kasvupaikoille. Samoin sattuma voi olla merkittävä lajiston levittäytymistä ajatellen.

Vesikasvitutkimuksissa ekologisia muuttujia on yleensä käsitelty sangen varovasti ja pyritty luokittelemaan kasvisto kullekin muuttujalle erikseen. Esimerkkeinä voisi mainita klassiset suomalaiset tutkimukset; Maristo (1941) piti tärkeinä muuttujina valoa, pohjan laatua, veden happamuutta, ilmastollisia tekijöitä ja kilpailua. Lutherin (1951a, b) mukaan tärkeimmät muuttujat ovat valo, kilpailu, avoimuus, vedenkorkeuden vaihtelu, pohjan laatu ja leviämisesteet. Viime vuosikymmenien tutkimusmielenkiinto kohdistui eniten veden laatuun kasvien esiintymisen määrääjänä (Kurimo 1970, Uotila 1971). Toisaalta veden rehevöitymiseen liittyy aina myös pohjan pehmeneminen, joka sinänsä voi vaikuttaa enemmän kasviston esiintymiseen kuin veden laatu. Viime vuosien aikana on enemmän keskitetty kasviston ja ekologisten muuttujien kokonaisvaltaiseen tarkasteluun. Esimerkiksi Duarte & Kalff (1986) osoittavat makrofyyttien maksimaalisen biomassan määräytyvän rannan viettävyden mukaan, joka on useiden muuttujien yhdistelmä (avoimuus, pohjan laatu). Norjalainen Rørslett (1985a) on kehittänyt tilastollisen mallin, jossa veden valaistusolosuhteiden ja vedenkorkeuden vaihteluiden perusteella voidaan laskea eräiden isoetidien (tummalahnaruoho, nuottaruoho) esiintymiselle raja-arvot säännöstellyissä järvissä.

Rantojen kasvillisuuden elvytystä suunniteltaessa on kiinnitettävä erityistä huomiota rannan ekologiisiin olosuhteisiin, jotta kasvillisuudelle kriittiset olosuhteet tulisivat huomioiduksi. Elvytystoimet tulee suunnata siten, että

keskitytään lajistoon jolla on mahdollisuuksia selvitä ankarissa olosuhteissa, mutta toisaalta pyritään helpottamaan kasvien elinkierron kriittisiä itämis- ja juurtumisvaihetta suojaamistoimin.

### 3. KASVILLISUUDEN ELVYTTÄMINEN

#### 3.1 Tutkimus- ja koetoiminta

Säännösteltyjen järvien rantavyöhykkeen kasvillisuuden elvyttämisellä pyritään mm. parantamaan alueen virkistysarvoa ja sopivuutta kalojen ja vesilintujen elinalueeksi sekä suojaamaan rantaa eroosiolta. Alan tutkimusta on tehty melko vähän ja kaikki löytynyt kirjallisuus käsittelee USA:ssa tehtyjä kokeita. Rannikoiden suolaisten vuorovesien vaikutuspiirissä olevien rantaniittyjen l. marskimaiden kasvillisuuden elvyttäminen on huomattavasti tutkitumpi ala. Niillä käytetyt menetelmät saattavatkin olla sovellettavissa säännöstellyn järven rantavyöhykkeelle.

Kasvillisuuden elvyttäminen on tutkimuksissa kohdistunut pääasiassa vedenkorkeuden vaihteluvyöhykkeelle; pysyvästi upoksissa olevaa tai rannan yläosan kasvillisuutta on käsitelty hyvin vähän. Kokeen tarkoituksena on useimmiten ollut testata erilaisten kasvilajien sopivuutta kasvillisuuden elvyttämiseen ja niiden tulvansietokykyä (Lester ym. 1986, Comes & McCreary 1986) tai elvyttämisessä käytettyjä menetelmiä (Fowler & Maddox 1974, Fowler & Hammer 1976, Allen ym. 1984, Comes & McCreary 1986).

Kokeissa käytetyt kasvilajit on yleensä valittu koealueen alkuperäisestä kasvistosta. Valintakriteereinä on ollut mm. tulvankestävyys (Comes & McCreary 1986, Lester ym. 1986) sekä lajin soveltuvuus eläinten ravinnoksi (Fowler & Maddox 1974). Kasvien lisääminen on useimmissa tutkimuksissa tapahtunut istuttamalla pistokkaita, juuripaakkuja tai muita kasvinosia. Vain Fowler ja Maddox (1974) käyttivät siemeniä lisäysmateriaalina; he sovelsivat erityistä vesikylvöä siementen levittämiseen.

Koealoja ja istutettavaa materiaalia on käsitelty erilaisin menetelmin, joiden tarkoituksena on ollut parantaa kasvien selviytymistä. Allen ym. (1984) testasivat 12 erilaista käsittelyä. Näistä kaksi oli vanhoja, jo aikaisemmin kehitettyjä menetelmiä (kasvien istutus yksittäin tai ryhmässä). Loput käsittelyt olivat uusia, aikaisemmin kokeilemattomia menetelmiä (maaperää sitovat matot, 4 menetelmää; autonrenkaat maaperän sitoijina, 2 menetelmää; juu-



rakon ja varren alaosan sitominen ja tukeminen, 4 menetelmää). Neljässä käsittelyssä istutettujen kasvien selviytyminen oli parempi kuin muissa. Hyvän selviytymisprosentin tuottaneet käsittelyt olivat seuraavat: Kasvirulla, Paratex-matto, autonrenkaat ja kangasnyytti (nämä käsittelyt kuvattu tarkemmin kohdassa 3.2).

Comes ja McCreary (1986) sekä Lester ym. (1986) tekivät tutkimuksensa osana laajempaa kolmella säännöstellyllä altaalla tehtyä tutkimusta. Koejärjestelyt olivat lähes identtiset ja tutkimuksen tarkoituksena oli selvittää kasvillisuuden elvyttämisen käyttökelpoisuutta vedenkorkeuden vaihtelun piirissä olevilla ranta-alueilla (kts. myös Allen & Klimas 1986). Kasvit istutettiin rantaan eri korkeuksille siten, että jokainen kokeessa mukana oleva kasvilaji koki kestoltaan erilaisia tulvajaksoja.

Istutetun kasvuston selviytymistä, elinvoimaa ja dynamiikkaa on seurattu erilaisissa koealan tai käsittelyn määräämissä ekologisissa olosuhteissa. Tutkittavien lajien tulvansietokykyä, soveltuvuutta kasvillisuuden elvyttämiseen sekä käytettyjen istutusmenetelmien toimivuutta seurattiin tekemällä istutetuista yksilöistä havaintoja. Allen ym. (1984) seurasivat vain istutetun kasvillisuuden henkiinjäämistä. Comes ja McCreary (1986) sekä Lester ym. (1986) tutkivat mm. seuraavia asioita:

- Selviytyminen = Istutetun yksilön selviytyminen hengissä tutkimusjakson ajan.
- Istutetun kasvuston peittävyys ja yksilöiden korkeus.
- Fenologia (= elämänkierron vaihe, esim. steriili, nupulla, hedelmävaihe ym.).
- Elinvoima (= esim. kuollut, taantuva, uusi verso ym.).

Edellä mainituissa kokeissa seuranta jatkui 3 - 4 vuotta ja koealat tarkastettiin useita kertoja vuodessa. Fowler ja Maddox (1974) tutkivat koealojen kasvillisuuden vain kerran, 61 päivää kylvön jälkeen. Kasvustosta mitatut muuttujat olivat: yksilömäärä, peittävyys, kuivapaino sekä kasvuston korkeus. Näiden lisäksi mitattiin maanäytteistä pH sekä pääravinteet (N, P ja K).

Storch ym. (1986) kokeilivat uposlehtisen vidan (*Potamogeton amplifolius*) soveltuvuutta siirtoistutuksiin. Istukkaan koon vaikutusta selviytymiseen tutkittiin istuttamalla kolmea eri kokoluokkaa olevia kasveja (30, 60 ja 100 cm). Ainoastaan suurinta kokoluokkaa olevat kasvit istutettiin ilman tukea, muut sidottiin löysästi niiden viereen pystytettyyn tukikeppiin. Kokeen jatkuessa huomattiin tukikeppien käytön olevan turhaa ja jopa haitallista.

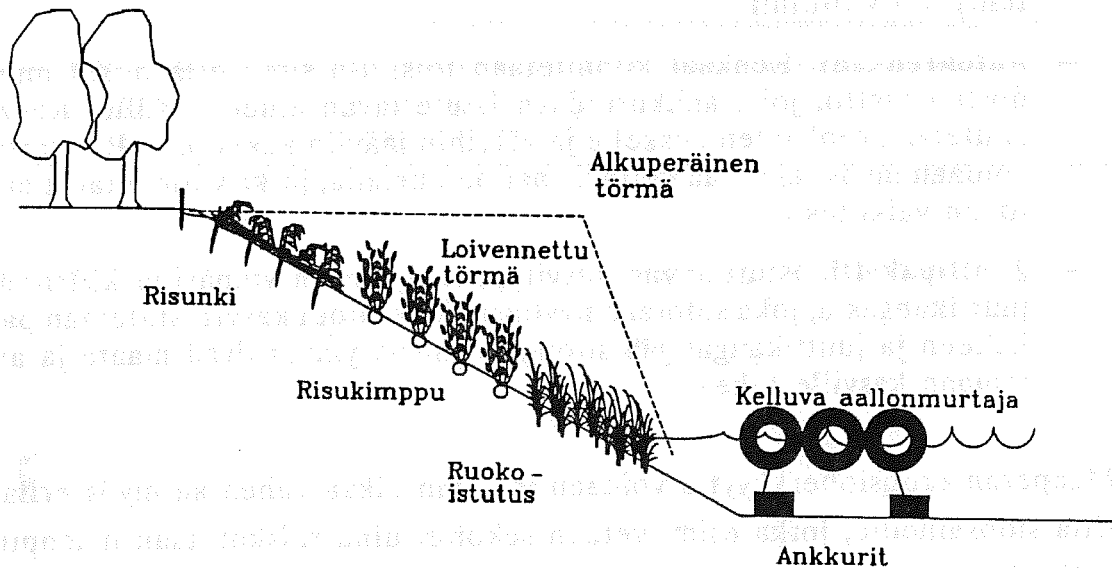
Tehdyt kokeet on useimmiten suoritettu käyttäen täydellisesti satunnais-tettua koejärjestelyä ja kullakin käsittelyllä on ollut yleensä vähintään neljä toistoa. Tällöin on tulosten tilastollinen vertailu voitu tehdä varianssianalyysin avulla. Aineiston tilastollisen testauksen asettamat vaatimukset on otettava huomioon jo koetta suunniteltaessa.

### **3.2 Kasvillisuuden ekologisten olosuhteiden parantaminen**

Kasvittoman alueen kunnostaminen istutuksin tai muilla lisäysmenetelmillä saattaa olla ongelmallista. Kasvuolosuhteet tällaisilla alueilla ovat usein niin vaikeat että jonkinlaisten olosuhteita parantavien menetelmien käyttö saattaa olla tarpeellista. Elvytetyn kasvillisuuden menestymistä voidaan parantaa monenlaisilla keinoilla, esimerkiksi lieventämällä tai poistamalla kasvillisuuden selviytymistä rajoittavia minimitekijöitä. Ranta-alueella tällaisia tekijöitä ovat mm. aallokko, pohjan laatu ja kaltevuus sekä maaperän ravinteisuus. Monet menetelmät pyrkivät nimenomaan aallokon suoran vaikutuksen tai sen aiheuttaman eroosion vähentämiseen; samalla vähenee ravinteiden kulkeutuminen pois hienon maa-aineksen kanssa. Seuraavassa esitellään eräitä kirjallisuudessa mainittuja menetelmiä.

Kasvillisuuden elinolosuhteiden parantaminen voi tapahtua esimerkiksi erilaisilla aallokkoa ja eroosiota vähentävillä rakenteilla (katso luku 7). Hinnaltaan edullinen ja suhteellisen helposti siirrettävä kelluva aallonmurtaja sopii tähän tarkoitukseen erityisen hyvin; kun kasvillisuus on vakiintunut niin hyvin että se kestää aallokon vaikutuksen (aikaa kuluu keskimäärin kaksi kasvukautta) voidaan suojarakennelma siirtää pois. Rakennusmateriaalina voidaan käyttää esimerkiksi toisiinsa kiinnitettyjä autonrenkaita, mutta myös muut materiaalit esim. tukkiniput ovat käyttökelpoisia (Allen &

Klimas 1986). Rannan eroosioherkkyttä voidaan vähentää myös muotoilemalla liian jyrkkä rantatörmä loivemmaksi (kuva 1). Tällöin kasvillisuus vakiintuu varmemmin ja törmän eroosioherkkyys on pienempi.



*Kuva 1.* Rantatörmän loiventaminen ja kelluvan aallonmurtajan käyttö helpottavat kasvillisuuden vakiintumista (uudelleen piirretty, Allen & Klimas 1986).

Rantaa voidaan suojata myös ohuehkolla kerroksella eroosiota kestävästä aaltojen voimaa heikentävää materiaalia. Alueilla, joilla aallokon voima ei kasva liian suureksi, on muutamien senttimetrien paksuinen kerros simpukankuoria riittävä vaimentamaan aallokkoa. Kasvillisuus pystyy kuitenkin tunkeutumaan tällaisen kerroksen läpi (Leewis ym. 1984).

Erilaisia geotekstiilejä, luonnossa hajoavia tekstiilejä tai muita maaperää sitovia materiaaleja on kokeissa käytetty maa-aineksen sitojina. Allen ym. (1984) kokeilivat merialueella ruoppausmateriaalin läjityksestä muodostuneen saaren rantojen kasvittamiseen useita menetelmiä ja havaitsivat neljä seuraavassa esiteltävää keinoa toimiviksi.

- **Kasvirulla.** Juuttikangaskaistaleen päälle asetetaan maata, johon istutetaan kasveja muutaman yksilön nippuina n. 0,5 m välein. Kankaan reunat käännetään ylös ja kangas sidotaan kääreksi. Istutettaessa rulla

haudataan maahan ja kangas jää tukemaan juuristoa ja estämään juuria ympäröivän maa-aineksen huuhtoutumisen.

