

# Ojitettujen soiden ennallistamisopas



Kaisu Aapala  
Suomen ympäristökeskus  
Luontoympäristökeskus  
PL 140, 00251 Helsinki  
kaisu.aapala@ymparisto.fi  
puh. 0400 148 670

Maarit Similä  
Metsähallitus  
Etelä-Suomen luontopalvelut  
Urheilukatu 3A, 81700 Lieksa  
maarit.simila@metsa.fi  
puh. 040 824 6145

Jouni Penttinen  
Metsähallitus  
Etelä-Suomen luontopalvelut  
Kalevankatu 8, 40101 Jyväskylä  
jouni.penttinen@metsa.fi  
puh. 040 775 3902

Kansikuva: Seitsemisen kansallispuiston Koveronneva vuonna 1999 kolme vuotta ennallistamisen jälkeen. Kuva: Oy HeliFoto Ab.

Översättning: Pimma Åhman.

Translation: Fransis Weaver.



© Metsähallitus, Vantaa 2013

ISSN-L 1235-8983  
ISSN (painettu) 1799-5388  
ISSN (verkkajulkaisu) 1235-8983  
ISBN 978-952-295-025-3 (painettu)  
ISBN 978-952-295-026-0 (pdf)

Erweko Oy, Helsinki 2013

# Ojitettujen soiden ennallistamisopas



# KUVAILEHTI

JULKAISIJA	Metsähallitus	JULKAISUAIKA	2.7.2013
TOIMEKSIANTAJA	Metsähallitus	HYVÄKSYMISPÄIVÄMÄÄRÄ	
LUOTTAMUKSELISUUS	Julkinen	DIAARINUMERO	
SUOJELUALUETYYPPI/ SUOJELUOHJELMA			
ALUEEN NIMI			
NATURA 2000 -ALUEEN NIMI JA KOODI			
ALUEYKSIKKÖ			
TEKIJÄ(T)	Kaisu Aapala, Maarit Similä ja Jouni Penttinen (toim.)		
JULKAISUN NIMI	Ojitettujen soiden ennallistamisopas		
TIIVISTELMÄ	<p>Ekosysteemien ennallistaminen on noussut kansainvälisesti merkittäväksi keinoksi hillitä luonnon monimuotoisuuden köyhtymistä ja ylläpitää ekosysteemipalveluja. Suomessa metsien ja soiden ennallistaminen on vakiintunut suojelualueiden hoitomenetelmäksi Etelä-Suomen metsien monimuotoisuusohjelman METSO:n käynnistyttyä vuonna 2003. Myös EU:n Life-hankerahoituksella on keskeinen rooli suojelualueiden soiden ennallistamisen rahoittamisessa.</p> <p>Ennallistamisella tarkoitetaan toimenpiteitä, joiden avulla ihmistoiminnan takia heikentynyt, vahingoittunut tai tuhoutunut ekosysteemi pyritään palauttamaan mahdollisimman lähelle luonnontilaa. Ennallistamisen tavoite on lajien elinympäristöjen ja luontotyyppien laadun parantaminen ja sitä kautta sekä lajien että luontotyyppien uhanalaistumisen hidastaminen ja pysäyttäminen. Tämä on tärkeää etenkin Etelä-Suomessa, missä suurin osa soista on ojitettu.</p> <p>Tähän oppaaseen on koottu 25 vuoden aikana kertynyt ojitettujen soiden ennallistamiseen liittyvä tietotaito. Oppaassa kuvataan pääpiirteissään luonnontilaisen suon toiminta ja miten ojitus muuttaa sitä. Oppaassa esitellään tavallisimmat soiden ennallistamisen menetelmät ja tarkempina esimerkkeinä yli 21 tavalla tai toisella vaativaa ennallistamiskohdetta. Oppaassa tarkastellaan ennallistamisen ympäristövaikutuksia ja kuvataan lyhyesti kulttuuriperinnön huomioiminen. Asiantuntijoiden kirjoittamissa tietolaatikoissa perehdytään mm. uusimpiin soiden ennallistamiseen liittyviin tutkimustuloksiin ja soilla elävien eliöryhmien erityispiirteisiin.</p> <p>Opas on tarkoitettu ojitettujen soiden ennallistajille. Oppaan pohjana oleva ennallistamiskokemus on kertynyt etupäässä luonnonsuojelualueiden soiden ennallistamisesta. Tätä opasta voidaan hyvin soveltaa soiden ennallistamiseen myös luonnonsuojelualueiden ulkopuolella.</p>		
AVAINSANAT	suot, metsäojitus, ennallistaminen, patoaminen, ojien tukkiminen, vesitalous, hydrologia, vesistövaikutukset, turve, turpeen muodostuminen, puuston poisto, kulttuuriperintö, muinaisjäännökset		
MUUT TIEDOT	Oppaan kirjoittamiseen ja kommentointiin osallistui yli 60 asiantuntijaa Metsähallituksesta, Suomen ympäristökeskuksesta, Jyväskylän yliopistosta, Itä-Suomen yliopistosta, Metsäntutkimuslaitoksesta, Metsätalouden kehittämisskeskus Tapiosta ja kahdeksasta muusta organisaatiosta.		
SARJAN NIMI JA NUMERO	Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 188		
ISSN-L	1235-8983	ISBN (PDF)	978-952-295-025-3
ISSN (PAINETTU)	1235-8983	ISBN (PAINETTU)	978-952-295-026-0
ISSN (VERKKOJULKAISU)	1799-5388		
SIVUMÄÄRÄ	301 s.	KIELI	suomi
KUSTANTAJA	Metsähallitus	PAINOPAIKKA	Erweko Oy
JAKAJA	Metsähallitus, luontopalvelut	HINTA	20 €

# PRESENTATIONSBLAD

UTGIVARE	Forststyrelsen	UTGIVNINGSDATUM	2.7.2013
UPPDRAGSGIVARE	Forststyrelsen	DATUM FÖR GODKÄNNANDE	
SEKRETESSGRAD	Offentlig	DIARIENUMMER	
TYP AV SKYDDSONRÅDE/ SKYDDSPROGRAM			
OMRÅDETS NAMN			
NATURA 2000 -OMRÅDETS NAMN OCH KOD			
REGIONAL ENHET			
FÖRFATTARE	Kaisu Aapala, Maarit Similä och Jouni Penttinen (red.)		
PUBLIKATION	Guide för restaurering av dikade myrar		
SAMMANDRAG	<p>Restaurering av ekosystem har blivit en internationellt betydande metod för att hejda utarmningen av den biologiska mångfalden och för att upprätthålla ekosystemtjänsterna. Restaurering av skogar och myrar har blivit en etablerad vårdmetod i naturskyddsområden efter att programmet för att trygga den biologiska mångfalden i skogarna i södra Finland, dvs. METSO-programmet, startade år 2003. Även EU:s Life-finansiering har spelat en viktig roll i finansieringen av myrrestaureringar i skyddsområden.</p> <p>Med restaurering avses olika åtgärder för att återställa ekosystem som har försvagats, skadats eller förstörts till följd av mänsklig verksamhet, så att de återgår till ett tillstånd som är så nära naturtillståndet som möjligt. Målet för restaurering är att förbättra kvaliteten på naturtyper och arters livsmiljöer. Därigenom hejdar och hindrar man att allt fler arter och naturtyper blir hotade. Detta är viktigt framför allt i södra Finland, där största delen av myrarna är dikade.</p> <p>I denna guide presenteras kunskap om restaurering av dikade myrar som samlats in under 25 år. I guiden beskrivs i huvuddrag funktionen hos en myr i naturtillstånd och hur den förändras efter dikning. Guiden tar upp de allmännaste metoderna för restaurering av myrar och ger mer detaljerade exempel på mer än 21 restaureringsobjekt som på ett eller annat sätt varit krävande. I guiden diskuteras även miljökonsekvenser av restaurering och även kort hur kulturarvet beaktas. I faktaboxer berättas sakkunniga bl.a. om nya forskningsresultat kring restaurering och om särdrag för organismgrupper som lever på myrar.</p> <p>Guiden är avsedd för dem som har för avsikt att restaurera en dikad myr. De erfarenheter av restaurering som ligger till grund för guiden härstammar huvudsakligen från restaurering av myrar i naturskyddsområden. Denna guide kan dock bra tillämpas också vid restaurering av myrar utanför naturskyddsområden.</p>		
NYCKELORD	myrar, skogsdikning, restaurering, fördämning, igentäppning av diken, vattenhushållning, hydrologi, konsekvenser för vattendrag, torv, torvbildning, avlägsnande av trädbestånd, kulturarv, fornlämningar		
ÖVRIGA UPPGIFTER	Över 60 sakkunniga vid Forststyrelsen, Finlands miljöcentral, Jyväskylä universitet, Östra Finlands universitet, Skogsforskningsinstitutet, Skogsbrukets utvecklingscentral Tapio samt åtta andra organisationer deltog med text och kommentarer till guiden.		
SERIENS NAMN OCH NUMMER	Forststyrelsens naturskyddspubliceringar. Serie B 188		
ISSN-L	1235-8983	ISBN (PDF)	978-952-295-025-3
ISSN (PRINT)	1235-8983	ISBN (PRINT)	978-952-295-026-0
ISSN (ONLINE)	1799-5388		
SIDANTAL	301 s.	SPRÅK	finska
FÖRLAG	Forststyrelsen	TRYCKERI	Erweco Oy
DISTRIBUTION	Forststyrelsen, naturtjänster	PRIS	20 €

# DOCUMENTATION PAGE

PUBLISHED BY	Metsähallitus	PUBLICATION DATE	2.7.2013
COMMISSIONED BY	Metsähallitus	DATE OF APPROVAL	
CONFIDENTIALITY	Public	REGISTRATION NO.	
PROTECTED AREA TYPE / CONSERVATION PROGRAMME			
NAME OF SITE			
NATURA 2000 SITE NAME AND CODE			
REGIONAL ORGANISATION			
AUTHOR(S)	Kaisu Aapala, Maarit Similä and Jouni Penttinen (eds)		
TITLE	Handbook for the restoration of drained peatlands		
ABSTRACT	<p>Restoring ecosystems has become internationally an important way to slow down the loss of biodiversity and maintain ecosystem services. In Finland the restoration of forest and peatland habitats has become an established element of the management of protected areas since the launch of the Forest Biodiversity Programme METSO in 2003. EU Life funding has also played a key role in the financing of peatland habitat restoration work in Finland's protected areas.</p> <p>Habitat restoration attempts to restore conditions as close to natural as possible in ecosystems that have been degraded, damaged or destroyed due to human activity. The objective is to enhance the quality of biotopes and species' habitats, and thus halt the loss of biodiversity. This is particularly important in Southern Finland, where most peatlands have been affected by drainage schemes.</p> <p>This handbook compiles know-how related to the restoration of drained peatlands that has been accumulated during the last 25 years in Finland. It gives a general description of how natural mires function, and how artificial drainage changes their functioning. It then presents the most widely used peatland restoration methods, together with more than 21 detailed examples of difficult cases. The handbook describes the environmental impacts of peatland restoration, and how cultural heritage can also be considered. Short factual features written by experts focus on issues such as the latest research findings related to peatland restoration and the characteristics of significant species groups associated with mire habitats.</p> <p>The handbook is intended for readers who are involved in the restoration of drained peatlands. The experiences that form the basis of this handbook are based largely on restoration work in protected areas, but the handbook is equally useful for restoring peatlands outside protected areas.</p>		
KEYWORDS	mires, peatland drainage, restoration, dams, blocking ditches, water supply, hydrology, impacts on runoff waters, peat, peat accumulation, tree cover removal, cultural heritage, ancient relics		
OTHER INFORMATION	This handbook has been written by more than 60 experts from Metsähallitus, the Finnish Environment Institute, the University of Jyväskylä, the University of Eastern Finland, the Finnish Forest Research Institute, the Forestry Development Centre Tapio and eight other organisations.		
SERIES NAME AND NO.	Nature Protection Publications of Metsähallitus. Series B 188		
ISSN-L	1235-8983	ISBN (PDF)	978-952-295-025-3
ISSN (PRINT)	1235-8983	ISBN (PRINT)	978-952-295-026-0
ISSN (ONLINE)	1799-5388		
NO. OF PAGES	301 pp.	LANGUAGE	Finnish
PUBLISHING CO.	Metsähallitus	PRINTED IN	Erweko Oy
DISTRIBUTOR	Metsähallitus, Natural Heritage Services	PRICE	20 €

# Esipuhe

Ojitettujen soiden ennallistaminen on tärkeä luonnonsuojelua tukeva keino suoluonnon monimuotoisuuden turvaamiseksi. Valtioneuvoston 30.8.2012 antamassa periaatepäätöksessä soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta todetaan, että aktiivisia ennallistamistoimia lisätään sekä suojelualueilla että talousmetsissä.

Tämä ennallistamisopas on Soiden ennallistamisen asiantuntijatyöryhmän SuoELOn ja kymmenien muiden kirjoittajien yhteinen ponnistus. SuoELOssa ovat edustettuina Metsähallitus, Suomen ympäristökeskus, Metsäntutkimuslaitos, Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Itä-Suomen yliopisto, Jyväskylän yliopisto ja ympäristöministeriö. Opas kokoaa yhteen soiden ennallistamisesta 25 vuoden aikana kertyneet tiedot ja kokemukset kaikkien toimijoiden hyödynnettäviksi.

Oppaan tavoitteena on edistää soiden ennallistamisen ekologisen perustan ymmärtämistä, valtioneuvoston suoperiaatepäätöksen ja METSO-ohjelman tavoitteiden toteuttamista sekä toimenpiteiden vaikuttavuutta niin suojelu- kuin metsätalousalueilla. Opas on kirjoitettu ensisijaisesti

suojelualueilta saatujen kokemusten pohjalta, mutta oppaan sisältö sopii hyvin sovellettavaksi myös metsätalousalueilla. Opasta voidaan käyttää myös metsäalan neuvonnassa sekä metsä- ja ympäristöalan oppilaitosten opetusmateriaalina.

Kiitämme lämpimästi kaikkia oppaan tekemiseen osallistuneita! Erityiskiitoksen ansaitsevat kirjoittajat, valokuvaajat, toimituskunnan neljä jäsen Tapio Lindholm, julkaisusarjaa toimittava ja julkaisun taittanut Sirpa Routasuo, kartat piirtänyt Sirpa Mänty sekä kuvien käsittelijät Jari Kosket ja Hannu Sipinen. Hannua kiitämme myös graafien piirtämisestä. Ja superkiitokset Sakari Rehellille, jonka asiantuntemus on ollut korvaamaton oppaan teon kaikissa vaiheissa ja osissa.

Oppaan käsikirjoitusta tai sen osia ovat kommentoineet vuosien varrella lukuisat ihmiset. Kiitämme kaikkia kommentoijia arvokkaasta palautteesta!

Opasta on tehty osin Suoverkosto-Life-hankkeen työnä. Opas julkaistiin osana biologisen monimuotoisuuden säilyttämistä tukevaa METSO-ohjelmaa ja sen julkaisua rahoitti ympäristöministeriö.

Helsinki, Lieksa ja Jyväskylä 26.6.2013

Kaisu Aapala, Maarit Similä ja Jouni Penttinen  
oppaan toimittajat

Suomen ympäristökeskus ja Metsähallituksen Etelä-Suomen luontopalvelut





# Sisällys

<b>1 Johdanto</b> .....	<b>13</b>
<b>2 Ennallistamisen tarve ja tavoitteet</b> .....	<b>19</b>
2.1 Miksi soita ennallistetaan?.....	19
2.2 Ennallistamisen ekologiset tavoitteet .....	20
2.3 Ennallistamisen muita tavoitteita.....	21
2.4 Suojelualueiden soiden ennallistamisen erityispiirteitä.....	22
2.5 Soiden ennallistaminen ja suoluonnon hoito suojelualueiden ulkopuolella .....	23
<b>3 Soiden vesitalous</b> .....	<b>41</b>
3.1 Vedenpinnan taso suolla .....	41
3.2 Soiden veden alkuperä ja käyttäytyminen.....	42
3.3 Veden virtaus suolla ja sen vaikutus suokasvillisuuteen .....	44
3.4 Pohjavesisuot .....	47
3.5 Suoveden laatu .....	48
3.6 Metsäojituksen vaikutukset suon vesitalouteen ja vesistökuormitukseen .....	49
3.7 Ennallistamisen vaikutukset suon vesitalouteen .....	51
<b>4 Pintaturpeen ominaisuudet ja turpeen kertyminen</b> .....	<b>66</b>
4.1 Turpeen muodostuminen luonnontilaisella suolla .....	66
4.2 Turpeen hajotuksen dynamiikkaa .....	67
4.3 Ojituksen vaikutus turpeen muodostumiseen.....	68
4.4 Ennallistamisen vaikutus turpeen muodostumiseen .....	69
<b>5 Suoluonnon monimuotoisuus</b> .....	<b>72</b>
5.1 Mikrobiyhteisöjen monimuotoisuus.....	72
5.2 Kasvilajiston monimuotoisuus .....	72
5.3 Suokasvien sopeutuminen korkeaan vedenpinnan tasoon ja kasvualustan hapettomuuteen .....	76
5.4 Kasvillisuuden kehitys metsäojitetuilla soilla.....	77
5.5 Kasvillisuuden kehitys ennallistetuilla soilla .....	79
5.6 Eläinlajiston monimuotoisuus.....	81
5.7 Suoelinympäristöjen monimuotoisuus.....	81
<b>6 Ennallistamisen suunnittelu</b> .....	<b>113</b>
6.1 Ennallistettavan alueen nykytila.....	113
6.2 Toimenpiteiden tavoitteet .....	117
6.3 Ennallistamistoimenpiteiden suunnittelu .....	117
6.4 Vesistövaikutusten huomioiminen .....	123
6.5 Vesiä koskevan lainsäädännön ja vesienhoitosuunnitelmien huomioiminen .....	124
6.6 Lahopuun määrän lisääminen .....	125
6.7 Ennallistamisen vaikutukset.....	126
6.8 Toimenpiteiden kustannukset .....	126
6.9 Ennallistamisen seuranta.....	126
6.10 Suojelualuetta koskevan ennallistamissuunnitelman osallistaminen, hyväksyminen ja viestintä .....	126
6.11 Työmaan valmistelu ja ohjeistus .....	127

<b>7 Ennallistaminen .....</b>	<b>138</b>
7.1 Ojalinjojen raivaus.....	138
7.2 Puuston poisto .....	139
7.3 Vesitalouden palauttaminen.....	140
7.4 Lahopuun määrän lisääminen .....	150
7.5 Metsäautoteiden poistaminen.....	150
7.6 Korjaustoimenpiteet.....	150
7.7 Toimenpiteiden dokumentointi.....	151
<b>8 Vaikeat ennallistamiskohteet .....</b>	<b>152</b>
8.1 Ongelmalliset olosuhteet.....	152
8.2 Uhanalaisten lajien elinympäristöt.....	153
8.3 Letot, lähdesuot ja muut rehevät suot.....	153
8.4 Viettävät suot.....	153
8.5 Hylätyt suopellot ja turvekentät.....	154
8.6 Hiekkamaiden soiden ennallistamisen erityispiirteitä.....	154
8.7 Pohjavesialueiden suot.....	156
<b>9 Ennallistettaessa huomioitavia riskitekijöitä.....</b>	<b>164</b>
9.1 Vaikutukset valumaveden laatuun ja vesistöjen tilaan.....	164
9.2 Vaikutukset retkeilyyn.....	165
9.3 Hyönteistuhoriski.....	165
9.4 Koneiden öljyvahingot.....	166
<b>10 Kulttuuriperinnön huomioiminen soiden ennallistamisessa.....</b>	<b>172</b>
10.1 Tuhansien vuosien historia.....	172
10.2 Soiden yleisimmät kulttuuriperintökohteet .....	173
10.3 Soiden maisema-arvot.....	176
10.4 Kulttuuriperintökohteiden huomioiminen.....	177
<b>11 Ennallistamisen vaikutusten seuranta .....</b>	<b>179</b>
11.1 Hoitoseuranta .....	179
11.2 Hydrologinen seuranta.....	180
11.3 Monimuotoisuusseurannat .....	180
<b>12 Ennallistamisen kustannustehokkuus .....</b>	<b>182</b>
12.1 Miksi kustannustehokkuutta pitäisi parantaa? .....	182
12.2 Tehokkuustavoite – painotetaanko kustannuksia vai lopputulosta?.....	182
12.3 Arvioita soiden ennallistamisen toimenpidekustannuksista.....	183
12.4 Kustannustehokkuus ennallistamisen toimenpideketjussa .....	185
<b>13 Ennallistamisen esimerkkikohteet.....</b>	<b>186</b>
13.1 Primaarisuot: Siikajoen Tauvo.....	187
13.2 Suopellosta takaisin letoksi: Juuan Polvela .....	192
13.3 Letto- ja lähdelajisto ennallistetulla suolla: Joroisten Saarikkolammensuo .....	196
13.4 Kasvillisuuden kehitys ilman pintavalleja ennallistetulla letolla: Kiimingin Vehmaansuo.....	201
13.5 Leton ennallistaminen: Oriveden Huppionvuori .....	206
13.6 Rinnesuo: Sallan Aatsinginhauta .....	210
13.7 Lähteikköjen kunnostaminen käsityönä: Talaskangas .....	217
13.8 Lähteinen korpi: Kannonkosken Kismanniemi.....	220

13.9	Nuuksion kansallispuiston Mustakorpi.....	225
13.10	Viettava, lähteinen puronvarsikorpi: Ilomantsin Hoikka .....	228
13.11	Laaja aapasuokokonaisuus: Salamajärven kansallispuisto, Perho.....	230
13.12	Märän, luhtaisen aapasuon kuivatuskanavan tukkiminen: Siikajoen Revonneva.....	235
13.13	Jänteisen aapasuon kuivatuskanavien tukkiminen: Kuusamon Hyöteikönsuo...	240
13.14	Kasvilajiston ja hydrologian muutoksia vaiheittain ennallistetulla laajalla suoyhdistymällä: Leivonmäen kansallispuiston Haapasuo.....	244
13.15	Soiden ja pienvesien muodostama kokonaisuus: Pihtiputaan Suurisuo .....	249
13.16	Seitsemisen kansallispuiston suot .....	256
13.17	Laaja pohjavesivaikutteinen aapasuokokonaisuus: Olvassuo.....	260
13.18	Ison syöpyneen ojan patoaminen: Siikajoen Isoneva .....	264
13.19	Hiekkamaan rинnesuon syöpyneen ojan patoaminen: Pudasjärven Jäkälävaara.....	267
13.20	Taloustmetsän kunnostusojituksen ja suojelualueen ennallistamisen yhteensovittaminen Oulun ja Pudasjärven Hirvisuolla .....	271
13.21	Vesitaloustoimenpiteitä pohjavesialueen metsätalousoilla Vaalassa .....	275

## Tietolaatikat

TL 1	Life-hankkeet ja soiden ennallistaminen .....	16
TL 2	Ekosysteemien ennallistamisen ja luonnonhoidon ekologia .....	24
TL 3	Metsäojitetun ja ennallistetun suon ilmastovaikutukset .....	26
TL 4	Verkostonäkökulma ennallistamiskohteiden valinnassa.....	28
TL 5	Soiden ennallistaminen ja ekosysteemipalvelut .....	31
TL 6	Suojelualueiden rajausten puutteet ja niiden korjaaminen .....	33
TL 7	Riekkosoiden ja metsäkanalintujen poikueympäristöjen ennallistaminen valtion taloustmetsissä.....	36
TL 8	Yksityismaiden taloustmetsien soiden luonnonhoito ja ennallistaminen .....	37
TL 9	Entisten turpeennostoalueiden uudelleensoistaminen.....	39
TL 10	Eräiden lehtisammallajien suhde suoveden pH-arvoon .....	54
TL 11	Pohjavedenpinnan tason mittaaminen .....	56
TL 12	Suoveden virtausmallit erityyppisillä soilla .....	57
TL 13	Vedenpinnan vaihtelu vakaavetsillä ja kausivaihtelevilla soilla sekä arokosteikoilla .....	60
TL 14	Suojelusoiden ennallistamisen onnistuminen – yhteenveto kymmenvuotishoitoseurantojen tuloksista .....	62
TL 15	Muurahaiset, soiden ojitus ja ennallistaminen .....	86
TL 16	Hämähäkit ja soiden ennallistaminen .....	91
TL 17	Soiden sudenkorennot .....	93
TL 18	Soiden ennallistaminen ja suoperhosten suojele .....	95
TL 19	Soiden vaaksiaiset .....	97
TL 20	Soiden ennallistaminen ja linnusto.....	99
TL 21	Suokasvillisuuden kehittyminen maankohoamisrannikon suosuknessiossa .....	102
TL 22	Ojituksen ja ennallistamisen aiheuttamat muutokset kasvilajistossa ja -yhteisöissä .....	104
TL 23	Voidaanko uhanalaisten suoluontotyyppien tilaa parantaa ennallistamalla? ....	108
TL 24	Korkeustieto ennallistamisen suunnittelussa.....	128
TL 25	Putkilokasvien ja sammalten siirrot soiden ennallistamisen yhteydessä.....	132
TL 26	Soiden ennallistamiseen liittyvät hyönteistuhoriskit.....	135
TL 27	Lähteikköjen ennallistaminen.....	157
TL 28	Ennallistamisen vesistövaikutukset.....	167

**Lähteet**.....277

**Liitteet**

Liite 1 Oppaan kirjoittajat..... 300

# 1 Johdanto

*Kaisu Aapala ja Maarit Similä*

Ekosysteemien ennallistaminen on noussut kansainvälisessä luonnonsuojelupolitiikassa merkittäväksi keinoksi hillitä luonnon monimuotoisuuden köyhtymistä ja turvata ekosysteemipalveluja. Sekä Euroopan unionin uudessa biodiversiteettistrategiassa (Euroopan unioni 2010) että kansainvälisen biodiversiteettisopimuksen kymmenennessä osapuolikokouksessa Nagoyassa vuonna 2010 ennallistaminen nostettiin keskeiseksi keinoksi pysäyttää monimuotoisuuden köyhtyminen ja ekosysteemipalvelujen heikentyminen vuoteen 2020 mennessä. Myös Valtioneuvoston (2012b) hyväksymässä periaatepäätöksessä Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestäväen käytön strategiasta vuosiksi 2012–2020 edellytetään muun muassa, että heikentyneitä ekosysteemejä ennallistetaan kustannustehokkailla keinoilla tai niiden annetaan palautua luonnon omien kehityskulkujen myötä, jotta luonnon monimuotoisuuden köyhtyminen saataisiin pysähtymään.

Ennallistamisella tarkoitetaan toimenpiteitä, joiden avulla ihmistoiminnan takia heikentynyt, vahingoittunut tai tuhoutunut ekosysteemi pyritään palauttamaan mahdollisimman lähelle luonnontilaa (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group 2004). Ekosysteemin ominaispiirteet ja ekologiset prosessit palautuvat luonnontilaisen kaltaiseksi nopeammin ennallistamalla kuin pelkästään haitaiden luontaisten prosessien kautta (Rassi ym. 2003).

Yksi ennallistamisen keskeisimpiä tavoitteita on lajien elinympäristöjen ja luontotyyppien laadun parantaminen ja sitä kautta sekä lajien että luontotyyppien uhanalaistumiskehityksen hidastaminen ja pysäyttäminen.

Kansainvälisessä ilmastopolitiikassa on tunnustettu soiden säilyttämisen ja ennallistamisen hyödyt myös ilmaston muutoksen hillinnässä. Durbanin ilmastokokouksessa vuonna 2011 sovittiin, että vuodesta 2013 lähtien Kioton pöytäkirjan osapuolet voivat vapaaehtoisesti sisällyttää kosteikkojen, kuten soiden, ennallistamisesta saadut hyödyt kansalliseen kasvihuonekaasuraportointiin (COP 17 Durban 2011, Decision 2/CMP7).

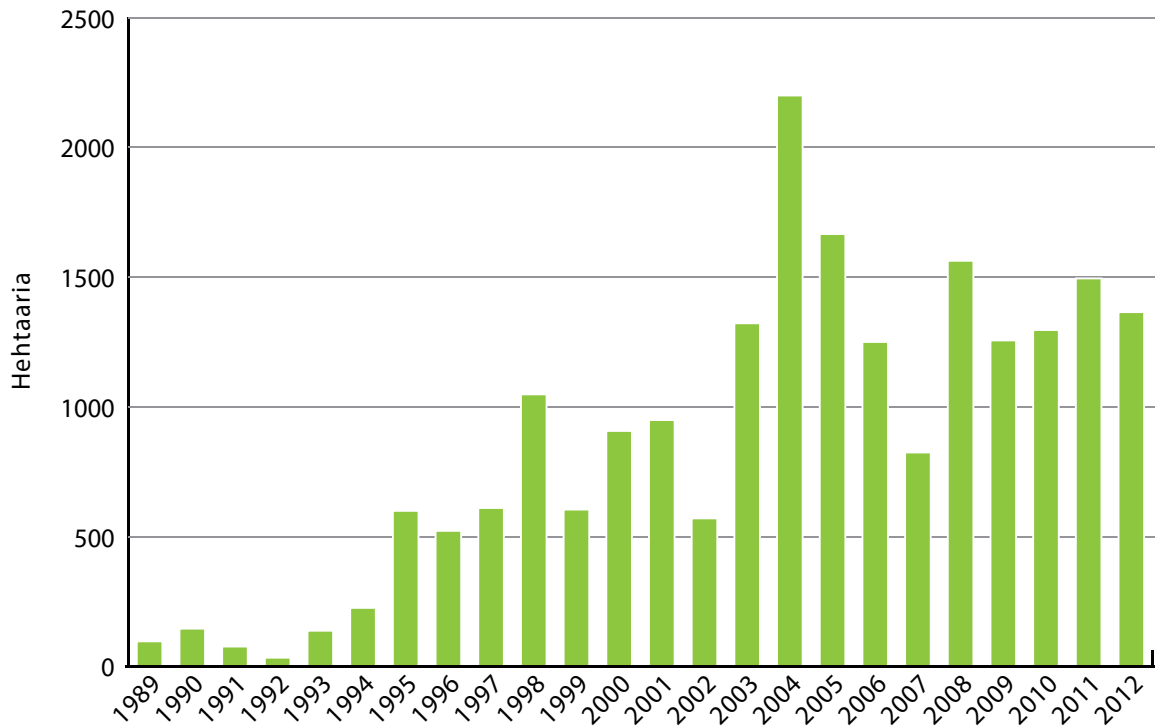
Mahdollisuus koskee vuoden 1990 jälkeen ennallistettuja, vähintään hehtaarin kokoisia alueita.

Kansainvälisesti termi ennallistaminen ymmärretään usein huomattavasti laajemmin kuin Suomessa (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group 2004). Kansainvälisesti käytetään myös termiä ekologinen ennallistaminen, jolla tarkoitetaan toimintaa, jonka tavoitteena on palauttaa ekosysteemin rakenteen ja toiminnan luontainen vaihtelu (Palmer ym. 2006). Suomalainen soiden ennallistaminen sopii myös tähän määritelmään.

Soita on ollut Suomessa alun perin noin 10,4 milj. ha (Vasander 1998). Soita ja turvemaita on jäljellä 8,9 milj. ha, joista ojittettuja on noin 4,8 miljoonaa hehtaaria ja ojittamattomia noin 4 miljoonaa hehtaaria (Metsäntutkimuslaitos 2011). Suojelualueilla on soita noin 1,2 milj. ha, joista on ennen suojelupäätöksiä ojitettu runsaat 50 000 ha (Soiden ja turvemaiden kansallista strategiaa valmistellut työryhmä 2011). Vuosina 1989–2012 soita on ennallistettu noin 19 000 ha (kuva 1). Nykyisten suojelualueiden soiden ennallistamistarpeen on arvioitu olevan valtiomailla noin 17 000 ha ja yksityismaiden suojelualueilla noin 1 000 ha (Metsähallitus 2012). Talousmetsien ojittettujen soiden ennallistamiselle ei ole toistaiseksi asetettu määrällisiä tavoitteita.

Ensimmäiset soiden ennallistamiskokeilut tehtiin Suomessa 1970- ja 1980-luvuilla luonnonsuojelullisesti erittäin arvokkaiksi tiedetyillä kohteilla heti ojituksen jälkeen. Tällaisia kohteita olivat esimerkiksi taarnan (*Cladium mariscus*) ainoa manner-Suomen kasvupaikka Joroisten Saarikolla (ks. luku 13.3) sekä Hyvinkään Kalkkilammen letto, jolla kasvoi suoneidonvaippaa (*Epipactis palustris*). Molemmilla kohteilla ennallistamistoimia on jatkettu myöhemmin.

Aluksi oja padottiin miestyönä, mutta vuodesta 1992 lähtien soita on ennallistettu pääasiassa koneellisesti. Vuosittaiset soiden ennallistamismäärät lisääntyivät 1990-luvun puolesta välistä lähtien Euroopan unionin Life-rahoituksen (tietolaatikko 1) ja 2000-luvun alusta METSO-rahoituksen turvin (kuva 1). Soita on ennallistettu eri puolilla maata, pohjoisimpana Muoniossa



Kuva 1. Vuosittaiset soiden ennallistamis-pinta-alat valtionmaiden suojelualueilla vuosina 1989–2012.

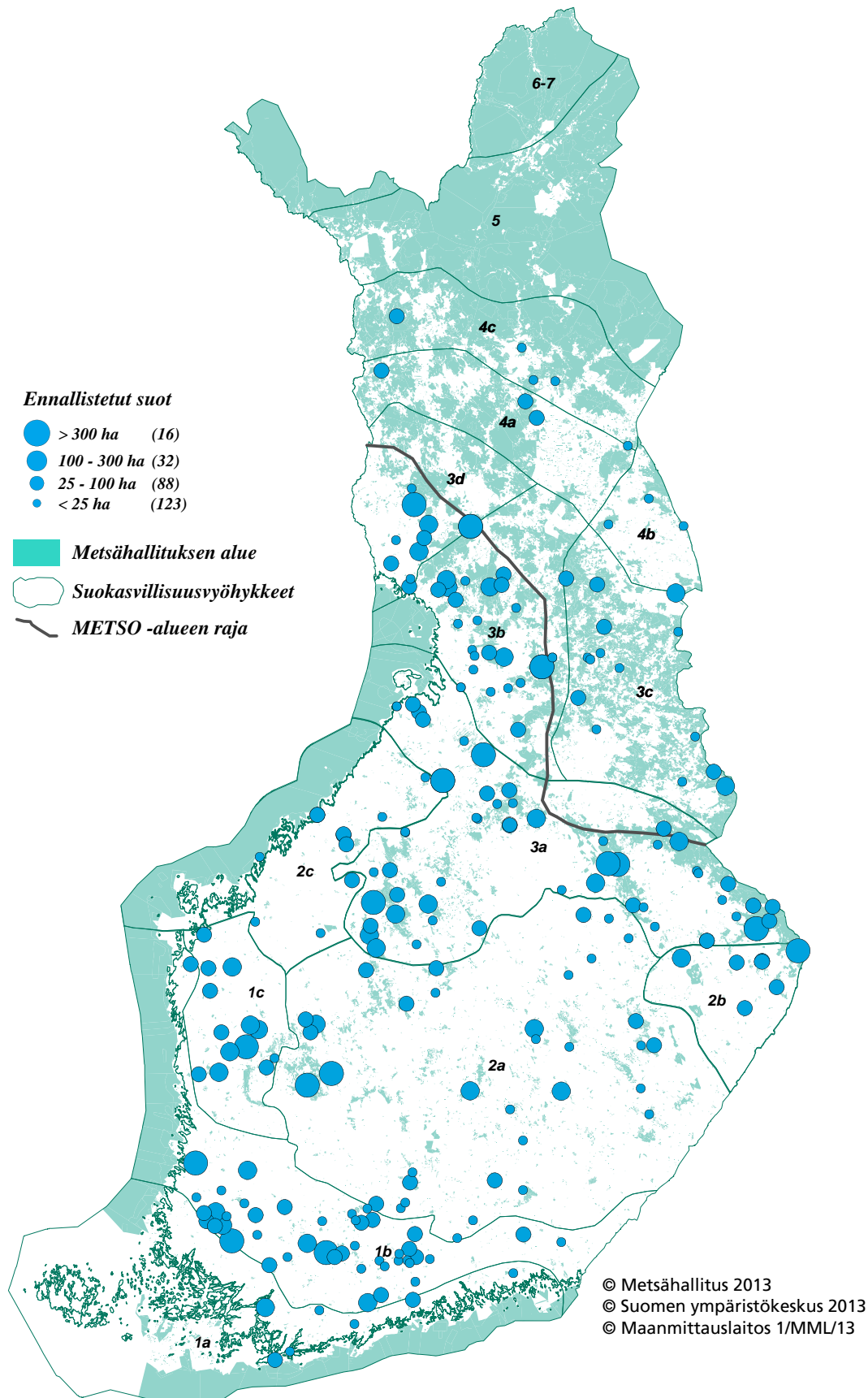
(kuva 2). Suomessa ennallistaminen on vakiintunut suojelualueiden hoitomenetelmäksi vuoden 2003 jälkeen, kun Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma METSO käynnistyi ja ympäristöministeriön asettaman Ennallistamistyöryhmän mietintö julkaistiin (Rassi ym. 2003).

Soiden ennallistamisen ekologista taustaa ja käytännön menetelmiä esittelevä julkaisu ilmestyi vuonna 1993 (Seppä ym. 1993). Ensimmäinen soiden ennallistamisopas julkaistiin vuonna 1995 (Heikkilä & Lindholm 1995a) ja se päivitettiin kymmenen vuotta sitten (Heikkilä ym. 2002).