- **Paratex-matto.** Luonnonkuituinen verkkomainen tekstiili, jota pitää koossa luonnossa hajoava liima. Eroosion vaivaama istutusalue peitetään tekstiilillä, jonka reunat on kiinnitetty esim. lautoihin ja haudattu maahan. Yksittäiset kasvit istutetaan n. 0,5 m välein tekstiiliin tehtyihin viiltoihin.
- **Autonrenkaat.** Renkaat kiinnitetään toisiinsa siten että niistä muodostuu matto, joka ankkuroidaan istutettavan alueen päälle. Kasvit istutetaan renkaiden keskelle ja väleihin jääviin aukkoihin. Renkaista voidaan myös rakentaa kelluvia aallonmurtajia, jotka vaimentavat aallokon vaikutusta.
- **Juuttipaketti.** Istutettavan kasviryppään juurien ympärille kääretään juuttikangasta, joka sidotaan nytyiksi. Paketoidut kasvit istutetaan paikalleen ja juuttikangas jää sitomaan juuria ympäröivää maata ja antamaan kasville tukea.

Maaperän eroosioherkkyyttä voidaan joksikin aikaa vähentää myös erilaisilla sidosaineilla, jotka esim. veteen sekoitettuina ruiskutetaan maanpinnalle (kts. Vesihallitus 1984). Kuivuessaan aine "liimaa" maapartikkelit kiinni toisiinsa joksikin aikaa ja parantaa kylvettyjen siementen itämisolosuhteita.

Fowler ja Maddox (1974) totesivat lannoituksen olevan tarpeellista jyrkillä rannoilla menestyvän kasvuston aikaansaamiseksi. Tämän oletettiin johtuvan aallokon aiheuttamasta ravinteiden huuhtoutumisesta jyrkillä rannoilla. Asteittainen vedenkorkeuden muuttuminen altistaa jyrkän rannan pitkäksi aikaa aallokon vaikutuksille kun taas tasaisessa maastossa jo pieni vedenkorkeuden muutos paljastaa tai peittää suurenkin alan ja altistuminen vesirajassa jylläävälle aallokelle jää lyhytaikaiseksi. Maaperän ravinteisuus onkin hiekkaisilla rannoilla usein niin pieni ettei se mahdollista kasvillisuuden nopeaa vakiintumista (Broome ym. 1988). Lannoitteiden käyttäminen kylvön tai istutuksen yhteydessä nopeuttaa myös kasvin kehittymistä. Mitä kehittyneempi kasvi on, sitä paremmin se pystyy selviytymään vaikeista oloista ja sitomaan maaperää juuristollaan. Järvien rannoilla jo pienikin lannoittaminen saattaa tosin aiheuttaa haitallista rehevöitymistä.

Siementen ja kasvien kehittymisolosuhteita voidaan parantaa myös käyttämällä erilaisia kateaineita; puukuitupehku tai turve levitetään ohueksi kerrokseksi sitomaan kosteutta ja parantamaan itämisolosuhteita. Vesikylvöä käytettäessä voidaan kaikki edellä mainitut aineet: sidosaineet, lannoitteet ja kateaineet sekoittaa veteen siementen kanssa ja ruiskuttaa kylvettävälle alueelle yhdellä kertaa (Vesihallitus 1984). Siemenkylvöä käytettäessä on tavallista, että heinän siemenseoksessa on mukana erityistä "suojalajia" -kasvia, joka vakiintuu nopeasti mutta ei ole kestävä. "Suojalajin" tarkoitus on sitoa maaperää varhaisessa vaiheessa ja tarjota suojaa hitaammin kehittyville ja pitempiäaikaisille lajeille (Bache & MacAskill 1984).

Joillain paikoilla saattaa maan pintakerroksen parantaminen olla tarpeellista, esimerkiksi mikäli maaperä on hyvin tiivistä tai muuten vaikeasti kasvitettavaa. Maan pintakerroksen poisto ja muuttaminen on kuitenkin kallis menetelmä käytettäväksi suurilla aloilla. Äestäminen, auraus tai muu maanpinnan rikkominen ennen kasvittamista parantaa juuriston kasvua (Hathaway 1986).

### 3.3 Kasvillisuuden käyttö biologisena suojauksena

Eroosiota voidaan hillitä ja siltä voidaan suojautua mekaanisin ja biologisin menetelmin sekä näitä menetelmiä yhdistelemällä. Biologisen ja mekaanisen suojaamisen aiheuttamissa kustannuksissa on selvä ero, samoin kuin siinä kuinka nopeasti niistä saadaan hyötyä. Biologiset menetelmät eivät tarjoa suojaa kovin aikaisessa vaiheessa mutta niiden aiheuttamat kustannukset ovat pienet. Mekaaniset menetelmät vaikuttavat välittömästi mutta kustannukset ovat suuremmat kuin biologisilla menetelmillä (Kraayenoord 1986). Biologisten menetelmien käyttö suojauksessa on kannattavaa esimerkiksi silloin kun suojattavaan kohteeseen vaikuttavat epäsuotuisat olosuhteet ovat niin harvinaisia, ettei kalliimpiin rakenteellisiin ratkaisuihin kannata mennä. Kasvillisuuden käyttö suojaamiseen on joissain tapauksissa tehokkain tapa ja se vähentää ympäristöhaittoja ja saattaa parantaa maisemakuvaa (Bache & MacAskill 1984).

Kasvillisuus vaikuttaa eroosiota hillitsevästi monin eri tavoin vaikkakin joissain tapauksissa vaikutus voi olla päinvastainenkin. Myös kasvillisuuden vallitsevalla elomuodolla on merkitystä; ruohovartiset ja puuvartiset kasvit vaikuttavat osittain eri tavalla. Puuvartinen kasvillisuus vähentää pinta-eroosiota ja estää massaliikuntoja. Puiden juuret kestävätkin vetoa n. 1,5 - 3 kertaa niin paljon kuin vastaavan paksuiset ruohojen juuret (Bache & MacAskill 1984). Puuvartisen kasvillisuuden vaikutustapoja ovat mm. seuraavat (Gray & Leiser 1982).

- **Juurten tuki.** Juuret tukevat maaperää mekaanisesti muuttamalla maaperän murtumisjännityksen juurten venymisvastukseksi.
- **Maaperän kosteuden muuttaminen.** Haihduttaminen ja lehtien pidätys rajoittavat maaperän kosteusstressin kehitystä. Kasvillisuus vaikuttaa myös lumen sulamiseen ja täten maaperän kosteuteen.
- **Tukevien pylväiden ja holvauksen** muodostaminen. Hyvin ankkuroituneet ja peittyneet rungot saattavat toimia tukipylväinä ja holvitukina rinteessä, vastustaen murtumisjännitystä.
- **Massan vaikutus.** Kasvillisuuden paino lisää sekä alarinteen suuntaista (destabiloiva) että kohtisuoraa alaspäin olevaa jännitystä (stabiloiva).
- **Juurten kiilautuminen.** Juurten tapa hakeutua maaperän ja kivien halkeamiin ja rakoihin aiheuttaa paikallista epävakautta kiilautumisella ja vääntämisellä.
- **Tuulen vaikutus.** Voimakkaat tuulet voivat puihin osuessaan aiheuttaa maaperään kohdistuvan vääntömomentin, joka vaikuttaa rinteessä vakautta vähentävästi.

Kolme ensimmäistä vaikutusta parantavat rinteen vakavuutta, neljäs voi olla vakavuutta parantava tai heikentävä maaperästä ja kaltevuudesta riippuen. Viimeiset kaksi vaikuttavat vakautta heikentäen (Gray & Leiser 1982). Ruohovartisen kasvillisuuden eroosiota hillitsevät vaikutukset ovat seuraavat (Gray & Leiser 1982).

- **Pysäyttäminen.** Kasvien lehdet ja maassa olevat kuolleet kasvinosat vaimentavat putoavien sadepisaroiden voiman ja suojaavat maanpintaa.
- **Pidättäminen.** Juuristo pidättää tai sitoo fyysikaalisesti maapartikkeleita samalla kun maanpinnalla olevat kasvinjäänteet suodattavat pinnalla valuvasta vedestä sedimenttiä pois.

- **Jarruttaminen.** Maanpinnalla olevat kasvinjäänteet lisäävät pinnan karkeutta ja hidastavat pintavaluntaa.
- **Suodattaminen.** Juuret ja kasvinjäänteet ylläpitävät maaperän huokoisuutta ja läpäisykykyä.
- **Haihduttaminen.** Kasvien aiheuttama maaperän kosteuden poistuminen viivyttää kyllästymisen ja valunnan alkua.

Ruohovartiset kasvit vaikuttavat siis pääasiassa maan pintaeroosiota vähentävästi.

Edellä luetellut vaikutukset koskevat rantavyöhykkeellä ainoastaan sitä rannan osaa, joka kulloinkin on vedenpinnan yläpuolella. Vedenpinnan alapuolella kasvillisuuden vaikutus on toisenlainen. Siellä merkittävintä on juuriston maaperää sitova vaikutus ja aallokkoeroosion väheneminen.

Biologisin menetelmin suojattavan kohteen valinta on tehtävä alueen käyttötarkoitus huomioon ottaen. Eroosiosuojauksessa käytettävät menetelmät ja suojauksen yhteydessä tehtävä maisemarakentaminen riippuvat kunnostettavasta paikasta. Kohteen huolellinen arviointi on syytä suorittaa aina ennen kunnostuksen aloittamista ja huomiota tulee kiinnittää esim. näkyviin merkkeihin kohteen vesitaloudesta, eroosiosta, maaperän laadusta sekä kasvillisuudesta (Bache & MacAskill 1984).

Kaikkien suojausta kaipaavien kohteiden kunnostaminen ei välttämättä ole kannattavaa. Suunnitelmissa on otettava huomioon työn aiheuttamat kustannukset ja kunnostuksesta saatava hyöty. Tavallisimpia suojattavia kohteita ovat esim. alueet, joilla on suuri käyttöarvo (mm. virkistyskäyttö), historiallisesti tai arkeologisesti merkittävät kohteet sekä alueet, jotka kasvillisuuden elvyttämisen jälkeen ovat arvokkaita riistan tai kalojen elinalueita (Allen & Klimas 1986).

Rantavyöhykettä suojaavan kasvillisuuden elvyttämiseksi on kehitetty useita menetelmiä. Siemenillä tapahtuvan kasvittamisen lisäksi merkittävimpiä ovat juuripaakkujen, juurakoiden ja erilaisten pistokkaiden istuttaminen sekä rannan yläosassa myös risumattojen (= risunki) ja risuverhousten käyt-

tö. Tutkittuja marskikasvillisuuden lisäysmenetelmiä ovat mm. siementen kylvö ja pistokkaiden, juuripaakkujen tai kasvihuoneessa kasvatettujen potitaimien istutus. Kaikki edellä mainitut menetelmät ovat käyttökelpoisia tietyissä olosuhteissa ja erilaisilla kasvilajeilla. Avoimilla paikoilla on menestyksekkäästi käytetty erilaisia suojaavia rakenteita helpottamassa kasvillisuuden vakiintumista. Avoimuus ja erityisesti aallokon vaikutus määräävät sen, minkälaista lisäysmateriaalia voidaan käyttää. Siirtoistukkaiden tai taimien käyttö onnistuu, mikäli tuulenpyyhkäisy matka on alle 4 km; kasvillisuuden elvyttäminen siemenkylvöllä edellyttää, että em. ala on alle 1 km (Broome ym. 1988).

Siementen kylväminen voidaan suorittaa käyttäen normaaleja maatalouskoneita, mikäli siirtyminen kohteeseen ja koneiden käyttö kohteessa on mahdollista. Pienten pinta-alojen kylväminen onnistuu myös käsin, mutta menetelmä vaatii paljon työvoimaa. Käsin kylvöä tulisi käyttää vain, jos muut menetelmät eivät ole mahdollisia (Allen & Klimas 1986). Fowler ja Maddox (1974) kylvivät tutkimuksessaan koealat käyttämällä vesikylvöä; kylvettävä materiaali sekoitetaan veteen ja seos ruiskutetaan kylvettävälle alueelle. Myös lannoitteet ja kosteuden sitojaksi tarkoitettu pehku voidaan ruiskuttaa yhdessä siementen kanssa. Menetelmä on käyttökelpoinen niillä luiskan osilla, jotka pysyvät aina vedenpinnan yläpuolella tai ainakin kylvöhetkellä ovat kuivilla ja pysyvät sellaisina niin kauan, että kasvillisuus ehtii kehittyä. Vesikylvön vaatima kalusto oli asennettu lautalle, jolla kaluston siirto rannan osalta toiselle kävi vaivattomasti.

Käytetyn kylvömenetelmän kehittelyä ja muiden menetelmien kokeilua jatkettiin ja näiden menetelmien esittely ja vertailu julkaistiin myöhemmin (Fowler & Hammer 1976). Paranneltu vesikylvölaite asetettuna ponttooneilla kelluvaan lauttaan mahdollisti yli 3 km pitkän, 10-12 m leveän rantakaistan käsittelyn yhdessä tunnissa. Laite soveltui erityisesti jyrkille rannoille, joilla kylvettävä vyöhyke oli kapea. Ilmatyynyalus soveltui mutatasanteiden kylvöön silloin kun käsiteltävät alueet olivat suhteellisen pieniä ja erossa toisistaan. Helikopterista tapahtuva kylvö oli käyttökelpoisin kun käsiteltävät kohteet olivat laajoja ja yhtenäisiä.



Marskikasvillisuuden elvytyksessä siementen kylvö suoraan maaperään on käyttökelpoinen menetelmä vain vuorovesivyöhykkeen ylemmässä puoliskossa. Kasvillisuuden vakiintuminen riippuu tällöin hyvistä, myrskytömistä olosuhteista ja se on varmempaa suojaisilla rannoilla. Siementen käytön kustannukset muodostuvat siementen keräämisestä, puimisesta, varastoinnista, matkakustannuksista, välineistöstä sekä kylvöstä. Tutkimuksen mukaan edellä mainitut toiminnot vaativat 15 henkilötyötuntia yhtä käsiteltyä hehtaaria kohden (Broome ym. 1988).

Kokonaisten kasvien tai kasvin osien käyttäminen istutusmateriaalina onnistuu myös sellaisissa olosuhteissa, joissa siementen kylvö ei ole käyttökelpoinen menetelmä. Kustannukset muodostuvat kuljetuksesta, välineistöstä, materiaalin hankkimisesta ja istuttamisesta. Käsillä tapahtuva istutusmateriaalin kerääminen ja istuttaminen vaativat n. 50 henkilötyötuntia hehtaarilta kun istutus tapahtuu 1 metrin välein (= 10000 istutettavaa kasvia) (Broome ym. 1988). Istutusmateriaalin keräys kannattaa suorittaa lepokauden aikana, tällöin kasvit kärsivät vähemmän stressiä (Allen & Klimas 1986). Kasvihuoneessa siemenestä kasvatetut pottitaimet soveltuvat kasvillisuuden elvyttämiseen vähintään yhtä hyvin kuin istukkaat tai juuripaakat. Kunnostuksen suunnittelu on tällöin aloitettava ainakin vuotta aikaisemmin siementen keräämiseen ja idättämiseen kuluvan ajan vuoksi (Broome ym. 1988).

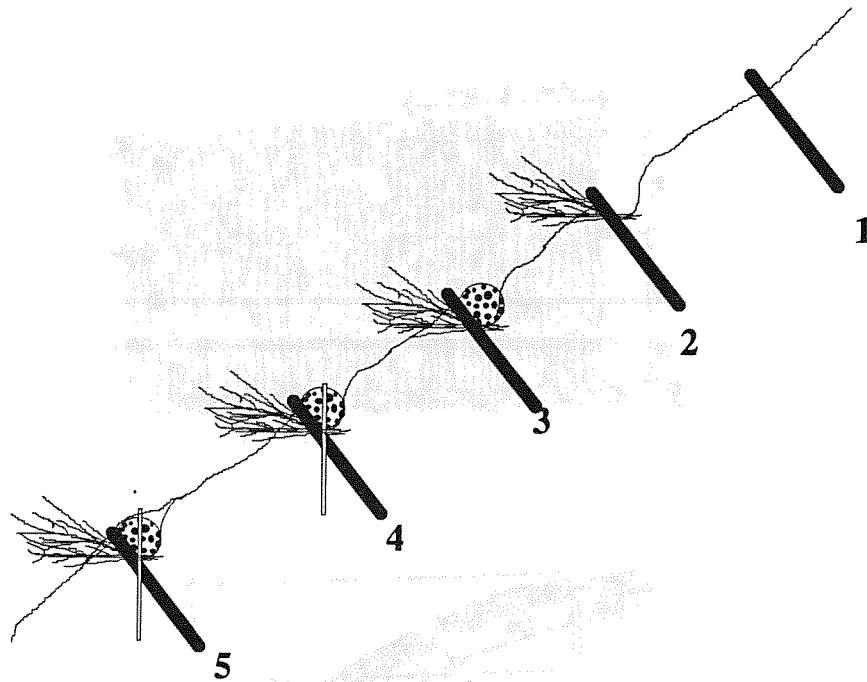
Juuripaakat muodostuvat juurista sekä juurissa kiinni olevasta maasta. Käsillä tehty *Puccinellia maritiman* istukaspaakkujen kaivaminen ja istuttaminen 0,5 metrin välein vei n. 1330 henkilötyötuntia hehtaarilta. Se sopi hyvin marskimaiden kunnostukseen rakenteeltaan hyvinkin erilaisilla maalaaduilla aina sorasta silttiin ja myös runsaasti orgaanista ainetta sisältäviin maihin. (Broome ym. 1988). Juuripaakkujen istuttaminen on mahdollista myös veden alle (Allen & Klimas 1986).

Järviruokoa (*Phragmites australis*) ja järvikaislaa (*Shoenoplectus lacustris*) voidaan lisätä myös juuripistokkaina. Lisäysmateriaalina käytetään tällöin pystysuuntaisia maavarsia, joissa on ainakin muutama elävä verso. Uposlehtisten lajien juurenkappaleita on istutettu mm. käyttämällä kumilangalla

kiinnitettyä rautanaulaa painona, joka pitää kappaleen kiinni pohjassa tai sitomalla juurenkappaleet kiinni pohjaan luonnossa hajoavalla tekstiilillä (Engel 1987).

Comes ja McCreary (1986) huomasivat että puuvartiset kasvit sietivät tulvaa paremmin kuin ruohovartiset. Erityisesti pajut juurtuvat helposti ja ovat siten hyvää materiaalia rantojen kunnostukseen. Niiden lisääminen onnistuu hyvin mm. pistokkaista, varren kappaleista tai oksista. Pistokkaiden katkaiseminen tulisi tehdä aikaisintaan 1 -2 päivää ennen istuttamista ja väli aikana niiden ei saa antaa kuivua. Pistokkaiden kasvuunlähtö on varmempaa mikäli katkaisu ja istutus tapahtuu ennen lehtien puhkeamista, joissain tapauksissa juurtumista tulee parantaa hormonikäsittelyllä (Allen & Klimas 1986). Istutettaessa tulee puuvartisten kasvien olla riittävän kookkaita, jotta ne kestäisivät aallokon vaikutuksen ja eroosion sekä muut tekijät. Puuvartiset kasvit on parempi istuttaa pystyasentoon kuin vaaka-asentoon; tällä varmistetaan, että kasvin kasvavat osat pysyvät veden maksimitason sekä kerrostuvan hiekan yläpuolella (Comes & McCreary 1986).

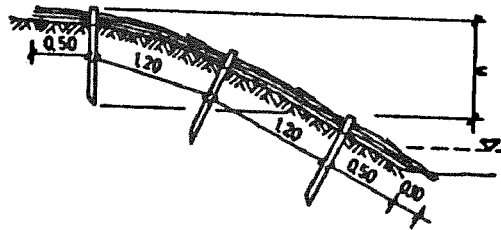
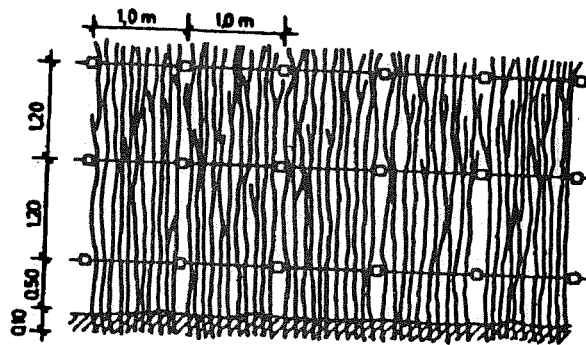
Risukimppuja, -mattoja ja -verhouksia käytetään rantojen mekaaniseen ja biologiseen suojaamiseen. Rakenteen tarkoitus on tarjota välitön suoja eroosiota vastaan ja myöhemmässä vaiheessa juurtua ja kasvattaa versoja. Risukimppu on esim. pajunoksista tehty 0,25 - 0,4 m. paksu kimppu, joka on sidottu rautalangalla. Risukimppu kaivetaan maan sisään siten, että noin puolet siitä jää näkyviin. Sen läpi lyödään paalut, jotka kiinnittävät risukimppun maahan. Rakenteen välitöntä suojavaikutusta voidaan lisätä asettamalla kimpun alle risukerros (Bache & MacAskill 1984). Kimput asetetaan suojattavaan rinteeseen korkeuskäyrien suuntaisesti alkaen rinteiden alaosasta kuvan 2 osoittamalla tavalla. Risumatto on ohuista pajuvitsoista suojattavalle rannan osalle aseteltu yksinkertainen risukerros, joka tiivistetään maata vasten rautalangoilla tai rautalankaverkolla (kuva 3). Matto peitetään ohuella maakerroksella. Risuverhoukset ovat risumattoa muistuttavia rakenteita, joissa käytetään paksumpaa risukerrosta eikä verhousta peitetä maalla.



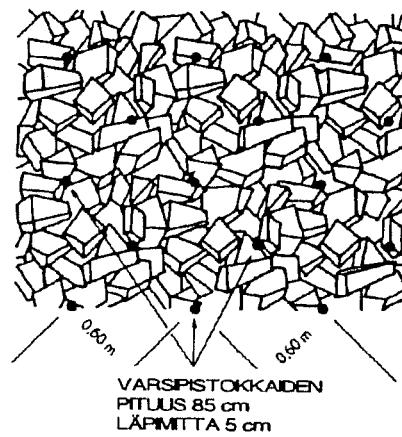
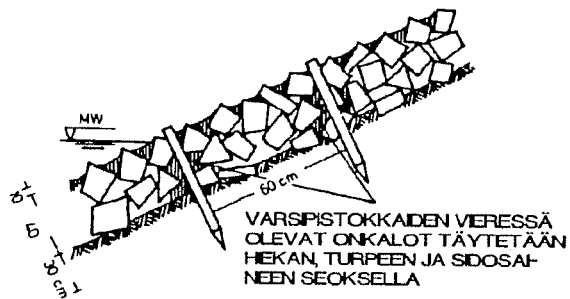
*Kuva 2.* Rinteen suojaaminen risukimpuilla. Rakentaminen aloitetaan alarinteestä ja edetään vaiheittain numerojärjestyksessä.

Myös ruokorullat ovat eräänlaisia biologisten ja mekaanisten menetelmien yhdistelmiä. Rautalankaverkon koossa pitämän rullan korkeudesta on n. 2/3 osaa täytetty soralla ja yläosassa on hienompaa maata sekä ruokoa, kaislaa tai muuta istutettavaa kasvia juuripaakkuina (Begemann & Schiechl 1986). Eräänlainen ruokorullan kevennetty sovellus on myös luvussa 3.2 esitelty kankaalla sidottu kasvirulla. Rulla rakennetaan suoraan kunnostettavaan kohtaan keskivedentasaan tai hiukan sen yläpuolelle. Sen vedenvuoleinen sivu tuetaan paaluilla ja rullan rannanpuoleista rinnettä voidaan suojata esimerkiksi risumatolla. Biologinen suojaus voidaan yhdistää myös kiviverhosten käyttöön. Verhouksen tukemiseen ja maisemarakentamiseen voidaan käyttää oksa- tai varsipistokkaita, jotka upotetaan kiviverhouksen läpi (kuva 4).

Suojaamisen ja kasvillisuuden elvyttämisen jälkeen on vielä huolehdittava kunnostetun kohteen seurannasta. Kasvillisuus saattaa tarvita kastelua, lannoitusta, rikkaruohojen kitkemistä tai muuta hoitoa. Kohteen säännöllinen vähintään kerran vuodessa mieluiten samalta paikalta tehtävä valokuvaaminen helpottaa kasvillisuuden kehittymisen seuraamista (Allen & Klimas 1986).



Kuva 3. Risumaton rakentaminen (Begemann & Schiechl 1986).



Kuva 4. Varsipistokkaiden käyttö kiviverhouksen tukena (Begemann & Schiechl 1986).

### 3.4 Kasvillisuuden käyttö maisemarakentamisessa

Kasvillisuudella on suuri merkitys maiseman muovaajana; se toimii tärkeänä osana maisemarakenteessa, joka muodostaa perustan ihmisen havaitsemalle maisemakuvalle. Kasvillisuudella on kyky muodostaa maisematiloja toimimalla joko pystysuorina tilanjakajina, maisematilan kattona tai maisematilan lattiana. Erilaisten yksityiskohtien kehystäjinä tai näkymien rajaajina kasvillisuus toimii katsetta määrättyyn suuntaan kohdistavana tekijänä (Iisakkila 1980).

Rantoja suunniteltaessa tulee lähiympäristön vesistöjen kasvustot ja kasvillisuus kartoittaa sopivan lajiston löytämiseksi. Samalla saadaan tietoa kasvillisuuden siirtomahdollisuuksista.

Ranta tulisi aina istuttaa luontaisella kasvillisuudella tai turvata olevan kasvillisuuden menestymismahdollisuudet muuttuvassa tilanteessa. Jos rantaviivaa ei voida sitoa kasvillisuudella, tulisi se muotoilla niin loivaksi, ettei huuhtoutuminen estä kasvien luonnollista leviämistä.

Suuri osa Suomen järvien rannoista on suljettua metsärantaa. Tällaisilla paikoilla avoimen ympäristön ja sulkeutuneen kasvillisuusalueen välille tulee maisemarakentamisen yhteydessä jättää tai rakentaa reunavyöhyke, jossa esimerkiksi tiheä pensasvyöhyke toimii vaihettumisvyöhykkeenä avoimesta alueesta metsään (kts. Rautamäki 1989). Reunavyöhykkeen johdonmukainen käsittely ja eheys lisäävät maiseman kiinteyttä, tällöin se myös rajaa tehokkaammin avoimia tiloja (Vesihallitus 1972, Rautamäki 1989).

Ranta on suurmaiseman elementtinä niin voimakas etteivät pienmiljöön elementit pysty kilpailemaan sen kanssa. Rantoja rakennettaessa tulee pyrkiä mahdollisimman suureen luonnonmukaisuuteen (kts. Merivuori 1982).

### 3.5 Kasvillisuus ekologisena ympäristönä

Rantavyöhykkeen kasvillisuuden ekologinen merkitys on suuri. Terrestrisen ja akvaattisen ympäristön raja-alueella rantakasvillisuus saa piirteitä kummastakin ympäristöstä, näin ollen se on monipuolinen ja tarjoaa suojaa ja ravintoa myös monipuoliselle eläimistöille. Rantavyöhykkeen yläosan sara-, heinä- ja pensaskasvillisuus toimii tehokkaana eroosion estäjänä vaimentaen sekä aallokon että ylempää tulevan pintavalunnan vaikutusta. Suojavyöhykkeen merkitys on erityisen suuri jokien varsilla, mutta myös jyrkkätörmäisten järvien lajittuneesta aineksesta muodostuneet rannat ovat syöpymille alttiita. Myös vesirajassa kasvavat ilmaversoiset kasvit kuten järviruoko ja -korte estävät laajalla juuristollaan tehokkaasti aallokkoeroosiota.