Tähän oppaaseen on koottu neljännesvuosisadan aikana kertynyt soiden ennallistamiseen liittyvä käytännön tietotaito. Ennallistajan on ymmärrettävä pääpiirteissään, millä tavalla luon-

nontilainen suo toimii ja miten ojitus muuttaa sitä. Ennallistamisen taustaksi ja tueksi onkin koottu ekologista perustietoa erityisesti suon vesitaloudesta ja turpeesta (luvut 3–4). Oppaassa on runsaasti kokemukseräistä tietoa soiden ennallistamisesta (luvut 6–7). Vaikeampien ja monimutkaisempien kohteiden ennallistamisesta on 21 kohdekuvausta. Lisäksi oppaassa tarkastellaan ennallistamiseen liittyviä riskitekijöitä, soiden kulttuuriperinnön huomioimista ja ennallistamisen kustannustehokkuutta. Tietolaatikoihin on koottu monipuolisesti viimeisintä tutkimustietoa soiden ennallistamisesta ja eliölajistosta.

Tämä opas on suunnattu erityisesti niille, jotka suunnittelevat ja toteuttavat metsäojitusalueiden aktiivisia ennallistamistoimia.



**Kuva 2.** Suojelualueilla vuoden 2012 loppuun mennessä ennallistetut suot. Metsähallituksen alueet sisältävät sekä maa- että vesialueet. Suokasvillisuusvyöhykkeet: 1a. Laakiokeitaat, 1b. Etelä-Suomen kilpiketaat, 1c. Satakunnan ja Etelä-Pohjanmaan kilpiketaat, 2a. Sisä-Suomen vietto- ja rahkakeitaat, 2b. Pohjois-Karjalan vietto- ja rahkakeitaat, 2c. Pohjanmaan vietto- ja rahkakeitaat, 3a. Suomenselän ja Pohjois-Karjalan aapasuot, 3b Pohjois-Pohjanmaan aapasuot, 3c. Kainuun aapasuot, 3d. Peräpohjanmaan aapasuot, 4a. Eteläisen Peräpohjanmaan aapasuot, 4b. Kuusamon rинnesuot, 4c. Keski- ja Pohjois-Peräpohjanmaan aapasuot, 5 Metsä-Lapin aapasuot, 6-7. Tunturi-Lapin palsa- ja paljakkasuot.

## Life-hankkeet ja soiden ennallistaminen

Mikko Tiira

### Mikä on Life(+)?

Life on EU:n ympäristö- ja luonnonsuojeluhankkeiden rahoitusväline, jonka tavoitteena on tukea EU:n ympäristöpolitiikan toimeenpanoa. Ensimmäinen Life-rahoitusohjelma alkoi vuonna 1992, ja vuoteen 2006 mennessä on ollut kolme ohjelmakautta. Vuonna 2007 alkanut neljäs ohjelmakausi Life+ kestää vuoden 2013 loppuun. Life+ sisältää kolme eri rahoitusmuotoa: 1) Luonto ja Biologinen monimuotoisuus, 2) Ympäristöpolitiikka ja hallinto sekä 3) Tiedotus ja viestintä.

Life+ Luonto -hankkeiden tavoitteena on ennen kaikkea pitkän tähtäimen luonnonsuojeluinvestoinnit Natura 2000 -alueilla sekä lintu- ja luontodirektiiveissä olevien lajien ja elinympäristöjen suojeleminen. Biologinen monimuotoisuus-hankkeiden tavoitteena on sellaisten menetelmien ja käytäntöjen esittely ja arvioiminen, jotka edistävät biologisen monimuotoisuuden köyhtymisen pysäyttämistä EU:n alueella.

Vuodesta 1992 lähtien Life-rahoitusta on saanut yli 3 500 hanketta. Tällä hetkellä on käynnissä yli 1 000 Life-hanketta, joista noin 400 on Life Luonto- tai Biologinen monimuotoisuus -hankkeita. Lähes kaikki soiden suojeluun ja ennallistamiseen liittyvät hankkeet ovat tähän mennessä olleet Life Luonto -hankkeita.

### Suomen Life-hankkeet

Ensimmäiset Life-hankkeet alkoivat Suomessa vuonna 1995, ja vuoteen 2012 mennessä Suomessa on päätynyt tai on käynnissä yhteensä 124 hanketta (taulukko 1).



### Soihin liittyvät Life-hankkeet

Soihin liittyy useita Natura 2000 luontotyyppiä, kuten Suomessa runsaina esiintyvät luontodirektiivin mukaan ensisijaisen tärkeitä luontotyyppit keidassuot, aapasuot ja puustoiset suot, pohjoisimmassa Lapissa esiintyvät palsasuot sekä harvinaiset taarnaluhtaletot ja huurreammallähteet. Suot ovatkin yksi keskeinen Life-hankkeiden kohde Suomessa ja muualla EU:ssa. Tähän mennessä komissio on rahoittanut yli 150:tä soihin liittyvää hanketta EU:ssa. Useissa hankkeissa soiden suojelutilannetta on parannettu hankkimalla suoalueita suojelutarkoituksiin tai laatimalla hoito- ja käyttösuunnitelma ohjaamaan suoalueisiin liittyviä maankäytön paineita. Monissa hankkeissa on myös aktiivisesti ennallistettu pelloiksi raihattuja tai ojitettuja soita ja Keski-Euroopassa on jopa pyritty rakentamaan uusi suo menetetyin tilalle.

Life-hankkeiden tietokannasta tehdyn haun perusteella ja tarkastelemalla hankkeiden tavoitteita ja toimenpiteitä soiden suojeluun tai ennallistamiseen liittyviä hankkeita on ollut eniten Saksassa ja Suomessa, molemmissa yli 20 hanketta. Belgiassa on ollut liki 20 hanketta, ja yli 10 hanketta on ollut myös Ruotsissa, Italiassa, Hollannissa ja Latviassa. Suomen lähialueen maista Tanskassa, Virossa ja Liettuassa on tai on ollut vain muutamia soiden suojeluun liittyviä hankkeita.

Taulukko 1. Life-hankkeet Suomessa 1995–2011.

	Hankkeiden määrä	Life-rahoitus (milj. euroa)	Keskimääräinen EU-rahoitusosuus (milj. euroa)	Keskimääräinen hankkeen kesto (vuosia)
Ympäristö	69	44,4	0,7	3,4
Luonto ja Biologinen monimuotoisuus	53	47,2	1,2	4,2
Tiedotus ja viestintä	2	1,2	0,6	2,8
<b>Yhteensä</b>	<b>124</b>	<b>92,8</b>		



## Soihin liittyvät Life-hankkeet Suomessa

Lähes joka toinen Suomen Life Luonto -hankkeista on liittynyt jollain tavalla soihin. Suomessa on ollut tai on vuonna 2012 käynnissä 22 soita koskevaa Life-hanketta, joista peräti 18:ssa on ennallistettu tai tullaan ennallistamaan soita (taulukko 2). Soiden ennallistamisen voidaan katsoa olleen keskeinen tavoite yhteensä 12 hankkeessa, loppujen hankkeiden päätavoitteet ovat olleet muissa luontotyypeissä tai toimenpiteissä. Soiden ennallistamiseen liittyneiden hankkeiden koko-

naisbudjetti, käynnissä olevat hankkeet huomioiden, on yli 40 miljoonaa euroa, josta EU:n rahoittama osuus on noin puolet.

Suomen ensimmäisiin Life-hankkeisiin kuuluvassa Nuuksio-Life-hankkeessa tavoitteena oli liito-oravan suojelu. Hankkeessa ennallistettiin vuosina 1996–1998 myös lähes 30 hehtaaria puustoisia soita ja keidassoita. Pinta-alaltaan merkittävimpiä soiden ennallistamishankkeita ovat olleet Suo-Life (1996–1999), Aapasuo-Life (1997–2000), Suometsäerämaa-Life (2002–2005), Rautavaara-Life (2002–2006), Helmi-Life

**Taulukko 2.** Soiden ennallistamiseen liittyvät Life-hankkeet Suomessa 1995–2011. Tieto ennallistetusta suoalasta vuoden 2011 loppuun mennessä perustuu hankkeiden raportteihin.

Nimi	Projektitunnus	Lyhenne	Toimintavuodet	Edunsaaja	Ennallistettu suoala (ha)
1 Luonnon monimuotoisuuden ja erityisesti liito-oravan suojelu Nuuksiossa	LIFE95NAT/FIN/0097	Liito-orava Life	1995–1998	Metsähallitus, Etelä-Suomen luontopalvelut	30
2 Keidassoiden, aapasoiden ja korprien ennallistaminen Natura 2000 -alueilla	LIFE96NAT/FIN/3025	Suo-Life	1996–1999	Metsähallitus, Pohjanmaan luontopalvelut	1 660
3 Aapasoiden suojelu Lapin kolmion alueella ja Pohjois-Pohjanmaalla	LIFE97NAT/FIN/4095	Aapasuo-Life	1997–2002	Lapin ympäristökeskus	1 197
4 Lehtipuuvaltaisten luonnonmetsien ja lehtojen suojelu	LIFE99NAT/FIN/6277	Pohjois-Savon lehdot	1999–2003	Pohjois-Savon ympäristökeskus	9
5 Tikankontin ja lettorikon suojelu Pohjois-Suomessa	LIFE00NAT/FIN/7059	Lettorikko-Life	2000–2005	Metsähallitus, Lapin luontopalvelut	167
6 Keski-Lapin linnustollisesti rikkaiden aapasoiden suojelu ja käyttö	LIFE00NAT/FIN/7060	Keski-Lapin Life	2000–2005	Lapin ympäristökeskus	80
7 Pohjois-Karjalan lehdot, tikkametsät ja luonnonmetsät	LIFE00NAT/FIN/7062	Tikkametsä-Life	2001–2005	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus	4
8 Linnustollisesti arvokkaiden kosteikkojen suojelu Keski-Suomessa	LIFE02NAT/FIN/8471	Keski-Suomen kosteikko-Life	2001–2006	Keski-Suomen ympäristökeskus	331
9 Aapasuoerämaan suojelu Pohjanmaalla ja Kainuussa	LIFE02NAT/FIN/8469	Suometsäerämaa-Life	2002–2005	Metsähallitus, Pohjanmaan luontopalvelut	607
10 Soiden ennallistaminen ja ympäristökasvatus	LIFE02NAT/FIN/8470	Rautavaara-Life	2002–2006	Pohjois-Savon ympäristökeskus	606
11 Evo – eteläsuomalaisen metsäluonnon suojelua ja tiedotusta	LIFE02NAT/FIN/8466	Evo-Life	2002–2005	Hämeen ammattikorkeakoulu	100
12 Boreaalisten metsien ja puustoisten soiden ennallistaminen	LIFE03NAT/FIN/0034	Metsä-Life	2002–2007	Metsähallitus, Etelä-Suomen luontopalvelut	410
13 Karjalan suot ja ikimetsät, helmiä luonnonhistorian ketjussa	LIFE03NAT/FIN/0036	Helmi-Life	2002–2007	Pohjois-Karjalan ympäristökeskus	480
14 Luonnonmetsät ja suot Koillismaan ja Kainuun vihreällä vyöhykkeellä	LIFE04NAT/FIN/0078	Vihreä Vyöhyke-Life	2004–2008	Metsähallitus, Pohjanmaan luontopalvelut	390
15 Dyymien ja kosteikoiden ennallistaminen Vattajan harjoitus- ja ampuma-alueella	LIFE05NAT/FIN/0104	Vattajan dyyni-Life	2005–2009	Metsähallitus, Pohjanmaan luontopalvelut	54
16 Tietoisuuden ja suojelun lisääminen Lapin aapasoilla	LIFE06NAT/FIN/0128	Pelkosenniemi-Life	2006–2010	Lapin ympäristökeskus	250
17 Restoring the Natura 2000 network of Boreal Peatland Ecosystems	LIFE08NAT/FIN/0596	Suoverkosto-Life	2010–2014	Metsähallitus	1 728
18 Increasing the ecological connections and coherence of the Natura 2000 network in South-west Lapland	LIFE10NAT/FIN/0047	NATNET	2012–2017	Lapin elinkeino-, liikenne ja ympäristökeskus	0
<b>Yhteensä</b>					<b>8 103</b>

(2002–2007), Vihreä Vyöhyke-Life(2004–2008) sekä Pelkosenniemi-Life (2006–2010). Lettoja ennallistettiin Lettorikko-Life:ssä (2000–2005) ja puustoisia soita Metsä-Life:ssä (2002–2007). Vuonna 2012 on käynnissä kaksi soiden ennallistamiseen keskittyvää hanketta: vuonna 2010 alkanut ja vuoden 2014 loppuun kestävä valtakunnallinen Suoverkosto-Life sekä vuonna 2012 alkanut Luoteis-Lapissa toimiva NATNET-Life. Vuoden 2011 loppuun mennessä Life-rahoituksella on ennallistettu Suomessa yli 8 100 ha soita, eniten Pohjanmaalla, Lapissa, Kainuussa ja Itä-Suomessa.

Suomen Life-hankkeiden raporttien sekä käytävissä olevien paikkatietoaineistojen perusteella on selvitetty ennallistettujen luontotyyppien pinta-aloja. Luontotyyppi-kohtainen tarkastelu on kuitenkin melko hankalaa, koska esimerkiksi puustoiset suot ovat usein päällekkäisiä aapa- ja keidassoiden luontotyyppien kanssa. Suuruusluokka tarkastelussa kuitenkin selviää.

Eniten Life-rahoituksella on ennallistettu aapasaita, yli 3 700 ha. Keidassaita ja muuttuneita ennallistamiskelpoisia keidassaita on ennallistettu noin 1 500 ha ja puustoisia soita yli 1 800 ha. On kuitenkin huomioitava, että johtuen päällekkäisistä luontotyypeistä puustoisien soiden sekä aapa- ja keidassoiden alat lienevät esitettyjä suurempia. Edellä esitetyt pinta-alat on laskettu ensisijaisten luontotyyppien perusteella arvioimalla hehtaarien jakautuminen puustoisien soiden sekä aapa- ja keidassoiden välillä. Lettoja on ennallistettu noin 350 ha (Lettorikko ja Aapasuo-Life). Vaihettumis- ja rantasaita on kunnostettu hiukan yli 100 ha hankkeissa, joissa on keskitytty ennen kaikkea linnustollisesti arvokkaisiin alueisiin. Lähteisiä soita on ennallistettu hyvin pieniä määriä.

Suohankkeissa on myös hankittu suojeluun tuhansia hehtaareja soita ja laadittu useille suojelualueille hoito- ja käyttösuunnitelmia ja satoja ennallistamissuunnitelmia. Kaikissa Life-hankkeissa on tehty aktiivista mediatyötä ja tuotettu lukuisia määriä esitteitä, näyttelyitä ja DVD:itä. Näiden avulla on levitetty tietoa soiden suojelusta ja ekologiasta sekä ennallistamisen välttämättömyydestä soiden suojelulle.

## Soiden Life-hankkeet muualla EU:ssa vuoteen 2011

Muissa pohjoisissa EU-maissa soiden ennallistamiseen keskittyviä Life-hankkeita on ollut eniten Latviassa (noin 11). Ruotsissa suohankkeita on ollut 13, mutta lähes kaikissa on keskitytty hankkimaan suoalueita suojeluun. Vuonna 2010 alkanut Life to ad(d) mire on ensimmäinen soiden ennallistamiseen keskittyvä hanke Ruotsissa. Hankkeen tavoitteena on ennallistaa lähes 3 900 ha erityyppisiä soita ja kosteikkoja seitsemän maakunnan alueella. Hankkeessa on yhteensä 36 kohdealuetta.

Euroopan unionin alueella suohankkeiden kohteena olevat suoluontotyypit vaihtelevat luonnollisesti suuresti. Life-hankkeiden tietokannasta voi hakea tietoja luontotyypeistä, joihin hankkeet ovat liittyneet. Tietokannassa ei kuitenkaan aina ole tietoa, onko hankkeen toimenpiteillä ollut suoraan vaikutusta luontotyyppihin vai ovatko luontotyypit vain esiintyneet hankkeen kohteena olleilla Natura 2000 -alueilla. Tämän lisäksi luontotyyppien tulkinta saattaa vaihdella eri jäsenmaissa.

Haun perusteella yli 80 suohanketta on liittynyt lettoihin. Lettohankkeita on ollut ennen kaikkea Saksassa ja Italiassa, mutta myös Belgiassa, Hollannissa, Pohjoismaissa, Baltian maissa sekä Britanniassa. Puustoisia soita on suojeltu tai ennallistettu lähes 80 hankkeessa, eniten Suomessa ja Saksassa. Myös Ruotsissa ja Latviassa on ollut lähes 10 rämeisiin ja korpiin liittyvää hanketta. Vaihettumis- ja rantasoiden suojelua on edistetty niin ikään liki 80 hankkeessa. Suomessa, Saksassa ja Belgiassa on kaikissa ollut lähes 15 hanketta ja muualla korkeintaan 10. Keidassuo-hankkeet keskittyvät pääosin Suomeen, Saksaan, Latviaan ja Benelux-maihin. Muissa maissa on ollut vain yksittäisiä keidassuohankkeita. Jos keidassuohankkeiksi huomioidaan myös muuttuneisiin ennallistamiskelpoisin keidassoihin liittyvät hankkeet, on näihin kahteen luontotyyppiin liittynyt selvästi eniten hankkeita, yli 100. Brittein saarilla on ollut useita peittosoiden ennallistamishankkeita. Aapasuohankkeet ovat keskittyneet niiden esiintymisalueelle Suomeen ja vähäisemmässä määrin Ruotsiin.

## 2 Ennallistamisen tarve ja tavoitteet

*Kaisu Aapala, Sakari Rehell, Maarit Similä ja Tuomas Haapalehto*

### 2.1 Miksi soita ennallistetaan?

Luonnon monimuotoisuuden säilyttäminen on välttämätöntä, jotta voidaan turvata ekosysteemien toiminta ja elämän edellytykset maapallolla. Suoluonnon monimuotoisuuteen sisältyvät ekosysteemien ja elinympäristöjen monimuotoisuus sekä lajistollinen ja geneettinen monimuotoisuus.

Suomen soiden ja niillä elävän lajiston monimuotoisuutta ovat heikentäneet soiden talouskäyttöön liittyvät toimenpiteet, kuten soiden ojitaminen metsänkasvatusta varten (luvut 3.6, 4.3 ja 5.1.2), pellonraivaus ja turpeen nosto. Myös ojitamattomien puustoisten soiden hakkuut ja maanmuokkaus, purojen perkaus, tekoaltaiden rakentaminen ja pohjaveden otto ovat heikentäneet soiden luonnontilaa (Kaakinen ym. 2008a,

Rassi ym. 2010). Ojitus on heikentänyt myös useita suoekosysteemien ihmisille tuottamia hyötyjä eli ekosysteemipalveluja (tietolaatikko 5).

Vaikka soiden uudisojitukset ovat loppuneet, suoluonnon tila heikkenee ojitusten vaikutuksesta edelleen. Myös maisema muuttuu vähitellen suo-metsä-mosaikista metsäisemmäksi. Etelä-Suomessa luonnontilaisia tai luonnontilaisen kaltaisia soita on jäljellä lähinnä suojelualueilla (kuva 3). Toisaalta myös suojelualueilla on kymmeniä tuhansia hehtaareita ojitettuja soita (luku 1).

Suojelualueella tai metsätalousalueiden taloudellisesti kannattamattomilla ojitusalueilla ojituksia ei ylläpidetä. Siitä huolimatta näiden soiden vesitalous poikkeaa luonnontilaisista soista. Toimivien ja monimuotoisten suoyhdistymien ja suon luontaisen vesitalouden palauttamiseksi tar-



**Kuva 3.** Kurjenrahkan kansallispuistossa ovat Varsinais-Suomen laajimmat suojellut suot. Kuva: Lentokuva Vallas.

vitaankin yleensä aktiivisia toimenpiteitä (Haapalehto ym. 2010).

Soita ennallistamalla pyritään palauttamaan ihmisen muuttamien suoekosysteemien toiminta ja rakenne luonnontilaisen kaltaiseksi (katso kuitenkin luku 2.5, tietolaatikat 7 ja 8). Ennallistamisen tavoitteiden saavuttaminen voi kestää muutamista vuosista (esimerkiksi suovedenpinnan tason nousu, luku 3) muutamiin kymmeneen (esimerkiksi kasviyhteisöt, luku 5) tai jopa satoihin vuosiin (esimerkiksi puustorakenne ja -dynamiikka) (Aapala ym. 2008).

## 2.2 Ennallistamisen ekologiset tavoitteet

Ennallistamisen tarve ja mahdollisuudet arvioidaan valuma-alue- ja suokohtaisesti ja päätös ennallistamisesta tehdään sen jälkeen (luku 6). Ekosysteemin rakenteen ja toiminnan (luvut 3, 4, 5) sekä ojituksen ja ennallistamisen vaikutusten ymmärtäminen on välttämätön perusta kaikelle ennallistamistoiminnalle (tietolaatikko 2).

Täsmälliset suo- ja valuma-aluekohtaiset ennallistamistavoitteet ovat tärkeä osa ennallistamishanketta (luku 6). Tavoitteet ohjaavat suunnittelua, toteutusta ja vaikutusten seuranta. Suokohtaiset tavoitteet määritellään vastaavien luonnontilaisten soiden ja ennallistettavaa suota koskevan historiallisen tiedon, esimerkiksi vanhojen ilmakuvien ja peruskarttojen sekä nykytilanteen avulla.

### Vesitalous

Koska hydrologia määrää suurelta osin suon rakenteen ja lajiyhteisöjen muotoutumisen, ennallistamisen lähtökohtana on suon vesitalouden palauttaminen luontaisen kaltaiseksi (luku 3). Jokainen suo on vesitaloudeltaan omanlaisensa kokonaisuus, johon vaikuttavat sekä ilmastolliset tekijät että suoaltaan ja sen valuma-alueen ominaisuudet. Ennallistettavasta suosta tehdään valuma-alueen hydrologinen analyysi, jolla karotetaan suon valuma-alueen nykyinen vesitalous ja suunnitellaan toimenpiteet luontaisen kaltaisen vesitalouden palauttamiseksi (luvut 3 ja 6).

Suovedenpinta pyritään nostamaan takaisin luontaista vastaavalle tasolle ja veden kulku pyritään palauttamaan luontaisille reiteilleen, jolloin suonosien väliset luontaiset hydrologiset erot pa-

lautuvat (luku 3, luku 6). Hydrologian palauttaminen edellyttää ojien tukkimisen lisäksi että suolle saadaan palautettua sinne luontaisesti kuuluvat vedet. Tämä on tärkeää erityisesti minerotrofisilla soilla (luku 3), joilla valuma-alueelta tulevan veden laatu, määrä ja ajoittuminen määrittävät suurelta osin suon ominaisuudet. Näin ollen yksittäisen suon ennallistamisen tavoitteita mietittäessä on tarkasteltava paitsi ennallistettavaa suon osaa, myös koko suo-yhdistymän ja valuma-alueen ennallistamisen tavoitteita.

### Kasvillisuus ja muu lajisto

Soiden ennallistamisen tavoitteena on pysäyttää suolajiston taantuminen ja käynnistää sukkessio, joka johtaa luontaisen kaltaiseksi toimivaksi suoekosysteemiksi. Useimmilla ennallistettavilla suomalaisilla soilla rahkasammalet ja muut keskeiset turpeen muodostajat ovat avainlajeja, joiden palautuminen on välttämätöntä mm. turpeen kertymisen ja muiden suon toimintojen sekä eliöyhteisöjen palautumiselle (luvut 4 ja 5). Kasvillisuuden elpymisen puolestaan edellyttää hydrologian palautumista (luku 3).

Ennallistamisen lajistotavoitteita voidaan asettaa myös yksityiskohtaisemmin: pyritään esimerkiksi palauttamaan tietylle suon osalle sille tyypillistä lajistoa tai hoidetaan uhanalaisen tai muuten erityisen lajin elinympäristöä (luku 8, tietolaatikat 7 ja 25). Mitä tarkempia ja täsmällisempiä lajikohtaisia tavoitteita asetetaan, sitä tarkemmin joudutaan pohtimaan lajien elinympäristövaatimuksia, ennallistamiskohteen sijaintia suhteessa lähdepopulaatioihin, mahdollisia leviämistä rajoittavia tekijöitä sekä lajienvälisiä ja lajinsisäisiä kilpailutekijöitä (esim. Mälson & Rydin 2007, Mälson ym. 2008). Erityisesti rehevillä soilla on tärkeä tuntee vaateliaan lajiston säilymisedellytykset, jotta jäljellä oleva lajisto säilyy ennallistamisen aiheuttamasta häiriöstä huolimatta (luvut 8.2, 8.3, 13.3, 13.4, 13.5 ja 13.6 sekä tietolaatikat 23, 25 ja 27).

Usein ojituksen aiheuttamat lajistomuutokset ovat niin suuria, ettei yksityiskohtaisten lajistolisten tavoitteiden asettaminen ole mahdollista. Erityisesti rehevät ja märät suot muuttuvat ojituksen jälkeen nopeasti ja voimakkaasti eikä niissä yleensä ole jäljellä juurikaan viitteitä alkuperäisestä lajistosta (kuva 4). Toisaalta suot muuttuvat myös luontaisesti sekä suon ulkopuolisten että



**Kuva 4.** Itämaen Rytiräme on todennäköisesti ollut alun perin lettoräme, jonka lajisto on ojituksen myötä muuttunut täydellisesti. Turvekankaaksi muuttunut suo ennallistetaan tukkimalla ojat ja hakkaamalla suolle ojituksen jälkeen kasvanutta puustoa. Ennallistettavan suon yläpuolella on luonnontilaista sekä aiemmin ennallistettua lettorämettä, joten lettorämelajiston palautuminen lienee mahdollista. Pyhäntä 2012. Kuva: Sari Kaartinen.

suon sisäisten tekijöiden vaikutuksesta. Ennallistamisen tavoitteeksi ei kannatakaan ottaa paluuta täsmälleen ojitusta edeltäneeseen tilanteeseen, vaan tärkeämpää on pyrkiä käynnistämään palautuminen, joka johtaa luontaisen kaltaisesti toimivaksi suoekosysteemiksi.

### 2.3 Ennallistamisen muita tavoitteita

Yksi soiden ennallistamisen tavoite on ilmastonmuutoksen hillitseminen. Soilla on maailmanlaajuisesti keskeinen rooli ilmaston säätelyssä, sillä soihin aiemmin sitoutunut hiili on turpeessa pitkäaikaisessa varastossa, poissa ilmakehästä (luku 4.1). Luonnontilaiset suot toimivat hiilidioksidin nieluna, mutta toisaalta myös metaanin lähteenä (luku 4, tietolaatikko 3). Ojituksen seurauksena turpeesta vapautuu hiiltä ilmaan ja alapuolisiin vesistöihin. Kun ojitettu suo ennallistetaan, turvetta muodostavat kasviyhteisöt elpyvät, turpeen aerobinen hajotus hidastuu ja hiiltä alkaa jälleen varastoitua turpeeseen. Vedenpinnan nosto voi kuitenkin lisätä metaaninemissioita.

Ennallistamalla pyritään palauttamaan suon vedenpidätys- ja suodatusominaisuudet (luku 3). Tällä on pitkällä aikavälillä valumavesien laatua parantava vaikutus. On kuitenkin huomattava, että ennallistaminen voi aiheuttaa lyhyellä aikavälillä ravinteiden huuhtoutumista vesistöihin (luku 6.4, tietolaatikko 28).

Ojituksella on muutettu soiden ja ympäristöiden elinympäristöjen ekologisia yhteyksiä. Niska-ajat kivennäismaan laidoilla kuivattavat metsän ja suon vaihtumisvyöhykkeitä. Samalla ojittaminen on muuttanut myös maisemaa. Suomalainen luonnonmaisema on metsien, avoimien ja puustoisten soiden sekä vesistöjen mosaiikkia. Soiden ennallistamisen yhtenä tavoitteena on myös tämän maisemamosaiikin rakennepiirteiden ja prosessien palauttaminen. Tärkeitä rakennepiirteitä, joihin ennallistamisella pystytään vaikuttamaan, ovat esimerkiksi soiden avoimuus (kuva 5) ja lahoppuun esiintyminen. Maiseman ennallistamistavoitteet palvelevat yleensä myös luonnon virkistyskäyttöön liittyviä ennallistamistavoitteita.



**Kuva 5.** Leivonmäen Haapasuo ennallistettiin vuonna 2001. Suon avoimille osille oli kasvanut riukumännikkö (A), joka poistettiin ennen ojien tukkimista. Kuvassa B on sama suo neljä vuotta puuston poiston ja ojien tukkimisen jälkeen. Kuvat: Anneli Suikki.

## 2.4 Suojelualueiden soiden ennallistamisen erityispiirteitä

Soiden ennallistaminen on Suomessa liittynyt vahvasti luonnonsuojeluun, sillä soita on ennallistettu pääasiassa suojelualueilla (ks. kuitenkin luku 2.5 ja tietolaatikat 7 ja 8). Suojelualueilla ennallistamisen ensisijainen tavoite on monimuotoisuuden turvaaminen.

Suojelualueiden ojitukset ovat tyypillisesti 30–50-vuotiaita ja niiden kuivatusvaikutus on alkanut heiketä. Myös ojituksen aiheuttamat voimakkaimmat muutokset lajiston monimuotoi-

suudessa tai alapuolisten vesistöjen vedenlaadussa ovat jo todennäköisesti ohi. Huonokuntoisetkin ojat johtavat kuitenkin yleensä vettä niin hyvin, että ojitetulla suolla ei ole luonnontilaiselle suolle ominaista veden laaja-alaista virtausta huokoisessa pintaturpeessa. Ojitetun suon jättäminen ”palautumaan itsestään” voi johtaa esimerkiksi karua rämettä muistuttavan suoekosysteemin palautumiseen, mutta monimuotoisuuden kannalta tärkeiden märkien ja rehevien suon osien palautuminen on epätodennäköistä.

Suojelualueilla on monissa tapauksissa mahdollista suunnitella ja toteuttaa ennallistaminen valuma-aluelähtöisesti. Sekin on kuitenkin tavallista, että suojelualueiden suot ovat saarekkeita ojitettujen alueiden keskellä. Näiden soiden toimivuuden ja lajistollisen monimuotoisuuden kannalta on ratkaisevaa, mitä suojelualueiden ympärillä tapahtuu. Tulevaisuudessa nousee yhä tärkeämmäksi suojelun ja ympäröivän maankäytön tavoitteiden yhteen sovittaminen. Monissa tapauksissa olisi esimerkiksi mahdollista parantaa suojelualueiden soiden tilaa ohjaamalla niille luontaisesti kuuluvia vesiä ympäröiviltä ojitusalueilta siten, että vettymishaitat talousmetsissä jäisivät vähäisiksi (tietolaatikko 6, luku 13.20).

Jos suunnitteluvaiheessa havaitaan, että ennallistamisen keskeisiä tavoitteita ei voida saavuttaa, ennallistamiseen ei yleensä ryhdytä ennen kuin olosuhteet on saatu muutettua otollisemmaksi ennallistamiselle (luku 6.3.5, tietolaatikko 6). Suojelualueen ennallistettavan suon hydrologian palautuminen voi jäädä puutteelliseksi esimerkiksi suojelualueiden ulkopuolella olevien ojitusten takia (luku 6.3.5, tietolaatikko 6). Ennallistaminen ei saa myöskään vaarantaa olemassa olevia luonto- tai kulttuuriarvoja, esimerkiksi arvokasta suolajistoa tai häiriöille erityisen herkkiä lähdelajeja (tietolaatikko 27, luvut 8.3 ja 10). Jos ojitetussa korvessa on arvokkaita vanhan metsän rakennepiirteitä, esimerkiksi runsas ja monipuolinen lahoppuusto, ennallistamisen hyvät ja huonot puolet on harkittava erityisen tarkkaan.

Ennallistaminen ei saa aiheuttaa haittaa suojelualueen ulkopuolella, esimerkiksi talouskäytössä olevan alueen vettymistä (luvut 6.3.5 ja 6.7) tai kohtuutonta ravinnekuormitusta alapuolisiin vesistöihin (luku 6.4). Nämä haitat täytyy ehkäistä ennalta huolellisella suunnittelulla (luku 6).

## 2.5 Soiden ennallistaminen ja suoluonnon hoito suojelualueiden ulkopuolella

Myös talouskäytössä olevien soiden ennallistamiseen on monenlaisia mahdollisuuksia. Talousmetsissä ennallistamisen tavoitteet voivat painottua esimerkiksi avainelinympäristöjen ennallistamiseen, riistanhoitoon, virkistyskäyttöön tai maisemaan (tietolaatikot 7 ja 8).

Soita ennallistamalla voidaan esimerkiksi elvyttää riistalintukantoja. Valtion metsätalousalueilla ennallistetaan ojitettuja vähäpuustoisia rämeitä riekkojen (*Lagopus lagopus*) elinympäristöiksi ja pienialaisia korpia kanalintujen poikueympäristöiksi (tietolaatikko 7, kuva 26 luvussa 7.3) osana normaalia metsätaloustoimintaa. Riekko on kärsinyt ojituksen aiheuttamasta soiden puustottumisesta ja taantunut voimakkaasti erityisesti Etelä-Suomessa. Korvet puolestaan tarjoavat kanalintujen poikasille suojaa – puustoa ja varvikkoa – sekä alkukesällä tärkeää hyönteisravintoa ja myöhemmin mustikkaa.

METSO-yhteistoimintaverkostohankkeissa soiden ennallistaminen on usein tärkeä osa kokonaisuutta (Ympäristöministeriö & Maa- ja metsätalousministeriö 2013). Hankkeet ovat tuoneet uusia näkökulmia ja tavoitteita talousmetsien soiden ennallistamiseen. Esimerkiksi Suomen riistakeskuksen johtamassa Riistaa reunoilta -hankkeessa kehitetään vaihettumisvyöhykkeiden, kuten metsien ja soiden vaihettumisvyöhykkeiden, luonnonhoitoa (Suomen riistakeskus 2013). Huomiota kiinnitetään erityisesti riistan elinympäristövaatimuksiin ja luonnon monimuotoisuuteen. Tavoitteena on lisätä metsästäjien kiinnostusta luonnonhoitoon, sillä monet heistä ovat myös maanomistajia. Hankkeen puitteissa esimerkiksi Kokkolan kaupunki ennallistaa riekkosoitaa Perhossa (Räinä 2012). Perhon ennallistettavat suot sijaitsevat lähellä merkittäviä suojelusoita, joten suunnitellut ennallistamistoimet tukevat myös suojelualueverkkoa.

Kuukkelin yhteistoimintaverkostohankkeissa tuotettujen metsänkäsittelyohjeiden mukaan kuukkelin elinympäristön laatua voidaan parantaa eteläisessä Suomessa ennallistamalla puustoltaan ja vesitaloudeltaan muuttuneita korpia tai muita puustoisia soita (METSO-yhteistoimintaverkosto 2011a, b).

Metsätalousalueilla on tutkittu metsätalouden vesistövaikutusten pienentämistä ennallistamalla vesistöjen lähellä suota pintavalutuskentäksi (Silvan 2004, Hynninen ym. 2010, luku 9.1). Pintavalutus muuttaa kuitenkin suon kasvillisuutta luhtaisemmaksi, joten pintavalutukseen ei tule käyttää harvinaisia suotyyppejä tai soita, joilla luhtalajisto ei ole toivottavaa (Hynninen 2011).

Metsäntutkimuslaitoksen alustavan arvion mukaan Suomessa on 830 000 hehtaaria metsäojitettuja soita, joilla metsätalous ei kannata taloudellisesti (Soiden ja turvemaiden kansallista strategiaa valmistellut työryhmä 2011). Lisäksi on ojitusalueita, joilla toisen puusukupolven kasvattaminen ei ole taloudellisesti kannattavaa. Kaiken kaikkiaan metsätalouksen ulkopuolelle arvioidaan näistä syistä jäävän noin miljoona hehtaaria ojitettuja soita. Yksi vaihtoehto metsätaloudellisesti kannattamattomien ojitusalueiden jälkikäytölle on ennallistaminen. Ojitusalueet voidaan jättää myös palautumaan itsestään, mutta silloin tulos on epävarma ja palautuminen hidasta (ks. luku 2.4).

Metsätaloudellisesti kannattamattomien kohteiden jättäminen metsätalouksen ulkopuolelle vaatii muutoksen metsälain uudistamisvelvoitteeseen. Metsänkäsittelymenetelmien monipuolistamista selvittänyt jatkotyöryhmä (2012) esittääkin, että puuntuotannollisesti vähätuottoisilta ojitetuilta turvemailta poistetaan uudistamisvelvoite. Lisäksi työryhmä esittää, että uudistamisvelvoitetta ei ole myöskään, jos ennallistetaan alun perin avoin tai harvapuustoinen suo Suomen metsäkeskuksen alueyksikön tai viranomaisen hyväksymän suunnitelman mukaisesti.

Tulevaisuudessa myös talousmetsien soiden ennallistamisen tärkeäksi tavoitteeksi nousee soiden säätelypalvelujen (ilmasto- ja vedensäätely) palauttaminen, kunhan toimintaan suunnitellut rahoitusmekanismit (esimerkiksi ekosysteemipalvelumaksut, hiilikauppa) saadaan toimimaan myös Suomessa (Vatn 2010, Tanneberger & Wichtmann 2011, Hirst ym. 2012). Viime aikoina Suomessa on myös esitetty arvioita, että mittavalla tuottamattomien aapasuo-ojikoiden ennallistamisella voitaisiin parantaa vesistöjen tilaa ja tasata valumia (Siekinen 2011).

## Ekosysteemien ennallistamisen ja luonnonhoidon ekologia

*Tuomas Haapalehto, Santtu Kareksela ja Janne S. Kotiaho*

Ekosysteemin ekologiaa määrittävät sen rakenne ja toiminta (Bradshaw 1984). Rakenteella tarkoitetaan esimerkiksi eliöyhteisöjen lajikoostumusta tai -määrää, toiminnalla muun muassa ravinteiden tai alkuaineiden kiertoa ja hydrologisia muutoksia (Dobson ym. 1997).

Ihmistoiminnan tai luontaisten häiriöiden seurauksena heikentyneen ekosysteemin rakennetta ja toimintaa pyritään palauttamaan, ohjaamaan tai säilyttämään ennallistamisella ja luonnonhoidolla (Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group 2004). Ennallistamisella pyritään auttamaan ekosysteemin palautumista luontaisen sukkession suuntaiseksi. Luonnonhoidossa tavoitteena voi olla myös pysäyttää epätoivottu kehitys tai palauttaa ekosysteemi haluttuun – ja usein lajistonsa puolesta arvokkaaseen – sukkessiovaiheeseen.

Ekosysteemit eivät ole pysähtyneessä vakaassa tilassa, vaan ne muuttuvat luontaisestikin jatkuvasti. Rakenteen ja toiminnan muutokset eivät välttämättä aina ole samansuuntaisia tai yhtä suuria: esimerkiksi hydrologian toiminnallinen palautuminen ennallistetulle suolle ei automaattisesti johda kaikkien alkuperäisten lajien palautumiseen (ks. tietolaatikko 22). Toisaalta esimerkiksi hiilen varastointikyvyn palautumiseen ei välttämättä tarvita kaikkia alkuperäisiä lajeja (ks. Hooper ym. 2005). Heikentyneissä ekosysteemeissä muutos, niin ihmisvaikutteinen kuin luonnollinenkin, voi lähtötilasta riippumatta johtaa asetetun tavoitteen kannalta kolmenlaiseen lopputulokseen (kuva 1A ja B): I) sekä rakenne että toiminta lähestyvät tavoitetilaansa (vihreä sektori), II) vain rakenne tai toiminta lähestyy tavoitetta toisen etäännyessä tavoitteesta tai pysyessä muuttumattomana (keltaiset sektorit) ja III) sekä rakenne että toiminta etäännyvät tavoitteesta (oranssi sektori). Ojitettujen rehevien soiden kuivuminen on esimerkki III-tilanteesta: kasvillisuus muuttuu ojituksen jälkeen turvekanakaaksi, ja turpeeseen varastoituneen hiilen määrä pienenee kuivumisen ja turvekerroksen hajoamisen edetessä.

Toimenpiteet heikentyneiden ekosysteemien rakenteen ja toiminnan palauttamiseksi vaihte-

levat tavoitteen ja elinympäristön mukaan: esimerkiksi suojelualueilla soiden ennallistamisella tavoitellaan ensisijaisesti suon luonnontilan parantamista hydrologian palauttamisella, ja lahoppuun määrää lisäämällä pyritään parantamaan lahoppuusta riippuvaisen metsälajiston tilaa. Ennallistamis- ja luonnonhoitotoimilla pyritään 1) estämään heikentymiskehitys (punainen katkonuoli), 2) kääntämään kehitys kohti luontaista ekosysteemiä (vihreät nuolet) ja 3) lopulta saavuttamaan luontaisten systeemien rakenne ja toiminta (vihreä ympyrä) (kuva 1A). Myös toimenpiteiden epäonnistuminen voi johtaa sekä ekosysteemin rakenteen että toiminnan edelleen heikentymiseen tai muualle kuin tavoitetilaan johtavaan kehitykseen. Toisaalta heikentyneissä ekosysteemeissä voi suotuisissa olosuhteissa tapahtua spontaania palautumista (Prach ym. 2001, Lavoie ym. 2003). Koska yhdenkään ekosysteemin koko rakennetta ja toimintaa ei täysin tunneta, muutoksia voidaan usein tarkastella ainoastaan selkeimmän havainnoitavien tai ekosysteemin toiminnan kannalta merkittävimpien muuttujien osalta.

Yhteiskunnallisesti merkittävät seikat, kuten ekosysteemipalvelujen turvaaminen, asettavat ennallistamis- ja luonnonhoitotoimille vaikeammin hahmotettavia lisätavoitteita. Nämä voivat olla jopa ristiriidassa toimenpiteiden ensisijaisen tavoitteiden kanssa. Esimerkiksi biodiversiteetin säilyttämistoimet saattavat heikentää kyseisen ekosysteemin hiilensidontakykyä (Bullock ym. 2011). Eri toimenpiteet voivat myös johtaa erisuuruisiin tai jopa täysin vastakkaisiin lopputuloksiin tarkasteltavan tavoitteen suhteen (kuva 1B). Esimerkiksi suojelusoiden ennallistamisen tavoitetilan saavuttaminen voi johtaa suolajiston monimuotoisuuden parantumisen lisäksi myös turpeeseen varastoituneen hiilen määrän kasvuun. Toisaalta riekkosoiden hoito voi sille asetettujen tavoitteiden täyttyessäkin johtaa siihen, että hydrologia palautuu vain osittain ja hiiltä sitoutuu vähemmän kuin jos suo olisi ennallistettu. Epätäydellisemmän hydrologian palautumisen seurauksena riekkosoiden hoidolla ei myöskään pystytä – tai pyritä – palauttamaan suoluonnon monimuotoisuutta yhtä suurella määrällä kuin

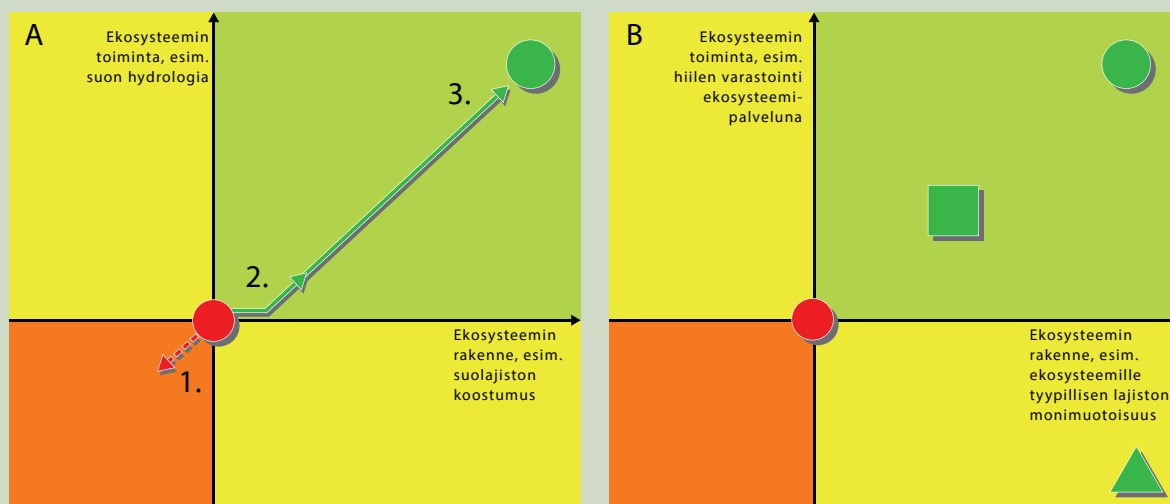


suojelusoiden ennallistamisella. Metsissä monimuotoisuustavoitteiden saavuttamiseksi tehtävä lahoppuun lisääminen voi johtaa jopa hiilen sitoutumisen heikentymiseen. Ekosysteemien toiminnan, erilaisten ekosysteemipalvelujen ja lajittolisen monimuotoisuuden yhteensovittamisessa ja yhdistämisessä on onnistuttu vaihtelevasti, ja lopputuloksen tulkinta riippuu usein valituista tavoitteista ja katsantokannasta (Bullock ym. 2011).

Ennallistamis- ja hoitotoimet voivat siis joko tarkoituksellisesti tai tahattomasti johtaa tilanteeseen, jossa parannetaan joko häirityn ekosysteemin rakennetta tai toimintaa, toisen heikentyessä. Kompromisseihin (kuva 1, keltaiset sektorit) johtavien hoitotoimenpiteiden käyttö korostuu arvioitaessa, millä toimenpiteillä saavutetaan tulevaisuudessa kustannustehokkaimmin sekä kansainväliset monimuotoisuuden että ekosysteemipalvelujen turvaamisen tavoitteet (Kioton pöytäkirja 1998, Nagoyan pöytäkirja 2010). Esimerkiksi pitkälle muuttuneiden eristyneiden soiden ennallistamisella ei todennäköisesti saavuteta alkuperäistä lajikoostumusta kalliillakaan toimenpiteillä (ks. tietolaatikko 4). Tällaisilla kohteilla oijien tukkiminen ja turvekerroksen pitkäaikaisen hiilen varastointikyvyn palauttaminen yksin-

kertaisilla ja nopeilla menetelmillä voi kuitenkin olla järkevää ilmastonmuutoksen hillitsemiseksi. Monimuotoisuuden palauttamiseen tarvittavat usein kalliimmat toimenpiteet voi olla tehokkainta säästää lajiston palautumisedellytysten kannalta tärkeämmille kohteille.

Suomen suojelualueiden muuttuneiden ekosysteemien rakenteilla ja toiminnoilla on vielä erinomaiset edellytykset palautua luontaisen kaltaisiksi, kunhan ihmisen vaikutuksesta heikentyvien ekosysteemien tilan ei anneta huonontua liian pitkälle. Maailmalta tunnetaan kuitenkin tapauksia, joissa ekosysteemin toimintojen palauttaminen tai esimerkiksi uhanalaisten lajien säilyttäminen on mahdollista ainoastaan kokonaan uudennalaisissa uusekosysteemeissä (*novel ecosystems*), uudennalaisilla toiminnan ja rakenteen yhdistelmillä (Hobbs ym. 2009). Yksi maailmanlaajuisista tulevaisuuden haasteista onkin pohtia, milloin ja missä tavoitteena tulee olla ekosysteemin kokonaisvaltainen ennallistaminen ja milloin eri piirteiden palauttamista voidaan hajauttaa maisemassa eri alueille. Jos tavoitteeksi asetetaan esimerkiksi uusekosysteemi, ei kuitenkaan tule puhua ennallistamisesta vaan ekosysteemien rakentamisesta (*ecosystem engineering*) (Mitsch & Jørgensen 2004).



**Kuva 1.** Ekosysteemin ennallistamisen ja hoidon ekologinen malli. Kuvassa 1A tarkastellaan yhtä ennallistamis- tai hoitotoimenpidettä kerrallaan. Pysty- ja vaaka-akselilla ovat toimenpiteen ensisijaisen tavoitteen saavuttamisen kannalta merkittävät rakenteen ja toiminnan mittarit. Punainen ympyrä kuvaa ennallistettavan tai hoidettavan ekosysteemin tilaa ja vihreä ympyrä ekosysteemin tavoitetilaa. Numeroidut nuolet kuvaavat ennallistamisen kolmioaista tavoitetta (ks. tietolaatikon teksti). Koordinaatisto jakautuu kolmen tyyppisiin sektoreihin, joihin heikentynyt ekosysteemi voi liikkua: 1) hyötysektori (vihreä): sekä rakenne että toiminta parantuvat, 2) hävikkisektori (oranssi): sekä rakenne että toiminta etäännyvät asetetusta tavoitteesta ja 3) kompromissisektori (keltainen): joko rakenne tai toiminta on lähestynyt asetettua tavoitetilaa toisen kuitenkin edelleen etäännyessä asetetusta tavoitteesta. Kuvassa 1B tarkastellaan tilannetta, jossa luonnonhoito- ja ennallistamistoimet eroavat vaikutuksiltaan tarkasteltaessa kahta yhteiskunnallisesti asetettua rakenteen ja toiminnan tavoitetta (esim. monimuotoisuuden ja hiilen varastoinnin palauttaminen). Ympyrä kuvaa suojelusoiden ennallistamisen, neliö riekkosoiden hoidon ja kolmio lahoppuun lisäämisen tuloksena syntyneen ekosysteemin tilaa. On syytä huomata, että esimerkiksi lahoppuun lisäämisen kohdalla hiilen varastointi saattaa olla vastaavan luonnontilaisen metsän tasolla, vaikka se olisikin vähentynyt suhteessa monimuotoisuudeltaan vähäisempään talousmetsäväihäeseen.

## Metsäojitetun ja ennallistetun suon ilmastovaikutukset

*Eeva-Stiina Tuittila ja Jukka Laine*

Soilla on keskeinen vaikutus ilmakehän kasvihuonekaasujen, hiilidioksidin ja metaanin, pitoisuuksiin, sillä ne toimivat valtavina ilmakehän hiilen pitkäaikaisvarastoina. Suoekosysteemien hiilivarastot ovat jatkuvassa dynaamisessa vuorovaikutuksessa ilmakehän kanssa. Ilmastonäkökuulmasta pohjoisen pallonpuoliskon soilla on kolme keskeistä toimintoa: ne varastoivat kolmanneksen maapallon maaperän hiilestä, ovat ilmakehän hiilidioksidin nettositojia ja vapauttavat ilmakehään 20–30 % koko globaalista vuotuisesta metaaniemissiosta (Gorham 1991, Turunen ym. 2002, Laffleur ym. 2003, Nilsson ym. 2008). Holoseenin alun lämpökausi, joka mahdollisti ihmisen paluumuuton pohjoiseen jääkauden jälkeen, on yhdistetty sarasoiden laaja-alaiseen levittäytymiseen, niiden korkeisiin metaaniemissioihin ja tämän seurauksena kohonneeseen metaanipitoisuuteen ilmakehässä (Smith ym. 2004, MacDonald ym. 2006).

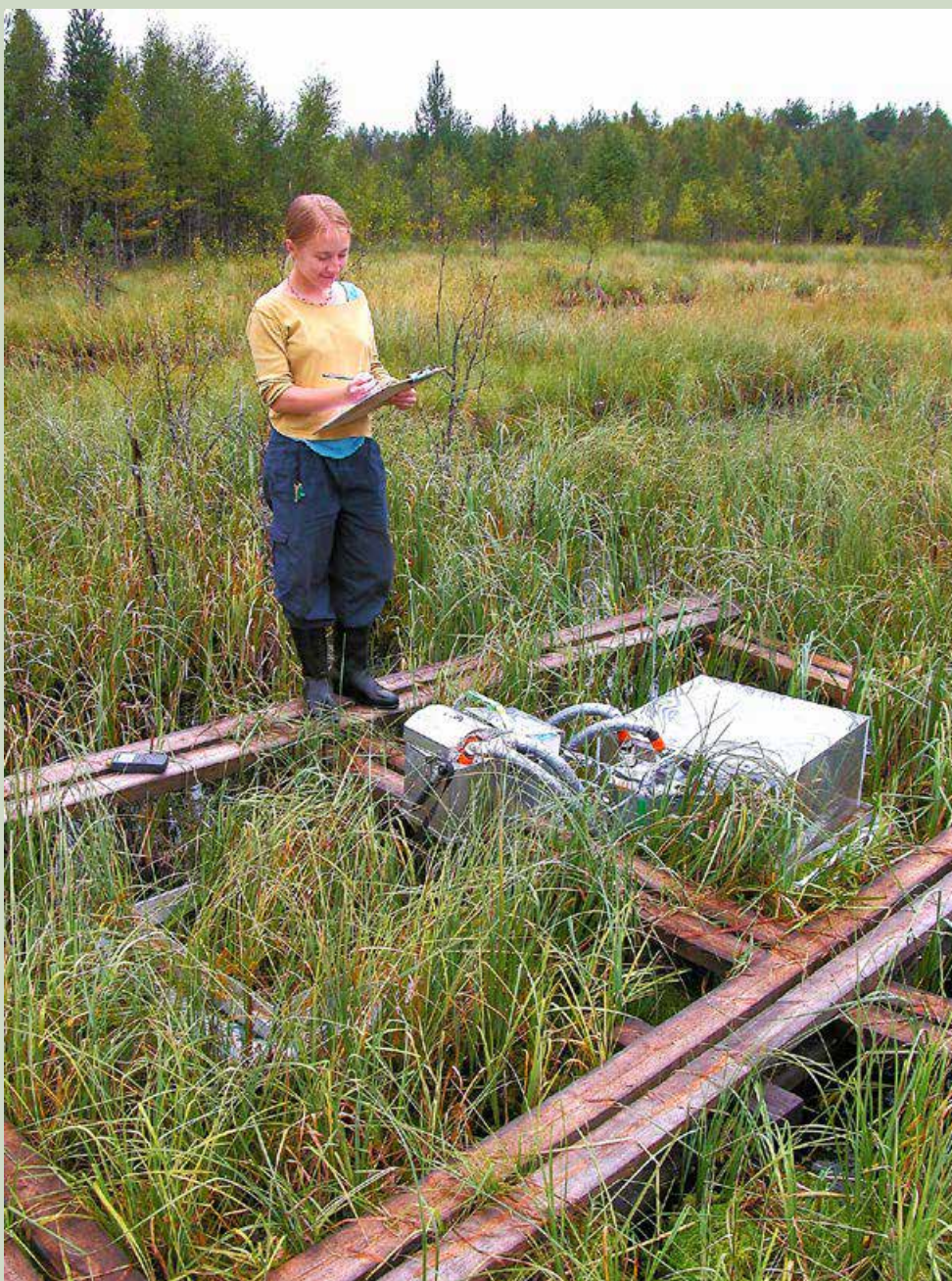
Soiden kuivatuksen on todettu muuttavan niiden roolia suurilmaston säätelyssä. Metsäojituksessa vedenpinnan lasku muuttaa ympäristöoloja ja käynnistää kuivatussukcession ilmakehän hiilidioksidia sitovissa kasviyhteisöissä ja orgaanista ainetta hajottavissa mikrobiyhteisöissä (Laine ym. 1995b, Jaatinen ym. 2007). Heti ojituksen jälkeen olemassa oleva kosteisiin oloihin sopeutunut kasvillisuus kärsii. Kasvilajiston vaihtuessa muuttuu myös karikkeen laatu ja hajottajille tarjolla olevan helposti hajotettavan aineen määrä, mikä puolestaan vaikuttaa mikrobiyhteisöön (Laiho 2006, Straková ym. 2012). Aiemmin hapettomiin oloihin kertyneen vanhan orgaanisen aineen hajoaminen nopeutuu syventyneessä hapellisessa kerroksessa (Pitkänen ym. 2013), kun hapen niukkuus ei enää rajoita hajotusprosesseja (Fenner & Freeman 2011). Vanhan orgaanisen aineen hajoaminen vapauttaa ilmakehään hiilidioksidia (Martikainen ym. 1995). On todennäköistä, että kaikki suot ovat ojituksen jälkeen jonkin aikaa hiilen lähteitä ennen kuin muuttuva kasvillisuus ja aiempaa nopeammin kasvava puusto alkavat osalla soista kompensoida turpeen hajotuksessa vapautuvaa hiiltä ja hidastaa hajotusta tuottamalla hitaasti hajoavaa kariketta pintaturpeeseen. Osa

metsäojitetuista soista toimii tilanteen vakiinnuttua ilmakehän hiilinieluna, osa taas lähteinä (Ojanen ym. 2010, 2012, Lohila ym. 2011). Erot ovat sidoksissa suon ravinteisuuteen ja ilmastoon: rehevät eteläsuomalaiset metsäojitetut suot ovat useammin hiilen lähteitä kuin karut pohjoissuomalaiset ojitusalueet (Ojanen ym. 2010, 2012). Metaaniemissiot puolestaan pienenevät metaanin tuoton vähentyessä ja hapetuksen lisääntyessä, ja ojitetut suot voivat toimia jopa pieninä metaaninieluna (Roulet ym. 1993, Yrjälä ym. 2011).

Ennallistamisen tavoitteena on saada aikaan itseään ylläpitävä suoekosysteemi eli palauttaa soille ominaiset luontaiset toiminnot ja tyypilliset kasvi-, eläin- ja mikrobiyhdyskunnat (Nellemann & Corcoran 2010). Ensimmäinen vaihe ennallistamisessa on luonnontilaiselle suolle ominaisen korkean vedenpinnan palauttaminen (Vasander ym. 2003). Vedenpinnan nosto hidastaa hapellista hajotusta, vähentää hiilidioksidiemissioita vakahtaen hiilivarastoa ja johtaa suon hiilinielun palautumiseen (Komulainen ym. 1999, Tuittila ym. 1999, Wilson ym. 2007, Waddington ym. 2010). Kasvillisuuden ja hiilinielun palautuminen näyttää alussa olevan nopeampaa rehevillä kuin karuilla soilla (Komulainen ym. 1999), mutta kuivatuksen voimakkaammin muuttamina ne ovat kauempana luonnontilaisesta kuin karut suot, jotka siksi voivat palata nopeammin luonnontilaisen kaltaiseksi. Vaikka vettäminen käynnistämisen kasvillisuuden kehityksen (mm. Haapalehto ym. 2010, Laine ym. 2011) ajatellaan johtavan luonnontilaisille soille ominaiseen melko pieneen vuotuiseseen hiilinieluun, ennallistetulla turvetuotantoalalla on mitattu huomattavasti suurempaakin hiilensidontaa vettäminen jälkeisinä ensimmäisinä vuosina (Soini ym. 2010) (kuva 1). Vedenpinnan nosto puolestaan lisää metaaniemissioita (mm. Waddington & Day 2007). Keski-Euroopassa maatalouskäytössä olleilta ennallistetuilta soilta on mitattu poikkeuksellisen korkeita metaaniemissioita (Hendriks ym. 2007, Freibauer ym. 2008). Muissa tutkimuksissa metaaniemissio on ollut ennallistetuilla soilla vähäisempää kuin luonnontilaisilla soilla (mm. Komulainen ym. 1998, Tuittila ym. 2000a, Marinier

ym. 2004, Jauhiainen ym. 2008, Juottonen ym. 2012). Tuoreen tutkimuksen mukaan emissiot ennallistetuilta soilta olivat pienet vielä yli kymmenen vuotta ennallistamisen jälkeen. Tämä oli yhteydessä alhaiseen metaania tuottavien mikrobien määrään ja niiden muuttuneeseen yhteisörakenteeseen (Juottonen ym. 2012). Vaikuttaa siltä, että metaanikierron ennallistuminen on hitaampi prosessi kuin hiilen sidonnan palautuminen, ja juuri mikrobiyhteisön palautuminen on metaanikierron ennallistumisessa avainasemassa.

Metsäojitettujen soiden ennallistamisen ilmastovaikutuksista on toistaiseksi hyvin vähän tutkittua tietoa. Sitä kuitenkin tarvitaan kipeästi mm. kansallista kasvihuonekaasuraportointia varten, sillä Suomi on sitoutunut raportoimaan vuosittaiset päästönsä YK:n Ilmastopöytäkirjan mukaiseen kasvihuonekaasulaskentaan. Hallitustenvälinen ilmastopaneeli (IPCC) on asettanut työryhmän, joka parhaillaan (2011–2013) laatii metodologiaa tähän liittyen.



**Kuva 1.** Hiilidioksidinvaihdon mittausta ennallistetulla sarasuolla Kihniön Aitonevalla. Suohon sitoutuvan ja sieltä vapautuvan hiilen määrä mitataan tässä kammiomenetelmällä. Kuva: Jukka Laine.

## Verkostonäkökulma ennallistamiskohteiden valinnassa

*Atte Moilanen ja Janne S. Kotiaho*

Verkostonäkökulma korostuu vahvasti luonnonsuojelun suunnittelussa Suomessa ja maailmalla. Suojelualueita ei voi nähdä yksittäisinä eristyneinä alueina, vaan luonnonsuojelualueiden verkosto ja koko ympäröivä maisema ylläpitävät yhdessä tietyn alueen eliölajistoa. Parhaiden alueiden kytkeytyvyyden varmistamista ja verkostojen ylläpitämistä on myös ehdotettu ratkaisuksi biodiversiteetin säilyttämiselle, kun ilmastonmuutos pakottaa lajeja siirtymään uusille asuinalueille. Verkostonäkökulma kannattaa huomioida myös ennallistamiskohteiden valinnassa – mikä ei kuitenkaan ole yksiselitteistä ja helppoa.

### Mitä kytkeytyvyys on?

Lajin esiintymisen laajuuden määrää lähinnä kolme tekijää: sopivan elinympäristön pinta-ala, laatu ja sijoittuminen maisemassa (Hodgson ym. 2009). Lajien näkökulmasta verkostot koostuvat erillisistä elinympäristölaikuista, jotka ovat kytkeytyneet toisiinsa. Joidenkin elinympäristöjen, esimerkiksi Etelä-Suomen luonnontilaisen soiden, kohdalla laikut erottuvat maisemasta melko selvästi. Toiset ympäristöt, kuten metsät, esiintyvät Suomessa melko laajoina ja yhtenäisinä alueina paikallisen laadun kuitenkin vaihdellessa merkittävästi. Jos hyvälaatuiset alueet ovat liian kaukana toisistaan suhteessa lajien liikkumiskykyyn, verkosto ei toimi. Jos alueet sijaitsevat riittävän lähekkäin, verkosto toimii. Yksinkertaistaen voidaan todeta, että elinympäristön pinta-alan tai laadun (esimerkiksi lahoppuun määrän) kaksinkertaistaminen kaksinkertaistaa myös lajin yksilöiden määrän. Kytkeytyvyyden osalta tilanne ei ole yhtä selvä (Hodgson ym. 2009).

Elinympäristöjen kytkeytyvyydellä tarkoitetaan sitä, miten helposti lajin yksilöt voivat leviätä alueelta toiselle. Kytkeytyvyyden merkitys on helppo ymmärtää yleisellä tasolla, mutta kytkeytyvyyden käyttäminen luonnonsuojelualueiden verkostojen suunnittelussa on monimutkaisempaa, koska kytkeytyvyyttä on monenlaista (Kindlmann & Burel 2008). Rakenteellisella kytkeytyvyydellä tarkoitetaan elinympäristön jatkuvuutta. Toiminnallinen kytkeytyvyys puolestaan kuvaa

maiseman kytkeytyvyyttä yhden lajin kannalta, ja tähän vaikuttavat lajin liikkumiskyky, lajin käyttäytyminen erilaisten ympäristöjen muodostamassa mosaiikissa sekä maisemamosaiikin geometriset yksityiskohdat, kuten elinympäristölaikkujen määrä, niiden koko ja suhde toisiinsa. Kytkeytyvyys voi perustua aktiiviseen liikkumiseen (eläimet) tai passiiviseen leviämiseen esimerkiksi tuulen mukana (kasvit ja sienet). Kytkeytyvyys voi olla vahvasti suunnattua, kuten kasvien siementen liike virtavesien verkostoissa, tai osin suunnattua, kuten merialueilla merivirtojen vaikutuksesta. Usein oletetaan, että toiminnallinen kytkeytyvyys heikkenee tasaisesti etäisyyden kasvaessa. Lisäksi esimerkiksi tiet tai joet voivat toimia liikkumista estävinä tai vahvasti suuntaavina esteinä.

Toiminnallinen kytkeytyvyys on vaikea määrittellä yksiselitteisesti. Sen vuoksi on vaikea arvioida luotettavasti luontokohteiden verkoston kykyä ylläpitää lajien alueellisia esiintymiä. Luotettava arvio voidaan ehkä tehdä yhden tai muutaman lajin osalta, mutta käytännön luonnonsuojelussa täytyy kyetä ottamaan huomioon kaikki alueella luontaisesti esiintyvät lajit. Tällöin yhden lajin näkökulmasta hyvin kytkeytynyt ympäristö voi olla toiselle lajille huonosti kytkeytynyt ja yhden lajin elinympäristön elinolosuhteiden parantaminen voi jopa heikentää toisen lajin olosuhteita.

### Kytkeytyvyys ja ennallistaminen

Kytkeytyvyyden vaikutusta lajin alueelliseen esiintymiseen ei ole helppo arvioida, mutta ennallistamiskohteiden valintaa voidaan helpottaa tarkastelemalla ennallistamisen odotettuja vaikutuksia ennallistamiskohteen lisäksi sen lähiympäristössä.

Tärkeitä tekijöitä suojelualueiden ja ennallistettavien kohteiden verkoston toiminnallisuuden kannalta ovat ainakin

- Ennallistettavan alueen lähiympäristön laatu: onko lähitöillä hyvää populaatiolähdettä, kuten laadukasta vanhan metsän aluetta tai hyvää suoaluetta? Ympäristön laatu merkitään kirjaimilla K (korkea), M (matala), 0 (samaa

elinympäristötyyppiä ei esiinny lähistöllä). (ks. taulukko 1). Lisäksi merkitään, onko tätä elinympäristöä lähistöllä paljon (P) vai vähän (V).

- Ennallistettavan kohteen oma laatu-potentiaali on korkea tai matala sen mukaan, kuinka merkittävä alueesta tulisi luontoarvoiltaan, jos ennallistamistoimi onnistuisi. Laatu-potentiaalia nostavat ainakin (i) paikallisessa mittakaavassa (maakunta, Suomi) luontaisesti harvinainen elinympäristö, (ii) laajemmassa mittakaavassa (esim. EU) luontaisesti harvinainen ympäristö, (iii) elinympäristön voimakas vähentyminen aiempien vuosikymmenten aikana sekä (iv) muut tekijät, kuten korkea luontainen lajirunsaus, avainlajien esiintymät ja mahdolliset taloudelliset arvot esimerkiksi ekosysteemipalveluiden muodossa.
- Suunnitellun toimenpiteen onnistumisen luotettavuus: korkea tai matala. Ennallistamisen hitaus ja epäluotettavuus voi laskea ennallistamistoimenpiteen prioriteettiä (Moilanen ym. 2009).

Ennallistettavan alueen lajiston tulevan monimuotoisuuden kannalta on parasta, jos luotettava ennallistamistoimi tehdään hyvälle alueelle (ennallistettavan alueen laatu-potentiaali korkea, K), hyvälaatuisen ja laajan populaatiolähteen lähistöllä (ympäristön laatu KP). Tällöin on todennäköistä, että ennallistettu alue toimii hyvin verkoston osana. Ympäröivän alueen lajiston kannalta on kuitenkin parasta, jos ennallistaminen tehdään pienen hyvälaatuisen kohteen lähistöllä. Tällöin suhteellinen hyöty lähialueen verkostolle on suurin. Suhteellinen hyöty lähialueille on vähäisempi, jos siellä on jo paljon hyviä alueita – silloin yksittäinen ennallistamistoimi ei vaikuta verkostoon kokonaisuutena kovinkaan paljon. Tilanne on huonoin, jos epävarma ennallistamistoimi tehdään paikallisesti heikkolaatuiselle alueelle, jonka ympäriltä puuttuu kokonaan saman elinympäristön verkosto. Tällöin onnistuneesti-kaan ennallistettu alue ei toimi verkoston osana ja lajiston leviäminen sinne on epätodennäköistä. Tällaisten alueiden ennallistamisprioriteetti on alhainen.

**Taulukko 1.** Ennallistettavan alueen ja sen ympäristön laatu sekä toimenpiteen prioriteetti ympäröivän alueen ja ennallistettavan alueen kannalta. Yhdistetty prioriteetti huomioi lisäksi toimenpiteen onnistumisen luotettavuuden. Matala luku vastaa korkeaa prioriteettia.

Ympäristön laatu	Ennallistettavan alueen laatu-potentiaali	Prioriteetti ympäristön kannalta	Prioriteetti ennallistettavan alueen kannalta	Toimenpiteen onnistumisen luotettavuus	Yhdistetty prioriteetti
KP	K (korkea)	2	1 (korkein)	1 (korkea)	4 (korkein)
KP	K	2	1 (korkein)	2 (matala)	5
KP	M (matala)	3	2	1	6
KP	M	3	2	2	7
KV	K	1 (korkein)	2	1	4 (korkein)
KV	K	1 (korkein)	2	2	5
KV	M	2	3	1	6
KV	M	2	3	2	7
MP	K	2	3	1	6
MP	K	2	3	2	7
MP	M	4	4	1	9
MP	M	4	4	2	10
MV	K	3	4	1	8
MV	K	3	4	2	9
MV	M	5 (matalin)	5	1	11
MV	M	5	5	2	12
0	K	4	5	1	10
0	K	4	5	2	11
0	M	5 (matalin)	6 (matalin)	1	12
0	M	5 (matalin)	6 (matalin)	2	13 (matalin)

Ekologisten vaikutusten lisäksi ennallistamisessa täytyy huomioida toiminnan kustannustehokkuus, sillä ennallistamiseen käytettävissä oleva rahoitus on yleensä niukkaa. Ennallistamistoimenpiteiden kustannukset ovat kuitenkin hyvin tapauskohtaisia ja riippuvat muun muassa ennallistettavan alueen pinta-alasta, tarvittavista toimenpiteistä, kulkuyhteyksistä alueelle sekä synergiasta muiden lähistöllä tehtävien toimenpiteiden kanssa. Niin kauan kuin ennallistamistoimenpiteiden ekologisista vaikutuksista ja kustannuksista ei ole olemassa määrällistä mallia, täytyy toimenpiteen kustannusten ja hyötyjen suhde arvioida asiantuntijatyönä.

### Kytkeytyvyys ja vesitalous

Edellä kytkeytyvyyttä käsiteltiin ennallistettavan elinympäristön ja sen alueellisen verkoston lajiston kannalta. Soiden ennallistaminen on kuitenkin ensisijassa niiden vesitalouden palauttamista. Silloin kun suon vesitalous on riippuvainen suon vesien kytkeytyvyydestä ympäröivän maiseman vesiin, on soiden ennallistamisessa kiinnitettävä erityistä huomiota myös vesitalouden kytkeytyvyyteen. Vesitalouden rakenteellisen kytkeytyvyyden kannalta luonnontilaiset suot ovat Suomessa jokseenkin geologisten ominaisuuksien määräämiä, sillä ne ovat muodostuneet maiseman painanteisiin tai uomiin, joihin luonnostaan muodostuu valuma-aitaita. Tämän vuoksi, hieman sa-

maan tapaan kuin järvetkin, suot ovat alun perin olleet sijoittumiseltaan hyvin luontaisesti rajattuja maisemassa, ja niillä voidaan ajatella olevan jokin kohtuullisen luonnollinen rakenteellinen kytkeytyvyys. Soiden ojitus ja metsittyminen on muuttanut sekä soiden rakenteellista kytkeytyvyyttä että niiden vesitaloutta. Soiden vesitalous on luontaisesti vahvasti suunnatusti kytkeytynyt. Tästä suuntautuneisuudesta seuraa, että ojitus on muuttanut soiden vesitalouden kytkeytyvyyttä kahdella tavalla riippuen siitä, tarkastellaanko suon yläpuolista vettä, joka tulee suolle, vai suon alapuolista vettä, joka suolta lähtee. Valuma-alue, jolta suo on vetensä ennen ojitusta saanut, tulee pyrkiä kytkemään suohon uudelleen: suolle tulevat vedet vaikuttavat oleellisesti suon ravinteisuuteen, mikä puolestaan vaikuttaa huomattavasti suolla esiintyvään kasviyhteisöön, joka puolestaan vaikuttaa paljolti kasveista riippuvaisten eläinten esiintymiseen. Vedet, jotka ojituksen seurauksena poistuvat suolta, tulee suon vesitalouden vaikuttamiseksi pyrkiä pidättämään suossa. Tällä on merkitystä myös ravinteiden huuhtoutumisen estämisessä: merkittäviä määriä ravinteita voi poistua suo-ojien kautta ja aiheuttaa siten ylimääräistä ravinnekuormitusta suon alapuolisille vesistöille. Näin soiden ennallistaminen ja sen onnistuminen liittyy oleellisesti niiden vesitalouden kytkeytyvyyden palauttamiseen. Sekä tulevien etä lähtevien vesien ongelmat on ratkaistava, jotta suon ennallistamisen ennuste on hyvä.

## Soiden ennallistaminen ja ekosysteemipalvelut

Kaisu Aapala

Ekosysteemipalveluilla tarkoitetaan aineellisia tai aineettomia hyötyjä, joita ihminen saa luonnosta (ekosysteemeistä) (Millenium Ecosystem Assessment 2005). Palvelut voivat olla luonnosta saattavia tuotteita tai ekosysteemin toimintoja ja prosesseja, jotka ovat suoraan tai epäsuorasti edellytyksenä ihmisten hyvinvoinnille. Palvelut voidaan jakaa vuosituhatarvioinnin (Millenium Ecosystem Assessment, MA) mukaisesti tuotanto-, sää- tely- ja kulttuuripalveluihin sekä muiden palvelujen edellytyksenä ja taustalla oleviin tukipalveluihin. Vuosituhatarvioinnin jälkeen nopeasti lisääntynyt ekosysteemipalvelututkimus on tuonut mukanaan myös uusia, hieman edellä olevasta poikkeavia tapoja ryhmitellä ekosysteemipalveluja (esimerkiksi TEEB 2010, Haines-Young & Potshcin 2011, UK National Ecosystem Assessment 2011). Selvin ero on suhtautumisessa tukipalveluihin, joita ei enää pidetä erillisenä ekosysteemi-

mipalvelukategoriana vaan osana ekosysteemiä luonnehtivia rakenteita, prosesseja ja toimintoja (TEEB 2010, Haines-Young & Potshcin 2011). Britannian kansallisessa ekosysteemi-arvioinnissa tukipalvelut luokitellaan osaksi välillisiä ekosysteemipalveluja (*intermediate services*), joiden lisäksi erotettiin lopulliset ekosysteemipalvelut (*final ecosystem services*) sekä varsinaiset tuotteet (*goods*), joita voidaan arvottaa (UK National Ecosystem Assessment 2011).