Rantakasvillisuus sitoo myös tehokkaasti ravinteita ja kiintoainesta, jota kulkeutuu vesistöön etenkin maatalouskäytössä olevilta alueilta. Lammin Pääjärvellä suoritetuissa tutkimuksissa on havaittu rantavyöhykkeen tiheän kortteikon pidättävän erittäin hyvin ravinteita (Kairesalo ym. 1985). Kasvukauden aikana 20 metrin levyinen kasvusto pystyi sitomaan puhdistetun jäteveden fosforista 90 % ja typestä 75 %. Ravinteiden sitoijina toimivat kortteen pinnalla kasvavat epifyyttilevät ja kasviplanktonlevät. Toisaalta osa ravinteista vapautuu vesistöön kuolleista kasvinosista syksyllä, jolloin kuitenkin valon ja lämmön puute rajoittavat tuotantoa. Ravinteiden sitomisen ohella kasvillisuus voi vähentää myös epäsuorasti rehevöitymishaittoja olemalla eläinplanktonin suosima elinympäristö. Eläinplankton voi alentaa harjoittamansa saalistuksen kautta voimakkaasti kasviplanktonin määrää, jolloin levästön massaesiintymiä ei korkeista fosforipitoisuuksista huolimatta ole havaittavissa rantavyöhykkeellä (Kairesalo ja Seppälä 1987).

Kasvien oman ravinnonoton lisäksi kasvillisuus pidättää ravinteita ja kiintoainesta fyysisesti sedimentoimalla ne rantavyöhykkeelle. Malmin (1986) mukaan suojavyöhykkeen kasvillisuus vähentää eroosiota, hidastaa pintavaluntaa ja aiheuttaa ravinteiden pidättymistä suojavyöhykkeen maaperään. Kasvillisuus toimii väliaikaisvarastona, joka ylläpitää ravinnekiertoa ja vähentää kuormitusta etenkin kasvukauden aikana. Samalla osa ravinteista sitoutuu puiden runkoihin, oksiin ja juuriin tai typen ollessa kyseessä pa-

lautuu ilmakehään denitrifikaation kautta. Parhaimman suojavyyöhykkeen muodostaa mahdollisimman monipuolinen kasvipeite, joka koostuu heinäkasveista, pensaista ja puista (esim. Malmi 1986). Suojavyöhykkeen teho riippuu suuresti ilmastosta, rannan morfologiasta, maaperästä ja valuma-alueelta tulevasta kuormituksesta, jolloin sen suositeltava leveyskin vaihtelee muutamasta metristä useaan kymmeneen metriin.

Rantavyöhyke on kalojen elinympäristönä erittäin tärkeä. Suuri osa kevätkutuisista kaloista käyttää ranta- ja vesikasvillisuutta kutualueena ja niiden poikaset elävät nuoruusvaiheensa rantavyöhykkeellä. Sekä eläinplanktonia että pohjaeläimiä syövät kalat etsivät kasvillisuuden joukosta ravintoa. Taulukossa 1 on esitetty yleisimpien kevätkutuisten kalojen ja mateen suhde kasvillisuuteen lisääntymisvaiheessa.

*Taulukko 1.* Yleisimpien kevätkutuisten kalalajien suhtautuminen kasvillisuuteen lisääntymisvaiheessa (Kokko 1981).

Laji	Kutupaikan sijoittuminen	Poikasten suhde kasvillisuuteen
Kuore	karuilla rannoilla rantakasvien joukossa	eivät tarvitse
Hauki	rehevät rantaniityt	tarvitsevat
Lahna	rehevät ilmaversois-kasvustot	tarvitsevat
Salakka	karut rantavedet	eivät tarvitse
Säyne	karujen rantojen kasvillisuusvyöhyke	tarvitsevat
Särki	rehevät ilmaversois-kasvustot	tarvitsevat
Made	karujen rantojen kasvillisuusvyöhyke	tarvitsevat
Kuha	karujen rantojen kasvillisuusvyöhyke	eivät tarvitse
Ahven	rehevien rantojen kasvillisuusvyöhyke	tarvitsevat

Myös monet syyskutuiset kalat, esimerkiksi pohjaeläimiä syövät siiat, etsivät ravintoa pohjalehtiskasvillisuuden joukosta. Tosin useimmat kalalajit sopeutuvat elämään erittäin vaihtelevissa oloissa ja voivat vaihtaa elinympäristöään tarpeen mukaan.

Vesi- ja rantakasvillisuusalueet ovat vesilintujen suosimaa elinympäristöä; ne käyttävät alueita pesimiseen, suojautumiseen ja ruokailualueina. Useimmat puolisukelajasorsat pesivät rantakasvillisuuden joukossa tai ainakin rantaviivan välittömässä läheisyydessä. Uikut ja nokikana rakentavat keluvan pesänsä kasvillisuuden keskelle. Poikasvaiheessa sorsalinnut oleskelevat mielellään kasvillisuuden suojassa. Lajikohtaista analysointia vesilintujen ympäristövaatimuksista on esitetty mm. Kojjärven seuranta- toimikunnan mietinnössä (Komiteanmietintö 1987).

Kasvillisuusalueet voivat toimia ruokailualueena joko suoraan tai välillisesti. Vesikasvien osia, siemeniä ja silmuja käyttävät eläinravinnon ohella etenkin puolisukelajasorsat ja nokikanat (esim. Aarnio 1984). Myös monien sukeltajasorsien kuten esimerkiksi telkkien ja sotkien ravintoon voivat kuulua vesikasvien osat. Ruotsalaisten tutkimusten mukaan suosittuja ravintokasveja ovat vidat, ärviät ja palpakot (Statens naturvårdsverk 1976). Ravinnonottotavoiltaan puolisukeltajia muistuttavat hanhet ovat sen sijaan puhtaita kasvinsyöjiä. Välillisesti suurin osa sorsalinnuista hyödyntää kasvillisuusalueita etsiessään pohjaeläimiä ja kaloja kasvien seasta.

### **3.6 Elvytykseen ja istutukseen soveltuvat kasvilajit**

Kasvilajeja valittaessa tärkeintä on että kasvit todella täyttävät sen tehtävän, joka niille on varattu. Käytettävien kasvilajien on pystyttävä sopeutumaan kaikkiin istutuspaikan olosuhteisiin (Bache & MacAskill 1984). Rantavyöhykkeen suojaamiseen soveltuvia kasveja valittaessa on käytetty kriteerinä mm. kirjallisuudesta saatua tietoa lajin kasvukauden aikaisesta tulvansietokyvystä (Comes & McCreary 1986, Lester ym. 1986). Muita valintaan vaikuttavia tekijöitä ovat esim. kasvin lisäämisen helppous ja lisäysmateriaalin saatavuus, kasvuston vakiintumiskyky, kasvutapa ja -nopeus, juuristo sekä vaikutus maaperään (Kraayenoord 1986). Kunnostettavan koh-



teen lähiympäristön kasvillisuuteen tutustuminen saattaa antaa viitteitä käytettäväksi sopivista kasvilajeista (Bache & MacAskill 1984). Mikäli eroosiosuojauksen lisäksi halutaan parantaa alueen soveltuvuutta vesilinnuille tai muulle riistalle voidaan kasvilajeiksi valita sopivia ravintokasveja, vaikka ne eivät kuuluisikaan alueen alkuperäiseen kasvistoon (kts. Fowler & Maddox 1974). Seuraavassa esitellään tavallisimpia kasvillisuuden elvyttämiseen sopivia Suomen järville tyypillisiä kasvilajeja. Vesihallituksen (1984) kokoamat taulukot ovat liitteenä 1.

Varsinaista vesikasvillisuuden elvyttämistä on tehty hyvin vähän; vain joidakin lummelajeja (*Nymphaea* sp.) on istutettu tekojärviin ja -lampiin. Uposlehtisen ja kellulehtisen kasvillisuuden istuttaminen on vaikeaa, mutta saattaa onnistua juurakoita ja juuripaakkuja käyttämällä. Mahdollisia elvytykseen soveltuvia kasvilajeja ovat esim. lumpeet, ulpukat (*Nuphar* sp.), palpakot (*Sparganium* sp.) ja vidat (*Potamogeton* sp.). Vitojen ja muiden vesikasvien siirtoistutuksia voi tehdä siten, että sukeltaja kerää ja istuttaa kasvit (kts. Storch ym. 1986). Pienet uposlehtiset pohjaruusukkeiset lajit kuten lahnaruohot (*Isoetes* sp.), nuottaruoho, hapsiluikka (*Eleocharis acicularis*) ja rantaleinikki saattavat tiheinä kasvustoina tarjota suojan eroosiota vastaan, mutta kasvien kerääminen, siirtäminen ja istuttaminen on vaikeaa ja työlästä. Koeluontoisesti voisi yrittää juuripaakkujen tai mattona irroitettun kasvuston siirtämistä.

Ilmaversoisen rantakasvillisuuden elvyttämiseen on käytetty mm. järvi-ruokoa ja kaisloja (*Schoenoplectus* sp.). Näiden lajien etuina on tehokas kasvullinen lisääntyminen, laaja juuristo, kyky muodostaa tiheitä kasvustoja sekä hyvä tulvansietokyky. Järviruo'on ja järvikaislan (*Schoenoplectus lacustris*) juuristojen on todettu säilyttävän elinvoimansa hapettomissa olosuhteissa pitkiäkin aikoja, järvikaislan jopa 12 viikkoa (Braendle & Crawford 1987). Isosorsimo (*Glyceria maxima*) muodostaa myös tiheitä kasvustoja ja viihtyy matalilla pehmeäpohjaisilla rannoilla. Sen juuristo sietää hapettomia oloja n. 1-3 viikkoa (Braendle & Crawford 1987). Ruokohelpi (*Phalaris arundinacea*) selviää vähäravinteisemmilla kasvupaikoilla kuin isosorsimo, se ei kuitenkaan siedä yhtä hyvin vedenkorkeuden vaihtelua (Vesihallitus 1984). Allen ja Klimas (1986) tosin ilmoittavat sen tulvansietokyvyn hyväksi;

kokeessa ruokohelpi kesti 8 viikkoa pitkän tulvajakson kasvukauden aikana. Viiltosara (*Carex acuta*) sekä pullosara (*C. rostrata*) ovat kirjallisuuden tietojen mukaan kasvillisuuden elvyttämiseen sopivia lajeja. Vaikka pullosaran on todettu sopivan lyhytaikaissäännöstelyn alaiselle rannalle (Allen & Klimas), sen juuristo ei ilman kasvin kasvussa tapahtuvia häiriöitä siedä kuin 4 vuorokautta kestäviä hapettomia oloja (Braendle & Crawford 1987). Myös muiden sarojen mm. tupassaran (*C. nigra subsp juncella*) ja piukkasaran (*C. elata*) siirtoistuttamista kannattanee kokeilla.

Useimmat pajut (*Salix* sp.) ovat helppoja lisättäviä, tämän vuoksi niitä käytetäänkin yleisesti kasvillisuuden elvyttämiseen. Begemann ja Schiechtl (1986) mainitsevat mm. seuraavia Suomessakin tavattavia pajulajeja eroosioherkkien alueiden kasvittamiseen sopivana materiaalina: virpapaju (*Salix aurita*), hanhenpaju (*S. repens*) ja kapealehtipaju (*S. rosmarinifolia*). Näiden lisäksi ovat kiiltolehtipaju (*S. phylicifolia*), tuhkapaju (*S. cinerea*), mustuvapaju (*S. myrsinifolia*) ja pohjanpaju (*S. lapponum*) tyypillisiä rantojen pensasvyöhykkeen kasveja. Myös muita puuvartisista ja puumaisista lajeista voidaan käyttää; koivut (*Betula* sp.), haapa (*Populus tremula*) sekä lepät (*Alnus* sp.) ovat tavallisia rannan yläosan puita, jotka jossain määrin sietävät myös tulvaa. Varpujen soveltuvuudesta rantojen kasvittamiseen ei juurikaan ole tietoja. Tavallisesti varvut matalina kasveina joutuvat veden noustessa kokonaan veden alle ja kärsivät tulvasta enemmän kuin pensaat tai puut.

## 4. RANTOJEN SUOJAUS RAKENTAMALLA

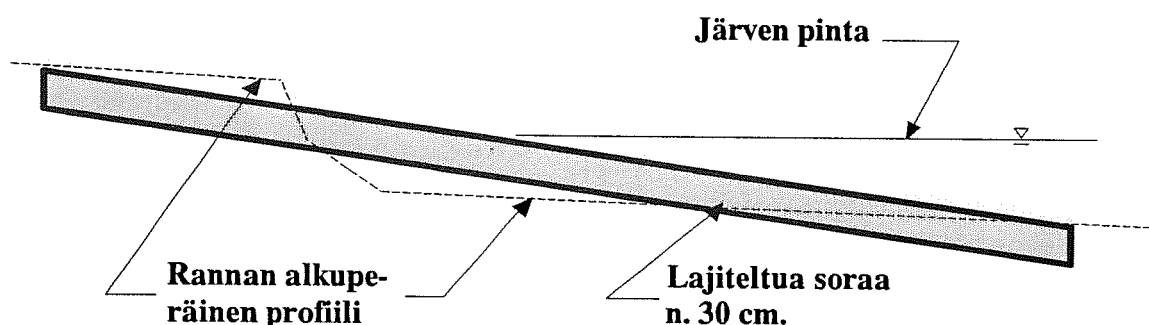
Rakentamalla tapahtuva rantojen suojaus voidaan jakaa joustaviin menetelmiin ja kiinteisiin, jäykkiin menetelmiin (Mc Comas 1986). Edellisiin kuuluu mm. soravuorauksen ja kiviheitokkeen käyttö, jälkimmäisiä ovat esim. paaluseinät, laipiot ja tukiseinät. Eroosiorannan suojausta suunniteltaessa ja suojausmenetelmää valittaessa huomioon otettavia tekijöitä ovat mm. eroosion määrä, rannan käyttö, maaperän laatu sekä aallokon korkeus ja sen aiheuttama huuhtelu.