Suot ovat ihmisille monella tavalla hyödyllisiä. Helposti havaittavia, mitattavia ja suoraan hyödynnettäviä ovat monet tuotantopalvelut, kuten puu, marjat tai riista (taulukko 1). Myös soiden aineettomat kulttuuripalvelut, kuten ulkoilu ja virkistys tai suomalaisen esteettinen arvo, ovat tuttuja, monien ulottuvilla ja jokamiehenoikeuksien hyödynnettävissä.

**Taulukko 1.** Esimerkkejä luonnontilaisten soiden tuottamista ekosysteemipalveluista.

<b>Tuotantopalvelut</b>	Ruoka (riista, marjat, sienet) Tukki- ja kuitupuu, polttopuu (kotitarvekäyttö), energiapuu (teollinen käyttö), hitaasti kasvanut suopuu Luonnon lääkeaineet (esim. kihokki), terveysvaikutteiset tuotteet, kosmetiikka Taide- ja käsityötuotteiden raaka-aineet Luontaiset värjäysaineet (kasvit, sienet)
<b>Säätelypalvelut</b>	Ilmaston säätely (hiilinielu, turpeen pitkäaikainen hiilivarasto ja varaston ylläpitäminen, puuston hiilivarasto) Vedensäätely (pohjavesivarastojen ylläpito, veden puhdistus ravinteita ja kiintoaineita pidättämällä) Ympäristöriskien ehkäiseminen ja lieventäminen (tulvasuojelu, metsäpalojen torjunta) Pölytyspalvelut
<b>Kulttuuripalvelut</b>	Ulkoilu ja virkistys Luontomatkailu ja turismi Hyvinvointi ja terveys Opetus, tutkimus, kasvatus Esteettiset ja maisema-arvot Taide (maalaukset, kirjallisuus, valokuvaus, performanssit) Kulttuuriset ja henkiset arvot
<b>Tukipalvelut</b>	Maaperän muodostus Fotosynteesi, ravinteiden kierto Monimuotoisuuden ylläpito Ekosysteemin uusiutumisen ja palautumiskyvyn ylläpito (resilienssi)

Meitä epäsuorasti hyödyttävät säätelypalvelut voivat olla vieraampia. Soilla on esimerkiksi maailmanlaajuisesti erittäin tärkeä merkitys ilmaston säätelyssä. Veden virtauksen ja puhdistuksen säätelypalvelut ovat paikallisempia.

Tukipalvelut ovat ekosysteemiprosesseja, jotka ovat edellytyksenä kaikille muille palveluille. Tällaisia ovat esimerkiksi maaperän muodostus, fotosynteesi, ravinteiden kierto ja monimuotoisuuden ylläpito. Tukipalveluiden ihmiselle tuottama epäsuora hyöty voi olla vaikeasti tunnistettavissa ja arvotettavissa.

Ekosysteemit tuottavat samanaikaisesti monia palveluja, joiden välillä on usein riippuvuussuhteita. Ihmislähtöinen tavoite maksimoida jokin tietty ekosysteemipalvelu johtaa yleensä muiden palvelujen heikentymiseen tai häviämiseen. Kun jonkin ekosysteemipalvelun tuotanto vähenee toisen palvelun lisääntyneen käytön vuoksi, puhutaan vaihtosuhteista (trade-offs) (Rodriguez ym. 2006). Esimerkiksi soiden ojitus puuntuotannon lisäämiseksi on muuttanut ja heikentänyt soiden tarjoamia muita ekosysteemipalveluita. Koska ojitus muuttaa ekosysteemin keskeisiä toimintoja, erityisesti soiden tarjoamat säätely- ja tukipalvelut ovat heikentyneet tai hävinneet. Ojituksen myötä myös soiden hilla- ja karpalosadot sekä riistalintukannat ovat pienentyneet ja virkistysarvot heikentyneet.

Hävinneitä tai heikentyneitä ekosysteemipalveluja on mahdollista palauttaa ennallistamalla. Ekosysteemipalvelut ovatkin viime aikoina nousseet vahvasti monimuotoisuuden rinnalle ennallistamisen tavoitteiden asettelussa (Aronson ym. 2006, Society for Ecological Restoration International 2008, Benayas ym. 2009, Kimmel & Mander 2010, Bain ym. 2011, Bullock ym. 2011). Benayas ym. (2009) arvioivat ennallistamisen tehokkuutta ekosysteemipalvelujen palauttajana meta-analyysissä, jossa tarkasteltiin 89 ennallistamistapausta erityyppisistä ekosysteemeistä eri puolilta maapalloa. Monimuotoisuuden lisäämiseen keskittyneet ennallistamistoimenpiteet paransivat myös ekosysteemipalvelujen tuotantoa.

Britanniassa soiden rooli vesitalouden säätelyssä on suuri, sillä huomattava osa juomavedestä tulee valuma-alueilta, joilla on runsaasti turvemaata (Bonn ym. 2009). Luonnontilaisilta soilta tulevan veden käsittely juomavedeksi on halvempaa kuin heikentyneiltä soilta tulevan. Koska valtaosa Britannian turvemaista on jollakin tavalla heikentyneitä (esimerkiksi ojitus, laidunnuksen aiheuttama kuluminen ja eroosio), on arvioitu, että ennallistamalla juomavesilähteiden valuma-alueiden soita voitaisiin parantaa veden laatua ja alentaa siten vedenpuhdistuskustannuksia (Wallage ym. 2006, Armstrong ym. 2010, Wilson ym. 2011, Cris ym. 2011). Vesiyhtiöt ovatkin Britanniassa mukana rahoittamassa soiden ennallistamistoimia ja tutkimusta (Cris ym. 2011).

Soiden erittäin merkittävä rooli globaalien ilmaston säätelyssä perustuu turpeeseen aikojen kuluessa varastoituneeseen hiileen (luku 4). Vaikka suot peittävät vain 3 % maapallon pinta-alasta, niiden turpeessa on yhtä paljon hiiltä kuin kaikessa terrestrisessä biomassassa yhteensä (Parish ym. 2008). Soiden kuivatusta edellyttävä käyttö, kuten metsänkasvatus, on muuttanut voimakkaasti soiden roolia ilmaston säätelyssä. Ilmastoa lämmittävää hiiltä vapautuu ilmakehään turpeen pitkäaikaisesta varastosta eikä uutta hiiltä enää kerry turpeeseen. Ojitettuja tai muutoin muutettuja soita ennallistamalla on mahdollista palauttaa soiden rooli ilmaston säätelyssä (Tanneberger & Wichtmann 2011).

Suomessa metsäojitettujen soiden ennallistaminen on alusta alkaen ollut ekosysteemilähtöistä ja tavoitteena on ollut, että ennallistettu suo palautuisi rakenteeltaan ja toiminnaltaan luonnontilaisen kaltaiseksi ekosysteemiksi. Tämä lähestymistapa edistää myös suon ekosysteemipalvelujen palautumista.



## Suojelualueiden rajausten puutteet ja niiden korjaaminen

*Sakari Rehell, Tapani Sallantaus ja Kaisu Aapala*

Suot ovat hydrologisia kokonaisuuksia, ja soiden-suojelun tavoitteena on vesitaloudeltaan ehyiden kokonaisuuksien säilyttäminen. Osa nykyisistä suojelualueista on suorajauksiltaan ekologisesti epätyytyttäviä. Jos suojelualue ei sisällä koko suoaluetta ja ulkopuolella olevat suon osat ovat ojitettuja, voi ulkopuolinen ojitus heikentää suojelualueidenkin soiden tilaa. Erityisen haitallinen on yläpuolinen ojitus, joka katkaisee vesien virtauksen sekä kuivattaa ja karuunnuttaa alapuolista suojelusuoeta. Suojelusuoan alapuolella oleva ojitus nopeuttaa vesien poistumista suolta, mutta kuivattava vaikutus ei yleensä ulotu kovin laajalle, ellei ojituksella ole puhkaistu vettä suolla pidättävää valuntakynnystä.

Suojelualueen ulkopuoliset ojitukset voivat myös estää ekologisesti tarkoituksenmukaiset ennallistamistoimet suojelualueilla. Jos osa ojitusalueesta on suojelualueen ulkopuolella, suojellun suon osan ennallistaminen ei kannata, jos suolle ei saada palautettua sinne kuuluvia vesiä. Joissakin tapauksissa suojellun suon ennallistamista rajoittaa vettymisriski suojelualueen ulkopuolella.

### Esimerkkiarvio ongelman laajuudesta Pohjois-Pohjanmaalla

Vuonna 2011 tehtiin arvio maakunnan Natura-alueiden soiden tilasta osana Pohjois-Pohjanmaan maakuntakaavatyötä (Rehell 2011). Arviointia oli tehty aiemminkin osana Metsähallituksen luontopalvelujen suunnittelutyötä.

Natura-alueiden suopinta-alaan laskettiin kaikki suokasvillisuuden vallitsevat tai turvepeitteiset alueet. Vesitaloudeltaan muuttuneiden soiden pinta-ala arvioitiin ilmakuvien ja maastossa koottujen tietojen perusteella. Muuttuneeseen pinta-alaan ei laskettu mukaan esimerkiksi järvenlaskuissa muodostuneita vesijättöjä, jotka säännönmukaisesti on merkitty Natura-tietokannassa suojeluperusteena oleviksi ”vaihettumis- ja rantasoiksi”. Natura-alueiden soiden ennallistamista rajoittaviksi ”muiksi tekijöiksi” on laskettu esimerkiksi Natura-alueiden ulkopuolella olevien peltojen ja turvekenttien sekä teiden aiheuttamat kuivatukset, hyvin syvät ja laajasti vaikuttavat kui-

vatuskanavat, soistumien syväauration sekä pohjavedenotto ja vesistömuutokset.

Pohjois-Pohjanmaan maakunta on Suomen runsassoisinta aluetta ja sinne keskittyy lukuisia tärkeitä soidensuojelualueita. Maakunnan sisällä, kuten koko maassa, on selvä muutosgradientti keskiboreaalisen vyöhykkeen voimaperäisesti ojitetuista osista pohjoisboreaalisen vyöhykkeen luonnontilaisempina säilyneisiin alueisiin. Pohjois-Pohjanmaan Natura-alueilla on noin 4 750 ha soita, jotka on arvioitu vesitaloudeltaan selvästi muuttuneeksi mutta joiden ennallistaminen ei näytä nykyisillä rajauksilla mahdolliselta (taulukko 1). Tästä pinta-alasta noin 90 % sijoittuu maakunnan länsiosan niin sanotulle METSO-alueelle (= Pohjois-Pohjanmaan maakunta ilman koillista vaara-alueita). METSO-alueella tämän ”ongelmallisen” pinta-alan osuus koko suojellusta suoalasta on noin 4 %. Ongelman merkittävyyttä lisää se, että ympäröivien alueiden ojitus kuivattaa suojelualueillakin erityisesti kaikkein märimpiä ja rehevimpiä suoalueita, jotka ovat kaikkein keskeisimpiä soiden lajistolliselle monimuotoisuudelle. Pohjois-Pohjanmaan METSO-alueella on useita Natura-alueita, joiden ympärillä tehtävät toimenpiteet selvästi uhkaavat niitä suojeluarvoja (aapasuot, keidassuot, letot), joiden perusteella alue on otettu Natura-verkostoon.

Natura-alueiden soiden toimivuuden säilyttäminen ja parantaminen edellyttää Pohjois-Pohjanmaalla merkittäviä lisätoimenpiteitä (taulukko 1). Huomattava osa suojelualueiden muuttuneista soista näyttäisi jäävän pysyvästi muuttuneiksi. Suoalueiden reunaosien tilan parantamiseen näyttäisi kuitenkin olevan realistisia mahdollisuuksia kohtuullisilla rajausmuutoksilla ja nykyisten suojelualueiden reunojen ennallistamistöillä. Pohjois-Pohjanmaan länsiosan METSO-alueella noin puolella kaikista merkittävässä määrin soita sisältävistä Natura-alueista jotain osaa kuivattaa ympäröivä metsäojitus ja rajausta olisi siksi tarkistettava.

Natura-alueiden soiden ennallistamistarpeet ovat merkittävyydeltään erilaisia. Ne ennallistamista tarvitsevat muuttuneet suokohteet, jotka taulukossa 1 on merkitty ”ennallistamista rajoit-

taa metsätalous” -sarakkeisiin (sarakkeet 6 ja 7), luokiteltiin tarkemmin sen mukaan, miten vakavaksi muutos arvioitiin suhteessa Natura-alueen suojeluperusteisiin.

- I Natura-alueen rajalla tai ulkopuolella oleva ojitus uhkaa selkeästi niitä suojeluarvoja, joiden perusteella alue on otettu Natura-verkoston. Vaikutus kohdistuu niin laajaan alaan tai merkittävään kohtaan, että se on arvioitu erittäin merkittäväksi.
- II Natura-alueen rajalla tai ulkopuolella oleva ojitus vaikuttaa Natura-alueen soihin ja heikentää niitä luontotyyppinä, joiden perusteella alue on otettu Natura-verkoston. Vaikutus on kohtalaisen merkittävä. Suojelualueella on vastaavaa ympäristöä luonnontilaisena.
- III Ojitus heikentää luontoarvoja tai estää ennallistamista paikallisesti.

Kultakin suojelualueen muuttuneelta suonalalta arvioitiin siihen haitallisesti vaikuttavien ympäröivien metsätalousalueiden pinta-ala ja vaikutuksen merkittävyys (taulukko 2). Pinta-

alat ovat minimiarvioita, ja mikäli esimerkiksi maanhankintaneuvotteluihin tai talousmetsien ennallistamisneuvotteluihin ryhdytään, arviot tulee tarkistaa.

Natura-alueiden reunojen tarkistustarpeet keskittyvät maakunnan länsiosan METSO-alueelle (taulukko 2). Pohjoisboreaaliseen vyöhykkeeseen kuuluvalla Koillismaalla Natura-alueisiin kohdistuvia tarkistustarpeita on lähinnä yksittäisten hyvin arvokkaiden lettokohteiden reunoilla.

Valtionmaidon osalta Pohjanmaan luonnovarasuunnitelmaan on liitetty Metsähallituksen luontopalvelujen ja metsätalouden keskustelujen pohjalta maininta, että noin 900 hehtaaria metsätalousalueiden ojitettuja soita Natura-alueiden rajojen tuntumassa pyritään ennallistamaan metsätalouden ja luontopalvelujen yhteistyönä, sillä näillä ojituksilla on merkittäviä vaikutuksia Natura-alueiden soiden vesitalouteen. Lisäksi Pohjanmaan metsätalous on sitoutunut ennallistamaan muutamia luonnonarvoiltaan merkittäviä ojitus-alueita alue-ekologisten suunnitelmien mukaisesti. Metsähallituksen metsätalous onkin esimerkiksi kunnostusojitusten yhteydessä suunnitellut

**Taulukko 1.** Soiden määrä Pohjois-Pohjanmaan Natura-alueilla sekä muuttuneiden soiden ennallistamistarve ja -mahdollisuudet. 1. Soistunut pinta-ala sisältää soiden lisäksi turvekankaita, järvien laskujen vesijättöjä ja ohutturpeisia soistumia, 2. Vesitaloudeltaan muuttunut soistunut alue, 3. Muuttuneista soista jo ennallistettu, 4. Muuttuneista soista mahdollista ennallistaa nykyrajojen puitteissa, 5. Muuttuneista soista arvioitu palautuvan luontaisesti, 6. Muuttunutta suota, jonka ennallistamista rajoittaa valtionmaan metsätalous, 7. Muuttunutta suota, jonka ennallistamista rajoittaa yksityismaiden metsätalous, 8. Muuttunutta suota, jonka ennallistamista rajoittaa jokin muu tekijä. Lähde: Rehell 2011.

	1. Soistunut pinta-ala (ha)	2. Vesitaloudeltaan muuttunut soistunut pinta-ala (ha)	Muuttuneet suot					
			3. Ennallistettu (%)	4. Mahdollista ennallistaa (%)	5. Palautuu luontaisesti (%)	6. Ennallistamista rajoittaa valtionmaan metsätalous (%)	7. Ennallistamista rajoittaa yksityismaiden metsätalous (%)	8. Ennallistamista rajoittaa jokin muu tekijä (%)
METSO-alue	108 000	7 850	32	12	3	14	16	23
METSON ulkopuolinen alue	38 000	1 400	16	33	10	8	11	23
<b>Yhteensä</b>	<b>146 000</b>	<b>9 250</b>	<b>29</b>	<b>15</b>	<b>4</b>	<b>14</b>	<b>15</b>	<b>23</b>

**Taulukko 2.** Suojelualueiden soihin haitallisesti vaikuttavien metsätalousalueiden arvioitu pinta-ala (ha) Pohjois-Pohjanmaalla. Vaikutuksen merkittävyys luokiteltiin 3-portaisella asteikolla (ks. teksti).

	Valtionmaa, ha			Yksityismaa, ha		
	Merkittävyys I	Merkittävyys II	Merkittävyys III	Merkittävyys I	Merkittävyys II	Merkittävyys III
METSO-alue	180	430	150	250	470	260
METSON ulkopuolinen alue	0	70	20	0	90	40
<b>Yhteensä</b>	<b>180</b>	<b>500</b>	<b>170</b>	<b>250</b>	<b>560</b>	<b>300</b>

ja toteuttanut ennallistamista suojelualueisiin rajoittuvilla ojitusalueilla. Pieniä toimenpiteitä on ollut mahdollista tehdä suojelualueiden ennallistamisrahoituksella, laajempia kokonaisuuksia on voitu toteuttaa esimerkiksi riistan elinympäristön hoitoon tarkoitetuilla rahoilla.

### Kansallisia linjauksia ja toimia ongelman korjaamiseksi

Suojelualueiden rajausten aiheuttamat hydrologiset ongelmat on havaittu jo kauan sitten ja niihin on toistuvasti pyritty saamaan parannusta. Esimerkiksi Ennallistamistyöryhmä (Rassi ym. 2003) esitti mietinnössään suojelualueiden suojelevarvoja uhkaavien ja suojelualueiden ojitettujen soiden ennallistamisen estävien ulkopuolisten ojitusten kartoittamista. Työryhmä ehdotti myös, että kartoituksen valmistuttua luonnonsuojelu- ja metsäviranomaiset yhteistyössä eri maanomistajatahojen kanssa kehittävät tarvittavat ratkaisumallit ja rahoitusmahdollisuudet soiden suojelun tilanteen parantamiseen.

Soiden ja turvemaiden kansallisen strategiaehdotuksen (Soiden ja turvemaiden kansallista strategiaa valmistellut työryhmä 2011) ja valtioneuvoston periaatepäätöksen (Valtioneuvosto 2012a) mukaisesti Metsähallituksessa on käynnissä selvitys suojelualueita kuivattavien ojien esiintymisestä. Selvityksen perusteella päätetään tarvittavista korjaavista toimenpiteistä valtion mailla.

### Ratkaisuvaihtoehtoja suojelualueiden ulkopuolisten ojitusten aiheuttamien ongelmien korjaamiseen

Ongelmatilanteet suojelualueiden reunoilla vaihtelevat, joten myös ratkaisut on räätälöitävä kohdekohtaisesti.

Jos naapurimaanomistajan kanssa päästään sopimukseen, voidaan suojellun suon vesitalouden ennallistamiselle välttämätön reuna-alue hankkia valtiolle ja liittää osaksi suojelualuetta tai siitä voidaan muodostaa yksityinen suojelualue. Valtion vaihtomaiden käyttö voisi myös olla yksi keino. Molemmat vaihtoehdot edellyttävät rahallisia resursseja, sillä myös valtion vaihtomaat on korvattava. Maanomistajan kanssa voitaisiin myös sopia suojelualueen vesitalouden korjaamisen kannalta

välttämättömien toimenpiteiden toteuttamisesta ja mahdollisten vettymishaittojen korvaamisesta maanomistajalle. Toistaiseksi ei ole kuitenkaan käytössä rahoitusmekanismeja, josta tällaisia korvauksia voitaisiin maksaa.

Toisinaan suojelualueella olevan suon tilanetta voidaan tuntuvasti parantaa teknisesti helppoilla ja kustannustehokkailla toimilla. Suojellun suon yläpuolisen ojitetun metsätalousalueen ja suojelualueen välillä kulkevaan rajajojaan voidaan metsätalousalueen mahdollisen kunnostusojituksen yhteydessä tehdä patoja, joiden yläpuolelle kaivetaan lyhyitä syöttöojia, joilla saadaan ohjattua suojelusuoille sinne luontaisesti kuuluvia vesiä. Tällainen ratkaisu edellyttää kuitenkin, että paikalla on riittävästi viettoa suojelualueen suuntaan, jotta vältetään vettymishaitat talousmetsän puolella.

Hirvisuon Natura-alueella (Oulu, Pudasjärvi) Metsähallituksen luontopalvelut ja metsätalous suunnittelivat ja toteuttivat yhteistyössä suojelualueen suon ennallistamisen ja viereisen metsätalousalueen kunnostusojituksen. Suojelualueen suo pystyttiin ennallistamaan, vaikka se aiheutti jonkin verran vettymistä talousmetsän puolella (ks. tarkemmin luku 13.20).

METSO-ohjelma-alueella voidaan yksityisessä talousmetsässä ennallistaa KEMERAn luonnonhoitohankkeena esimerkiksi ojitettu korpi, letto tai muu rehevä puustoinen suo suojelualueen vieressä.

Vielä hankkimatta olevilla suojeleohjelmien kohteilla ennallistamisen mahdollisuudet ja tarve pitäisi selvittää jo ennen maanhankintaa. Suojelualueet tulisi rajata niin, että välttämättömät ennallistamistoimet ovat mahdollisia. Tämä edellyttää hyvää yhteistyötä maanhankinnasta ja suojelualueiden ennallistamistoimista vastaavien viranomaisten sekä maanomistajien välillä. Jos ennallistamistarpeita ei huomioida maanhankintavaiheessa, suojeltavaa suota ei välttämättä päästä ennallistamaan lainkaan tai ennallistamisessa joudutaan tyytymään heikkoihin kompromissiratkaisuihin. Uusien maanhankintaneuvottelujen käynnistäminen on aina työläämpää jälkeenpäin.

Linjauksia ja toimenpideehdotuksia tilanteen parantamiseksi on vuosien mittaan tehty runsaasti ja toimivia ratkaisumalleja on useita. Nyt on aika toimia.

## Riekkosoiden ja metsäkanalintujen poikueympäristöjen ennallistaminen valtion talousmetsissä

*Ahti Putaala*

Havumetsäalueen riekkokannat ovat vähentyneet jo kolmen vuosikymmenen ajan. Eteläisestä Suomesta riekot ovat monin paikoin hävinneet kokonaan ja vielä jäljellä olevat populaatiot ovat eristyneet yhä kauemmaksi toisistaan. Metsäriekon ahdingon uskotaan johtuvan ennen kaikkea soiden ojituksia seuranneesta elinympäristöjen hupenemisesta ja muuttumisesta. Lisäksi ilmaston lämpenemisen myötä lyhentynyt luminen aika ja siitä johtuva saalistuspaineen kasvu ovat etenkin kahden viimeisen vuosikymmenen aikana saattaneet vauhdittaa riekon alamäkeä.

Riekkokantojen säilymistä ja elpymistä havumetsäalueella tuetaan riekon soidin- ja pesimäsoiden ennallistamisen avulla. Valtion talousmetsien alueella riekkosoiden ennallistaminen aloitettiin vuonna 2007 Riistan elinympäristöjen aktiivisen hoidon hankkeessa (REAH), ja sitä on jatkettu projektin jälkeen osana Metsähallituksen normaalia toimintaa. Riekko- ja hanhisoiden lisäksi hankkeessa ennallistettiin kangasmaiden keskellä sijaitsevia ojitettuja kosteikkopainanteita ja korpia metsäkanalintujen poikue-elinympäristöiksi. Ennallistamista on rahoitettu valtion maiden metsästyslupatulolla. Valtion talousmetsien alueella riekkosoiden ennallistettiin vuoden 2012 loppuun mennessä noin 2 400 hehtaaria.

Ennallistamisen kohteina ovat ennen kaikkea karut rämeet. Riekkosoiden ennallistamista

noudattaa suojelualueiden soiden ennallistamista. Ennallistamiskohteilta poistetaan ojituksesta hyötynyt ja ojituksen jälkeen kasvanut puusto siten, että suon ja metsän välinen vaihettumisvyöhyke palautetaan luontaisen kaltaiseksi. Suon vesitalouden ja suokasvillisuuden palautumista edistetään täyttämällä tai patoamalla ojia.

Ennallistettujen suokohteiden kelpaavuutta riekoille on tutkittu mm. radiolähetintä kantavien riekkosoiden seurannan ja kevätreviirin kartoitusten avulla. Seurantatulokset riekkosoiden ennallistamisesta ovat olleet hyvin rohkaisevia: ennallistamisalueille on syntynyt uusia kevätreviirejä ja ennallistettujen suokuvioit ovat myös kelvanneet riekkosoiden pesintä- ja poikuealueiksi (kuva 1).

Vuoden 2008 loppuun saakka jatkuneen REAH-hankkeen jälkeen metsäkanalintujen elinympäristöjen ennallistaminen jatkuu valtion talousmetsien alueella osana Metsähallituksen normaalia toimintaa. Valtion talousmetsien alueella on noin 175 000 ha vähätuottoisia ojitettuja soita, jotka tulevat kyseeseen mahdollisina ennallistamiskohteina. Vähätuottoisilla soilla tarkoitetaan tässä yhteydessä karuja rämeitä ja nevoja, joilla puuston tilavuus on alle 30 m<sup>3</sup>/ha ja joita ei puuntuotannollisessa mielessä kannata kunnostusojittaa.

Valtion talousmetsien soiden ennallistamisen toimintamalli on kehitetty sellaiseksi, että ennallistamistoimien suunnittelu ja kohteiden toteutus tapahtuvat metsätalouden vakiintuneita järjestelmiä käyttäen ja vähäisin lisäresurssein normaalin metsänhoidon suunnittelun, kunnostusojituksen, puunkorjuun ja -kuljetuksen yhteydessä. Toimintamallia soveltaen voidaan esimerkiksi kunnostusojituksen yhteydessä ennallistaa monimuotoisuuden ja monikäytön edistämiseksi läheinen kunnostusojitukseen soveltumaton ojitettu suo. Ennallistettavaa suota voidaan lisäksi hyödyntää kunnostusojitetun alueen valumavesien pintavalutuskenttänä. Mahdollisuudet riekkosoiden kustannustehokkaaseen ennallistamiseen normaalien metsätaloustoimien yhteydessä ovat parantuneet, kun energiapuun korjuuta ollaan lisäämässä ja on kehitetty turvemaiden puunkorjuuseen ympäri-voituisesti soveltuvaa kalustoa.



**Kuva 1.** Riekkokoiras kevätreviirillään ennallistetulla suolla. Kuva: Timo Eskola.

## Yksityismaiden talousmetsien soiden luonnonhoito ja ennallistaminen

*Timo Soininen*

### Lainsäädännölliset perusteet

Kestävän metsätalouden rahoituslaki (KEMERA 544/2007) mahdollistaa erillisten luonnonhoitohankkeiden toteuttamisen yksityismaiden talousmetsissä. Luonnonhoitohankkeina (ks. Soininen & Koistinen 2011) voidaan toteuttaa mm.

- 1 usean tilan alueelle ulottuvia tärkeiden elinympäristöjen hoito- ja kunnostustöitä
- 2 metsäojitusalueen ennallistamista luonnonarvoiltaan tärkeällä alueella
- 3 muita edellä mainittuja vastaavia metsäluonnonhoitoa sekä metsien monikäyttöä, maisema-, kulttuuri- ja virkistysarvoja korostavia, alueellisesti merkittäviä hankkeita.

Luonnonhoitohankkeessa valtion tuki kattaa kaikki toimenpiteiden kustannukset. Hankkeet suunnitellaan aina yhteistyössä metsäomistajan kanssa ja töiden toteuttaminen edellyttää metsäomistajan suostumusta.

Ennallistaminen voidaan rahoittaa valtion varoin myös KEMERA-ympäristötuella, jos ympäristötukiperusteet täyttyvät puuston määrän ja kohteen luonteen osalta. Tällöin ennallistetulle alueelle tehdään 10-vuotinen metsätalouden ympäristötukisopimus ja metsäomistaja saa rahallista korvausta kohteen puustosta.

Rahoitusta ennallistamiseen haetaan Suomen metsäkeskuksesta. Rahoituksen ehdoista ym. toiminnan perusteista saa lisätietoja rahoittajalta.

### Toiminnan tavoitteet

Yksityismailla soiden ennallistamisen lähtökohdiana on monimuotoisuuden lisääminen. Toimenpiteiden tavoitteena on ojitettujen soiden luonnontilan palauttaminen ja muuttuneiden kohteiden luonnonarvojen parantaminen. Toki metsäomistajilla voi olla omat tavoitteensa ennallistamiselle myös virkistys-, maiseman tai muiden arvojen osalta.

Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman 2008–2016 eli METSO-ohjelman tavoitteena on pysäyttää metsäisten luontotyyppeiden taantuminen Etelä-Suomessa

(Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman valmistelutyöryhmä 2008). Yhtenä ohjelman toteutuskeinona ovat luonnonhoitohankkeet: tärkeiden elinympäristöjen hoito ja kunnostus sekä ojitettujen soiden ennallistaminen. METSO-ohjelmassa luonnonhoidon kohteita ovat erityisesti ennallistamiskelpoiset korvet ja letot sekä suojelualueiden välittömässä läheisyydessä sijaitsevat ennallistamiskelpoiset ojitetut suot ja suoyhdistymät reunusmetsineen. METSON myötä metsäammattilaiset kertovat yksityisille metsänomistajille suon ennallistamismahdollisuudesta aiempaa enemmän, ehdottavat sopivien kohteiden ennallistamista ja metsäomistajan halutessa suunnittelevat ja toteuttavat toimenpiteet. METSO-ohjelman tavoitteena on turvata 5 000–10 000 hehtaaria puustoisia soita KEMERA-rahoituksella. Lukuihin sisältyvät sekä puustoisten soiden määräaikainen suojele että luonnonhoitohehtaarit.

### Ennallistamisen erityispiirteet yksityismailla

Kohteella käydään yhdessä metsäomistajan kanssa keskustelemassa mahdollisista toimenpiteistä. Varsinaisesta työstä tehdään tavallisesti Metsäkeskuksen ja metsäomistajan välinen kirjallinen sopimus, jossa on liitteenä työsuunnitelma ja kohteen kartta. Luonnonhoidon sopimuksesta ei tule merkintää kiinteistörekisteriin, toisin kuin myönnetystä metsätalouden ympäristötuesta.

Soiden ennallistamisen menetelmät yksityismailla vastaavat menetelmiä valtion mailla: ojia tukitaan ja puustoa poistetaan miestyönä tai koneellisesti. Aikaisemmin luonnonhoitohankkeiden toteutus oli lähes kokonaan alueellisten metsäkeskusten työtä. Nykyään Suomen metsäkeskuksen Julkiset palvelut -yksikkö suunnittelee ja rahoittaa hankkeita, mutta luonnonhoitohankkeiden töiden toteuttajat valitaan hankehakumenettelyllä. Hankehakuun voivat osallistua metsä- ja luonnonhoitopalveluita liiketoimintana tarjoavat toimijat, yritykset ja yhdistykset. Yksityismailla menetelmissä korostuu metsäomista-

jan toiveiden noudattaminen ja yleisperiaatteena on varovaisuus toimenpiteiden mitoituksessa.

Yksityismaiden kohteet ovat keskimäärin pieniä, toimenpide saattaa kohdistua esimerkiksi yksittäiseen kaivettuun ojaan. Tällöin ojan patoaminen riittävän useasta kohdasta miestyönä tehtävillä padoilla voi riittää ja metsänomistaja hyväksyy ennallistamisen helpommin kuin kaivinkoneella tehtävän työn. Suuremmilla pinta-aloilla kaivinkoneen käyttö on välttämätöntä ja tarkoituksenmukaista, mikä pitää kertoa metsänomistajalle jo toimenpiteiden suunnitteluvaiheessa.

### Ennallistamisen pinta-alat pieniä yksityismailla

Ennallistettujen soiden pinta-alat ovat yksityismailla pienet metsänomistajien ja myös metsäammattilaisten vähäisen mielenkiinnon takia. Luonnonhoidon ohjeissa yksityismailla on korostettu ennallistettavien soiden laatuvaatimuksia pinta-alan sijaan ja ohjattu toimintaa uhanalaisten ja harvinaisten suotyyppeiden tilaa parantavaksi. Vuosittain yksityismetsissä on ennallistettu 5–50 hehtaaria ojitettua suota KEMERA-rahoituksella.

Metsätilastollisen vuosikirjan 2009 mukaan vuoden 2008 loppuun mennessä oli yksityismetsien turvemaidella ennallistettu 262 ha soita (Metsäntutkimuslaitos 2009). Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion tilastojen mukaan metsäkeskuksissa oli vuoden 2010 loppuun mennessä toteutettu 22 ennallistamishanketta ja käynnissä 8 hanketta. Tapion tilastojen mukaan vuosina 2001–2010 KEMERA-rahoitusta käytettiin soiden ennallistamiseen yhteensä 376 000 euroa.

Soita ennallistetaan jossain määrin myös muissa luonnonhoitohankkeissa. Erityisesti turvemaidella sijaitsevien lähteiden kunnostuksessa tavanomainen toimenpide on kaivettujen ojien tukkiminen, jotta pohjaveden pinta saadaan nousemaan lähteessä.

Ennallistamisen tuloksellisuutta ja muita vaikutuksia ei juurikaan seurata, sillä luonnonhoitohankkeissa ei ole erillistä rahoitusta seurannoille.

### Tarve ja painopisteet tulevaisuudessa

Yksityismaiden soiden ennallistamiselle on tilaus ja mahdollisuus osana METSO-ohjelmaa. Koska ohjelmassa pyritään turvaamaan metsien monimuotoisuutta ja luonnonarvoja, soiden ennallistamista on kohdennettava erityisesti korprien, lettojen ja suojelusoiden reuna-alueiden ennallistamiseen eteläisessä Suomessa.

Jos metsänomistaja haluaa perustaa pysyvän suojelualueen, toteutetaan ensin suojelu, ja kohteella mahdollisesti tarvittava ennallistaminen hoidetaan aikanaan ympäristöhallinnon keinoin. Jos metsänomistaja haluaa ennallistaa omistamansa kohteen, mutta ei halua pysyvää suojelua, tehdään toimenpiteet KEMERA-rahoituksella.

## Entisten turpeennostoalueiden uudelleensoistaminen

*Niko Silvan*

Suomessa on tällä hetkellä aktiivisia turpeennostoalueita noin 60 000 ha. Vuoteen 2011 mennessä entisten turpeennostoalueiden suonpohjia oli vapautunut runsaat 30 000 ha, ja nykyisin vapautuu lisää 2 000–3 000 ha vuodessa. Entisiä turpeennostoalueita käytetään Suomessa eniten maatalous- ja energiakasvituotantoon, niiden yhteenlaskettu osuus on viime vuosina ollut noin puolet vapautuneesta kokonaisalasta. Metsityksen osuus on ollut noin neljännes. Kosteikoiksi eli lintujärviksi ja soiksi on muodostettu tähän mennessä noin 2 % vapautuneesta suonpohjalasta. Uudelleensoistamisen osuus turpeennoston jälkikäyttömuotona on siis viime vuosiin asti ollut hyvin pieni, mutta osuuden on ennustettu kasvavan merkittävästi lähitulevaisuudessa.

Varhaisimmat suonpohjien aktiiviset uudelleensoistamiskokeet on tehty Keski-Euroopassa 1970-luvulla ja Suomessa 1990-luvulla. Monissa Keski-Euroopan maissa ja Kanadassa uudelleensoistaminen on turpeennoston loputtua lakisääteistä, joten näissä maissa se on vallitseva jälkikäyttömuoto ja huomattavasti yleisempää kuin Suomessa. Monista maista, joissa turpeennostoa on harjoitettu pitkään, löytyy kuitenkin kymmeniä ja jopa satoja vuosia vanhoja suonpohjien uudelleensoistumia, joissa soistumiskehitys on alkanut itsestään. Suomen vanhimmat itsestään syntyneet turpeennostoalueen uudelleensoistumat löytyvät Kihniön Aitonevalta ja niillä on ikää noin 60 vuotta (kuva 1). Suonpohjien soistuminen itsestään uudelleen on kuitenkin suonpohjien kokonaispinta-alaan nähden hyvin harvinaista. Tämä johtuu siitä, että vain harvoilla suonpohjilla hydrologia palautuu itsestään suokasvillisuudelle edulliseksi ilman mitään ennallistamistoimenpiteitä. Lisäksi ilman ennallistamistoimia alkava uudelleensoistumisprosessi on usein huomattavasti hitaampi kuin aktiivisten ennallistamistojen jälkeen.

Pohjoismaissa turpeennostoalueiden uudelleensoistamisella tarkoitetaan lähinnä suon hydrologian palauttamista ojat patoamalla tai turvekentän pumppukuivatuksen lopettamisella. Turpeennostoalueen uudelleensoistamisessa ei yleensä ole tarvetta ojien täyttämiseen samalla ta-

valla kuin metsäojitusalueilla. Yleensä laskuojien patoaminen uudelleensoistamisalueelta lähteivistä purkukohdista riittää, mutta joskus tarvitaan pengerryksiä, etenkin jos alue on pohjaprofililtaan epätasainen. Uudelleensoistamisen tarkoituksena on palauttaa suonpohjille olosuhteet, jotka mahdollistavat suokasvillisuuden leviämisen alueelle ja kasvillisuuden suotuisan kehityksen. Tärkein uudelleensoistumisen edellytys on vedenpinnan tason pysyminen riittävän korkealla läpi vuoden, mikä mahdollistaa suokasvillisuuden hiilensidontan eli turpeen kertymisen ja toiminnallisesti luonnontilaisen kaltaisen suoekosysteemin palautumisen alueelle.