Seuraavassa esitellään muutamia yleisimmin käytettyjä rannansuojausmenetelmiä, niiden rakentamista ja toimintaa. Toimintamekanismien lisäksi myös niiden rakentamiskustannukset ovat erilaisia. Menetelmillä on kuitenkin kolme tärkeää yhteistä tekijää (Hanson et al. 1984):

- rakentaminen on tehtävä huolellisesti,
- rakenteet tarvitsevat jatkuvaa ylläpitoa ja huoltoa sekä
- ne eivät ratkaise kaikkia ongelmia.

### 4.1 Rannan loiventaminen

Loiventamisen tarkoituksena on saada rannan kaltevuus niin pieneksi, että eroosio vähenee tai lakkaa. Jyrkkä rantatörmä loivennetaan ja ranta suojataan soralla tai hiekalla (kuva 5). Suunnittelussa ja rakentamisessa on kiinnitettävä huomiota seuraaviin seikkoihin: käytettävän suojausmateriaalin koko ja rannan lopullinen kaltevuus määritetään laskennallisesti, suojaavan kerroksen on oltava paksuudeltaan vähintään 30 cm ja sen tulee jatkua alaspäin tasolle, joka on n. 2 kertaa laskennallisen aallonkorkeuden verran vedenpinnan alapuolella, yläosassa suojauksen tulee ylettyä n. 30 cm aallokon huuhtelun ylärajan yläpuolelle. Suojaus tarvitsee ajoittaista kunnostusta, mikäli voimakkaat rannasuuntaiset virtaukset aiheuttavat ongelmia kuluttamalla pois suojaukseen käytettyä kerrosta (Mc Comas 1986).



*Kuva 5.* Rantatörmää loiventamalla suojatun rannan poikkileikkaus (uudelleen piirretty, McComas 1986).

#### 4.2 Suojaava ranta ja rannan "ruokkiminen"

Riittävän loiva hiekkaranta voi tehokkaasti hajottaa aallokon energian ja sitä voidaankin käyttää rannansuojausmenetelmänä mikäli sitä pidetään jatkuvasti kunnossa (CERC 1984). Jos eroosiota aiheuttavat olosuhteet ovat pienialaisia ja lyhytaikaisia, on rannan täyttö eli huuhtelupenkereen korottaminen suojaavaksi rannaksi ehkä tehokkain suojausmenetelmä. Sen tehokkuus riippuu kuitenkin mm. täyttömateriaalin sopivuudesta. Täyttöä voidaan hyvin käyttää yhdessä muiden suojausmenetelmien kanssa silloin kun eroosio on jatkuvaa ja laaja-alaista (Hanson ym. 1986).

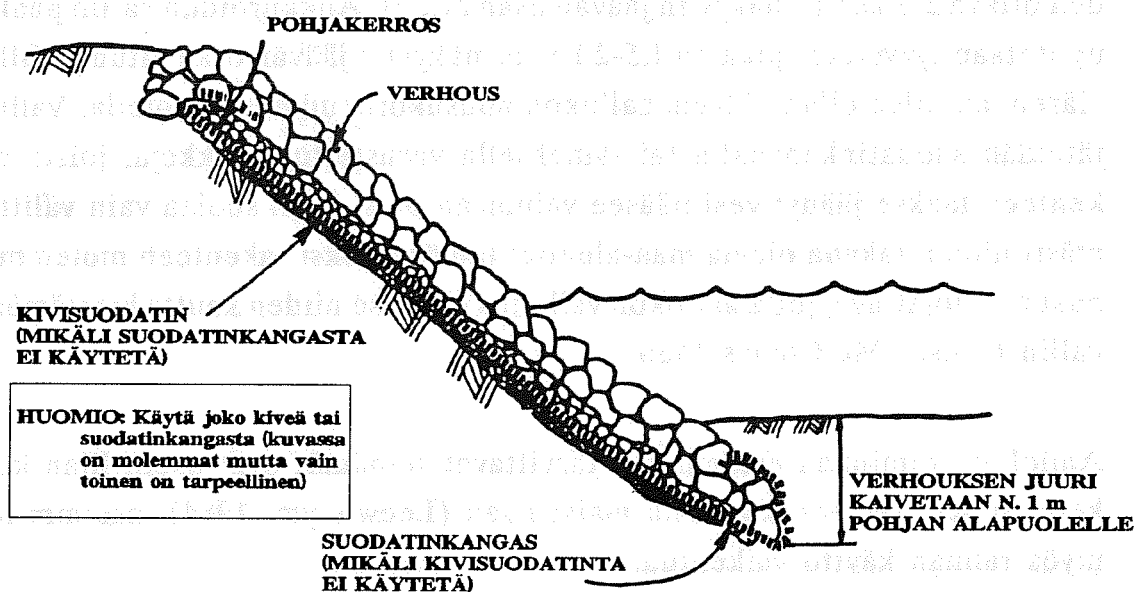
Oulujärvellä laivaväylän ruoppauksen yhteydessä poistettu ruoppausmaa siirrettiin hyvin herkästi vyöryvän törmän eteen rantatasanteelle, jolloin rannan vyöryminen loppui (Saukko 1986). Hollannissa tehdyssä kokeessa pyrittiin estämään rannan eroosio ilman että suuresti vaikutetaan rannan muuttuvaan, dynaamiseen luonteeseen (Leewis ym. 1984). Kokeessa varastoitettiin hiekkaa kahteen kohtaan erittäin dynaamisella rannan osalla, jossa rantaviiva siirtyi 2-5 metriä vuodessa. Varastojen hiekan on tarkoitus tuoda systeemiin niin paljon ylimääräistä materiaalia, että rannan eroosio estyy. Tämän tyyppinen rannan keinotekoinen "ruokkiminen" kulkeutuvalla ma-

terialla mahdollistaa pitkienkin rannan osien suojaamisen suhteellisen edullisesti (CERC 1984).

### 4.3 Rannan verhoaminen

Karkeasta kiviaineksesta rakennetut suojaukset tarjoavat kestävimmän suojauksen aallokon aiheuttamaa eroosiota ja rantatörmän vyörymistä vastaan (Leewis ym. 1984, Heikkinen 1987). Yleisesti käytetty verhoamismateriaali on mm. kiviheitoke. Sora, ladottu kiviverhous, kivimurska, kiviakorit ja betoniset toisiinsa kiinnittävät "blokit" ovat myös käyttökelpoista verhoamismateriaalia, kolme viimeksimainittua eivät tosin sulaudu kovin hyvin luonnonmaisemaan.

Kiviheitokeverhouksen tarkoituksena on pienentää aallokon vaikutusta verhouksen alla olevaan materiaaliin ja estää sen huuhtoutuminen pois. Verhouksen alle on jätettävä suodatinkangas tai yksi tai useampia kerroksia raekooltaan sopivaa soraa tai kivimurskaa n. 15 cm paksuksi suodatinkerrokseksi (kuva 6). Tällä estetään se ettei eroosio pääse jatkumaan verhouksen läpi tai alitse.



Kuva 6. Kiviheitokkeella suojatun rannan poikkileikkaus (McComas 1986).

Suojauksen minimipaksuus on 2,5 kertaa keskimääräinen kivikoko. Kiviheitokkeen alarajan tulee olla n. 1,5 kertaa aallonkorkeuden verran vedenpinnan alapuolella ja yläraja n. 20 cm aallokon huuhtelun ylärajan yläpuolella. Mikäli suojattavan rannan kaltevuus on 6:1 tai sitä enemmän tulee suojauksen alaosa "ankkuroida". Suojaukseen käytettävän kiviheitokkeen koko määritetään aallonkorkeuden ja rannan kaltevuuden perusteella (Mc Comas 1986).

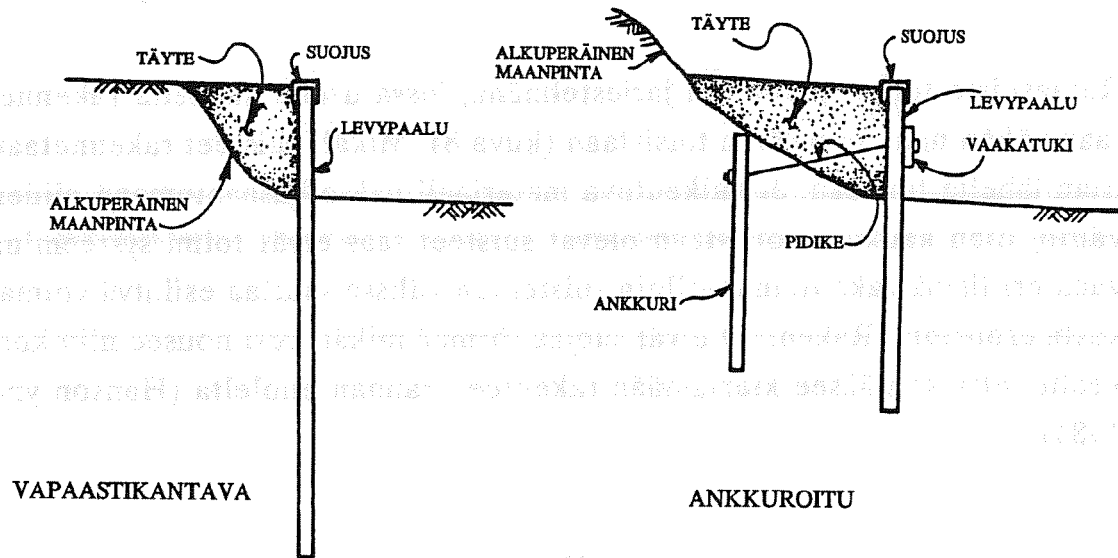
#### **4.4 Rannan suojaaminen vallilla**

Rannan suojaaminen vallilla tarkoittaa tässä paaluseinällä, laipiolla tai tukimuurilla tehtävää rannan suojaamista, jossa rakenteen avulla erotetaan vesi- ja maa-alue toisistaan. Vallia voidaan käyttää esim. silloin kun rantatörmä on liian jyrkkä muille menetelmille (Mc Comas 1986), kun halutaan säilyttää rantaviiva samalla tasalla läheisten rannan osien kanssa tai kun halutaan säilyttää rannan läheinen vesialue syvänä (CERC 1984).

Vallin paalutus on upotettava riittävän syvälle tai tuettava maahan upotetuilla ankkureilla jotta se kestäisi aallokon ja maamassojen paineen (kuva 7). Mikäli paalutus tehdään ilman ankkurointia on upotettavan osan pituuden oltava 2-3 kertaa näkyviin jäävän osan pituus. Ankkuroidun vallin paalut upotetaan syvyyteen, joka on 1,5-2 kertaa näkyviin jäävän osan pituus. Vallin yläreunan tulee olla n. 30 cm aallokon nousukorkeuden yläpuolella. Valliin jätetään suodatinkankaalla tai -aineksella varustettuja aukkoja, joista rakenteen taakse jäänyt vesi pääsee valumaan pois. Valli suojaa vain välittömästi niiden takana olevia maa-alueita; tämän vuoksi rakenteen molemmat päät on suojattava, jotta aallokon vaikutus ei pääse niiden kautta kiertämään vallin taakse (Mc Comas 1986).

Aallokon toiminnan estämiseksi tarvittavat seinämät ovat usein liian korkeita sopeutuakseen kunnolla maisemaan (Leewis ym. 1984), useimmiten myös rannan käyttö vaikeutuu.

Rantavallit aiheuttavat usein lisääntyntä eroosiota lähialueilla, sillä materiaalin kulkeutuminen alaspäin estyy ja liian jyrkäksi rakennetusta vallista



Kuva 7. Vallilla suojatun rannan poikkileikkaus (McComas 1986).

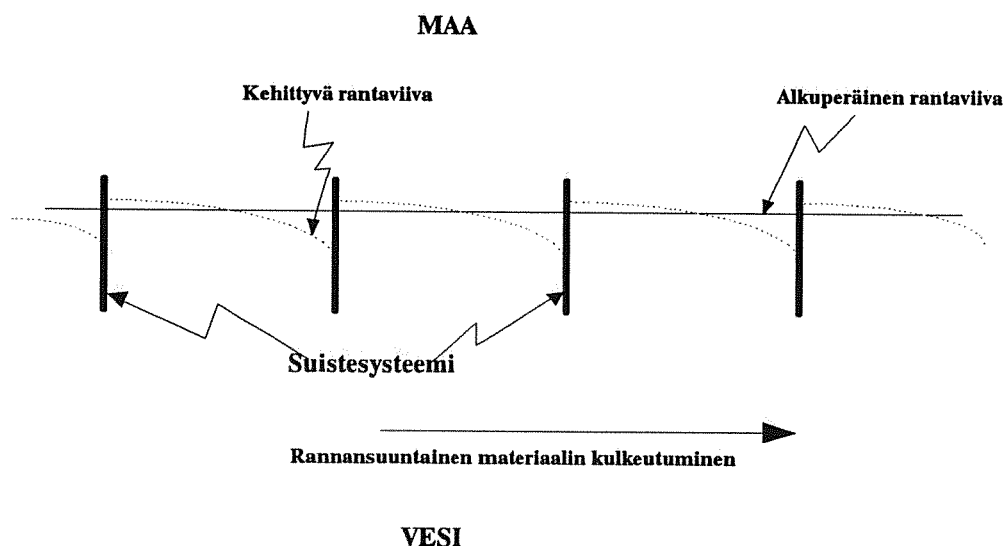
palaavat aallot saattavat vahvistaa eroosiota aiheuttavat voimat 2-3 kertaisiksi (Hanson ym. 1984). Paaluin tuettua hirsiseinää on käytetty rantojen suojaukseen esimerkiksi Oulujärvellä, Sapsojärvellä ja Nuasjärvellä. Ne eivät osoittautuneet riittävän kestäviksi vaan vaativat jatkuvaa kunnostusta ja uusimista (Saukko 1986).