Keski-Euroopassa ja Kanadassa uudelleensoistamiseen liittyy yleensä suon hydrologian



**Kuva 1.** Itsestään soistunutta suonpohjaa noin 60 vuotta turpeennoston loppumisen jälkeen Kihniön Aitonevalta. Kuva: Niko Silvan.

palauttamisen ohella suokasvillisuuden, etenkin rahkasammalten, siirtoistuttaminen soistettavalle alueelle. Viimeisen parin vuoden aikana myös Suomessa on istutettu rahkasammalta muutamille uudelleensoistamisalueille. Rahkasammalten siirtoistutus näyttäisi alustavien tulosten mukaan nopeuttavan soistumiskehitystä pelkkään vesipinnan nostoon verrattuna.

Uudelleensoitumissuknessiossa entinen turpeennostoalue (kuva 2) alkaa muistuttaa nuorta suota alle viidessä vuodessa (kuva 3). Soistumissuknession alkuvaiheessa kasvillisuus koostuu pääosin suursaravaltaisesta lajistosta (pulosara *Carex rostrata* ja jouhisara *C. lasiocarpa*). Etenkin alkuvaiheessa entisellä turpeennostoalueella esiintyy usein myös avovesialueita, joiden kasvillisuus muistuttaa rehevien, matalien järvien kasvillisuutta osmankäämeineen (*Typha* sp.), raatteineen (*Meynathes trifoliata*) ja rantapalkoineen (*Sparganium emersum*). Mosaiikkimaisella alueella, jolla suokasvillisuus ja avovesipinnat vuorottelevat, on edellytykset myös vesi- ja kahlaajalintujen elinympäristöksi. Soistetuilla entisillä turpeennostoalueilla viihtyvät kurjet, joutsenet, hanhet sekä pienemmät sorsa- ja kahlaajalinnut (kuva 4).



**Kuva 2.** Täysin kasvipeitteetön entinen turpeennostoalue välittömästi turpeennoston lopettamisen jälkeen. Kihniön Aitoneva. Kuva: Niko Silvan, 2003.



**Kuva 3.** Sama paikka kuin kuvassa 2 viisi vuotta uudelleensoistamisen jälkeen. Entinen turpeennostoalue muistuttaa nyt märkää nevaa suursaroinen, avovesialueinen ja ruoppapintoineen. Kihniön Aitoneva. Kuva: Niko Silvan, 2007.



**Kuva 4.** Laulujoutsenia ruokailemassa kaksi vuotta aiemmin uudelleensoistetulla entisellä turpeennostoalueella Kihniön Aitonevalla. Tällä kohteella uudelleensoistumiskehitystä on tehostettu rahkasammalten siirtoistutuksella. Kuva: Niko Silvan, 2010.



# 3 Soiden vesitalous

Sakari Rehell, Tapani Sallantaus, Teemu Tahvanainen, Tuomas Haapalehto ja Samuli Joensuu

## 3.1 Vedenpinnan taso suolla

Suoympäristössä vettä on ainakin ajoittain suon pinnan tuntumaan asti. Vettä tulee maan pinnalle sateena ja lumien sulaessa. Maalajit, joissa huokokset ovat suuria (hiekkia ja sora) johtavat hyvin vettä ja niissä vesi vajoaa helposti alaspäin muodostaen pohjavettä. Hienojakoiset savet, siltit ja niitä sisältävät moreenit sekä maatuneet turpeet johtavat heikommin vettä. Maaperän rakenne ja yleinen topografia ratkaisevat, mihin muodostuu veden kyllästämiä olosuhteita, joissa suokasvit pääsevät valtaan ja alkavat muodostaa turvetta. Helpoiten soistuvat painanteet, joiden maaperässä on heikosti vettä johtavia maalajeja. Maatuneen turvekerroksen muodostuminen pitää vettä suon pintakerroksissa ja soistuminen etenee.

Luonnossa virtaavat vedet jaetaan pinta-, maa- ja pohjavesiin. Pintavesi muodostaa ajoittaisia tai pysyviä lammikoita, rimpää, allikoita ja noroja. Pohjavesi puolestaan täyttää maan huokostilaa. Maassa olevasta vedestä pohjavettä on pohjavedenpinnan alapuolinen osa, maavettä sen yläpuoliseen maahan sitoutunut kosteus (tietolaatikko 11). Pohjavedenpinta on taso, jolle vesi asettuu maahan tehdyssä, seinämiltään läpäisevässä kaivossa eli taso, jossa veden paine on sama kuin ilmanpaine. Pohjavedenpinnan tason yläpuolellakin maan huokokset voivat olla kapillaarivoimien ansiosta täysin maaveden kyllästämiä. Kapillaarinen nousukorkeus on sitä suurempi, mitä ohuempia ovat maassa olevat huokostilojen muodostamat ”kapillaariputket”, joissa vesi liikkuu. Turpeessa kapillaarinen vedennousu on yleisesti vähintään metrin suuruusluokkaa (Päivänen 1973), joten suolla vettä voi nousta kapillaarisesti pintaan, vaikka pohjavedenpinta olisi syvälläkin.

Maaveden nousemiseen vaikuttaa kapillaarisen nousukorkeuden lisäksi nopeus, jolla vesi pystyy huokosissa kulkemaan. Päiväsen (1973) seuraamalla metsäojitusalueilla kapillaarinen veden nousu alkoi merkittävästi hidastua, kun etäisyys pohjaveden tasoon oli enemmän kuin 40–70 cm, turpeen laadusta riippuen.

Pitkälle maatuneissa turpeissa, esimerkiksi kausivaihtelevilla soilla, vesi on niin sitoutunut turvemassaan, että se liikkuu hyvin hitaasti. Tällä on vaikutusta suosammalten vedensaantimahdollisuuksiin, koska sammalet kykenevät säätelemään vedenottoa ja haihdutusta heikommin kuin putkilokasvit. Useimmat rahkasammalet eivät kestä latvuksen voimakasta kuivumista, joten hengissä pysyäkseen niiden on saatava vettä sateesta tai nostettava sitä kapillaarisesti pohjavedestä (Rydin 1985, Rydin ym. 1999). Mätäspinnan rahkasammalet (esim. ruskorahkasammal *Sphagnum fuscum*) pystyvät versorakenteensa avulla nostamaan vettä nopeasti ja tehokkaasti, joten kasvuston pinta pysyy tyyppillisesti tasaisen kosteana myös kuivana poutakautena. Sen sijaan joillakin märkäpintojen rahkasammalilla (esim. hentorahkasammal *S. tenellum* ja paakkurahkasammal *S. compactum*) tämä kyky on heikompi, mutta ne kestävätkin ajoittaista kuivumista, joten ne ovat tavallisia ns. kausivaihtelevilla suotyypeillä (tietolaatikot 12 ja 13) (Rehell & Laitinen 2013).

Suon turvekerroksen pohjavesi poikkeaa ominaisuuksiltaan niin selvästi mineraalimaiden pohjavesistä, että voidaan puhua erikseen suovedestä. Vedenpinnan taso vaihtelee erityyppisillä soilla hyvin eri tavalla (tietolaatikko 13). Suovedenpinnan tason vaihtelu on kuitenkin vähäistä moniin muihin elinympäristöihin (esimerkiksi vesistöt, rannat, kangasmetsät) verrattuna. Soiden turvekerros on rakenteeltaan tyyppillisesti kaksijakoinen (diplotelminen): ylempänä on huokoinen pinta-turvekerros ja sen alapuolella tiivis turvekerros. Rakenne vakauttaa suovedenpinnan vaihtelua. Märillä soilla suon huokoinen pinta nousee ja laskee vedenpinnan korkeuden vaihtelun mukaan, mikä vakauttaa vesitilannetta suokasvien kannalta. Ääriesimerkkinä tästä ovat lammen rantojen kelluvat turvepatjat, joissa suokasvillisuus on käytännössä aina samalla tasolla vedenpintaan nähden.

### 3.2 Soiden veden alkuperä ja käyttäytyminen

Soiden vesi on peräisin suolle tulevasta sateesta ja ympäröiviltä alueilta tulevasta valunnasta. Sadanta tarkoittaa pinta-alayksikölle vetenä ja lumena tulevaa vesimäärää (mm). Lyhyen ajan sadekertymät voivat vaihdella erittäin paljon. Sadannan pitkäaikaiset keskiarvot kuvaavat ilmastotyyppiä. Suomessa keskimääräinen sadanta on suurin Etelä- ja Itä-Suomessa, pienin Pohjois- ja Länsi-Suomessa.

Haihdunta kuvaa, paljonko vettä pinta-alayksiköltä poistuu haihtumalla ilmaan. Haihduntaan vaikuttavat muun muassa ilmasto, maan pinnan kosteus sekä kasvillisuus. Kasvukaudella suurin osa sateesta poistuu kasvien haihduttamana. Eniten haihduttaa korkea kasvillisuus, jossa lehtipinta-alaa on paljon, kuten metsät. Romanov (1968) havaitsi, että Baltian alueen märiltä ruohoisilta tai saraisilta soilta haihdunta oli 7 %-yksikköä suurempaa kuin kivennäismailta, sen sijaan haihdunta rahkaisilta keidassoilta oli 15 %-yksikköä pienempää kuin kivennäismailta. Tuuli ja erityisesti lämpötilan nousu lisäävät haihduntaa voimakkaasti. Suomessa keskimääräinen haihdunta on suurinta Etelä-Suomessa ja pienintä Pohjois-Suomessa sekä korkeilla alueilla.

Satavasta vedestä osa haihtuu, osa valuu maaston ja maalajikerrosten korkeussuhteiden mukaisesti pinta- ja pohjavesivarastoihin tai maa- ja suovedeksi. Vesisateen ja lumen sulamisen aiheuttama virtaaman kasvu näkyy alapuolisissa vesistöissä viiveellä. Pitkällä aikavälillä voidaan pinta- ja pohjavesiin varastoituneen veden määrä olettaa vakioksi, joten pinta-alayksiköltä keskimäärin valuntana poistuva vesimäärä eli ominaisvalunta saadaan keskimääräisen sadannan ja keskimääräisen haihdunnan erotuksena. Suomessa ominaisvalunta on suurinta Itä-Suomen ja Keski-Lapin korkeilla alueilla ja pienintä rannikolla ja saaristossa.

Kokonaisuudessaan Suomi on ilmastoltaan humidinen, eli vuotuinen sadanta ylittää vuotuisen haihdunnan ja vuotuinen ominaisvalunta on verraten suuri. Vettä jää painanteisiin ja soistuminen on yleistä. Niillä Itä- ja Pohjois-Suomen alueilla, missä sadannan ja haihdunnan erotus on kaikkein suurin, ilmaston kosteus näkyy myös kaltevien maastonkohtien soistumisena – rinne-soina. Maapallolla soita esiintyy erityisen run-

saasti juuri borealisella havumetsävyöhykkeellä. Lisäksi soita esiintyy sen pohjoispuolisella tundralla sekä paikoin etelämpänä lauhkean ja trooppisen vyöhykkeen humideissa osissa (Lappalainen 1996). Alueilla, joilla haihdunta ylittää sadannan, voi esiintyä lähinnä vesistöihin liittyviä luhtasoita sekä kausikosteikkoja.

Sadannan ja haihdunnan vuotuisten keskiarvojen lisäksi kasvillisuuteen vaikuttaa erityisesti kasvukauden aikainen märkien ja kuivien jaksojen vaihtelu. Esimerkiksi aapa- ja keidassuovyöhykkeiden eroksi on esitetty, että aapasuovyöhykkeellä kokonaishaihdunta jää keskikesällä keskimäärin sadantaa pienemmäksi, kun taas keidassuovyöhykkeellä haihdunta ylittää sadannan (Solantie 2006). Tämä näkyy aapasuovyöhykkeen runsaampana kesäaikaisena ominaisvaluntana (Sallantaus 2006). Hydrologinen ero aapa- ja keidassuovyöhykkeiden välillä koskee paitsi soiden, myös mineraalimaiden ominaisvaluntaa. Metsäiseltä valuma-alueelta suolle tuleva valunta ei aapasuovyöhykkeellä laske kesäisin niin alhaiseksi kuin keidassuovyöhykkeellä. Tämä ero vaikuttaa osaltaan suoveden laatuun, mikä puolestaan vaikuttaa suokasvillisuuteen sekä turpeen hajotukseen ja moniin biogeokemiallisiin ilmiöihin (ks. Tahvanainen 2011).

Minerotrofisen suon toiminta ja ominaisuudet ovat aina sidoksissa valuma-alueeseen. Suon pintavaluma-alueella tarkoitetaan sitä aluetta suon ympärillä, jolta vedet valuvat suon suuntaan. Valuma-alueen määrittäminen ja huomioiminen on ensiarvoisen tärkeää soiden vesitaloutta koskevia toimenpidesuunnitelmia laadittaessa (luku 6.1).

Suomessa kallio- ja maaperä läpäisevät vettä pääosin heikosti. Kallioperässä vallitsevat kiteiset kivilajit, joissa vesi voi liikkua vain raoissa. Kallion päällä on yleensä muutamia metrejä irtomaata (mediaani 3–4 metriä) ja suhteellisen tiiviit pohjamaoreenit vallitsevat. Näissä oloissa pohjavedenpinta on yleensä lähellä maan pintaa, ja valunnasta pääosa kulkee lähellä maan pintaa. Valunthuiput ovat lumensulamiskautena ja sadejaksojen jälkeen. Tavanomaisessa suomalaisessa maastossa, moreenimailla, pinta- ja pohjavedenjakajat eivät merkittävästi poikkea toisistaan ja vedenjakajan sijainti voidaan määrittää pinnan topografian perusteella siten, että vedenjakajat muodostuvat maaston korkeimmista kohdista (ks. luku 6.1).

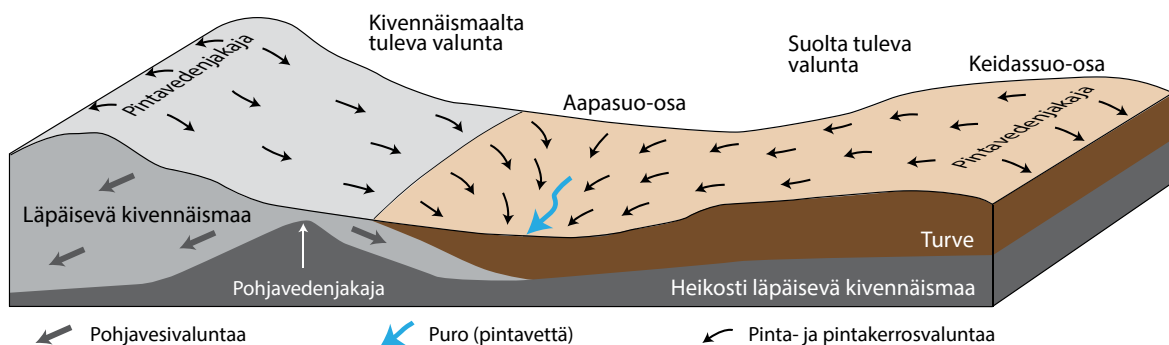
Erityisesti paksujen, hyvin vettä läpäisevien maakerrosten alueella, esimerkiksi hiekkaisilla ja soraisilla harjuilla ja reunamuodostumilla, pohjavedenjakajien paikat voivat poiketa pintavedenjakajista (esim. Heikkilä ym. 2001, vrt myös Siegel & Glaser 1987) (kuva 6). Pohjavedenjakaja sijaitsee kohdassa, jossa pohjavedenpinta on alueellisesti korkeimmalla tasolla (karkeilla mailla se voi sijaita verraten syvällä). Pohjavedenjakajan sijaintia voi arvioida ilman tarkempia pohjavesitutkimuksiakin muun muassa pohjaveden purkautumisesta ja muodostumisesta tehtyjen havaintojen perusteella. Myös harjujaksoa reunustavat suot sijaitsevat yleensä korkeimmalla pohjavedenjakajan kohdalla.

Pohja- ja pintavedenjakajat voivat sijaita eri kohdissa myös moreenien peittämien, piilossa olevien hiekka- ja sorakerrosten alueella (erityisesti Keski-Lapissa ja paikoin Pohjanmaalla) (esimerkiksi Lahermo ym. 1984), huokoisen sedimenttikallion alueilla (Satakunta, Muhos, Lauhavuori) sekä kallioperän rikkonaisuusvyöhykkeillä, jotka usein erottuvat topografiassa syvälle kuluneina laaksoina.

Alueet, joissa on paksuja, läpäiseviä maakerroksia, kuuluvat usein Suomen luetteloiuihin pohjavesialueisiin, joista saattaa olla pohjavedenkorkeustietoja Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskuksissa ja kuntien ympäristöviranomaisilla.

Tiedot voivat olla puutteellisia, ja ennallistettavan suon pohjaveden muodostumisalueiden määrittämisessä tarvitaan maastohavaintoja esimerkiksi lähteiden, lähdevaikutteisten soiden tai suotautumista osoittavien kausivaihtelevien painanteiden sijainnista.

Luonnontilaisilla soilla vedenpinta on lähellä turpeen pintaa ja suon vesivaraston vuodenaikaiset vaihtelut ovat yleensä suhteellisen pieniä. Tästä syystä soiden kyky tasata virtaamanvaihteluita on tyypillisesti pienempi kuin esimerkiksi vesistöjen tai kangasmaa-alueiden. Suovaltaisille valuma-alueille ovatkin ominaisia suhteellisen voimakkaat valunnan vaihtelut. Tämä näkyy suurina eroina ojien, purojen ja jokien vesimäärissä tulvakauden ja kuivan kauden välillä. Pintarakenneeltaan erityyppisten soiden välillä on kuitenkin suuria eroja tässä suhteessa. Jänteisillä rimpisoilla rimmet toimivat vesistöjen tavoin: ne varastoivat vettä ja tasaavat siten virtaamia. Märillä aapasoilla sulamisvesiä viipyykin pitkälle kesään. Useilla avosoilla vähäinen kaltevuus vaikuttaa valunnan vaihtelua tasaavana tekijänä (Verry 1988). Rimpisillä avosoilla samoin kuin runsaspuustoisilla soilla haihdunta voi pienentää etenkin kesäaikaista valuntaa. Suon puustoisuus voi myös tasata kevätvalumia, kun lumi sulaa hitaammin kuin aukeilta soilta.



Kuva 6. Kaaviokuva pinta- ja pohjavesivalunnasta sekä pinta- ja pohjavedenjakajien sijainnista.

### 3.3 Veden virtaus suolla ja sen vaikutus suokasvillisuuteen

Suolla vettä voi virrata pintavaluntana, turpeen huokosissa sekä suon alapuolisessa pohjamaassa.

**Pintavalunta** keskittyy tulvahuippuihin, Suomen oloissa etenkin keväiseen lumen sulamis-aikaan. Esimerkiksi luhtaisilla suojuoteilla voi keväällä virrata jäisen suon pinnan yli suuria määriä sulamisvesiä, mutta niiden vaikutus suokasvillisuuteen jää vähäiseksi.

Kasvukauden aikana vesi virtaa suolla etupäässä **turpeen huokostilassa**. Huokostilan veden virtaus ratkaisee suokasvillisuuden elinolosuhteet. Tästä syystä suoveden liikettä tarkasteltaessa keskitytään nimenomaan turpeessa tapahtuvaan veden virtaukseen.

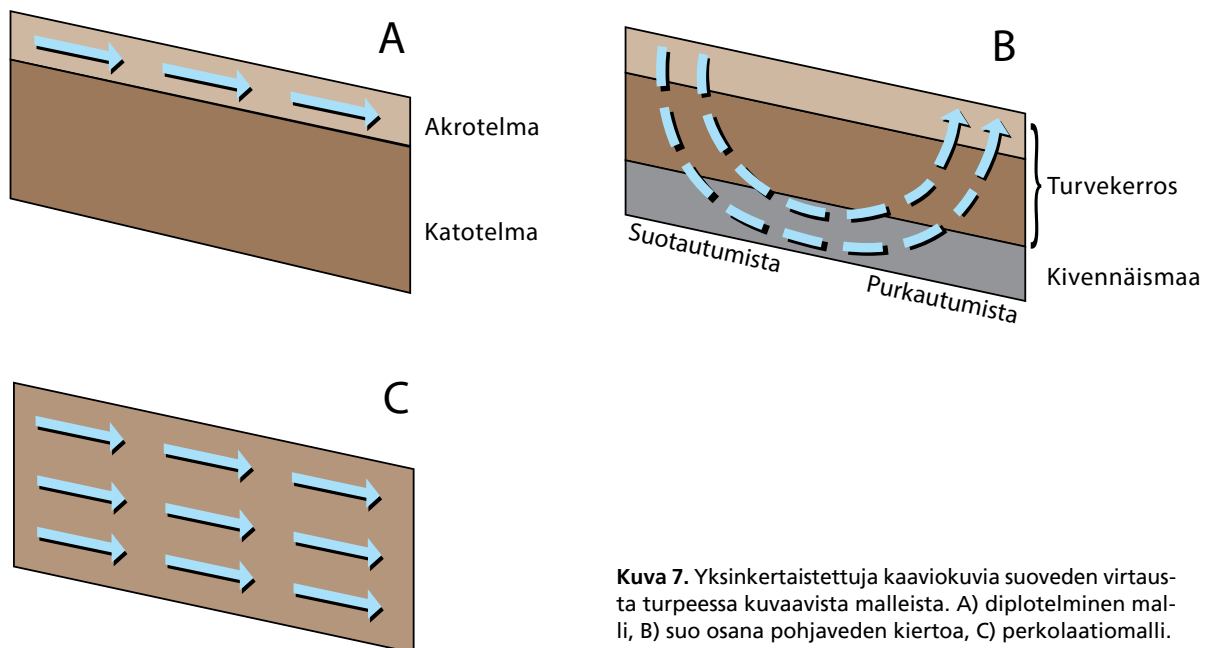
**Suon alapuolisessa pohjamaassa** vesi virtaa pohjavedenpinnan kaltevuuden mukaisesti ja virtaus on sitä voimakkaampaa, mitä paremmin maa läpäisee vettä. Yleensä suon pohjat ovat tiiviitä, heikosti vettä johtavia maalajeja, joissa veden virtaus on vähäistä. Tällöin valuma-alueelta kertyvä vesi virtaa tyypillisesti suon turpeen läpi. On myös soita, joissa valuma-alueelta kertyvät vedet virtaavat suon ali, hyvin vettäläpäisevässä kärkeassa maaperässä tai piilouomissa, eivätkä valuma-alueen vedet juurikaan vaikuta suon kasvillisuuteen.

#### 3.3.1 Suoveden virtausmallit

Turpeessa suovesi virtaa samojen lainalaisuuksien mukaan kuin kaikki pohjavesi: korkealta matalammalle (katso myös tietolaatikko 12). Turpeen kerrosten vedenjohtavuudet määräävät, mihin virtaus keskittyy. Monimutkaisen virtaussysteemin ymmärtämiseksi on esitetty yksinkertaistettuja malleja.

Yleisimmin käytetään niin sanottua **diplotelmista mallia** (Ivanov 1981, Ingram 1983) (kuva 7A). Sen mukaan suoturpeessa on kaksi selvästi toisistaan poikkeavaa kerrosta. Pintaturve (akrotelma) on huokoista ja johtaa hyvin vettä. Pintaturpeen alapuolinen turvekerros (katotelma) taas on tiivis ja johtaa vettä heikosti. Mallissa oletetaan, että veden virtaus katotelmassa on niin pientä, että se voidaan olettaa nolllaksi. Tällöin vesi virtaa kokonaisuudessaan akrotelmassa suovedenpinnan kaltevuuden suuntaisesti. Akrotelmassa on vedenpinnan itsesäätelymekanismi. Kun vettä tulee paljon, vedenpinta nousee ja poisvirtaus voimistuu. Kun vettä tulee vähän, vedenpinta alenee akrotelman alarajalle ja poisvirtaus pienenee nolllaan.

Diplotelminen malli on luotu alun perin kuvaamaan erityisesti keidassoiden vesitaloutta, mutta sen perusoletuksien voidaan katsoa olevan riittävällä tarkkuudella voimassa suurim-



Kuva 7. Yksinkertaistettuja kaaviokuvia suoveden virtaus-turpeessa kuvaavista malleista. A) diplotelmisen malli, B) suo osana pohjaveden kiertoa, C) perkolaatiomalli.

massa osassa Suomen soita (esimerkiksi Laitinen ym. 2007). Vaikka esimerkiksi rimpisten aapa- ja keidassoiden pinta-alasta suurin osa voi olla ruoppapintaa, josta diplotelminen rakenne puuttuu, näiden pintojen vedenpinnan vaihteluita säätelevät tyypillisesti jänteet tai kermit, joiden rakenne on diplotelminen.

Diplotelmisestä mallista poikkeavat suot, joissa vettä liikkuu alueelliseen pohjaveden muodostumiseen ja purkautumiseen liittyen myös **pystysuunnassa turvekerroksen ja pohjamaan välillä** (esim. Laitinen ym. 2008). Pohjaveden muodostumisalueilla vettä suotautuu suolta alaspäin ja pohjaveden purkautumisalueilla vettä nousee syvältä pintaan (kuva 7B).

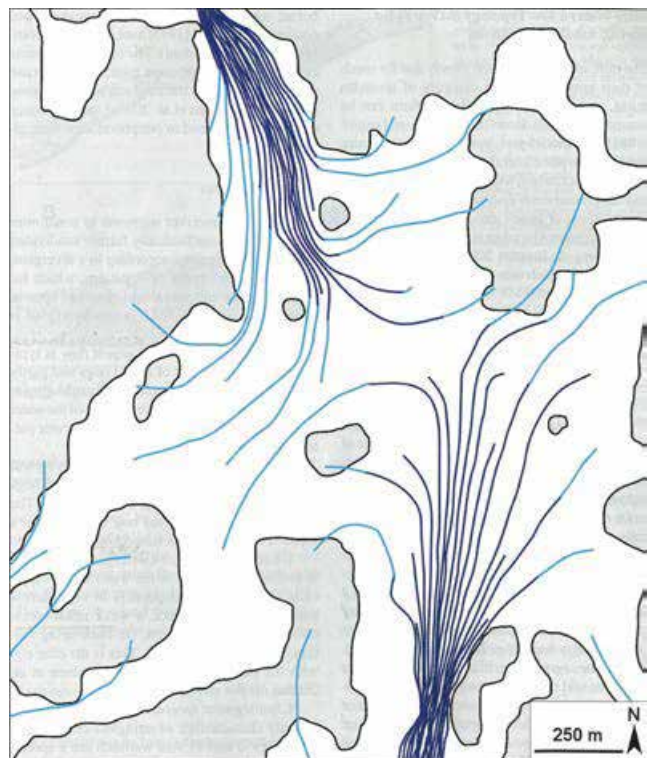
Diplotelmisestä mallista poikkeavat myös suot, joissa vesi virtaa huomattavan paksuja, huokoisia turvekerroksia myöten. Varsinaiset **perkolaatio- eli läpivirtaussuot** (esim. Joosten & Clarke 2002), joissa veden oletetaan virtaavan tasaisesti koko turvekerroksen paksuudelta (kuva 7C), lienevät Suomessa harvinaisia poikkeuksia. Varsin tavallisia sen sijaan ovat esimerkiksi lähde-

ja luhtavaikuteisilla nevoilla tilanteet, joissa pinnan hyvin vettä johtava kerros on huomattavan paksu ja sen alapuolinen saraturvekin johtaa vettä varsin hyvin. Näillä soilla veden virtaus muistuttaa läpivirtaussoiden tilannetta.

### 3.3.2 Veden virtaus laajoissa suosysteemeissä

Laajoja suosysteemejä ja niiden valuma-alueita tarkasteltaessa voidaan usein olettaa alueen soiden noudattavan pääosin diplotelmista mallia. Tällöin veden liikkeitä voidaan havainnollistaa veden virtausreittiä kuvaavien virtausviivojen avulla (kuva 8).

Virtausviiva-analyysi voidaan tehdä peruskartan ja ilmakuvan avulla, ja se on usein erinomainen keino havainnollistaa veden virtauksen suuntaa ja määrää esimerkiksi ennallistamisen suunnittelun yhteydessä (ks. luku 6). Virtausviivan piirtäminen aloitetaan jostain valuma-alueen pisteestä ja sitä jatketaan alaspäin kohtisuoraan korkeuskäyriä vastaan kuvaamaan virtauksen



**Kuva 8.** Aapasuosysteemin jako toiminnallisiin hydrotopografisiin yksiköihin (ilmakuvilta rajattavissa olevia, vesitaloudeltaan yhtenäisiä suon osia) (vasemmalla) 1 = marginaalialueet (ne suon osat, jotka eivät kuulu rakenteeltaan tunnusomaisiin "suomassiveihin", pääasiassa puustoisia soita ja soistumia kangasmaiden reunamilla), 2 = viettokeidas, 3 = syrjäosan lohkot ja juotit, 4 = keskusosan rimpi-jänne-topografia, 5 = keskustan avorimpialue, 6 = luhtainen "purkusuo". Oikealla virtausviiva-analyysi vastaavalta alueelta (vaalean siniset viivat luovuttajaosalla, tummemmat vastaanottajaosalla). Esimerkkikohteena Simon Hoikkasuo (Laitinen ym. 2007). Ilmakuvan © Metsähallitus 2013, © Maanmittauslaitos 1/MML/13.

suuntaa. Jos aloituspisteet sijoitetaan säännöllisesti valuma-alueelle ajateltujen samankokoisten ruutujen keskipisteisiin, yhden viivan voidaan ajatella kuvaavan yhden ruudun alalta lähtevää valuntaa. Tällöin viivojen tiheydestä voi päätellä suon pintakerroksessa virtaavaa vesimäärää.

Simon Hoikkasuon esimerkkitaipauksessa virtausviiva-analyysiä on verrattu ilmakuvilta tehtyyn aapasuon toiminnallisten yksiköiden jakoon (kuva 8). Aapasuosysteemin vesien virtausten tarkastelussa keskeistä on pääjako rahkaiseen vesien luovuttajaosaan (syrjäosaan) ja rimpiseen vesien vastaanottajaosaan (keskusosaan). Luovuttaja- ja vastaanottajaosat erottuvat yleensä myös ilmakuvilta.

**Rahkainen luovuttajaosa** on vedenjakajan tuntumassa ja siinä veden virtaus on vähäistä. Luovuttajaosassa hajaantuvien virtausviivojen alueella vallitsevat keidassuot, yhdensuuntaisten virtausviivojen alueella on muita rahkaisia suotyyppejä (lohkot, kuva 8). Siellä, missä virtausviivat ovat tiheimmillään, on paikallisia virtausjuotteja. Rahkaisessa ympäristössä olevat märät pintavesijuotit näkyvät ilmakuvissa erityisen selvästi ja ne ovat usein aapasoiden ja keidassoiden reunamien näkyvimpiä rakenteita.

**Rimpiselle vastaanottajaosalle** kertyy vesiä laajalta alalta ja siinä virtaus on runsasta. Vastaanottajaosassa hajaantuvien virtausviivojen alueella sijaitsevat tyypillisesti kaikkein mörkimät avorimmikot (tasainen vedenpinta), yhdensuuntaisten viivojen alueella ”tavanomaiset” rimpijännerakenteet (porrasmaisesti hieman viettävä vedenpinta) ja tiheimpien virtausviivojen alueella on ns. ”purkusoiksi” nimettyjä jänteettömiä, voimakkaasti virtaavia osia (esimerkiksi luhtanevoja), jotka voivat viettävämpien kynnysten kohdalla puristua purojuoteiksi.

Pääjako luovuttaja- ja vastaanottajaosaan on laajoissa suosysteemeissä tyypillisesti jyrkkä. Luovuttajaosassa pohjakerroksen rahkasammalten peittävyys on usein lähes 100 %. Vastaanottajaosassa taas sammalettoman ruopparimpipinnan osuus on huomattava. Suon pintakerroksessa virtaava vesimäärä vaikuttaa siihen, missä määrin rahkasammalet pääsevät leviämään kasvilli-

suudessa. Esimerkiksi diplotelmisen mallin mukaan käyttäytyvissä moreenimaiden aapasuosysteemeissä on havaittu selvä riippuvuus valuma-alueelta tulevan vesimäärän ja rahkasammalten peittävyuden välillä (Rehell ym. 2012). Aapasoiden keskiosille tyypillinen sarainen ruopparimpipintakasvillisuus vaatii siten säilyäkseen tietyn minimivaluma-alueen.

Edellä kuvattu suora suhde valuma-alueelta suon osan läpi tulevan vesimäärän ja kasvillisuuden laadun välillä on voimassa silloin, kun valuma-alueen kankailta tuleva valunta on vallitsevasti pintakerrosvaluntaa tai purkautuu muuten käytännöllisesti katsoen kokonaan jo heti suon reunalla.

Pintaturpeen läpi virtaavan veden kokonaismäärä näyttää siis määrävän suoalueen kasvillisuuden kehityksen päälinjat (tietolaatikko 12). Vedenpinnan taso määräytyy virtaaman määrän, turpeen vedenläpäisevyyden ja kaltevuuden perusteella. Mikäli kaltevuus on sama koko suolla ja pintaturpeen rakenne on suon eri osissa samankaltainen, voidaan vedenpinnan tasosta päätellä suoraan myös virtaavan veden määrä. Kaltevuuksien ja turpeen vedenläpäisevyyksien avulla on mahdollista laskea vedenpinnan taso (ns. topografinen kosteusindeksi, Beven & Kirkby 1979). Kaikenlaisille suosysteemeille on kuitenkin ominaista tasaisempien alaiden ja viettävämpien kynnysten vuorottelu. Kynnykset erottuvat suon pientopografiassa veden virtaussuuntaa vastaan kohtisuorina kuivapintaisempina osina. Aapasoiden jänteet ja keidassoiden kermit toimivat kynnysinä, jotka patoavat yläpuolelleen tasaisempia rimpia ja kuljuja. Isot topografiset kynnykset taas voivat padota laajoja suoaltaita ja ne sijoittuvat tyypillisesti suoyhdistymien rajoille. Hyvin kehittyneille keidassoille on voinut kehittyä myös kynnysmäinen reunalaisuus patoamaan tasaisempaa keidassuokeskustaa.

Ennallistamista suunniteltaessa voitaisiin edellä mainittujen periaatteiden avulla laskea, mille tasolle vesi nousisi suon eri osissa (esim. van der Schaaf & Streefkerk 2003). Käytännössä riittävän tarkkojen ja kattavien lähtötietojen saaminen on kuitenkin työlästä.

### 3.4 Pohjavesisuot

Kun suolla muodostuu tai sinne purkautuu pohjavettä, vaatii suon hydrologian tarkastelu kolmiulotteista lähestymistapaa.

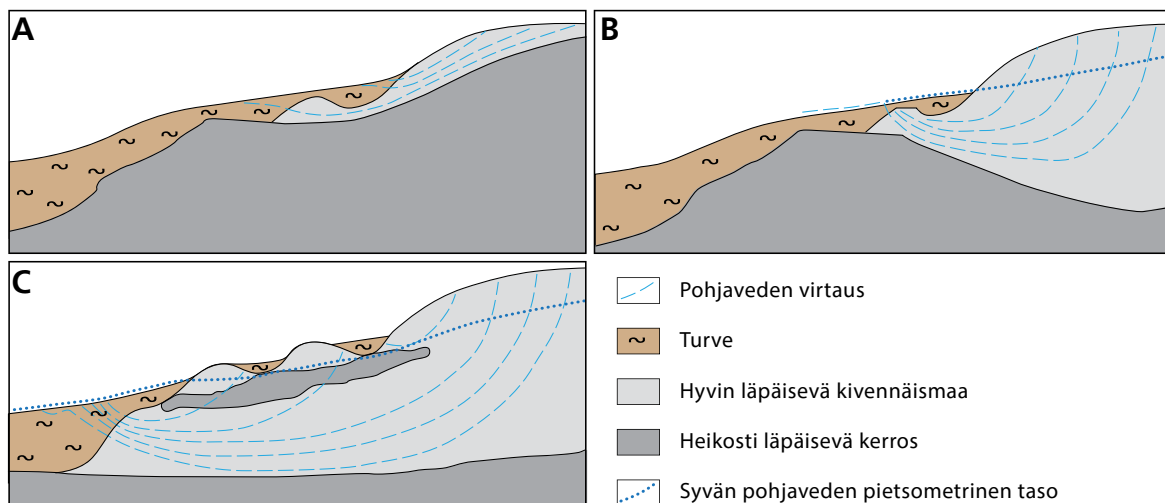
Suomessa **ohuehko moreenipeite verhoaa loivapiirteistä kiteistä kallioperää** (kuva 9A) laajoilla aloilla. Kankailta tuleva valunta virtaa lähellä pintaa ja purkautuu suolle heti kankaan reunassa. Lähteisyys on heikkoa ja rajoittuu vähäisiin tihkupintoihin aivan kankaan laidassa. Tällöin suon valuma-alueen määrittäminen on yksinkertaista ja suon voidaan olettaa noudattavan diplotelmistä mallia.

Toinen tavallinen tilanne on **läpäisevän harjumuodostuman** rajautuminen jyrkästi viereiseen tiivispohjaiseen suoalueeseen (kuva 9B). Harjuilla muodostuu runsaasti pohjavettä, koska pohjavedeksi suotautuu parhaimmillaan lähes koko se osa sadannasta, joka ei poistu haihtumalla. Pohjavettä purkautuu suurista harjumuodostumista tasaisesti ympäri vuoden. Harjuissa pohjavesi voi kulkeutua kauaskin muodostumisalueeltaan. Mikäli pohjavesi purkautuu suolle, se kumpuaa tyypillisimmin suuriin, pistemäisiin avolähteisiin kankaan ja suon rajalle. Lähteistä vesi voi virrata purona eteenpäin, eikä purkautuva pohjavesi välttämättä leviä suolle lainkaan.

Jos pohjavedet leviävät suolle, suon hydrologia poikkeaa selvästi tavanomaisista moreenimaiden soista. Suolle tulee runsaasti vettä läpi kasvukauden, joten suolta myös purkautuu runsaasti vet-

tä kuivinakin kausina. Suo on myös jatkuvasti pintaan saakka märkä ja harjun kupeessa sijaitessaan viettää voimakkaasti, joten se ei kykene varastoimaan lisävesiä juuri lainkaan, vaan vesi purkautuu sateiden jälkeen nopeasti. Esimerkki tällaisesta suosta on Oriveden Vatiharjun kupeessa sijaitseva Lakkasuo (Laine ym. 2004). Samalla tavoin sateisiin reagoivia soita on myös esimerkiksi Kanadassa (Roulet 1991).

Jos kivennäismaalla on **laajoja ja paksuja, kerroksellisia maapatjoja** (kuva 9C), pohjavesi voi virrata eri kerroksissa hyvin erilaisia matkoja. Muodostuman reunamilla voi olla lyhytmatkaisiin pohjavesiin ja orsivesiin (tietolaatikko 11) liittyviä pieniä lähteitä ja soistumia, joiden reunan kausivaihtelevilta osilta vettä suotautuu syvemmälle pohjavesiin. Pohjavettä voi purkautua jopa kilometrien päässä muodostumisalueesta, esimerkiksi luhtaisina (koivulettomaisina) tihkuvyöhykkeinä laajojen aapasoiden keskiosissa. Tällaisten muodostumien vesitalouden ymmärtäminen edellyttää laajaa pohja- ja pintavesien virtausten kolmiulotteista tarkastelua. Alueen suoluonto voi olla hyvin vaihtelevaa, sillä suosysteemissä voi olla tavanomaisten suo-osien lisäksi kausivaihtelevia soita ja aroksteikkoja pohjavesien muodostumisalueella sekä reheviä tihkupintoja, lettoja ja läpivirtaussoiden tapaisia märkäpintaisia juotteja pohjavesien purkautumisalueella. Tällaisessa maastossa erilaisten toimenpiteiden (niin ojituksen kuin ennallistamisen) vaikutukset voivat olla huomattavan laajoja ja vaikeita ennakoida.



**Kuva 9.** Esimerkkejä pohjaveden muodostumisesta ja purkautumisesta erilaisissa geologisissa perustilanteissa. A) ohuehko moreenipeite verhoaa loivapiirteistä kiteistä kallioperää, B) läpäisevä harjumuodostuma, C) laajoja, paksuja kerroksellisia maapatjoja. (vrt. Heikkilä ym. 2001, Laitinen ym. 2007).

### 3.5 Suoveden laatu

Suolle tuleva sadevesi ja ympäristöstä kertyvä valumavesi eroavat kemiallisilta ominaisuuksiltaan. Sadevedessä on hyvin vähän liuenneita aineita ja se on lievästi hapanta. Maassa virtaavaan veteen liukenee hiilidioksidia, mineraali-ioneja ja happamia orgaanisia aineita. Lyhyen matkaa karussa, esimerkiksi hiekkaisessa ympäristössä virrannut vesi muistuttaa koostumukseltaan edelleen sadevettä, pitemmän matkan ja ajan maakerroksissa virrannessa pohjavedessä on runsaammin mineraaliaineita.

Maaperän ominaisuudet vaikuttavat liuenneiden mineraalien määrään. Moreenimailla suurin osa suolle tulevasta valunnasta tulee lumensulamiskaudella ja runsaiden sateiden aikana, jolloin vesi liikkuu maan pintakerroksessa. Runsaan veden aikana emäskationien pitoisuudet ovat pienimmillään, mutta pintamaasta uuttuu orgaanisia aineksia sekä rautaa ja alumiinia. Lämpäisevillä mailla pintakerrosvaluntaa ei ole, ja pintamaasta suotautuvaan veteen uuttunut orgaaninen aines pidättyy rikastumiskerrokseen raudan ja alumiinin kanssa.

Myös tiiviillä moreenimailla osa sadevedestä päätyy pohjavedeksi. Pohjavettä purkautuu suolle paikallisesti, ja se ilmenee vaateliaan kasvilajiston esiintymisenä. Jos alueella on kalkkipitoisia, helposti rapautuvia mineraaleja, pohjaveden kalsiumpitoisuus voi nousta korkeaksi, mikä ilmenee kalkkia suosivan (tai sietävän) kasvilajiston esiintymisenä. Kalsiumin sijaan pohjavedessä voi olla myös runsaasti magnesiumia tai natriumia, jotka rapautumistuotteina vaikuttavat kasvillisuuteen samansuuntaisesti kuin kalkki (Tahvanainen 2004). Hapettomissa maakerroksissa, joita on esimerkiksi suoaltaan rahkaisten luovuttajaosien alapuolisissa kivennäismaissa, virtaavaan pohjaveteen liukenee rautaa, jota saostuu pohjaveden purkautumisalueella suon pinnalle tai lähteikköihin veden ilmastuessa. Pääravinteiden (typpi ja fosfori) pitoisuudet ovat luonnon pohjavesissä yleensä pieniä, tyypeä on usein vähemmän kuin sadevedessä. Moreenimaiden pintakerrosvalunnassa pitoisuudet ovat korkeampia, erityisesti häiriöiden, kuten metsätalouden toimenpiteiden, seurauksena.

Veden alkuperä vaikuttaa suoveden ominaisuuksiin, mutta myös vesien liikkeen ja veden laadun välillä on tiivis vuorovaikutus. Suo pidät-

tää läpivirtaavista vesistä alkuaineita biologisten ja kemiallisten prosessien kautta. Ne kerrostuvat turpeeseen, mutta turpeesta myös liukenee veteen ennen kaikkea kasvien osittaisessa hajoamisessa muodostuvia orgaanisia happoja, jotka vaikuttavat merkittävästi vesien happamuuteen (Hemond 1980, Tahvanainen ym. 2002). Mitä voimakkaammin suovesi virtaa, sitä nopeammin orgaaniset hapot huuhtoutuvat pois.

Pohjaveden virtaus tuo suolle myös mineraaleja, mikä nostaa veden alkaliniteettiä ja neutraloi orgaanisten happojen vaikutusta. Myös runsas pohjaveden virtaus nostaa pH:ta, vaikka veden mineraalipitoisuudet olisivat alhaisia (Tahvanainen ym. 2002, Laine ym. 2004). Toisaalta pohjaveden korkea mineraalipitoisuus pystyy nostamaan pH:ta tehokkaasti silloinkin, kun veden virtaus on vähäisempää. Tällainen tilanne vallitsee kalkkivaikutteisilla letoilla. Orgaanisten happojen ja mineraalikaliniteetin sekä hiilidioksidin kylästysasteen välinen tasapaino määräävät veden pH-tasoa, joka on veden kemiallisista tunnuksista kaikkein selvimmässä yhteydessä kasvillisuuteen (Tahvanainen 2004).

Suokasveista sammalet ilmentävät tarkasti veden laatua (tietolaatikko 10). Sammallaajiston avulla voidaan määrittää suoalueen trofiataso, joka kuvaa etenkin suoveden pH:ta. Karuin trofiataso, ombrotrofia, vallitsee keidassoilla, jotka saavat vettä ainoastaan sateesta. Keidassoilla suoveden pH on yleensä alle 4,2 ja kalsiumpitoisuus alle 0,5 mg/l. Sammallaajistossa on happamia oloja sietäviä lajeja, etenkin karujen soiden rahkasammalia. On merkillepantavaa, ettei mikään rahkasammallaji rajoitu kasvamaan pelkästään ombrotrofisilla soilla.

Minerotrofisille soille tulee vettä sateen lisäksi valuntana valuma-alueelta, joten minerotrofisten soiden läpi virtaa enemmän vettä kuin ombrotrofisten. Minerotrofisilla soilla veden pH on korkeampi ja siinä on enemmän mineraalimaalta liuenneita mineraaleja. Kasvillisuudessa minerotrofia ilmenee vaateliaampien kasvilajien menestymisenä karun ympäristön lajien lisäksi.

Karuimmalla minerotrofisella tasolla (oligotrofinen taso, esim. lyhytkortiset kalvakkanevat, lyhytkortiset rämeet) kasvillisuudessa ei ole lainkaan varmoja minerotrofiaa osoittavia lajeja, mutta veden laadun tunnuksissa minerotrofia näkyy esimerkiksi alumiinin ja raudan pitoisuuksissa, vaikka pH olisi ombrotrofian tuntumassa (Tahva-



nainen ym. 2002). Toisaalta minerotrofiaa osoittavia saroja voi esiintyä myös pintavesikemian perusteella ombrotrofisella suolla, jos kasvien juuret yltyvät minerotrofiseen turvekerrokseen (Tahvanainen 2011).

Meso- ja eutrofisella tasolla korkean pH:n indikaattorikasvit menestyvät ja karujen paikkojen lajit väistyvät tai jäävät mättäille tai muille veden virtauksesta syrjässä oleville paikoille. Korkeammalla trofiatasolla myös veteen liuenneiden mineraalien pitoisuudet ja suoveden pH-arvot ovat korkeammat. Oligotrofiassa pH-arvot ovat tyyppillisesti alle 5 ja mesotrofiassa 4,5–6. Letoilla vesi on usein likimain neutraalia, mutta pH voi vaihdella laajastikin, välillä 5,5–8,5. Eri trofiatasojen pH-arvot menevät siis päällekkäin ja yksi syy tähän on hiilidioksidin pitoisuuden vaihtelu, joka aiheuttaa pH-arvoon mm. vuorokausirytmien mukaista vaihtelua (Tahvanainen & Tuomala 2003). Myös trofiaa selittävissä kemiallisissa tunnuksissa, esimerkiksi kalsiumpitoisuuksissa, on päällekkäisyyttä ja laajaa vaihtelua eri ravinteisuusluokissa. Lettokasvillisuutta on joskus kalsiumpitoisuuden ollessa vain noin 2 mg/l (Tahvanainen ym. 2002), mutta parhailla kalkkialueiden letoilla yli 20 mg/l pitoisuudet ovat tavallisia.

### 3.6 Metsäojituksen vaikutukset suon vesitalouteen ja vesistökuormitukseen

Ojituksella alennetaan suoveden pinnan tasoa turpeessa, jotta puiden kasvu paranee hapellisen pintakerroksen paksuntuessa. Tavoitteena on vähintään 40 cm:n syvyinen ilmava kerros (kuivavara) suon pintakerroksessa (esim. Päivänen 2007).

Ojituksissa on huomioitu suon luontaiset vesien virtaussuunnat. Laskuoja on usein sijoitettu suon matalimpaan kohtaan ja sarka- eli kuivatusojat on kaivettu vinosti suhteessa suon pääkaltevuuteen, jotta kuivatusvaikutus olisi optimaalinen. Suon laitaa kivennäismaan reunaan kaiveutut niskaojat katkaisevat kivennäismailta tulevan pintaveden valunnan ojitusalueelle.

Uudisojitus on hyvin merkittävä muutos suon hydrologiassa ja sen vaikutukset korostuvat valuma-alueen vesien varassa kehittyneillä minerotrofisilla soilla. Ojat katkaisevat valuma-alueen vesien kulun suon pintakerroksessa ja virtaukset siirtyvät ojiin. Valuma-alueen vedet päätyvät likimain muuttumattomina ojaverkostoa pitkin ala-

puolisiin vesistöihin, kun ne eivät enää suotaudu suon läpi. Veden liike siirtyy turvekerroksessa luontaista syvemmälle ja turvekerrokseen aikojen saatossa kertyneitä aineita alkaa vapautua tehostuneen hajotuksen myötä valumavesiin. Puusto käyttää suuren osan hajotuksessa vapautuvista ravinteista ja vähitellen suon kasvillisuus korvautuu metsäkasvillisuudella.

Metsäojitus lisää valuntaa. Kattavia valuntahavaintoja on vain muutamilta ojituskohteilta Suomesta. Ojituksella liikkeelle lähtevän veden määrää voidaan arvioida myös epäsuorasti laajoihin aineistoihin perustuen. Veden poistuminen ilmenee vedenpinnan laskuna suon pintaan nähden eli pintakerroksen kuivavara kasvaa. Tämän lisäksi suon pinta painuu. Kuivavaran kasvu ja painuma yhteensä kertovat poistuneen vesimäärän. Pääosa vedestä poistuu muutamassa vuodessa.

Kun vesipinta on kasvukaudella tavoitellulla 40 cm:n syvyydellä, on kuivavara Laineen (1984) ilmoittamien pohjavesikertoimien perusteella noin 120 mm. Paksuturpeisilla soilla poistuva vesimäärä voi olla paljon keskimääräistä vuosivaluntaa (noin 300 mm) suurempi, mikä näkyy suon voimakkaana painumisena (Sallantaus 1983). Märillä soilla on raportoitu yli puolen metrin painumisia. Keskimääräisiä metsäojitusalueita edustavilla soilla painuminen on tätä selvästi vähäisempää. Laajassa metsäojitusaineistossa suon pinta on ollut noin 60 vuoden kuluttua ojituksesta keskimäärin 22 cm luonnontilaa alempana (Minkkinen & Laine 1998a).

Pitkällä aikavälillä suon vesivaraston tyhjenemisvaluntaa merkittävämpi muutos valunnan kannalta on haihdunnan väheneminen ojituksen jälkeen. Alkujaan märkien ja vähäpuustoisten soiden ojitusalueilta haihdunta voi vähentyä aluksi jopa satoja millimetrejä vuodessa, ja valunnan lisäys ojitusta edeltävään tilanteeseen verrattuna voi kestää jopa 20 vuotta (Seuna 1981). Puuston kasvaessa haihdunta lisääntyy ja valunta vähenee.

Alivalumien eli kesän ja sydäntalven vähävetisimpien kausien valumien kasvu ojituksen seurauksena on erityisen voimakasta heti ojituksen jälkeen, mutta se on myös pitkäaikainen hydrologinen muutos (Seuna 1981, 1982, 1988, Ahti 1987, Sirin ym. 1991). Alivalumat voivat kasvaa erityisesti pohjavesimuodostumaan rajoittuvilla ojitusalueilla, jos ojat alentavat vedenpintaa pohjavesimuodostumassa (Verry 1988).

Ojituksen seurauksena turve kuitenkin tiivistyy vähitellen ja sen diplotelminen rakenne häviää. Minkkisen & Laineen (1998b) aineistossa ylimmän 80 cm:n turvekerroksen tiheys oli noin 60-vuotiailla ojitusalueilla 62 % suurempi kuin vastaavilla luonnontilaisilla soilla. Muutokset olivat voimakkaimpia Etelä-Suomessa ja rehevillä soilla. Turpeen tiivistyessä sen vedenjohtavuus heikkenee, pohjavesipinnan vaihtelut kasvavat (Päivänen 1973) ja alivalumat pienenevät vähitellen.

Ojituksen vaikutuksista ylivalumiin eli tarkasteltavan ajanjakson suurimpiin valumiin on saatu ristiriitaisia tuloksia, mutta pääsääntöisesti ylivalumiin on havaittu kasvaneen (Seuna 1981, 1982, 1988, Verry 1988, Sirin ym. 1991, Johansson & Seuna 1994, Holden ym. 2004). Muutos ei kuitenkaan ole täysin pysyvä. Esimerkiksi Ruokolahden Huhtisuonojan kevätylivalumat pienenevät puuston kehittymisen myötä ja olivat luonnontilaista pienempiä noin 20 vuotta ojituksen jälkeen (Seuna 1981). Vaikka puuston vaikutus haihduttajana on merkittävä ja esimerkiksi 100 m<sup>3</sup>:n puusto hehtaarilla alentaa haihduttamalla vedenpinnan kesäaikaista keskitasoa 20 cm (Lukin 1988, Vasander & Lindholm 1989), lisääntyneiden kesätulvien riskiä pidetään pysyvänä metsäojituksen aiheuttamana muutoksena (esim. Seuna 1981, Ahti 1987). Pieni kuivavara, turpeen vähittäinen tiivistyminen ja ojien virtauksia nopeuttava vaikutus ovat tätä selittäviä tekijöitä. Vesistömittakaavassa metsäojitusten on todettu lisänneen kevätylivalumia aapasuovyöhykkeellä, karkeana yleistyksenä noin 0,5 % yhtä valuma-alueen metsäojitusprosenttia kohden (Hyvärinen & Vehviläinen 1980). Keidassuovyöhykkeellä ojitus pienensi kevätylivalumia.

Kunnostusojituksen vaikutukset valuntaan ovat melko vähäisiä (Ahti 2005). Vain alivalumat kasvavat hieman. Suometsiköiden hakkuut saattavat vaikuttaa valuntaan vähemmän kuin kiivenäismaiden hakkuut. Tämä on todettu ojittamattomilla soilla, joilla puuston poisto aiheuttaa turvemaan pinnan vettymisen, jonka haihdutus korvaa vähentyneen puuston haihdunnan (Verry 1981).

Uudisojituksen vaikutuksia veden laatuun on Suomessa tutkittu vain muutamilla kohteilla (Heikurainen ym. 1978, Hynninen & Sepponen 1983, Ahtiainen & Huttunen 1999). Ruotsissa on seurattu neljää ojitusaluetta ennen ojitusta ja

sen jälkeen (Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunta 1988, Lundin 1988). Kokemuksia on saatu myös turvetuotantoa varten tehdyistä ojituksista (Sallantaus 1983), ja kunnostusojituksen vaikutuksista veden laatuun on mittavat aineistot (Manninen 1998, Joensuu 2002, Åström ym. 2001a, b, 2002, 2005).

Uudisojituksen fosforin ja typen ominaiskuorman on käytetty 1,61 kg/ha ja 21,1 kg/ha (arvot laskettu kymmenelle vuodelle, Kenttämies 2006) mm. kansallisen metsäohjelman tarpeisiin. Arvot on saatu suojavyöhykkeelliseltä Suopuron ojitusalueelta Nurmes-tutkimuksesta (Ahtiainen & Huttunen 1999). Koivupurosta saadut tulokset ovat samaa suuruusluokkaa (Ahtiainen & Huttunen 1999). Ruotsalaisissa tutkimuksissa ravinteiden huuhtoumien kasvu on ollut Nurmes-tutkimuksessa havaittua vähäisempää (Lundin 1988).

Ojituksen vaikutuksen kestoa ravinnehuuhtoumiin on vaikea arvioida, koska ojitus aiheuttaa pysyviä hydrokemiaalisia muutoksia valuma-alueen prosesseihin. Joensuu (2002) raportoi vanhoilta ojitusalueilta fosforin osalta kolminkertaisia ja typen osalta noin 1,5-kertaisia huuhtoumia luonnontilaisten valuma-alueiden arvoihin (Kortelainen ym. 2006) verrattuna. Kunnostusojituksen aiheuttamaksi fosforin ja typen ominaiskuormitukseksi on esitetty 0,98 ja 0 kg/ha Joensuun (2002) tutkimusaineistoon pohjautuen (Finér ym. 2010). Typen 0-kuormitus johtuu siitä, että vaikka epäorgaanisen typen huuhtoumat kasvoivat, orgaanisen typen huuhtoumat keskimäärin vähenivät (ks. myös Åström ym. 2001b, 2005).

Metsätalousmaiden ravinnehuuhtoumia kasvattavat myös turvemaiden metsänkäsittelytoimenpiteet ja lannoitukset. Metsänuudistamisen ominaiskuormiksi on esitetty fosforille 0,64 kg/ha ja typelle 25,9 kg/ha (Finér ym. 2010). Suurimmat suometsätalouden fosforin ominaiskuormat, yli 10 kg/ha, aiheutti vuosina 1978–1988 käytetty liukoista fosforia sisältänyt metsänlannoite (Kenttämies 2006).

Liuenneen orgaanisen aineksen (DOC) huuhtoutumiin soiden ojitus vaikuttaa monitahoisesti. Suoalueen valunnan kasvu lisää liuenneen orgaanisen aineksen huuhtoutumisen edellytyksiä, mutta suoalueen turvekerroksen läpi kulkeutuvan valunnan väheneminen puolestaan vähentää niitä (Sallantaus 1988). Veden virtaus siirtyy ojituksen jälkeen syvempiin maakerroksiin, mikä etenkin ohutturpeisilla soilla saattaa näkyä valumaveden

alentuneina orgaanisen aineksen pitoisuuksina melko pian ojituksen tai kunnostusojituksen jälkeen (Hynninen & Sepponen 1983, Lundin 1988, Joensuu 2002, Åström ym. 2001a, 2005). Ojituksen seurauksena veden orgaanisen aineksen pitoisuudet kuitenkin nousevat suon pintakerroksessa, esimerkiksi saroille sijoitetuissa pohjavesikaivoissa, koska valuma-alueen vedet eivät niitä laimenna ja huuhto pois. Oriveden Lakkasuon pohjavesikaivojen orgaanisen hiilen pitoisuudet olivat ojitetulla saranevalla viisinkertaisia ja ojitetulla sararämeellä kaksinkertaisia luonnontilaisiin verrattuna (Sallantaus 1995). Huuhtoumat suoaluetta kohden olivat ojitetulla ja luonnontilaisella suolla kuitenkin likimain samaa luokkaa (Laine ym. 2004 viitteinen).

Vesistöjen pitkäaikaisseurannoissa ei ole saatu selkeää näyttöä metsäojitusten vaikutuksista vesistöjen humuspitoisuuksiin (Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunta 1988, Räike ym. 2012).

Uudisojituksen vaikutus valumavesien happamuuteen on pääosin neutraloiva (Heikurainen ym. 1978, Ramberg 1981, Hynninen & Sepponen 1983, Sallantaus 1983, Lundin 1987, 1988, Berry & Jeglum 1991, Manninen 1998, Ahtiainen & Huttunen 1999, Prévost ym. 1999, Holden ym. 2004). Kunnostusojitus vaikuttaa samoin (Joensuu 2002). On kuitenkin olosuhteita, joissa ojitus happamoittaa valumavesiä ainakin ajoittain, esimerkiksi ns. alunamaiden ohutturpeisilla rikkipitoisilla soilla (Saarinen ym. 2013). Rikkiä kertyy turpeeseen suolle valuvista vesistä myös rikkipitoisten kivilajien alueilla (Herranen 2009). Ojitus lopettaa kertymisen (Sallantaus 1988, Lundin 1988), ja orgaanisen rikin hapettuminen saattaa happamoittaa valumavesiä hetkellisesti. Jos koko ojituksen vaikutuspiirissä oleva turvekerros on ombrotrofista, ojitus ei nosta valumavesien pH-arvoja ja vanhoilla ojitusalueilla pH saattaa olla huomattavan alhainen, jopa 3,7 (Sallantaus 1983, 1992).

Vaikka metsäojitus pääsääntöisesti neutraloi vesiä valuma-alueittakaavassa, suon pintakerrosta se happamoittaa, koska neutraloivien prosessien yhteydet pintaturvekerrokseen katkeavat (Lukkala 1929, Vahtera 1955). Happamoittavista prosesseista tärkein on liukoisten humusaineiden pitoisuuksien kasvu suon pohjavesissä. Humusaineet uuttavat turpeen vaihtuvia kationeja suoveteen ja valumavesiin, minkä seurauksena suon

emäskationivarat vähenevät. Myös puuston ravinteidenotto vähentää turvekerroksen ravinnevaroja. Lakkasuolla ojitetun sararämeen suoveden kalsiumpitoisuus oli runsaat 30 vuotta ojituksesta kolminkertainen luonnontilaiseen verrattuna, ja tuon ikäisillä sararämeiden ojitusalueilla huuhtoutumisen merkitys turpeen kalsiumvaroihin oli vielä puustoa merkittävämpi. Herkästi liikkuva natrium oli pääosin jo huuhtoutunut ja biologisesti tärkeä kalium oli sitoutunut pääosin puustoon, joten niiden pitoisuudet olivat jo huomattavasti luonnontilaa alhaisempia (Sallantaus 1995). Myös muualla Etelä- ja Keski-Suomessa seuratuilla kohteilla on havaittu ojituksen nostavan liuenneen orgaanisen aineksen sekä kalsiumin, magnesiumin ja typen pitoisuuksia saroilla (Haapalehto ym., julkaisematon).

Kiintoaineen huuhtoutuminen kasvaa voimakkaasti ojituksen seurauksena (esim. Metsä- ja turvetalouden vesiensuojelutoimikunta 1988, Holden ym. 2004 viitteinen). Vaikutukset ovat olleet vakavimpia pienvesissä (esim. Vuori ym. 1998). Nykyisissä ohjeissa korostetaan huuhtoutumisen vähentämistä esim. lietekuoppien, laskeutusaltaiden ja purojen ympärille jätettävien suojavyyhykkeiden avulla. Myös esimerkiksi kosteikkojen ja pintavalutuskenttien rakentamisella, kuivattujen tulvamaiden palauttamisella (Maa- ja metsätalousministeriö 2008) sekä laajemmalla valuma-alueen soiden ennallistamisella voidaan vähentää kiintoainesten joutumista vesistöön ja näin parantaa pienvesien ekologista tilaa. Hyviä kokemuksia on saatu esimerkiksi Isossa-Britanniassa (Ramchunder ym. 2012).

### 3.7 Ennallistamisen vaikutukset suon vesitalouteen

Ennallistamisella pyritään palauttamaan suon vedenpinnan taso, veden virtaus sekä veden kemiallinen koostumus (esim. Grootjans ym. 2002a, 2002b, Klötzli & Grootjans 2001) luontaisen kaltaisiksi. Ennallistamisen suunnitteluluvussa (luku 6) on käsitelty seikkoja, joita pitää ottaa huomioon, jotta tämä parhaiten onnistuisi. Koska ojitus on muuttanut paitsi vedenpinnan tasoa, myös turpeen rakennetta, luontaisen kaltaisten olojen saavuttaminen vie aikaa. Toimenpiteillä voidaan lähinnä luoda edellytykset palautumiselle. Se, miten palautustyötä on tehty ja miten se on vaikuttanut, vaihtelee suuresti.

Vedenpinnan tasoa on helppo havainnoida suhteessa suon pintaan, ja ensimmäisinä vuosina ennallistamisen jälkeen hoitoseurannassa (luku 11) keskitytään paljolti siihen, miten korkealle ja kuinka tasaisesti vesi on saatu nostettua. Myöhemmin voidaan havainnoida vesitulannetta heijastavia kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuusmuutoksia sekä puuston ja taimien kehittymistä (ks. tietolaatikko 14). Veden virtauksen ja laadun muutoksista seurantatietoa on vähemmän.

Ennallistaminen nostaa vedenpinnan yleensä varsin nopeasti ja muutos on selvästi havaittavissa (Autio 2008, ks. myös luku 13.1). Kun yksittäisiä ennallistettuja soita on verrattu ojitetuihin, käsittelemättömiin kontrollialoihin, on havaittu, että ennallistettujen alojen vedenpinnat ovat pysyneet lähempänä suon pintaa kuin ojitetujen alojen ainakin kymmenen vuoden ajan (Haapalehto ym. 2010). Hoitoseurannoissa tehtyjen arvioiden mukaan ennallistamisia aloiteltaessa suurimpia ongelmia oli veden leviämisessä suolle ennallistamisen jälkeen (tietolaatikko 14). Yleisin ongelma oli veden virtauksen keskittymisen täytetyille ojalinjoille ja sarkojen keskiosien jääminen liian kuiviksi.

Luontaisen hydrologian palauttamiseen liittyvät ongelmat voivat johtua toteutuksen virheistä ja puutteista. Etenkin ennallistamistoiminnan alkuvuosina monilla työmailla vasta opeteltiin ennallistamista ja kehiteltiin käyttökelpoisia menetelmiä. Toisinaan toimet ovat olleet liian vähäisiä, esimerkiksi oja on tukittu yksittäisillä padoilla eikä pintavalleja (ks. luvut 6 ja 7) ole tehty. Toteutuksessa on voinut olla myös teknisiä hankaluuksia, jos heikosti kantaville soille ei ole päästy tekemään riittävästi ja riittävän isoja patoja ja pintavalleja. Ennallistamismenetelmiä on kehitetty yli 20 vuoden ajan, mutta edelleenkin suon hydrologian palauttamista ei voida pitää yksinkertaisena ja varmasti onnistuvana toimenpiteenä.

Ongelmia on aiheutunut myös vettymishaittojen välttämiseksi. Koska suojelualueet rajautuvat yleensä talousmetsiin, on ennallistamisen yhteydessä jouduttu usein jättämään esimerkiksi ratkaisevia laskuojia auki tai johtamaan vesiä suojelualueelle pistemäisesti suojelualueen ulkopuolisesta ojasta. Joskus vettä on nostettu varovasti myös suojelualueen arvojen, esimerkiksi uhanalaisten lajien vuoksi.

Liiallinen vettyminen ei yleensä ole ongelma ennallistetuilla soilla. Tätä ongelmaa saattaa ilme-

tä lähinnä korvissa ja lähteiköillä tai tilanteissa, joissa vettä ohjataan suolle pistemäisesti tai luontaista laajemmalla alueella.

Ennallistamisella on sitä paremmat mahdollisuudet onnistua, mitä vähemmän suo on ehtinyt muuttua (ks. tietolaatikko 22). Esimerkiksi karuilla ojitetuilla soilla, joilla on edelleen yhtenäinen rahkasammalpeite, vesitaloutta säätelevän akrotelman rakenne palautuu todennäköisesti suhteellisen nopeasti luontaisen kaltaiseksi. Myös selkeiden jänteiden tai kermien esiintymisen parantaa ennallistumismahdollisuuksia, koska ne tukevat patojen toimintaa ja niihin liittyvillä alun perin niukkasammalisilla ruoppapinnoilla pelkkä vedenpinnan nousu usein riittää palautamaan alkuperäisen toiminnan. Vastaavasti suurimpia vaikeuksia luontaisen vesitalouden palauttamisessa on odotettavissa pitkälle muuttuneilla soilla, joilla alkuperäinen suokasvillisuus ja pintaturpeen rakenne voi olla kokonaan hävinnyt. Nämä suot ovat usein olleet luontaisesti reheviä, viettäviä soita, joiden läpi on virrannut runsaasti vettä. Näillä soilla tavoitteena voidaan pitää vesitalouden ennallistamista niin, että alue alkaa hitaasti palautua toimivaksi suoksi kasvillisuuden sukkession myötä.

Suon vesitalouden ja kasvillisuuden palautuminen ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa: vesitalous voi palautua vain, jos kasvillisuuden pääpiirteet palautuvat ja päinvastoin. Eri suonpintojen kosteuden kehitys riippuu ratkaisevasti turpeen kertymisestä, mikä voi olla hyvin erilaista suon eri osissa ja erilaisilla soilla (luku 4). Täytetyt ojat ovat ennallistamisen jälkeen tyypillisesti lähes kasvittomia ja märkiä. Erityisesti jos virtaus keskittyy ojalinjoille, kosteusolosuhteet vaihtelevat paljon ja pintaturpeen kasvu voi jäädä täytetyillä ojilla vähäisemmäksi kuin viereisillä saroilla, jolloin entiset ojauomat säilyvät sarkapintoja alemmalla tasolla. Erityisesti rehevillä, voimakkaasti virtaavilla soilla ojituksen luoma uomarakenne saattaa jäädä pysyväksi ennallistamisen jälkeenkin, jos pintavalleja on tehty liian vähän tai ne toimivat huonosti (ks. luvut 13.4 ja 13.19).

Yksi ennallistamisen tavoitteista on palauttaa koko suo yhdistymän vesitalouden luontainen toiminta. Vaikka ennallistetun suon kaikkien osien vesitalous ei palautuisikaan täysin luonnontilaisen kaltaiseksi, puutteellisestikin ennallistunut suo osa saattaa olla tärkeä koko suo yhdistymän vesitalouden palautumiselle. Esimerkiksi aapasuon

reunamilla epätäydellisesti ennallistuneen tai jopa talouskäyttöön jäävän alueen merkitys voi olla keskeinen, jos sen kautta saadaan ohjattua vedet kuivahtaneelle rimpialueelle. Tällöin saatetaan saada suon rahkoittumiseen ja karuuntumiseen johtava kehitys katkaistua hyvinkin kaukana toimenpiteistä. Erityisen laajoja vaikutukset saattavat olla, jos vaikutetaan pohjavedenpinnan tasoon alueella, jolla pohjamaa on hyvin läpäisevää hiekkaa tai soraa. Pohjavedenpinnan nostaminen harjun liepeiden ojitetuilla soilla voi parantaa vesitulannetta esimerkiksi harjun keskiosan lammissa (ks. luku 13.21) tai ojitamattomilla, mutta etävaikutusten vuoksi kuivahtaneilla purkautumisalueilla. Vastaavasti pumppaukset tai muu harjun pohjavedenpintaa alentava toiminta voi vähentää suolle purkautuvan pohjaveden määrää, jolloin suon ennallistaminen voi jäädä tehottomaksi.

Ennallistamisen vaikutuksista valuntaan ja sen vaihteluihin on niukasti tietoa. Periaatteessa vaikutukset ovat vastakkaisia ojituksen vaikutuksille (luku 3.6). Ennallistamisen jälkeen suo vettyy: pohjavedenpinta nousee, kuiva turve kastuu ja suon pinta nousee, kun turve turpoaa. Suolle ojituksen johdosta syntynyt kuivavara on suhteellisen pieni, ja suon vesivaraston kasvu ennallistamisen seurauksena vähentää valuntaa ojituksen aikaiseen tilanteeseen verrattuna vain lyhyt-

aikaisesti, lähinnä ennallistamisvuonna. Pitempiaikaiset ennallistamisen vaikutukset valuntaan riippuvat merkittävästi haihdunnan kehittymisestä. Vähäpuustoisilla soilla puuston haihdutus on vähäistä, ja ennallistamisen jälkeen vettyvän maan ja röyhähtävän kasvillisuuden haihdutus todennäköisesti kasvaa ja valunta vähenee. Jos puustoa on paljon, sen käsittelyllä ja kunnon kehityksellä ennallistamisen jälkeen on ratkaiseva merkitys kokonaisvalunnan muutoksille. Puuston väheneminen pienentää haihdutusta, mutta vastaavasti märkien pintojen laajeneminen lisää sitä. Näin ennallistamishakkuiden ei voi olettaa lisäävän valuntaa samalla tavalla kuin kivennäismaiden tai ojitettujen soiden hakkuiden, vaan niiden voi olettaa olevan rinnastettavissa Verryn (1981) kuvaamiin ojitamattomien soiden hakkuisiin.

Useimmissa tutkimuksissa soiden ojituksen on todettu lisäävän myös ylivirtaamia (esim. Ah-ti 1987, Seuna 1981, Holden ym. 2004), joten ennallistamisen seurauksena ylivirtaamat todennäköisesti pienenevät. Veden viipymä ennallistettulla suolla saattaa jopa tehostua luonnontilaiseen suohon verrattuna, kun suolle syntyy ennallistamisen seurauksena keinotekoisia painanteita, joihin valumavettä voi varastoitua (esimerkiksi pintavallien yläpuolisiin kaivantoihin).

## Eräiden lehtisammallajien suhde suoveden pH-arvoon

*Teemu Tahvanainen*

Tunnusluvut on laskettu Kainuun ja Kuusamon alueilta kerätyistä aineistoista eivätkä ne edusta kaikkien lajien kohdalla koko maan tilannetta. Aineistossa on yhteensä 1966 havaintoa lajien ja pH-arvon yhteydestä. Vesinäytteet on kerätty pääosin rei'itettyjä muovisia näytekaivoja käyttäen, jolloin pH-arvot ovat usein alhaisempia kuin samojen kohteiden avoimilla vesipinnoilla. pH\_WA on lajin kasvupaikoilta mitattujen pH-arvojen keskiarvo, joka on painotettu lajin peittävyysarvolla. pH\_WSD on vastaavasti painotettu keskihajonta. pH\_WA kuvaa lajin esiintymisen keskittymistä suoveden pH-gradientilla ja pH\_WSD kuvaa sitä, kuinka laajalla pH-alueella laji esiintyy.