#### 4.5 Rantasuisteet

Rantasuisteet ovat melko pienikokoisia, rantaa vasten jotakuinkin kohtisuorassa olevia, aidantapaisia rakenteita, joiden tarkoituksena on pysäyttää rannan suuntaisesti kulkeutuva materiaali. Suiste pysäyttää materiaalin virtaussuuntaa vastaan olevalle sivulle. Suojanpuoleisella sivulla saattaa eroosio lisääntyä jonkin verran. Suojanpuolella tapahtuva voimakas eroosio saattaa johtua myös liian pitkiksi rakennetuista suisteista. Kun materiaalia on kasaantunut niin paljon, että suisteen yläpuoli on täyttynyt, alkaa kulkeutuva aine virrata suisteen pään ohi ja alapuolella tapahtuva eroosio lak-

kaa. Suisteiden alapuolella tapahtuvaa eroosio voidaan saada pysähtymään täyttämällä suisteen yläpuoli muualta tuodulla maalla (Hanson ym. 1984).

Rantasuiste toimii parhaiten järjestelmänä, jossa useita suisteita rakennetaan vähän matkan päähän toisistaan (kuva 8). Mikäli suisteet rakennetaan liian lähelle toisiaan, ei kulkeutuva materiaali pääse kasaantumaan niiden väliin, liian kaukana toisistaan olevat suisteet taas eivät toimi systeeminä vaan erillisinä rakenteina, jolloin suisteiden välissä saattaa esiintyä voimakasta eroosiota. Rakenteet eivät suojaa törmää mikäli vesi nousee niin korkealle, että se pääsee kiertämään rakenteen rannan puolelta (Hanson ym. 1984).



*Kuva 8.* Rantaviivan kehittyminen suistesysteemissä (uudelleen piirretty, CERC 1984).

Suisteen rakentamiseen voidaan käyttää monenlaista materiaalia, esim. kiviä, risuja tai paalutuksella tuettuja ajopuita. Oulujärvellä ja Nuasjärvellä saadut kokemukset rantasuisteista ovat olleet pääasiassa hyviä (Saukko 1986). Suisteen tulee yleensä olla rakenteeltaan niin tiivis, ettei materiaali pääse kulkeutumaan sen läpi. Oulujärvellä tiivistykseen käytettiin mm. turvetta (Saukko 1986). Myös läpäiseviä suisteita voidaan käyttää joissain kohteissa; tällöin on tarkoitus pysäyttää vain osa rannansuuntaisesta

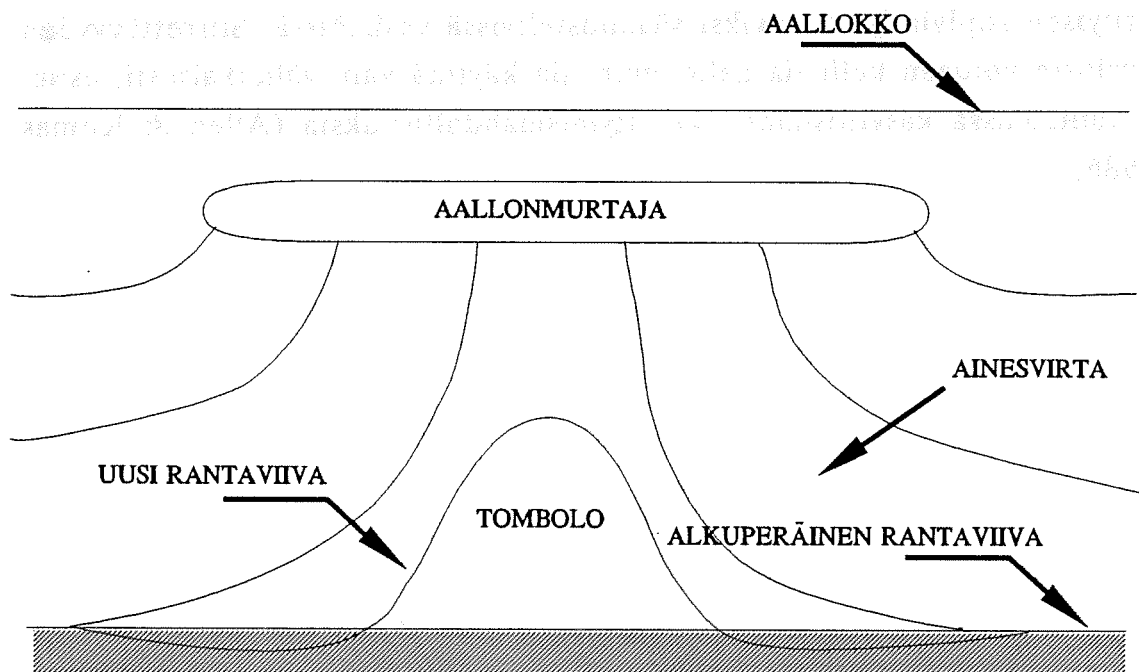


kulkeutumisesta, jolloin suisteiden läpi tai yli pääsevä materiaalivirta tuo suistesysteemin alapuolella olevalle rannan osalle riittävästi ainesta ja estää eroosion lisääntymisen (CERC 1984). Oulujärvellä aallokko ja jään liikkeet hajottivat rakenteita jonkin verran, mutta paikoitellen tuki suisteen viereen kerääntynyt hiekka suistetta niin ettei vahinkoja juuri tapahtunut (Saukko 1986).

#### 4.6 Rannasta irti oleva aallomurtaja

Aallomurtaja sijoitetaan jonkin matkan päähän rannasta rannansuuntaisesti. Sen tarkoituksena on suojata rantaa aallokon vaikutukselta (kuva 9). Samalla se pysäyttää tehokkaasti rannan suuntaisen materiaalin kulkeutumisen muodostaen aallomurtajan ja rannan väliin pysähtyvää materiaalista tombolon, eräänlaisen niemekkeen, joka toimii puskurina eroosiota aiheuttavia voimia vastaan (CERC 1984).

Suojattaessa pitkiä rannan osia aallomurtajalla muodostuu ongelmaksi usein se että tombolo kasvaa kiinni aallomurtajaan, joka muuttuukin tällöin



Kuva 9. Tombolon muodostuminen rannasta irti olevan aallomurtajan alkuperäisen rantaviivan väliin.

valliksi. Ongelma voidaan välttää rakentamalla aallonmurtaja jaksottaiseksi; tällöin suunnitellaan rakenne sellaiseksi että se kerää tarpeeksi materiaalia puskuriksi, joka syöpyy myrskyn aikana ja silti sallii luonnollisen rannasuuntaisen materiaalin kulkeutumisen normaaleissa aalto-oloissa (CERC 1984). Hollannin delta-alueella menetelmää on kokeiltu rakentamalla lähes 200 metriä pitkiä aallonmurtajia noin sadan metrin päähän rannasta siten, että rakenteiden väliin jää 25 metriä väliä (Leewis ym. 1984). Joissain tapauksissa, mm. aaltojen suunnasta sekä suojauksen ja rannan välisestä matkasta riippuen, on rannassa aukkojen kohdalla tapahtuva eroosio lisääntynyt. Näissä rannan kohdissa ja joskus myös pohjassa on tällöin syytä käyttää muita suojausmenetelmiä. Aallonmurtajat eivät sovi maisemaan kovin hyvin (Leewis ym. 1984) ja niiden rakentaminen on kallista (Hanson ym. 1984).

Kiinteää aallonmurtajaa muistuttavia, rannasta irrallaan olevia suojausrakenteita ovat myös erilaiset kelluvat aallonmurtajat. Kelluvien rakenteiden tarkoituksena on vähentää aallokon voimaa. Rakenteen syväyksen lisääntyessä myös sen kyky hillitä aallokon voimaa lisääntyy, samalla kuitenkin kasvaa pohjaeroosion riski (Leewis ym. 1984). Kelluvien aallonmurtajien etuina on suhteellisen edullinen hinta, siirrettävyys ja riippumattomuus veden korkeuden vaihteluista. Viimeksi mainitun ominaisuuden vuoksi ne ovat erityisen sopivia käytettäväksi säännöstellyissä vesistöissä. Siirrettävyyden ansiosta voidaan kelluvia aallonmurtajia käyttää vain väliaikaisesti, esim. parantamassa kasvillisuuden kehittymismahdollisuuksia (Allen & Klimas 1986).

## 5. Yhteenveto

Vedenkorkeuden säännöstelyn myötä muuttunut vedenpinnan korkeustaso lisää rantavyöhykkeen eroosiota, joka muuttaa rannan biologista rakennetta, aiheuttaa paikoitellen maisemavaurioita ja saattaa heikentää myös rannan virkistyskäyttöominaisuuksia. Tässä kirjallisuuskatsauksessa kuvataan menetelmiä, joilla voidaan vähentää eroosion aiheuttamia haittoja sekä biologisen että rakentamalla tapahtuvan suojauksen ja maisemarakentamisen avulla.

Rantavyöhykkeen kehittymiseen vaikuttavat tekijät ovat monimutkaisia ja toisiinsa sidottuja. Tekijät on tapauskohtaisesti tunnettava ja hoitomenetelmä valittava näiden mukaisesti. Rannan prosessien kannalta merkittävimpiä tekijöitä ovat aallokon mittasuhteet, vedenpinnan korkeus ja rannan aines. Tasarakeinen rannan aines (hiekkalajite tms.) on hyvin herkkää aallokon vaikutuksille, joten aallokon voimakkuuden arviointimalleja voidaan käyttää apuna suojausmenetelmien valinnassa. Ranta-aineksen kulkeutumisen ja kasautumisen kannalta on järkevää kohdistaa suojaustoimenpiteet vesirajavyöhykkeelle.

Maisemarakentamisessa pyritään mahdollisimman suureen luonnonmukaisuuteen sekä monipuoliseen ja rikkaaseen maisemakuvaan. Muotoilussa ja massojen sijoittelussa on otettava huomioon kasvillisuuden maaperävaatimukset sekä aallokon vaikutus (kaltevuus, raekoko). Rantaviivan linjaus ja maastonmuotoilu tehdään luonnossa vallitsevien rantatyyppien muotoutumisperiaatteiden mukaisesti.

Kasvillisuuden elvyttämisellä pyritään parantamaan rannan ekologista ympäristöä ja virkistyskäyttöarvoa sekä suojaamaan rantaa eroosiolta. Elvyttäminen tapahtuu tavallisimmin lisäämällä kasveja siemenistä, kasvin kappaleista (pistokkaat ja juurakon kappaleet) tai kokonaisia kasveja istuttamalla.

Rannan suojaaminen kasvillisuuden avulla edellyttää kasveihin vaikuttavien ympäristötekijöiden tuntemista mahdollisimman hyvin. Tärkeimpiä kasvil-

lisuuteen vaikuttavia tekijöitä ovat vedenkorkeuden vaihtelu, talviaikainen jääpeite, valo, pohjan laatu (raekoko ja ravinteisuus), veden laatu sekä rannan avoimuus ja kaltevuus. Edellämäinittuja tekijöitä muuttamalla voidaan parantaa kasvillisuuden olosuhteita. Esimerkiksi aallokon vaikutusta on voitu vähentää erilaisilla aallonmurtajilla, maaperää sitovilla matoilla tai loiventamalla rantaa. Kasvilajien valinnassa on lajikohtaisten kasvupaikka-vaatimusten lisäksi otettava huomioon lajien rakenteellinen soveltuvuus eroosiosuojaukseen ja maisemaan.

Rantojen suojaaminen kiviheitokkeella on yleisesti käytetty ja tehokas menetelmä useimmilla rannoilla. Rantatörmän loiventaminen ja pintakerroksen korvaaminen paremmin aallokkoa kestäväällä materiaalilla saattaa joissain tapauksissa olla virkistyskäytön kannalta kiviheitokesuojausta parempi menetelmä. Myös kiinteitä suojarakenteita voidaan käyttää. Rantavallit, kiinteät aallonmurtajat ja suistesysteemit ovat luonnonmaisemaan huonosti sopivia ja käyttökelpoisempia rakennetussa ympäristössä. Kelluvat aallonmurtajat sopivat siirrettävyytensä vuoksi väliaikaisiksi suojauksiksi esimerkiksi uuden kasvipeitteen istuttamisen yhteydessä; kasvillisuuden vaikiintuessa suojat voidaan poistaa.

## KIRJALLISUUS

- Aarnio, M. 1984: Kalat ja vesien riista. - Metsästäjä 1984/2.
- Allen, H.H. & Klimas, C.V. 1986: Reservoir shoreline revegetation guidelines. - Technical report E-86-13, US Army engineer waterways experiment station. 87 s. ja liitteet, Vicksburg, Miss.
- Allen, H.H., Webb, J.W. & Shirley, S.D. 1984: Wetlands development in moderate wave-energy climates. - Proceedings of dredging '84, Waterway, Port, Coastal and Ocean division, American Society of Civil Engineers, November 14-16, 1984, Clearwater, Fla., pp 943-955.
- Bache, D.H. & MacAskill, I.A. 1984: Vegetation in civil and landscape engineering. 317s. Granada, London.
- Barko, J.F. & Smart, R.M. 1983: Effects of organic matter additions to sediment on the growth of aquatic plants. - J. Ecol 71:161-175.
- Begemann, W. & Schiechl, H.M. 1986: Ingenieur biologie: Handbuch zum naturnahen Wasser- und Erdbau. - Bauverlag GMBH, 216 s. Wiesbaden und Berlin.
- Braendle, R. & Crawford, R.M.M. 1987: Rhizome anoxia tolerance and habitat specialization in wetland plants. - Teoksessa: Crawford, R.M.M. (toim.): Plant life in aquatic and amphibious habitats. s. 397-410, Blackwell Scientific Publications, London.
- Broome, S.W., Seneca, E.D. & Woodhouse Jr, W.W. 1988: Tidal salt marsh restoration. - Aquatic botany 32: 1-22.
- CERC 1984: Shore protection manual. - US Army Corps of Engineers, Coastal Engineering Research Center, Washington, DC.
- Comes, R.D. & McCreary, T. 1986: Approaches to revegetate shorelines at Lake Wallula on the Columbia River, Washington-Oregon. - Technical report E-86-2, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Duarte, C.M. & Kalff, J. 1985: Depth distribution and biomass of submerged macrophyte communities in relation to Secchi depth. - Can. J. Fish. Aquat. Sci. 42:701-709.
- Eloranta, P. 1978: Light penetration in different types on lakes in Central Finland. - Holoarct. Ecol. 1:362-366.
- Eloranta, P. & Marja-aho, J. 1982: Transect studies on the aquatic macrophyte vegetation of Lake Saimaa in 1980. - Biol. Res. Rep. Univ. Jyväskylä 9:35-65.

- Engel S. 1987: The restructuring of littoral zones. - *Lake Reserv. Manage.* 3: 235-242.
- Eurola, S. 1965: Beobachtungen über die Flora und Vegetationen am Südlichen Ufersaum des Saimaa-Sees in Südostfinnland. - *Aquilo Ser. Bot.* 2:1-56.
- Fowler, D.K. & Hammer, D.A. 1976: Techniques for establishing vegetation on reservoir inundation zones. - *J. Soil Water Conserv.* 31: 116-118.
- Fowler, D.K. & Maddox, J.B. 1974: Habitat improvement along reservoir inundation zones by barge hydroseeding. - *J. Soil Water Conserv.* 22: 263-265.
- Granberg, K. & Hakkari, L. 1980: Säännöstelyn vaikutuksista eräiden Kainuun järvien limnologiaan. - *Vesihallituksen tiedotus* 187. 95 s. Helsinki.
- Granberg, K. & Ruohonen, K. 1985. Saimaan vesikasvit ja sedimentit. - *Vesihallituksen tiedotus* 255. s. 31-82. Helsinki.
- Gray, D.H. & Leiser, A.T. 1982: Biotechnical slope protection and erosion control. - 271 s. Van Nostrand Reinhold Company, New York.
- Hails, J. & Carr, A. (toim.) 1975: *Nearshore Sediment Dynamics and Sedimentation.* John Wiley & Sons.
- Hakkari, L., Ellonen, T. & Selin, P. 1978: Säännöstelyn vaikutuksista Päijänteen arvokalakantoihin ja pohjaeläimistöön. - *Hydrobiologian tutkimuskeskus. Jyväskylän yliopisto. Moniste.* 31 s. Jyväskylä.
- Hanson, H., Jönsson, L. & Broms, B. 1984: Beach erosion in Liberia: Causes and remedial measures. - *Lunds tekniska högskola, Institutionen för teknisk vattenresurslära. Rapport No 3090.* 58 s. ja liitteet. Lund.
- Hathaway, R.L. 1986: Plant establishment. - *Teoksessa: van Kraayenoord, C.W.S. & Hathaway, R.L. (toim.): Plant materials handbook for soil conservation. Volume 1: Principles and Practices.* - *Water & Soil Miscellaneous publication No. 93,* 21-37. Wellington.
- Heikkinen, M. 1987: Tekniset kunnostustoimenpiteet vesistösäännöstelyn aiheuttamien haittojen vähentämiseksi. - *Vesi- ja ympäristöhallituksen monistesarja no 46.* 122 s. ja liitteet. Helsinki.
- Hellsten, S. 1982: Kuusamon Ala-Kitkan vesikasvien ja -kasvillisuuden ekologiasta. - *Pro gradu -tutkielma. Oulun yliopisto, kasvitieteen laitos.* 109 s. ja liitteet. Oulu.
- Hellsten, S., Neuvonen, I., Alasaarela, E., Keränen, R. & Nykänen, M. 1989. Ekologiset näkökohdat joidenkin Pohjois-Suomen järvien

- säännöstelyssä. Osa 2. Rannan geomorfologia ja kasvillisuus. - Valtion teknillinen tutkimuskeskus, Tiedotteita 986.
- Iisakkila, L. 1980: Perustietoa maisemaan vaikuttavista luonnontekijöistä. - 3. painos, 291 s. Otakustantamo, Espoo.
- Ippen, Arthur T. (toim.) 1966: Estuary and Coastline Hydrodynamics. Engineering Societies, Monographs. McGraw-Hill Book Company, Inc.
- Jormola, J. 1990: Maisemarakentaminen järvikunnostuksen yhteydessä. - Julkaisussa: Ilmavirta, V. (toim.), Järvien kunnostuksen ja hoidon perusteet. Helsinki, Yliopistopaino, s. 433-439.
- Kairesalo, T., Koskimies, I., Lehtovaara, A. & Vähä-Piikkiö, I. 1985: Consequences of fertilization within a littoral *Equisetum fluviatile* stand in Lake Pääjärvi, southern Finland. - Verh. Internat. Verein. Limnol. 22: 2904-2908.
- Kairesalo, T. & Seppälä, T. 1987: Phosphorous flux through a littoral ecosystem: the importance of cladoceran zooplankton and young fish. - Int. Revue ges. Hydrobiol. 72: 385-403.
- Karlson, A. & Peura, P 1981: Ol. Pyhäjärven vesikasvitutkimus v. 1981. Moniste 41 s.
- Keddy, P.A. 1982: Quantifying within-lake gradient of wave energy: Interrelationships of wave energy, substrate, particle size and shoreline plants in Axe Lake, Ontario. - Aquatic Botany 14:41-58.
- Keddy, P.A. 1983: Shoreline vegetation in Axe Lake, Ontario: Effects of exposure on zonation patterns. - Ecol. 64:331-344.
- Khandeker, M.L. 1989: Operational Analysis and Prediction of Ocean Wind Waves. Coastal and Estuary Studies. Springer Verlag.
- Kokko, H.M. 1981: Eräiden kevätkutuisten kalalajien ja mateen lisääntymisbiologiasta luonnontilaisissa ja säännöstellyissä vesissä. - Vesihallituksen monistesarja 59. Helsinki.
- Komiteanmietintö 1987: Koijärven seurantatoimikunnan mietintö. - Komiteanmietintö 1987/27, 175 s., Helsinki.
- Kraayenoord, van, C.W.S. 1986: Characteristics of plants for soil conservation. - Teoksessa: van Kraayenoord, C.W.S. & Hathaway, R.L. (toim.): Plant materials handbook for soil conservation. Volume 1: Principles and Practices. - Water & Soil Miscellaneous publication No. 93, 17-20. Wellington.
- Kurimo, U. 1970: Effect of pollution on the aquatic macroflora of the Varkaus area, Finnish Lake District. - Ann. Bot. Fennici 7:213-254.

- Leewis, R.J., Misdorp, R., Al, J. & de Haan, Tj. 1984: Shore protection - a tension field between two types of conservation. - *Wat. Sci. Tech.* 16:367-375.
- Lester, J.E., Klimas, C.V., Allen, H.H. & Shetron, S.G. 1986: Shoreline revegetation studies at lake Texoma on the Red River, Texas-Oklahoma. - Technical report E-86-1, US Army Engineer Waterways Experiment Station, Vicksburg, Miss.
- Luther, H. 1951a, b: Vorbereitung und Ökologie der höheren Wasserpflanzen im Brackwasser der Ekenes-Gegend in Sudfinnland. I. Allgemeiner Teil (1951a). *Acta Bot. Fennica* 49: 1-332 + Beilage. II. Spezieller teil (1951b). *Acta Bot. Fennica* 50: 1-370.
- Malmi, J.S. 1986: Suojavyöhykkeet maatalouden vesiensuojelussa - kirjallisuuskatsaus. - *Vesihallituksen monistesarja* 415, 98 s. Helsinki.
- Maristo, L. 1941: Die Seetypen Finnlands auf floristischer und vegetations-physiognomischer Grundlage. - *Ann. Bot. Soc. Vanamo* 15:1-314.
- Mc Comas, S. 1986: Shore protection. - Teoksessa: Redfield, G., Taggart, J.F. & Moore, L.M. (toim.): Lake and reservoir management volume II. Proc. 5th Annu. Conf. Int. Symp. N. Am. Lake Manage. Soc. Nov. 13-16, 1985, Geneva, Wisc. N. Am. Lake Manage. Soc., Washington D.C. s. 421-425.
- Merivuori, T-M. 1982: Kasvullisen pienmiljöön muotojärjestelmä - Maisemalaboratorion julkaisu 2/82. Teknillinen korkeakoulu, arkkitehtiosasto, maisemalaboratio. 288 s. Otakustantamo. Espoo.
- Mäkirinta, U. 1978a: Spectrale Lichtmessung im freien Wasser und in der Wasservegetation des Sees Kukkia, Sudfinnland, unter besondere Berücksichtigung der Zonation. - *Aquilo Ser. Bot.* 16:39-53.
- Mäkirinta, U. 1978b: Die Pflanzensoziologische Gliederung der Wasservegetation im See Kukkia, Südfinnland. *Acta Univ. Oul. A* 75. 1978. Biol. 5. 157 s. Oulu.
- Mäkirinta, U. 1978c: Ein neues ökomorphologischer Lebensformensystem der aquatischen Makrophyten. - *Phytocoenologia* 4:446-470.
- Quennerstedt, N. 1958: Effect of water level fluctuation on lake vegetation. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* XIII:901-906.
- Rautamäki, M. 1989: Maisema rakentamisen perustana. - Ympäristöministeriö, Kaavoitus- ja rakennusosasto, *Selvitys* 2 1989. 48 s. Valtion painatuskeskus, Helsinki.



- Roivainen, H. 1932: Suomen vesikasvien talvehtimisesta. - *Luonnon Ystävä* 36:171-181.
- Rørslett, B. 1984: Environmental factors and aquatic macrophyte response in regulated lakes - a statistical approach. - *Aquatic Botany* 19:199-220.
- Rørslett, B. 1985a: Regulation impact on submerged macrophyte communities in some Norwegian lakes. Academic dissertation. 21 s. Oslo.
- Rørslett, B. 1985b: Regulation impact on submerged macrophytes in the oligotrophic lakes of Setesdal. South Norway. - *Verh. Internat. Verein. Limnol.* 22:2927-2936.
- Rørslett, B. 1987a: Statistics of the underwater light field: An empirical model. - *Int. Revue ges. Hydrobiol.* 72:1-25.
- Rørslett, B. 1987b: Niche statistic of submerged macrophytes in Tyrifjord. a large oligotrophic Norwegian lake. - *Arch. Hydrobiol.* 111:283-308.
- Sand-Jensen, K. & Søndergaard, M. 1979: Distribution and quantitative development of aquatic macrophytes in relation to sediment characteristics in oligotrophic Lake Kalgaard, Denmark. - *Freshwater Biology* 9:1-11.
- Saukko P. 1986: Tulva rantojen sortajana. Oulujärven ja Sotkamon järvien rantatörmien vyöryminen vesistön luonnontilassa. - *Vesihallituksen tiedotus* 269, 264 s. Helsinki.
- Statens naturvårdsverk 1976: Sjöfågelvård vid sjörestaurering. Statens naturvårdverks publikationer 15: 1-83.
- Storch, T.A., Winter, J.D. & Neff, C. 1986: The employment of macrophyte transplant techniques to establish *Potamogeton amplifolius* beds in Chautauqua Lake, New York. - Teoksessa: Redfield, G., Taggart, J.F. & Moore, L.M. (toim.): Lake and reservoir management volume II. Proc. 5th Annu. Conf. Int. Symp. N. Am. Lake Manage. Soc. Nov. 13-16, 1985, Geneva, Wisc. N. Am. Lake Manage. Soc., Washington, D.C.
- Sunamura, Tsuguo 1977: A Relationship Between Wave-Induced Cliff Erosion and Erosive Force of Waves. *The Journal of Geology* 85:5.
- Takeda, Ichirou 1984: Beach Changes by Waves. *Sci. Rept., Inst. Geosci., Univ. Tsukuba, A* 5.
- Toivonen, H. 1981: Sisävesien suurkasvillisuus. - Teoksessa: Havas, P. (toim.): Suomen Luonto 4. Vedet. s. 179-208. Kirjayhtymä. Helsinki.

- Toivonen, H & Lappalainen, T. 1980: Ecology and production of aquatic macrophytes in the oligotrophic, mesohumic lake Suomunjärvi, eastern Finland. - *Ann. Bot. Fennici* 17:69-85.
- Uotila, P. 1971: Distribution and ecological features of hydrophytes in the polluted Lake Vanajavesi, S-Finland. - *Ann. Bot. Fennici* 8:257-295.
- Vesihallitus 1972: Vesimaisema ja sen hoito. - *Vesihallituksen julkaisuja* 2. 107 s. Helsinki.
- Vesihallitus 1984: Luonnonmukaiset luiskavahvistukset maa- ja vesirakenteissa. Moniste, 22 s. Helsinki.
- Wilson, S.D. & Keddy, P.A. 1985: Plant zonation on a shoreline gradient: Physiological response curves of component species. - *J. Ecol.* 73:851-860.
- Wilson, S.D. & Keddy, P.A. 1986: Measuring diffuse competition along an environmental gradient: Results from a shoreline plant community. - *Am. Nat.* 127:862-869.
- Wisheu, I.C. & Keddy P.A. 1989: Species richness - standing crop relationships along four lakeshore gradients: Constraints on the general model. - *Can. J. Bot.* 67:1609-1617.