Laji	Tieteellinen nimi	pH_WA	pH_WSD
Paakkurahkasammal	<i>Sphagnum compactum</i>	4,0	0,2
Silmäkerahkasammal	<i>Sphagnum balticum</i>	4,2	0,2
Vajorahkasammal	<i>Sphagnum majus</i>	4,2	0,2
Aaparahkasammal	<i>Sphagnum lindbergii</i>	4,2	0,1
Pohjanrimpirahkasammal	<i>Sphagnum jensenii</i>	4,3	0,2
Kurjenrahkasammal	<i>Sphagnum pulchrum</i>	4,4	0,2
Rimpirahkasammal	<i>Sphagnum annulatum</i>	4,5	0,2
Nevasirppisammal	<i>Warnstorfia fluitans</i>	4,5	0,3
Varvikkorahkasammal	<i>Sphagnum russowii</i>	4,5	0,3
Sararahkasammal	<i>Sphagnum fallax</i>	4,5	0,5
Punarahkasammal	<i>Sphagnum magellanicum</i>	4,6	0,4
Lamparerahkasammal	<i>Sphagnum platyphyllum</i>	4,6	0,3
Rämerahkasammal	<i>Sphagnum angustifolium</i>	4,6	0,8
Kalvakkarahkasammal	<i>Sphagnum papillosum</i>	4,8	0,5
Rusorahkasammal	<i>Sphagnum rubellum</i>	4,8	0,5
Ruskorahkasammal	<i>Sphagnum fuscum</i>	4,9	0,7
Keräpäärahkasammal	<i>Sphagnum subsecundum</i>	4,9	0,4
Kuovinahkasammal	<i>Sphagnum obtusum</i>	5,0	0,1
Nuokkuvarstasammal	<i>Pohlia nutans</i>	5,0	1,1
Sirorahkasammal	<i>Sphagnum flexuosum</i>	5,0	0,5
Rämekynsisammal	<i>Dicranum bergeri</i>	5,1	0,2
Seinäsaammal	<i>Pleurozium schreberi</i>	5,1	0,7
Aapasirppisammal	<i>Warnstorfia procera</i>	5,2	0,5
Rämekarhunsammal	<i>Polytrichum strictum</i>	5,2	0,4
Haparahkasammal	<i>Sphagnum riparium</i>	5,3	0,4
Punasirppisammal	<i>Warnstorfia sarmentosa</i>	5,4	0,2
Kalvaskuirisammal	<i>Straminergon stramineum</i>	5,4	0,7
Kultasirppisammal	<i>Loeskyrium badium</i>	5,6	0,5
Pohjanrahkasammal	<i>Sphagnum subfulvum</i>	5,6	0,6
Kiiltosirppisammal	<i>Hamatocaulis vernicosus</i>	5,6	0,4
Hetesirppisammal	<i>Warnstorfia exannulata</i>	5,8	0,6
Matosammal	<i>Pseudocalliergon trifarium</i>	5,8	0,3
Heterahkasammal	<i>Sphagnum warnstorffii</i>	5,8	0,4
Suonihuopasammal	<i>Aulacomnium palustre</i>	5,8	0,7
Rimpisirppisammal	<i>Scorpidium revolvens</i>	5,9	0,3
Äimäkynsisammal	<i>Dicranum angustum</i>	5,9	0,3
Lettolierosammal	<i>Scorpidium scorpioides</i>	5,9	0,2

Laji	Tieteellinen nimi	pH_WA	pH_WSD
Lettokynsisammal	<i>Dicranum bonjeanii</i>	6,0	0,3
Lettokilpisammal	<i>Cinclidium stygium</i>	6,0	0,4
Korpikerrossammal	<i>Hylocomiastrum umbratum</i>	6,0	0,2
Metsäkerrossammal	<i>Hylocomium splendens</i>	6,0	0,1
Lettorahkasammal	<i>Sphagnum teres</i>	6,0	0,1
Vaalearahkasammal	<i>Sphagnum centrale</i>	6,1	0,1
Lettotihkusammal	<i>Onchophorus virens</i>	6,1	0,2
Lettokuirisammal	<i>Calliergon richardsonii</i>	6,2	0,4
Lettoväkäsammal	<i>Campylium stellatum</i>	6,2	0,3
Lettolehväsammal	<i>Rhizomnium pseudopunctatum</i>	6,2	0,3
Hetehiirensammal	<i>Bryum weigelia</i>	6,3	0,2
Käyrälehtirahkasammal	<i>Sphagnum contortum</i>	6,3	0,4
Purolähdesammal	<i>Philonotis fontana</i>	6,4	0,1
Pohjansirppisammal	<i>Warnstorfia tundrae</i>	6,4	0,1
Lettosiipisammal	<i>Fissidens adianthoides</i>	6,4	0,1
Lettosirppisammal	<i>Scorpidium cossonii</i>	6,4	0,3
Kultasammal	<i>Tomentypnum nitens</i>	6,5	0,2
Rassisammal	<i>Paludella squarrosa</i>	6,5	0,3
Hetekuirisammal	<i>Calliergon giganteum</i>	6,5	0,1
Korpilehväsammal	<i>Plagiomnium ellipticum</i>	6,6	0,2
Lettohiirensammal	<i>Bryum pseudotriquetrum</i>	6,7	0,1
Kampasammal	<i>Helodium blandowii</i>	6,9	0,1
Mustapääsammal	<i>Catocopium nigratum</i>	6,9	0,2

## Pohjavedenpinnan tason mittaaminen

*Sakari Rehell*

Maassa oleva vesi virtaa periaatteessa korkealta matalammalle, mutta myös veden paine maaperän eri kerroksissa vaikuttaa veden liikkeisiin. Pohjaveden muodostumisalueella virtaus suuntautuu yleisesti pohjavedenpinnasta alaspäin ja purkautumisalueella taas alhaalta pintaan päin.

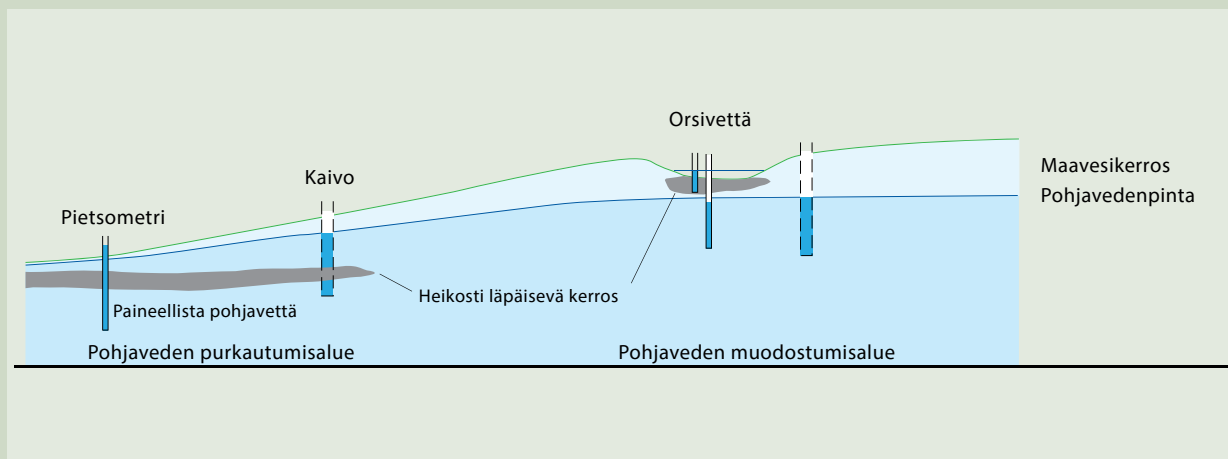
Pohjavedenpinnan tasoksi sanotaan tasoa, jolle vedenpinta asettuu avoimessa pohjavesikaivossa, jonka seinät läpäisevät vettä (kuva 1). Pohjaveden mahdollisuutta pystysuuntaiseen liikkeeseen voidaan arvioida pietsometrimittausten avulla. Pietsometri eli pohjavesikerrokseen sijoitettu putki, johon vettä pääsee vain pohjalta, mittaa pohjaveden painetta juuri tässä kerroksessa. Pietsometrissa pohjavedenpinnan taso voi siis poiketa yleisestä pohjavedenpinnan tasosta. Pohjaveden muodostumisalueella pietsometrinen taso on pohjavedenpinnan alapuolella, pohjaveden purkautumisalueella yläpuolella. Yleensä ero on vähäinen, mutta jos maaperässä on heikommin läpäiseviä kerroksia, ero voi olla suurikin.

Soilla, etenkin keidassoilla ja ns. kausivaihtelevilla soilla varsin tavallisia ovat orsivesitilanteet, joissa heikommin vettä läpäisevä kerros (esim. tiivis turvekerros) pidättää yläpuolelleen kausittain tai pysyvästi vedenkylästäjän kerroksen. Orsivesikerroksesta mitattuna pohjavedenpinnan taso voi siis olla huomattavasti korkeammalla kuin syvempien kerrosten pohjavedenpinnan taso. Vastaavasti esimerkiksi lähdevaikutteisissa ympäris-

töissä suon alapuolisessa maassa voi olla paineellista pohjavettä, joka pyrkii tähän kerrokseen asetussa pietsometrissa nousemaan suon pinnan yläpuolelle. Syvällä oleva paineellinen pohjavesi voi näkyä maastossa jopa suosta kohoavina lähdekumpareina.

Käytännössä pohjavedenpinnan tason voi mitata suon pinnalla olevasta mittauskaivosta yksinkertaisesti viivoittimella. Syvemmällä olevan veden tason voi mitata ohuella letkulla, johon puhallettaessa kuuluva kupliminen osoittaa vedenpinnan saavuttamisen. Mittaamiseen on olemassa myös sähköisiä antureita.

Kun seurataan soiden tai muiden turvemaiden hydrologisia muutoksia, on vedenpinnan tason seuranta perustavan tärkeää (Hyvärinen & Aapala 2009). Tällöin pitää erottaa toisistaan vedenpinnan taso suhteessa kiinteään tasoon (esim. kivennäismaahan ankkuroitu tolppa) ja suokasvillisuuden pintaan. Vedenpinnan taso suhteessa suokasvillisuuden pintaan on suon ekologian kannalta keskeinen muuttuja, mutta suon pinta ei pysy vakiokorkeudella, vaan turpeen kertyminen nostaa suon pintaa jatkuvasti ylemmäs. Suon pinnan korkeus voi myös ajoittain nousta ja laskea esimerkiksi suon vedenpinnan tason ja kaasujen muodostuksen vaihdellessa. Suon pinnan taso vaihtelee voimakkaimmin märillä, paksuturpeisilla soilla, joiden turve on huokoista ja kokoon puristumatonta.



Kuva 1. Pohjavedenpintaan liittyviä käsitteitä.



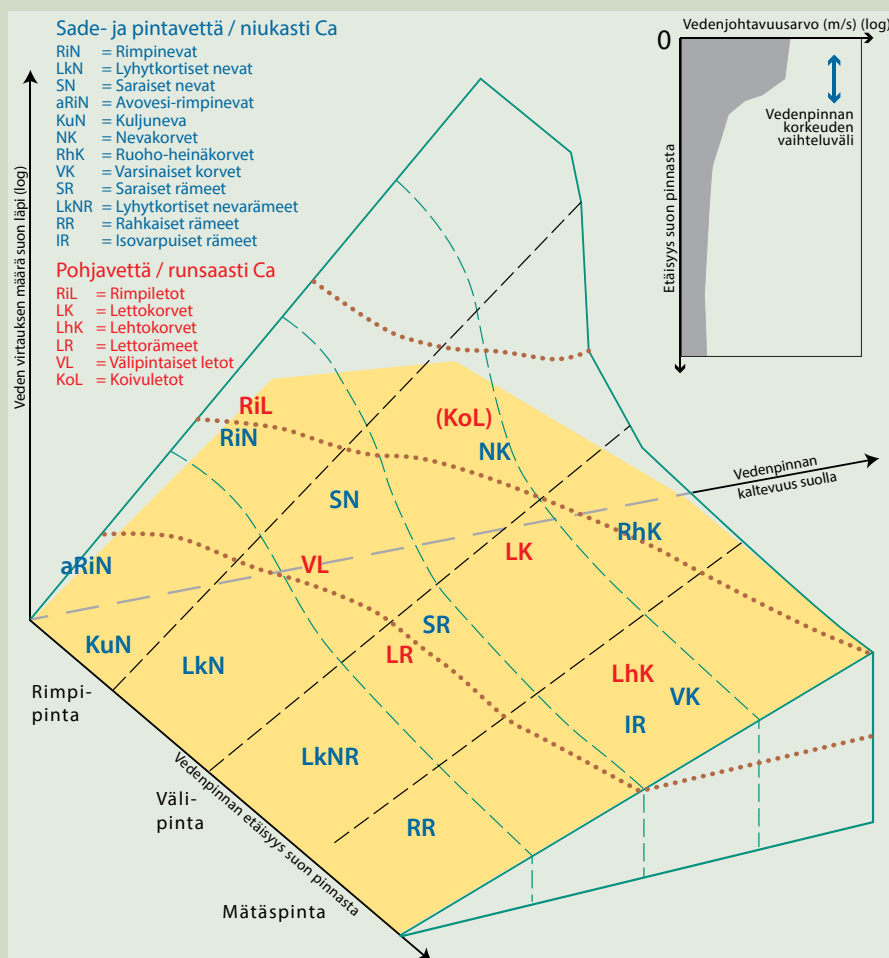
## Suoveden virtausmallit erityyppisillä soilla

Sakari Rehell

Turpeen läpi virtaavan veden määrä, pinnan kaltevuus sekä vedenpinnan taso (ja sen vaihtelu) ovat tiiviissä vuorovaikutuksessa (kuvat 1–3).

**Diplotelmisen mallin** mukaisilla soilla vedenpinnan korkeus vaihtelee normaalin kasvukauden aikana vain huokoisen pintakerroksen sisällä sen mukaan, kuinka paljon vettä virtaa suon läpi. Virtausta määrävän valuma-alueen laajuuden, vedenpinnan kaltevuuden ja keskimääräi-

sen vedenpinnan tason suhde on selkeä. Pääosa tavallisimmista suotyypeistä voidaan sijoittaa tämän oletuksen mukaiselle kuvaajalle (kuva 1). Karuimmat rämeet ja nevat, kuten rahkarämeet, isovarpurämeet ja lyhytkortiset nevat, sijoittuvat tyyppillisimmin vedenjakajien tienoille, missä valunta on pienintä ja vedenpinnan kaltevuus lähellä nollaa. Avovetiset rimpinevat sijoittuvat paikoille, missä kaltevuus on pienin mutta tulo-



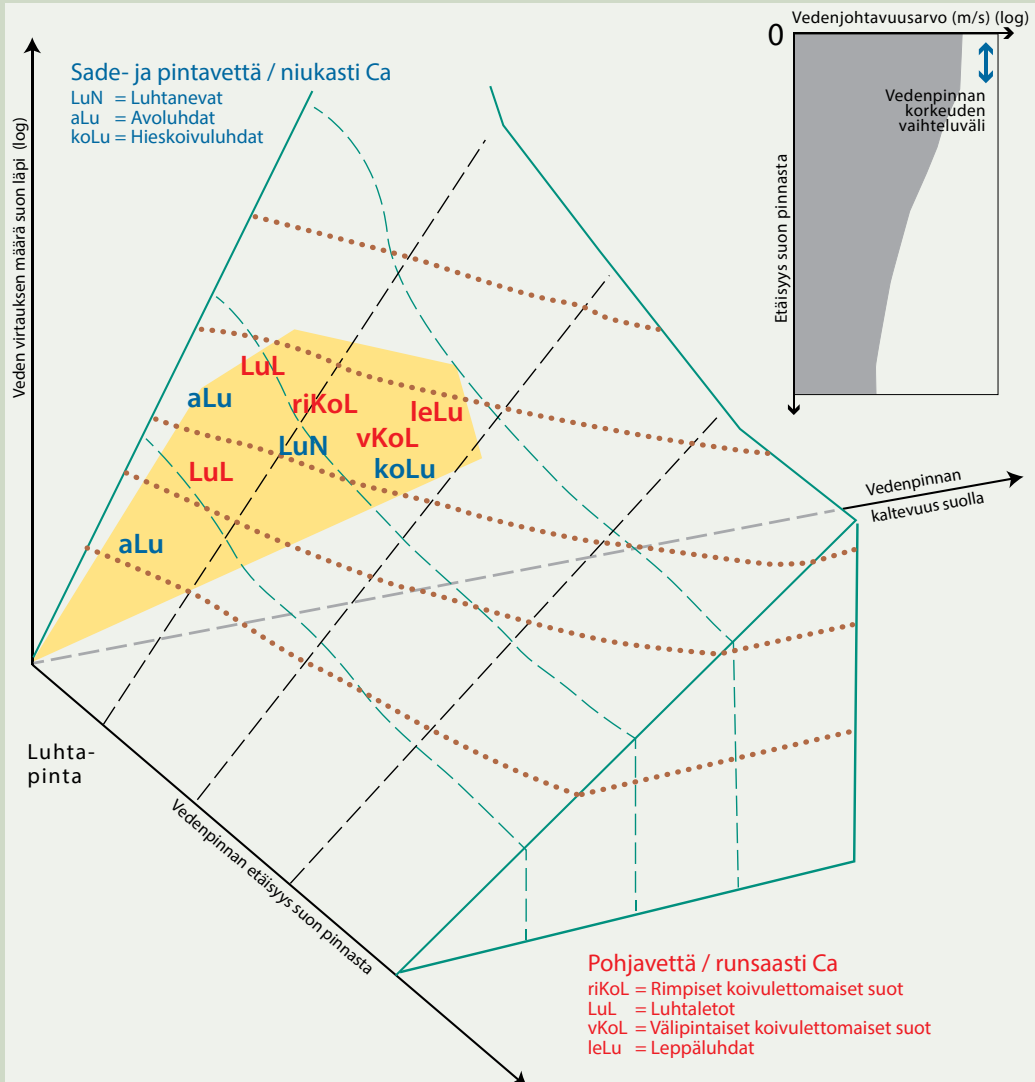
**Kuva 1.** Diplotelmisen mallin mukaisesti käyttäytyvien suotyypien suhde suon läpi virtaavan veden määrään, vedenpinnan kaltevuuteen ja vedenpinnan tasoon. Kuvan oikean yläreunan kuvaajassa esitetään, miten vedenjohtavuusarvo muuttuu syvyyden funktiona ja millä välillä vedenpinnan korkeus vaihtelee (Rehell 1985). Käyrien malli on lähinnä Rehelin (1985, 1989) mittauksen mukainen. Huomaa vedenjohtavuuden ja virtausmäärän logaritmiset asteikot. Kolmiulotteinen pääkuva on muodostettu siten, että pystyakselin virtausarvot on laskettu vedenpinnan tason mukaan vaihtelevien vedenjohtavuusarvojen ja johtavan kerroksen paksuuden sekä kunkin kaltevuusarvon tulona (tällöin virtauksen ja vedenpinnan syvyyden välinen funktio tulee samanmuotoiseksi kuin pikkukuvan vedenjohtavuuden ja syvyyden funktio). Pääkuva havainnollistaa, miten vesitalouteen vaikuttavat perusominaisuudet vaikuttavat toisiinsa erityyppisesti käytäytyvillä soilla ja määräävät suotyypit. Eri suotyypeillä pääasiassa virtaavan veden laatu on kuvattu värein: sateesta tai silikaattisesta maasta tuleva lyhytmatkainen valunta sinisellä, laajemmalla alueelta tuleva vesi tai kalkkipitoisesta maasta tuleva pohjavesi punaisella.

virtaama riittää nostamaan veden aivan pintaan. Märät ja kaltevat suot (joilla virtaava vesimäärä on suuri) vaativat syntyäkseen ja toimiakseen laajaa valuma-aluetta. Rimpinevoilla virtaus nostaa veden yleisesti hyvin lähelle pintaa; märimmät rimmet muodostuvat tasaiisiin altaiisiin ja välipintaiset jänteet muodostavat viettäviä kynnyksiä. Korpia esiintyy tyypillisimmin siellä, missä vedenpinta on niin kalteva, että vettä voi virrata kohtalaisen runsaasti ilman, että se nousee lähelle pintaa.

**Perkolaatio- eli läpivirtaussuota** muistuttavilla soilla vettä virtaa turpeessa voimakkaasti ja vedenpinnan taso vaihtelee vain vähän paksun huokoisen kerroksen yläosissa. Tämä virtausmalli sopii etenkin luhtiin, luhtanevoihin ja lähdene-

voihin, joissa veden virtaus turpeessa voi turpeen huokoisuudesta johtuen olla voimakasta suhteellisen loivastikin viettäville soilla (kuva 2).

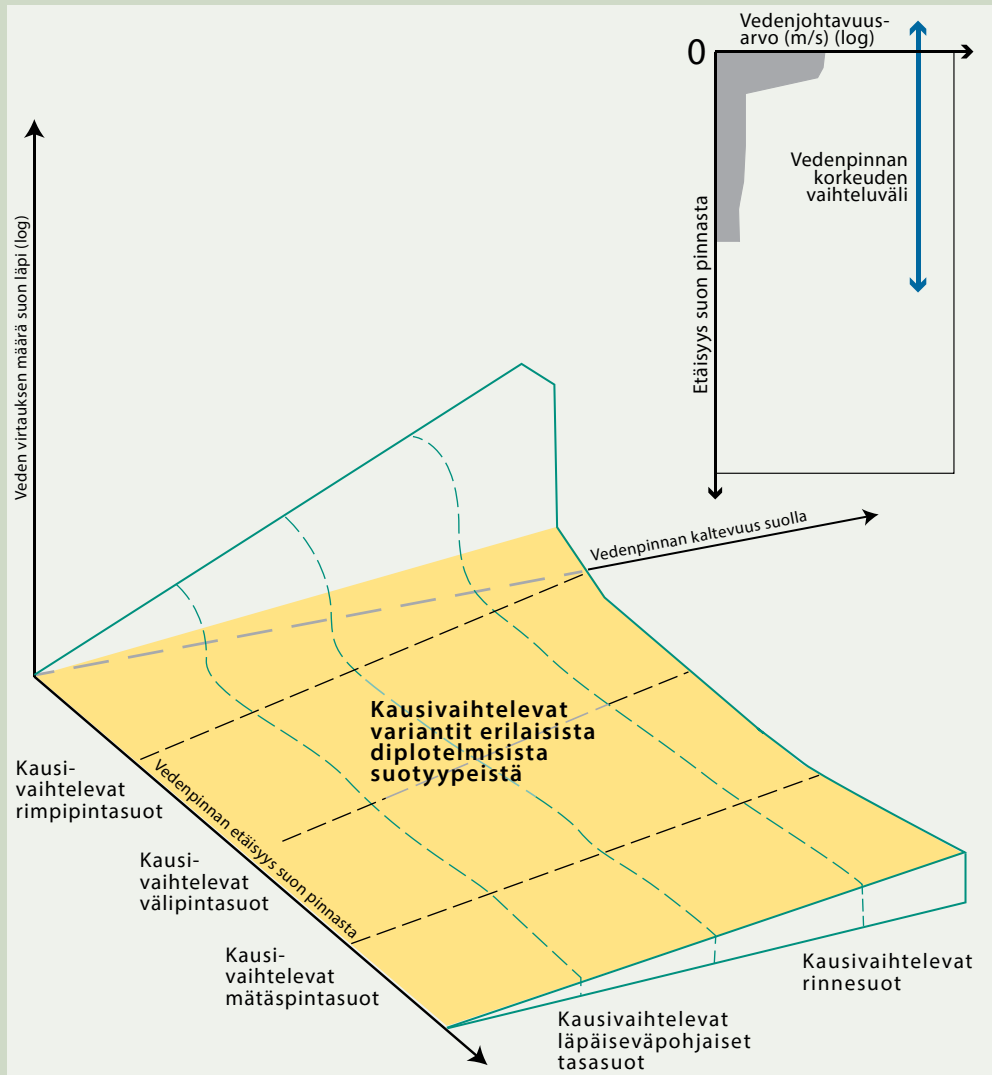
**Kausivaihtelevilla soilla** (Laitinen 2008) turpeessa virtaavan veden määrä vaihtelee jyrkästi (kuva 3). Usein turpeessa virtaavan veden osuus on hyvin pieni ja pääosa vedestä virtaa joko suon pinnalla tai pohjamaassa. Vedenpinta laskee normaalinakin kasvukautena selvästi huokoisen pintakerroksen alapuolelle. Näillä soilla on vaikea soveltaa keskimääräisen vedenpinnan tason tai keskimääräisen kaltevuuden tapaisia käsitteitä. Kausittain hyvin märkiä pintoja voi esiintyä myös kaltevilla soilla, joissa turpeessa virtaava vesimäärä voi jäädä pieneksikin. Useista tavanomaisista



**Kuva 2.** Läpivirtaussuon tapaan käyttäytyvien suotyyppien suhde turpeen läpi virtaavan veden määrään, vedenpinnan kaltevuuteen ja vedenpinnan tasoon. Eri suotyypeillä pääasiassa virtaavan veden laatu on kuvattu värein: sateesta tai silikaattisesta maasta tuleva lyhytmatkainen valunta sinisellä, laajemmalta alueelta tuleva vesi tai kalkkipitoisesta maasta tuleva pohjavesi punaisella. Pienessä kuvaajassa on tyypillinen vedenjohtavuusprofiili sekä vedenpinnan vaihteluväli (Rehell 1985). Huomaa virtausmäärän ja vedenjohtavuuden logaritminen asteikko. Pääkuvan muodostaminen ks. kuvan 1 kuvateksti.

suotyypeistä voidaan erottaa kausivaihtelevia variantteja, jotka poikkeavat kasvillisuudeltaan päätyypistä (kuva 3). Niille on usein tyypillistä lajiston niukkuus ja etenkin sammalkerroksen aukkoisuus. Yleisimpiä kausivaihtelevia tyyppiä ovat

nummimaiset kanervakangasrämeet, tupasluikka-paakkurahkasammalvaltaiset nevapinnat, eräät siniheinävaltaiset nevat ja rämeet, kausivaihtelevat ruopparimpinevat sekä juolasaranevakorvet.



**Kuva 3.** Kausivaihtelevasti käyttäytyvien suotyypien suhde turpeen läpi virtaavan veden määrään, vedenpinnan kaltevuuteen ja vedenpinnan tasoon. Virtaus turpeessa on vähäistä, mutta pintavalunta ja virtaus pohjamaassa voi olla suurta. Pienessä kuvaajassa on tyypillinen vedenjohtavuusprofiili sekä vedenpinnan vaihteluväli (Rehell 1985). Huomaa virtausmäärän ja vedenjohtavuuden logaritminen asteikko. Pääkuvan muodostaminen ks. kuvan 1 kuvateksti.

## Vedenpinnan vaihtelu vakaavetisillä ja kausivaihtelevilla soilla sekä arokosteikoilla

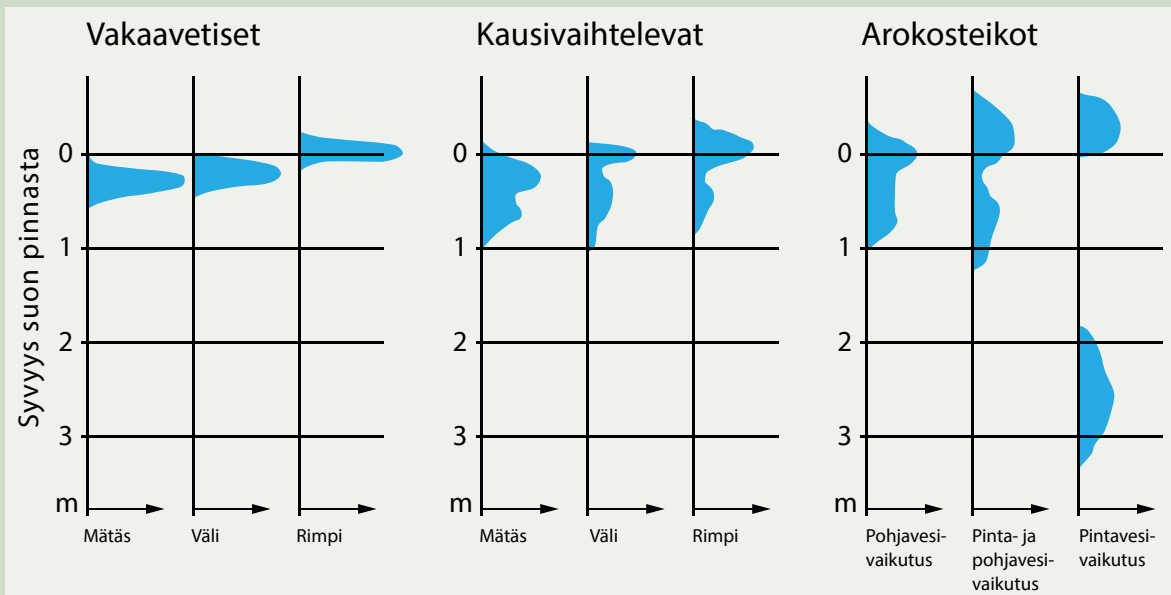
*Sakari Rehell*

Vakaavetisellä suolla vedenpinta vaihtelee suhteellisen vähän vuoden (ja kasvukauden) aikana. Vakaavetisiä soita ovat diplotelmisen mallin mukaan käyttäytyvät suot ja läpivirtaussuot. Kausivaihtelevilla soilla vedenpinnan korkeus vaihtelee enemmän ja ulottuu huokoisen pintakerroksen alapuolelle (kuva 1). Näin ollen myös pintakasvilisyyden kosteustila vaihtelee voimakkaasti, mikä vaikuttaa mm. turpeen kasvuun. Kausivaihtelevat suot ovatkin keskimäärin ohutturpeisia, koska turpeen kasvu on hyvin hidasta tai se on pysähtynyt. Ohuen turvekerroksen alapuolinen hiekka läpäisee vettä paremmin kuin pohjaturve, joten pohjavesi virtaa siinä voimakkaammin. Tällöin suon pintakerroksessa virtaa vain pieni osa valuma-alueelta poistuvasta vedestä pääosan virratessa kausivaihtelevan suon ali kohti alempana suon keskiosissa olevia purkautumisalueita.

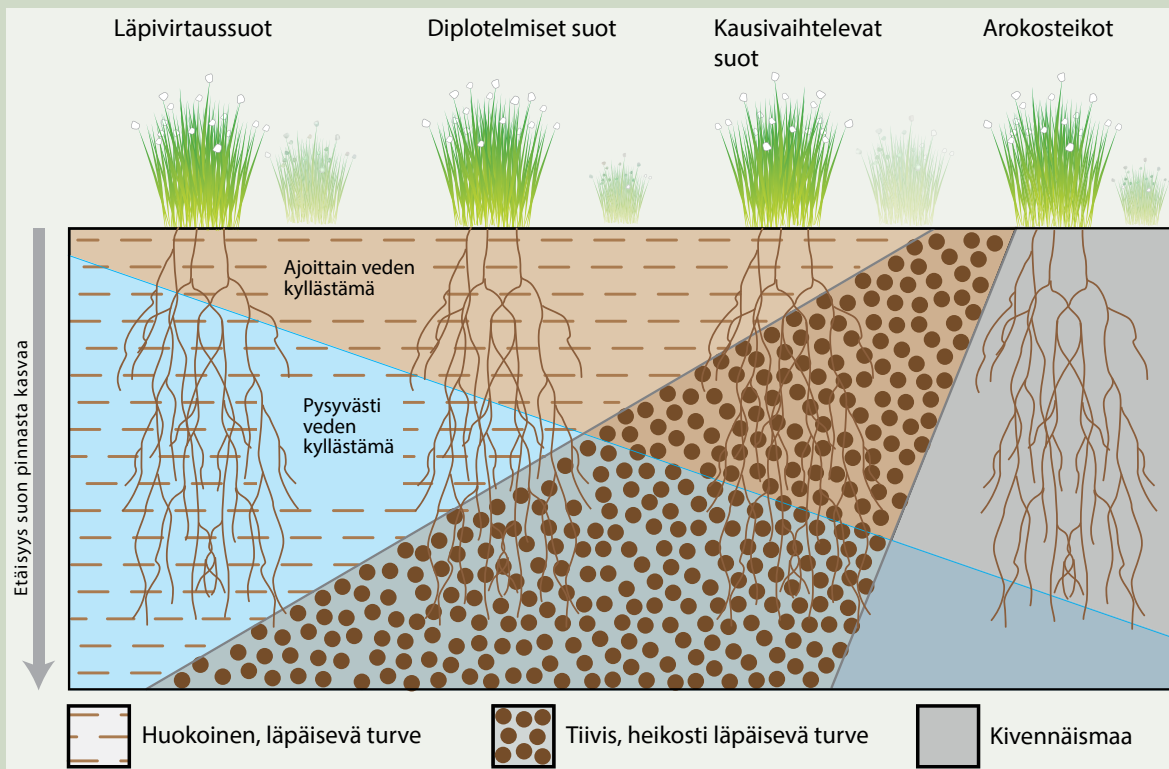
Kausivaihtelevien soiden ääripäänä voidaan pitää arokosteikkoja (kuva 1), jotka ovat kasvilisyydeltään erilaisten kausivaihtelevien suotyyp-

pien kaltaisia mutta joilla turvekerros on hyvin ohut tai puuttuu kokonaan. Vedenpinnan korkeudessa esiintyy ”kaksihuippuisuutta”, mikä voidaan tulkita läpäisevämmän kerroksen päällä olevan heikommin läpäisevän kerroksen aiheuttamaksi. Esimerkiksi tiivis pohjaturve voi pidättää yläpuolelleen vettä, mutta jos vedenpinta laskee tiiviin pohjaturpeen tason alapuolelle, vedenpinta voi laskea syvälle pohjamaahan asti. Arokosteikoiden ääripäätä edustavat alueet, joissa sade- ja sulamisvedet kertyvät kausittain lammikoksi, joista vesi suotautuu hiljalleen jopa metrien syvyydelle pohjaveteen.

Edellä kuvailtuja veden virtausta ja vedenpinnan vaihtelevuutta kuvaavia vaihtelusuuntia on havainnollistettu kuvassa 2. Läpivirtaussuot ja kausivaihtelevat arokosteikot voidaan ajatella tämän vaihtelusuunnan ääripäiksi. Tavanomaiset, enemmän tai vähemmän tarkasti diplotelmista mallia noudattavat suot sijoittuvat kuvan keskivaiheille.



**Kuva 1.** Vedenpinnan taso suon erilaisilla pinnoilla (mätäs-, väli- ja rimpipinta) vakaavetisillä ja erilaisilla kausivaihtelevilla soilla sekä arokosteikoilla (Laitinen ym. 2007b tulosten mukaan yksinkertaistettu piirros). Sinisen kuvaajan leveys ja muoto kullakin akselilla kuvaa todennäköisyyttä, jolla ylin suossa havaittu vedenpinnan taso asettuu eri syvyyksille. Esimerkiksi vakaavetisten soiden mätäspinnalla vedenpinnan syvyys vaihtelee noin puolen metrin syvyydellä suon pinnasta, mutta todennäköisimmin vedenpinta on noin 25 cm:n syvyydellä.



**Kuva 2.** Kaaviokuva vedenpinnan vaihteluista eri kerroksissa erityyppisillä soilla (S. Rehelin alkuperäinen piirros on julkaistu teoksessa Laitinen 2008).

## Suojelusoiden ennallistamisen onnistuminen – yhteenveto kymmenvuotishoitoseurantojen tuloksista

*Tuomas Haapalehto*

Metsähallituksen luontopalvelut seuraa suojelusoiden ennallistamisen tuloksellisuutta mm. hoitoseurannan avulla (Hyvärinen & Aapala 2009). Hoitoseurannassa arvioidaan suon palautumisesta kertovien hydrologisten muuttujien sekä kasvillisuuden kehitystä suhteessa tavoitetilään. Hoitoseurannassa tehtävät havainnot ovat laadullisia, eikä seurantaa varsinaisesti ole suunniteltu tutkimuksenomaiseen tiedonkeruuseen. Kuviokohtaiset kymmenvuotisseurantojen tulokset on kuitenkin tallennettu Metsähallituksen paikkatietojärjestelmään. Tämä mahdollistaa yhteenvetojen tekemisen tuloksista ja hoitoseurantatulosten tarkastelun suhteessa muihin kuviotietoihin. Tässä selvityksessä arvioidaan ennallistamisen onnistumista paikkatietojärjestelmän tietojen eli veden määrän, leviämisen ja laadun sekä puuston ja taimien kehityksen perusteella. Vuoden 2010 loppuun mennessä kymmenvuotishoitoseurantojen tuloksia oli tallennettu yhteensä 1 766 suohehtaarelle, jotka oli ennallistettu vuoden 2001 loppuun mennessä (haku 15.12.2010). Tarkastelussa on mukana 358 hehtaaria korpia, 1 274 hehtaaria rämeitä, 115 hehtaaria nevoja ja 10 hehtaaria lettoja. Suon rehevyydestä kertovan kasvillisuusluokan perusteella kohteet jakautuvat lehtoisiin ja lettoisiin (18 ha), ruohoisiin (151 ha), suursaraisiin (304 ha), piensaraisiin (484 ha), isovarpuisiin (679 ha) ja rahkaisiin (130 ha).

Kuviotietojen epätarkkuus voi aiheuttaa virhettä tuloksiin. Esimerkiksi osalla ennallistetuista avosoista suoryhmää ei todennäköisesti ole ennallistamisen jälkeen päivitetty rämeestä tai korvesta nevaksi. Osa lettoisista mäntyvaltaisista soista on puuston perusteella kirjattu rämeiden suoryhmään. Reheviä soita ja etenkin lettoja on kirjattu joissain tapauksissa karumpiin kasvillisuusluokkiin kuuluviksi puuston kasvun perusteella. Tuloksia tulkittaessa suurin huomio kannattaakin kiinnittää suoryhmittäisen tai kasvillisuusluokittaisen jaon sijasta koko aineistoa koskeviin hoitoseurannan tuloksiin.

Ennallistamisen mahdollisuuksia uhanalaisten suotyyppien palauttamisessa on pohdittu tietolaatikossa 23. Myös lettoisten ennallistamisesti-

merkkikohteiden kuvauksissa (luvut 13.3, 13.4 ja 13.5) on tarkasteltu yksityiskohtaisemmin rehevien soiden ennallistamista.

Hoitoseurantakohteiden pinta-alasta 54 %:lla veden määrän, leviämisen ja laadun sekä puuston ja taimien kehityksen arvioitiin olevan tavoitteen mukaista. Lopuilla kohteista esiintyi ongelmia ainakin yhdellä mainituista osa-alueista.