## RUO'OT, KAISLAT, HEINÄT JA RUOHOVARTISET KASVIT KESKIVEDEN JA KESKIYLIVEDEN VYÖHYKKEESSÄ

KASVILAJI	KASVU KORKEUS CM	MENES- TYMIS- VYÖHY- KE	MURTO- VESISSÄ	VEDEN SYVY- DESSÄ	KOSTEUDEN JA RAVINTEIDEN TARVE	MAALAJI- VAATIMUS	VEDEN VIRTAUK- SIEN SIETO	KÄYTTÖTAPA	HUOMAUTUKSIA
<i>Phragmites australis</i>	120- 400	VII on	0.7- 2.5	hiekaista saveen	vesi- ja märät alu- eet, tulva-alueet, ravinteiden suhteen laaja-alainen	hiekaista saveen	seisova, heikosti virtaava	juuri- maaversot? ilmaversot?	korssi-istutus taloudelli- sesti edulli- nen
<i>Phalaris arundinacea</i> ruokoheipi	80- 200	VII -	0-1	kivikosta saveen	vesi- ja märät, tul- va-alueet, vähära- vinteiset	kivikosta saveen	virtaava	juuri- ilman, maaversot? siirtonurmikot, juurakon kappa- leet	hapekkaat vedet toivottavia, ei siedä vedenkor- keuden voima- kasta vaihtelua
<i>Glyceria maxima</i> Isosorsimo	100- 250	IV on	0-1	hiesu, savi, lieju	vesi, märkä, kostea tulva-alue, runsas- ravint.	hiesu, savi, lieju	seisova heikosti virtaava	juuri- maarönsyt	sietää vaihte- levaa vedenkor- keutta, alunpe- rin istutettu, melko harvin. saattaa levitä liiaksi usean vuoden viiveel- lä.
<i>Aconis salamus</i> Kalmojuuri	80- 150	II -	0.3	savi	vesi, märkä, tulva- alue, runsasravint.	savi	seisova, heikosti virtaava	juurakko	sietää liikaan- tuneita vesisiä? alunperin istu- tettu, harvin.
<i>Carex acuta</i> Viiltosara	30- 120	VII -	0- 0.4	savi, savi-lieju myös ki- vikko	vesi, märkä, tulva- alue, keskinkertai- nen ravinnetarve	savi, savi-lieju myös ki- vikko	seisova, heikosti virtaava	juuri- ilman	joskus sois- tuvilla kasvu- paikoilla

## LIITE 1/2

KASVILAJI	KASVU KORKEUS CM	MENES- TYMIS- VYÖHY- KE	MURTO- VESISSÄ DESSÄ	VEDEN SYVY- DESSÄ	MAALAJI- VAATIMUS TARVE	KOSTEUDEN JA RAVINTEIDEN TARVE	VEDEN VIRTAUK- SIEN SIETO	KÄYTTÖTAPA	HUOMAUTUKSIA
<i>Schoenoplectus</i>	100-	VII	on	0.5-	hiekaista	vesi, tulva-alue	seisova,	maavarret,	ei estä eroo-
<i>lacustris</i>	300			2	saveen,	keskinkertainen	heikosti	juuripaakut	siota kuten
Järvikaisla					lieju	ravinnetarve	virtaava		järviruoko?
<i>Ellipendula</i>	50-	VII	-	0.2-	hiesu,	märkä, kostea,	seisova,	juuripaakut tai	selviytyy myös
<i>ulmaria</i>	120			?	savi,	suht. kostea, vaa-	virtaava?	ilman	Pohjois-Suo-
<i>Mesiangervo</i>					turve	tii valoa			messa
<i>Iris</i>	70-	V	-	0.3	(savi),	vesi, märkä, kostea,	seisova,	ilman juuripaak-	
<i>pseudacorus</i>	125				lieju,	tulva-alueet, run-	heikosti	kuu, juurakko	
<i>Kurjenniekka</i>					muta	sasravint.	virtaava		
<i>Typha</i>	100-	VI	on	har-	hiekkaja	vesi, märkä, runsas-			
<i>latifolia</i>	150			voin	hieta?	ravint.			
Leveäosman-				1	savi		seisova,	juuripaakut	leviävät te-
käämi							heikosti	juurakot	hokkaasti ma-
<i>Typha</i>	100-	IV	vähäsuo-	1	lieju	vaateliaampi kuin	virtaava		talassa vedessä
<i>angustifolia</i>	200		laisissa			leveäosmankäämi			
Kapeaosman-			lahdissa						
käämi									
<i>Petasites</i>	20-	II	-	0.2	savi-mo-	vesi, märkä tulva-	virtaava	juuripaakut	
<i>hybridus</i>	40				reeni,	alue		maaversot	
Etelänruttojuuri					savi				
<i>Bolboschoenus</i>	40-	Vaasan	on	0.5-	saven- ja	vesi, tulva-alueet,	seisova,	maavarret,	jäät eivät hel-
<i>maritimus</i>	100	kork.		1.5	hiekansek.	runsasravint.?	heikosti	juuripaakut	posti irrota
Merikaisla					lieju		virtaava		tuppaita
<i>Schoenoplectus</i>	70-	Tornion	on	0-1.0	savilieju	vesi, tulva-alueet,	seisova,	maavarret,	
<i>tabernaemontani</i>	150	kork.		(0.3)	lieju	runsasravint.?	heik.vir.	juuripaakut	
Sinikaisla							ei siedä		
							aallokkoa		

## LIITE I/3

## JUURTUMISKYKYISET PUUMAISET VERSOT RANTOJEN JA LUJISKIEN TUKEMISEEN

KASVILAJI	LUONNON- VARAINEN	KASVU- KOR-	MENES- TYMIS- KEUS	MAALAJI- VAATIMUS	KOSTEUDEN TARVE	RAVINTEIDEN TARVE	HUOMAUTUKSIA
			M				
Salix purpurea	ei, joskus viljelyään- teenä	1-2.5	IV	sorasta saveen	märistä erit- tään kuiviin	runsasravintei- sistä niukkara- vinteisiin ja hapahkoille	nopeakasvuinen, kui- vuudenkestävä, myös raakamaille
Salix triandra	on, hyvin harvinainen	2-6	VI	hiekaista saveen	märkä, kostea myös tulva- alueet	runsasravint. emäksisestä hap- pameen ja niuk- karavint.	maata sitova nopeakasvuinen
Jokipaju							
Salix viminalis	ei, joskus viljelyään- teenä	2-6	IV (V)	soramoree- nista hie- suun	märkä, kostea tulva-alueet	runsasravint. emäksisestä ? hapahkoon	myös raakamaille
Koripaju							
Salix fragilis	on, ei alku- peräinen, usein vil- liinbycenä	5-20	V	soramoree- nista hie- suun	? ? ? kosteilla ja tuoreilla myös tulva-alueilla	runsasravint. emäk- sisestä hapahkoon	myös tiiviille ja raakamaille
Salix alba	ei	2-20	IV (V)	moreenista saveen	kosteilla ja tuoreilla, myös tulva-alueilla	runsasravint. emäk- sisestä hapahkoon	hyvin läpäiseville raakamaille, nopea- kasvuinen, maata sitova
Salix pentandra	on	2-14	VI (VII)	savi, turve	märkillä ja kosteilla	runsasravint. kalk- kipitoisista hapah- koon	käytetty harvoin koristepuuna, ei sel- västi kalkkia suosiva
Salix daphnoides	ei, joskus viljelyään- teenä	3-8	III ?	moreenista saveen	märkä, kostea ja kosteahko	runsasravint. niuk- karavint. emäks. ja neutraali	myös raakamaille juuristo erittäin sitova
Härmäpaju							

## LIITE 1/4

KASVILAJI	LUONNON- VARAINEN	KASVU- KOR- KEUS	MENES- TYMIS- VYÖHYKE	MAALAJI- VAATIMUS	KOSTEUDEN TARVE	RAVINTEIDEN TARVE	HUOMAUTUKSIA
			M				
<i>Salix caprea</i>	on	3-10	VII	hiesu- ja savimoree- ni	märstä kui- vahkoon	vaatimaton	voimakas nuoruuskasvu myös raakamaille hyvä maansitomiskyky
Raita							hyvin yleinen
<i>Salix phylicifolia</i>	on	0.5-3	VII		kosteasta kui- vaan, ei siellä syystulvia		
Kiiltopaju							
<i>Salix myrsinifolia</i>	on	2-5	V (VII)		märstä kui- vaan	vaateiaampi kuin kiiltopaju	
Mustuvapaju							
<i>Salix cinerea</i>	on	2-4	V (VI)		kostea	melko vaatelas	
Tuhkapaju							
<i>Salix aurita</i>	on	0.5-2.5	V (VII)		märkä, kostea kuiva	melko vaatimaton	
Virpajaju							
<i>Salix lapponum</i>	on	0.5-1	VII		kostea - kui- va, sieltä tulvia	vaatimaton	harvinainen Etelä- Suomessa
Pohjanpaju							

## LIITE 1/5

## PUULAJIT RANTOJEN SUOJAISTUTUKSIIN

PUULAJI	LUONNON- VARAINEN	KASVU- KOR- KEUS	VEDENPIN- NAN YLÄ- PUOLELLA	MENESTY- MISVYÖ- HYKE	MAALAJI- VAATIMUS	KOSTEUS- VAATIMUS	RAVINTEI- DEN TARVE	VERSO- JUURIEN MUODOSTU- MISKYKY	HUOMAUTUKSIA
		M	VÄH. M						
<i>Alnus</i> glutinosa Tervaleppä	on	5-20	0.3	V (VI)	moreenista saveen, myös turve	märkä, kostea, kosteahko, sietää ajoit- taista seiso- vaa vettä	runsasravint. myös happamat	voimakas	sekä syvä- että pintajuuria, maata sitova
<i>Alnus</i> incana Harmaaleppä	on	3-15	0.5	VI (VII)	moreeni, hiekkahie- ta, savi	tuore	runsasravint. niukkaravin- teisiin, ha- pahkot	voimakas	maata sitovia juuriversoja ja siverversoja. Lapissa ala- laji Kuolanhar- maaleppä
<i>Betula</i> pubescens Hieskoivu	on	10-20	0.3	VII	hiekk, hieta, turve	märkä, kostea sietää ajoit- aista seiso- vaa vettä	happahkot ja happamat	ei	hidaskasvuisempi kuin rauduskoivu
<i>Prunus</i> padus Tuomi	on	5-10	0.5	VII	hiekkasta saveen	kostea, kos- teahko, myös tulva-alueet	happahkoista neutraalin, suht, vaate- lias	kohta- lainen	sietää varjostusta altis hyönteistu- hoille, ei sen tähdän suosittella Etelä-Suomeen
<i>Eraxinus</i> excelsior Metsäsaarni	on	15-20	0.5	III (IV)	hiesu- ja savimorce- nit	märkä, kostea, kosteahko, ei siedä kuivu- mista	runsasravint. kalkkipitoiset	kohtalai- nen	luonnonvarainen vain II (III) vyöhykkeessä, vaatimaton valon suhteen







## PENSASLAJIT RANTOJEN SUOJAISTUTUKSIIN

PENSASLAJI	LUONNON- VARAINEN	KASVU- KOR- KEUS	VEDENPIN- NAN YLÄ- PUOLELLA	MENESTY- MISVYÖ- HYKE	MAALAJI- VAATIMUS	KOSTEUS- VAATIMUS	RAVINTEI- DEN TARVE	VERSO- JUURIEN MUODOSTU- MISKYKY	HUOMAUTUKSIA
<i>Viburnum opulus</i>	on	3-4	0.5	VI	moreenista saveen	märkä, kostea	runsasravint. kalkkipit.	voimakas	sietää kestää lyhytai- kaista tulvaa, raakamaille
<i>Hippophae rhamnoides</i>	on	1.5-4	0.5	V	soramoree- ni, sora hiekkä, hieta	kuivahko, kui- va ja erittäin kuiva	kalkkipit. vaatimaton	voimakas	ei siedä varjoa, ei nurmikkoluis- kiin eikä ruoko- jen lähelle
<i>Tymi</i>					janlahd. rannik.				
<i>Evonymus europaeus</i>	ei	4-5	1.5	IV	hiesu ja savimoreeni	tuore ja kui- vahko	runsasravint. kalkkipitoi- nen	kohtalai- nen	
Euroopan sor- varinpensas									
<i>Corylus avellanA</i>	on	3-6	1.5	III	moreeni, hieta	tuore ja kui- vahko, sietää ajoittaista seisovaa vettä	runsasravint. kalkkipitoi- nen	voimakas	vain Etelä-Suo- meen sopiva, pak- kasan arka, melko hyvä varjon kes- tävyys, mutta kuusi tukahduttaa
Pähkinäpensas									
<i>Frangula alnus</i>	on	1.5-6	1.5	VI	hiesu- ja savimoreeni	tuore	runsasravint.		
Korppipaatsama									
<i>Cornus alba</i>	on, viljely- jääne	2-3	1.5	VI	hiesu- ja savimoreeni savi	tuore, kui- vahko	runsasravint.		käytetään harvoin tuontilaji
Lumimarja- kanukka									

## LIITE 1/9

PENSASLAJI	LUONNON- KASVU- VEDENPIN- MENESTY-		MAALAJI- KOSTEUS-		RAVINTEI- VERSO-		HUOMAUTUKSIA
	VARAINEN KOR	NAN YLÄ- MISVYÖ- VAATIMUS	VAATIMUS	VAATIMUS	DEN	JUURIEN MUODOSTU- MISKYKY	
	KEUS PUOLELLA HYPKE M	VÄH. M			TARVE		
<i>Viburnum</i> lantana Villahaissi	2-3	1.5	V	hiesu- ja savimoreeni	tuore, kui- vahko, kui- va ja erit- täin kuiva	runsasravint. kalkkipitoinen	kohtalai- nen kestää lyhytai- kaista tulvaa, raakamaille
<i>Rosa</i> <i>canina</i> Koiranruusu	1-2.5	1.5	III	hiesumoree- ni, hiekka hieta	tuore, kui- vahko, kui- va ja erit- täin kuiva	runsasravint. kalkkipitoinen	voimakas hyvin harvina- nen
<i>Rosa</i> <i>acicularis</i> Karjalanruusu	0.5-1	1.5	VI	hieta- ja hiesumoree- ni	tuore	luontaisen levinneisyys- alueen ulkop. vaativa	muodostaa juuri- versoja
<i>Lonicera</i> <i>xylosteum</i> Lehtokuusama	1-2.5		V (VI)	hiesu- ja savimoreeni savi	tuore	runsasravint. kalkkipit	matalajuurinen
<i>Rubus</i> ideaeus Vattu	0.8-1.8		VI	moreeni hiekk hieta	tuore, kui- vahko	pohjoisrajal- laan vaateltias typpensuosija	ilmaversot 2-vuot. leviää tehokkaas- ti juuriversoista

**Liite 1/10 Koristekasvien menestymisvyöhykkeet Suomessa**