### Veden määrä

Veden määrää ja leviämistä arvioidaan selvittämällä kartalta ja ilmakuvilta, onko ennallistamisella saatu ohjattua suolle koko luontaisen valuma-alueen vedet. Maastossa tarkastellaan lisäksi silmämääräisesti suovedenpinnan tasoa suhteessa tavoitetasoon. Veden määrä oli tavoitteen mukainen 83 %:lla seuratus pinta-alasta kymmenen vuotta ennallistamisen jälkeen. Liian vähän vettä oli 16 %:lla pinta-alasta, ja 1 %:lla vettä oli liikaa. Veden niukkuuteen liittyvien ongelmien syitä olivat patojen vuotaminen, liian runsas puusto sekä suojelualueen ulkopuolinen maankäyttö, kuten toimivat ojat tai joen vedenpinnan säännöstely. Liian kuivaksi ennallistamisen jälkeen jääneet suot olivat yleensä myös vettyneet epätasaisesti.

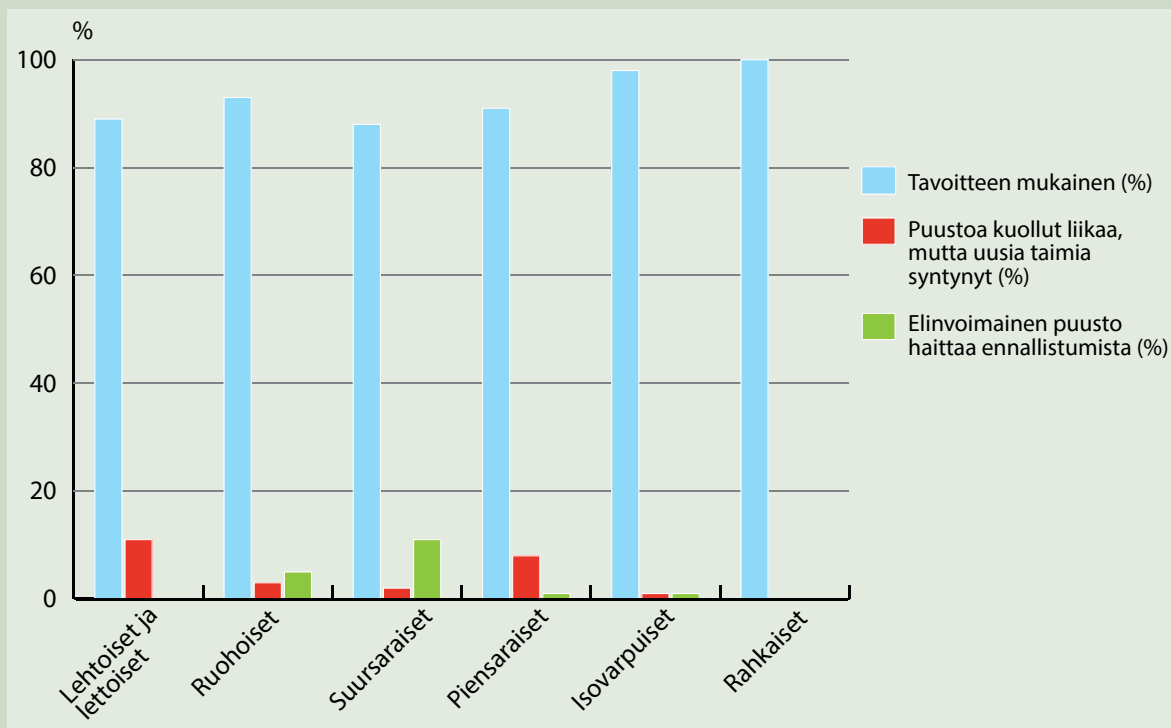
### Veden leviäminen

Veden leviäminen suolle ennallistamisen jälkeen oli tavoitteen mukaista 65 %:lla seuratus pinta-alasta. Merkittävin ongelma oli ojalinjosten vetyminen saran keskustaa voimakkaammin, mikä havaittiin 24 %:lla pinta-alasta. Muita veden leviämiseen liittyviä ongelmia havaittiin 11 %:lla pinta-alasta. Näitä olivat esimerkiksi valtaojan tukkimisen aiheuttama liiallinen vetyminen, suon läpi rakennetun tien aiheuttamat ongelmat, patojen vuotaminen sekä läheisen vesistön pinnan säännöstelyn aiheuttamat ongelmat. Veden leviämisen ongelmat liittyivät usein ojien patoamiseen: 64 %:lla patoamalla ennallistetusta hoitoseurantapinta-alasta oli vesien leviämiseen liittyviä ongelmia, kun ojat täyttämällä ennallistetusta pinta-alasta vastaavia ongelmia oli 25 %:lla.

Veden laatua arvioitiin selvittämällä, onko ennallistamisella johdettu suolle kemiallisilta ominaisuuksiltaan suurin piirtein luontaista vastaavaa vettä. Käytännössä arvioitiin ennallistamissuunnitelman ja silmämääräisten maastohavaintojen avulla, onko lähteistä purkautuvat vedet saatu johdettua aiemmin lähdevaikutteisille alueille tai tuleeko ennallistetulle rehevälle suolle ulkopuolista ojaverkostoa pitkin liian karun suon vettä. Veden laadussa ei havaittu ongelmia millään kohteella. Noin 15 %:lla seuratusta pinta-alasta veden laatua ei kuitenkaan pystytty hoitoseurannassa luotettavasti arvioimaan.

## Puusto

Puuston tila arvioitiin tavoitteen mukaiseksi 94 %:lla ennallistetusta pinta-alasta. Kolmella prosentilla pinta-alasta havaittiin liiallista vesatai siemensyntyisen taimikon kasvua puuston poiston jälkeen. Kolmella prosentilla pinta-alasta poistamatta jäänyt puusto haittasi ennallistumista. Puustoon liittyvät ongelmat olivat suhteellisesti yleisempiä avoimilla (nevat, letot) kuin puustoisilla suotyypeillä: esimerkiksi joka kolmannella ennallistetulla nevalla havaittiin puustoon liittyviä ongelmia, kuten puuston poiston jälkeen syntyneen elinvoimaisen taimikon kasvua. Karuilla suotyypeillä (rahkaiset, tupasvillaiset suot) puustoon liittyi vähemmän ongelmia kuin rehevillä soilla (kuva 1).



**Kuva 1.** Kymmenvuotishoitoseurannan arvio puuston tilasta ennallistetuilla soilla kasvillisuusluokittain. Pylväät esittävät kuvioden pinta-alan osuuden kunkin luokan hoitoseurannassa tutkittujen kuvioden kokonaispinta-alasta.

## Taimettuminen

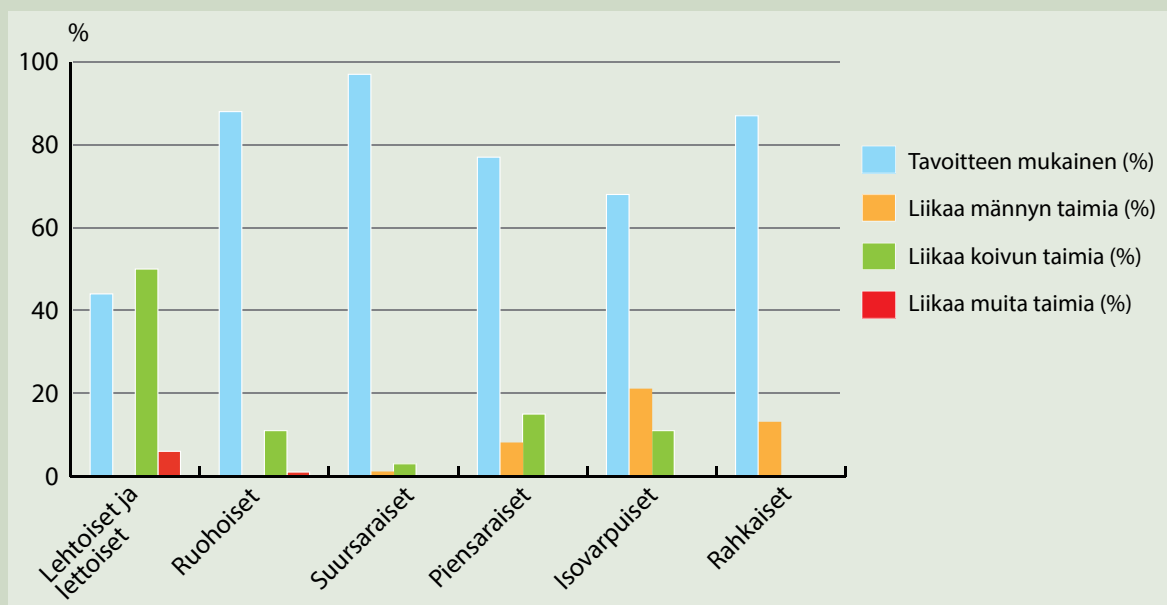
Taimettuminen oli tavoitteen mukaista 78 %:lla ennallistetusta pinta-alasta. Männyn taimia arvioitiin olevan liikaa 12 %:lla ja koivun taimia 11 %:lla pinta-alasta. Sekä rämeillä että nevoilla männyn taimia oli liikaa 15 %:lla ja koivun taimia 10 %:lla pinta-alasta. Korvissa taimettumiseen liittyviä ongelmia (liikaa koivun taimia) oli vain 7 %:lla ennallistetusta pinta-alasta. Letoilla tilanne on päinvastainen: liiallista koivun taimettumista havaittiin 90 %:lla pinta-alasta. Tarkastelussa on kuitenkin mukana vain kaksi lettojen ennallistamiskohdetta, joiden yhteispinta-ala on kymmenen hehtaaria.

Liiallinen männyn taimettuminen keskittyy karuimmille suotyypeille (piensaraiset–rahkaiset), joista 8–21 %:lla taimettumisen arvioitiin olevan ongelma (kuva 2). Liiallista koivun taimettumista esiintyy jonkin verran (3–15 %:lla pinta-alasta) kaikilla muilla paitsi rahkaisilla soilla. Taimettumisongelmat näyttävät liittyvän puuston poistoon ennallistamisen yhteydessä: ongelmia esiintyi 38 %:lla puustonpoistopinta-alasta, mutta vain 21 %:lla pinta-alasta, jolta puustoa ei oltu poistettu.

## Yhteenveto

Aktiivinen ennallistaminen on tarpeen, jos suojajiston tilaa halutaan parantaa (Haapalehto ym. 2010). Kymmenvuotishoitoseurantatulosten mukaan vain hieman yli puolet vuosina 1990–2001 ennallistetusta suopinta-alasta oli tavoitteen mukaisessa tilassa kymmenen vuotta ennallistamisen jälkeen. Samankaltaisia arvioita ennallistamisen onnistumisprosentista 10 vuotta toimenpiteiden jälkeen on esitetty aiemminkin (Tahvanainen 2006). Ongelmakohteiden suhteellisen suuri osuus osoittaa, että ongelmien välttämiseksi soiden ennallistaminen on suunniteltava ja toteutettava huolella. On myös hyödynnettävä aiemat kokemukset toimintatapojen kehittämisessä, mikä onkin yksi suojelusoiden hoitoseurantojen tärkeimmistä tavoitteista (luku 11.1 ja Hyvärinen & Aapala 2009).

Hoitoseurannassa tehtyjen arvioiden mukaan suurimmat ongelmat liittyvät veden leviämiseen suolle ennallistamisen jälkeen. Yleisin ongelma on veden virtauksen keskittyminen täytetyille ojalinjoille ja sarkojen keskiosien jääminen liian kuivaksi. Tämä on usein seurausta ojien puutteellisesta täytöstä ja täyttöö tukevien pintaval-



**Kuva 2.** Kymmenvuotishoitoseurannan arvio ennallistettujen soiden taimettumiskehityksestä kasvillisuusluokittain. Pylväät esittävät luokan kuvioiden pinta-alan osuuden kunkin luokan hoitoseurannassa olleiden kuvioiden kokonaispinta-alasta.



lien puuttumisesta. Ojien tukkimisen yhteydessä tulee varmistaa, että ojaan tehdään riittävän tiheästi veden kulun pysäyttäviä tiiviitä patoja ja vettä ohjataan saroille ojan suuntaan nähden poikkittaisilla pintavalleilla. Vallien on oltava selvästi korkeampia kuin suonpinta sarkojen keskiosissa, jotta vesi ei pääse ylittämään niitä turpeen painuessa vuosien kuluessa. Vallien on myös ulotuttava tarpeeksi kauas saralle, koska ojitusta aiheuttaa turpeen painumista usein jopa kymmenien metrien leveydellä ojien molemmin puolin. Pelkästään patoja rakentamalla tehty ennallistaminen, jolloin patojen väliin jää täyttämätöntä ojaa, näyttää johtavan suon puutteelliseen vetymiseen ojien täyttöä useammin. Pelkkää patoamista ei voida näiden tulosten perusteella suositella ennallistamismenetelmäksi kuin erityistapauksissa.

Puustoon ja taimettumiseen liittyviä ongelmia havaittiin eniten avosoilla. Liiallista männyn taimettumista esiintyy etenkin karuilla soilla. Liikaa koivun taimia havaittiin vähäisessä määrin kaikilla muilla kuin rahkaisilla suotyypeillä. Ojituk-

sen aikana metsittyneen suon avoimuus voidaan palauttaa vain poistamalla puustoa. Ennallistamisen yhteydessä tehty puuston poisto näyttää kuitenkin lisäävän taimettumisongelmia. Tämä johtunee taimien kiihtyneestä kasvusta valoisuuden lisääntymisen ja ravinnekierron muuttumisen myötä. Pintaturve on hyvä itämisalusta ympäristöstä levinneille siemenille. Koivut myös vesovat herkästi kaadetun puun kannosta. Taimettumiskehityksellä voi olla merkitystä ennallistetun suon tulevaisuudelle: elinvoimaisena säilyvät taimet vaikuttavat tulevana vuosina suoekosysteemin palautumiseen haihduttamalla vettä ja varjostamalla muuta kasvillisuutta. Taimettumisen vaikutuksia ja keinoja ongelman ratkaisemiseksi on selvitettävä.

Ennallistamismenetelmät, mm. pintavallien käyttö ja puuston käsittely, ovat kehittyneet tässä tarkastelussa mukana olleiden kohteiden ennallistamisen jälkeen. On perusteltua arvioida, että nykyisillä menetelmillä suojelusoiden ennallistaminen onnistuu tässä esitettyä arviota paremmin.

# 4 Pintaturpeen ominaisuudet ja turpeen kertyminen

*Teemu Tahvanainen ja Tuomas Haapalehto*

## 4.1 Turpeen muodostuminen luonnontilaisella suolla

Kasvatvat kasvit sitovat hiiltä yhteyttäessään. Kun kasvi tai osa kasvista kuolee, syntyy kariketta. Hajottajaeläimet, sienet ja bakteerit käyttävät kariketta ja vapauttavat kasvien sitomaa energiaa, hiiltä ja ravinteita suoekosysteemien ravintoketjuun. Jos kariketta syntyy nopeammin kuin sitä ehtii hajota, ekosysteemiin alkaa kertyä osittain hajonnutta orgaanista ainesta.

Turve on paikalleen kertynyttä orgaanista ainesta. Sitä muodostuu, kun kasvien kuolleet osat jäävät osittain hajonneina veden kyllästämiin, hapestomiin olosuhteisiin. Turvetta kerrostuu, kun kasvimassaa hajoaa vähemmän kuin uutta syntyy. Esimerkiksi rakkasammalpeitteisellä suolla sammalpinta kasvaa usein monta senttimetriä vuodessa. Turvetta kertyy kuitenkin keskimäärin huomattavasti rakkasammalten kasvua vähemmän, koska alemmissa kerroksissa turve maatuu ja tiivistyy. Suomen kaikkien soiden turpeen kasvun keskiarvoksi on laskettu noin 0,3 mm vuodessa ja suurimmat turvekerrosten pitkäaikaiset kertymisnopeudet ovat suuruusluokkaa 3 mm vuodessa (Mäkilä 2006). Vaikka turpeen kertyminen on hidasta, sillä on suuri merkitys globaalissa hiilen kierrossa. Turpeen tuorepainosta noin 90 % on tyypillisesti vettä ja kuiva-aineesta hiiltä on noin 50 %. Pohjoisen pallonpuoliskon soiden turpeeseen arvioidaan sitoutuneen noin 547 petagrammaa hiiltä (Yu 2011;  $P_g = 10^{15}$  g), mikä muodostaa noin 40 % kaikkien maapallon ekosysteemien maannoksiin varastoituneesta hiilestä ja vastaa noin 70 %:a ilmakehän hiilimäärästä. Varovaisempien arvioiden mukaan pohjoisten soiden hiilimäärä olisi 275–455 Pg (Turunen ym. 2002).

Rakkasammalet tuottavat biomassaa vuodessa keskimäärin 150–320 kuivapainogrammaa neliömetrille, mikä vastaa 75–160 grammaa hiiltä (Lindholm & Vasander 1990). Saravaltaisilla soilla tuotanto on tavallisesti suurempaa, mutta yleistäen voidaan todeta, että suot eivät ole erityi-

sen runsastuottoisia ympäristöjä eikä biomassan tuotanto selitä turpeen muodostumista. Sen sijaan turpeen kertymisen nopeus riippuu ratkaisevasti kasvibiomassan hajoamisen nopeudesta. Hajotusta rajoittavat tekijät ovat turpeen muodostumisessa erityisen tärkeässä roolissa. Pääosa suon kasvimassasta hajoaa turpeen hapekkaassa pintakerroksessa eli akrotelmassa (ks. luku 3.3.1 akrotelma ja katotelma). Erityisen nopeaa hajoaminen on akrotelman alaosassa, lähellä vedenpinnan tasoa. Akrotelman alapuolisessa syvämmässä turvekerroksessa eli katotelmassa hajoaminen on huomattavasti hitaampaa. Turpeen muodostumisessa olennaisena vaiheena voidaankin pitää turveaineksen joutumista katotelmaan. Koska vain pieni osa suokasvien sitomasta verraten pienestä hiilimäärästä päätyy turpeena pitkäaikaiseen varastoon, voidaan todeta että soiden globaali merkitys hiilen sidonnassa muodostuu pienestä osasta niukkatuottoisten ekosysteemien hiilen kiertoa.

Pitkäaikaisena keskiarvona Suomessa luonnontilaisille soille kertyy hiiltä tyypillisesti 10–30 grammaa neliömetrille vuodessa. Keidassoilla hiilen pitkäaikaisen kertymän keskiarvo on 21 g/m<sup>2</sup> vuodessa, minerotrofsilla soilla keskiarvo on 17 g/m<sup>2</sup> (Turunen ym. 2002). Hiilen pitkäaikainen kertymä lasketaan koko turveprofiilin tilavuustarkan massan ja iän perusteella – havaittu hiilen kokonaismäärä jaetaan turvekerroksen iällä. Vastaavalla tavalla voidaan laskea hiilen viimeaikainen kertymä ottamalla huomioon tietyn, ajoitetun tason yläpuolinen turvekerros. Mitä lyhyempää ajanjaksoa tarkastellaan, sitä suurempi on vuotuisen kertymän arvio. Tämä johtuu siitä, että turpeen hajotus jatkuu, vaikkakin hyvin hitaana, myös vanhoissa turvekerroksissa katotelmassa. Näin lasketut hiilen kertymäarvot eivät kerro suoraan hiilen todellisesta nykyisestä kertymisestä, mutta ne ovat hyödyllisiä muun muassa verrattaessa erilaisten soiden kehityshistoriaa tai esimerkiksi ojituksesta ja ennallistamisesta aiheutuneita viimeaikaisia muutoksia.

Rahkasammalvaltaisella suolla muodostuu rahkaturvetta, jossa turvekerrokset ovat selvimmän aikajärjestyksessä: uudet kerrokset syntyvät vanhempien päälle. Sarakasveista muodostuva saraturve puolestaan koostuu suurelta osin sarojen juurien jäännöksistä. Koska sarakasvien juuret ulottuvat varsin syvälle turpeeseen, saraturve ei ole yhtä selvässä aikajärjestyksessä kuin rahkaturve. Myös saraturpeesta voidaan kuitenkin periaatteessa määritellä pintakerroksen akrotelma, jossa tapahtuvat moninaiset ilmiöt, jotka edeltävät turpeen joutumista syvempien kerroksien katotelmaan ja siten pitkäaikaisempaan ”varastoon”. Sekä rahka- että saraturpeessa rajanveto on keinotekoinen, mutta yksinkertaistaminen auttaa turpeen muodostumiseen vaikuttavien ilmiöiden jäsentämisessä. Niin ojitus kuin ennallistaminenkin vaikuttavat vedenpinnan tason säätelyyn selvimmän turpeen pintakerroksessa muuttaen akrotelman ja katotelman rajaa. Syvemmissä turvekerroksissa niillä on huomattavasti vähemmän vaikutusta.

## 4.2 Turpeen hajotuksen dynamiikkaa

Kasviperäisen aineksen hajotukseen vaikuttavat hajotettavan kasviaineksen laatu ja hajotusolosuhteet. Vakiintuneisiin olosuhteisiin sopeutuneet hajottajayhteisöt ovat yleisesti ottaen hämmästyttävän tehokkaita hajottajia kasviaineksen laadusta riippumatta. Suot ovatkin ainutlaatuisia ympäristöjä turpeen kertymistä suosivien eli hajotusta hidastavien olosuhteiden vuoksi. Suolla merkittävin yksittäinen hajotusta hidastava tekijä on märkydestä johtuva hapen niukkuus. Hajotus kuluttaa nopeasti hapen turpeen huokostiloja täyttävästä vedestä, ja koska veden liike turpeessa on hidasta, estyy hapen pääsy suon pinnalta vedenpinnan alaisiin turvekerrokseen (katotelmaan) varsin tehokkaasti. Hapenpuutetta esiintyy suolla yleisesti veden kyllästämissä huokostiloissa jo vedenpinnan yläpuolella. Toisaalta syvälle turpeeseen ulottuvat putkilokasvien juuret (esim. pullosaran, raatteen, järviruo’on ja järvikortteen juuret) kuljettavat happea ja rikkovat vedenpinnan tason muodostamaa turvekerrosten välistä rajaa hapen saatuudessa. Myös virtaavan veden määrä ja virtausnopeus vaikuttavat hapen saatuuteen.

Pelkkä märkydestä johtuva hapettomuus ei kuitenkaan ole tyydyttävä selitys erityyppis-

ten soiden väliselle vaihtelulle turpeen kertymisessä. Lehmän pötsikin on hapeton ympäristö, mutta erinomaisen tehokas kasviaineksen hajotuksessa. Hapettomuuden lisäksi hajotusta rajoittavat soilla usein typen sekä muiden ravinteiden ja mineraalien niukkuus ja happamuus. Syvempien turvekerrosten verraten alhaiset lämpötilatkin hidastavat hajotusta. Lisäksi varsinkin rahkasammalilla on biokemiallisia ominaisuuksia, jotka ilmeisesti hidastavat hajotusta. Näistä tekijöistä muodostuu monenlaisia olosuhteiden yhdistelmiä. Paksuturpeisilla keidassoilla useat tekijät hidastavat hajotusta: kaikkia ravinteita on niukasti, pH on alhainen, turpeen eristävä pintakerros pitää syvempien kerrosten lämpötilan alhaisena, happea kuljettavia syväjuurisia kasveja on niukasti ja merkittävä osa kasvien biomassasta koostuu huonosti hajoavista rahkasammalista. Aapasoilla turpeen hajotus on tavallisesti keidassoita nopeampaa ja turvekerrostumat ovat ohuempia: ravinteita on tarjolla paremmin, pH-taso on korkeampi, runsaampi veden virtaus ja sarojen juuret tuovat happea hajottajille ja kasvi-biomassa on verraten helposti hajoavaa.

Kasviaines hajoaa lukuisten eri entsyymien katalysoimien biokemiallisten reaktioiden sarjana. Soilla hapettomuus ja happamuus alentavat fenolisten (aromaattisten) orgaanisten yhdisteiden hapetusta katalysoivien fenolioksidaasientsyymien aktiivisuutta (Freeman ym. 2004). Tällöin orgaanisen aineksen fenolipitoisuus kasvaa, koska fenolisten yhdisteiden hapettuminen estyy. Korkeat fenolipitoisuudet puolestaan hidastavat tai estävät muiden hajotusketjun entsyymien toimintaa. Myös alhaisen pH:n tiedetään rajoittavan fenolioksidaasia (Tahvanainen & Haraguchi 2012) ja karuilla soilla typen niukkuuskin alentaa fenolioksidaasin aktiivisuutta (Bragazza ym. 2006). Toisaalta esimerkiksi korkea rautapitoisuus voi edistää fenolien hapetusta silloinkin, kun hapestaa on puutetta (van Bogedom ym. 2005). On todennäköistä, että pelkästään fenolisten yhdisteiden pitoisuuksiin ja niiden hapetuksen dynamiikkaan keskittyminen antaa vaillinaisen kuvan turpeen kertymiseen johtavasta hajotuksen hitaudesta luonnontilaisilla soilla. Jo tämä tarkastelu osoittaa kuitenkin, että hajotuksen säätelyyn ja siten turpeen muodostumiseen voivat vaikuttaa monet eri tekijät myös olosuhteiden muuttuessa ojituksen tai ennallistamisen vaikutuksesta.

### 4.3 Ojituksen vaikutus turpeen muodostumiseen

Tehokas metsäojitus käytännössä pysäyttää turpeen kertymisen. Vaikka kariketta syntyy ojitetuilla soilla edelleen – joskus jopa enemmän kuin luonnontilassa – se ei enää päädy veden kyllästämään katotelmaan, mitä voidaan pitää turpeen muodostumisen ehtona. Ojitetulla suolla katotelman yläpuolella on tuoreen karikkeen lisäksi myös vanhaa, ennen ojitusta syntynyttä turvetta. Pintaturpeen hapekkaan kerroksen eli akrotelman paksuuntuminen edistää hajotustoimintaa. Lisäksi pintaturvekerrokset painuvat voimakkaasti veden nosteen hävitessä. Myös syvemmät, yhä veden kyllästämät turvekerrokset voivat painua jossain määrin, kun yläpuolinen kuivunut turvekerros muuttuu veden nosteen puuttuessa ”painavammaksi”. Maatuessaan ja painuessaan turve tiivistyy, mikä vähentää turpeen huokositilaa ja heikentää vedenjohtavuutta. Pintaturpeen päällimmäisen kerroksen muodostaa metsäkarikke, johon veden kapillaarinen nousu on heikkoa. Suon pintaturpeen hydrologinen käyttäytyminen muuttuukin ojituksen vaikutuksesta huomattavasti (Päivänen 1973). Myös pintaturpeen kemialliset ominaisuudet muuttuvat ojituksen seurauksena. Ojituksen vaikutuksesta mm. turpeen pH tavallisesti alenee. Pääkationien (Ca, Mg, K, Na) pitoisuudet laskevat lisääntyneen huuhtoutumisen vuoksi. Mineraalivarannot eivät myöskään täydenny oijen kuljettaessa minerotrofiset vedet sarkojen ohi.

Vaikka ojitus pysäyttäisi turpeen muodostumisen, ei tilanne ole yhtä selkeä hiilen kertymisen kohdalla. Hiilitase muodostuu hiilen sidonnan ja hajotuksen välisestä nettosuhteesta eikä taseen kannalta ole erityistä merkitystä, kutsutaanko hiiltä sisältävää ainesta turpeeksi vai ei. Vaikka ojitus pääsääntöisesti johtaa vanhan turpeen lisääntyneeseen hajotukseen, kiihtyy hiilen sidonta mm. puiden ja varpujen biomassaan kasvillisuuden muutosten myötä. Vaikka pois korjattavaa puustoa ei huomioitaisi, on juuriston lisääntyneellä biomassalla suuri merkitys maaperän hiilitasapainossa. Ojituksen aiheuttama hiilen hävikki on suurinta ensimmäisinä ojituksen jälkeisinä vuosina. Ajan kuluessa kasvivyhteisöjen muutos lieventää hiilen hävikkiä (Laiho ym. 2003) ja muun muassa pintaturpeen pH:n aleneminen hidastaa hajotusta (Toberman ym. 2010). Tur-

peen lämpötilat ovat ojitetuilla soilla yleisesti alhaisempia kuin luonnontilaisilla, mikä johtuu lisääntyneestä puiden varjostuksesta ja paksun ilmavan pintakerroksen eristävästä vaikutuksesta (Laine ym. 2002). Eri suuntiin vaikuttavien tekijöiden nettovaikutusta voidaan periaatteessa mitata turvekerrosten hiilimäärien muutoksia havainnoimalla tai mittaamalla kaasujen vaihtoa (CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub>) suon ja ilmakehän välillä. Täsmällisten tulosten tuottaminen hiilivarastojen ja hiilitaseen muutoksista on kuitenkin hyvin vaikeaa.

Yleiskuvaa ojituksen kokonaisvaikutuksista voidaan tavoitella vertailemalla luonnontilaisten ja ojitetujen soiden tietynikäisiä pintaturpeen hiilivarantoja. Tulokset osoittavat, että viimeisten 300 vuoden aikana pintaturpeeseen kertynyttä hiiltä on ojitetuilla soilla jäljellä keskimäärin 32 tonnia hehtaarilla vähemmän kuin luonnontilaisilla soilla (Mäkilä & Goslar 2008). Ero aiheutuu ainakin osittain vanhan turpeen hajoamisesta ojitetuilla soilla sekä turpeen kertymisen jatkumisesta luonnontilaisilla soilla. Jos tätä hiilen hävikin arviota pidetään valtakunnallisesti edustavana, ojituksen voidaan arvioida aiheuttaneen pitkälti yli sadan miljoonan hiilitonnin hävikin Suomen ojitetujen soiden pintaturpeesta. Toisaalta erot ojitetujen ja ojittamattomien soiden pintaturpeiden hiilivarastoissa saattavat johtua kohteiden alkuperäisistä eroista, sillä ojitettaviksi on valikoitunut keskimäärin ohutturpeisempia soita.

Ojituksen vaikutuksesta pintaturpeen hiilitaseeseen on julkaistu useita tutkimuksia, mutta tulokset ovat joiltakin osin ristiriitaisia. Minkkinen & Laine (1998a) arvioivat ojituksen lisänneen turpeen hiilimäärää keskimäärin 5,9 kg/m<sup>2</sup> koko ojitusvaiheen summana arvioituna. Heidän tuloksissaan esiintyi paljon vaihtelua ja useilla kohteilla havaittiin merkittävää hiilen hävikkiä, jopa noin 20 kg neliömetriltä. Hiilivaraston muutokset riippuivat puuston tilavuudesta sekä alueellisista lämpötilaeroista. Suurta hiilen hävikkiä on havaittu ojitetuilla soilla myös viimeaikaisissa tutkimuksissa, joissa on mitattu uudelleen ennen ojituksia tutkittujen kohteiden turvekerrostumia (Simola ym. 2012) tai vertailtu saman suon luonnontilaisten ja ojitetujen osien näytteiden hiilimääriä (Pitkänen ym. 2013). Hiilikaasujen vuotuisten taseiden perusteella hiilen nettöhävikkiä tapahtuu rehevillä suotyypeillä vielä vuosikymmeniä ojituksen jälkeen, mutta karuilla suotyypeillä maaperä toimii hiilen nieluna (Ojanen ym.

2013). Kaikkein karuimmilla kohteilla eli ojite-  
tuilla keidassoilla puusto ei tavallisesti kuitenkaan  
kehity eikä puiden kariketuotanto voi kompen-  
soida lisääntyneestä hajotuksesta aiheutuvaa hii-  
len hävikkiä. Tutkimukset eivät yleensä huomioi  
sitä hiilen sidonnan tasoa, joka ojitetuilla soilla  
toteutuisi, mikäli ne olisivat luonnontilassa. Li-  
säksi tulevien metsätaloustoimien vaikutuksia  
ei tunneta ja on mahdollista, että hiilen hävikki  
pintaturpeesta kiihtyy kunnostusojitusten, maan-  
muokkauksen ja lannoituksen vuoksi.

#### 4.4 Ennallistamisen vaikutus turpeen muodostumiseen

Ennallistamisen tavoitteena on turpeen ominai-  
suuksien ja muodostumisen palauttaminen luon-  
nontilaisen kaltaiseksi. Koska turpeen muodos-  
tuminen on hidas prosessi, pitäviä vastauksia en-  
nallistamisen vaikutuksesta turpeen kertymiseen  
saadaan hitaasti. On kuitenkin oleellista ymmär-  
tää, että kyseessä on prosessi, joka koostuu tun-  
netuista osatekijöistä, kuten kasvien tuotannosta  
ja mikrobien hajotustoiminnasta. Turpeen kerty-  
misen edellyttämiä ilmiöitä voidaan havainnoi-  
da, ja lyhyellä aikavälillä ilmiöillä on myös suora  
vaikutus suon ainevirtoihin, kuten hiilen sitou-  
tumiseen. Luonnontilaisen kaltainen turpeen

muodostuminen edellyttää turvetta muodosta-  
van suokasvillisuuden kehittymistä. Vaikka pe-  
riaatteessa mikä tahansa kasviaines voi muodos-  
taa turvetta, on rahkasammalilla tässä yhteydessä  
erityisen suuri merkitys. Rahkasammalvaltaisen  
kasvillisuuden osalta mahdollista tarkastella  
turpeen muodostumista verraten lyhyellä aika-  
jäljenteellä, koska rahkasammalet kasvavat verson  
kärjestä ja kuolleet kasvinosat kerrostuvat aika-  
järjestyksessä – ennallistamisen jälkeen kehitty-  
nyt rahkasammalkasvusto ja siitä kehittyvä uusi  
pintaturve on mahdollista erottaa ojitusvaiheen  
aikaisen pintaturpeen päältä.

Rahkasammalkasvustot kehittyvät usein no-  
peasti ennallistamisen jälkeen. Ennen rahka-  
sammalia runsastuu yleensä tupasvilla, joka voi  
edesauttaa rahkasammalten runsastumista tar-  
joamalla niille suotuisia kasvupaikkoja (Tuittila  
ym. 2000b) (kuva 10). Jos ennallistamisella  
onnistutaan luomaan rahkasammalille suotuisat  
olosuhteet, ne voivat peittää suon pinnan muu-  
tamassa vuodessa riippuen toki mm. siitä, missä  
määrin ja mitä lajistoa kohteella on säilynyt oji-  
tuksen aikana. Rahkasammalkasvustot laajenevat  
sitien, että yksittäiset versot haarautuvat kahdek-  
si tai useammaksi uudeksi versoksi. Mikäli haa-  
rautuminen jatkuu, voi kasvuston pinta-ala kas-  
vaa lähes eksponentiaalisesti usean vuoden ajan.



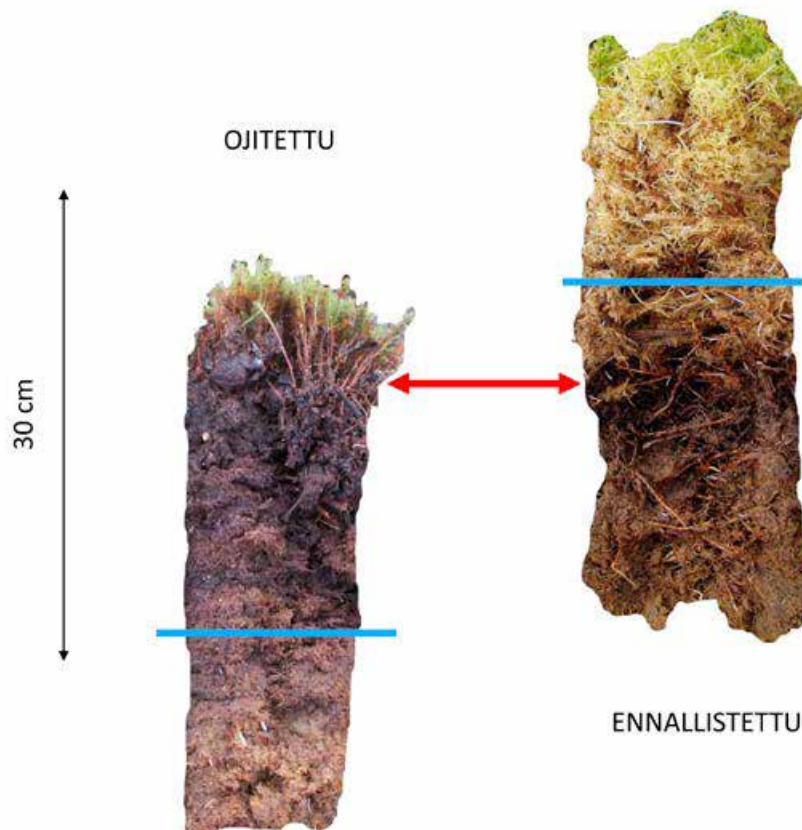
**Kuva 10.** Tupasvilla (*Eriophorum vaginatum*) runsastuu usein ennallistamista seuraavina vuosina. Rahkasammalten kasvu alkaa märimmillä pinnoilla tupasvillakasvustojen lomassa ja on usein hyvässä vauhdissa noin viiden vuoden kuluttua ennallistamisen jälkeen (vasemmalla). Usein rahkasammalet alkavat peittää tupasvillakasvustoja noin 10 vuoden kuluttua ennallistamisesta. Kehitys voidaan todeta turvenäytteistä (oikealla). Kuvat: Teemu Tahvanainen.

Suon pinnan kattavan rahkasammalikon synnytyä voidaan odottaa kuolevan rahkasammalten biomassan kerrostuvan ja muodostavan ajan kuluessa rahkaturvetta. Tarkka rajanveto kuolleen biomassan (ts. karikkeen) ja rahkaturpeen välillä on lähes mahdoton. Sen sijaan on mahdollista tarkastella ennallistamisen jälkeen syntynyttä uutta pintaturvetta kokonaisuutena, johon kuuluu elävä sammalkerros.

Yksittäisiä havaintoja uuden pintaturpeen kehityksestä on tehty monilla ennallistetuilla soilla (Tahvanainen 2006) ja aiheeseen liittyvää kattavampaa tutkimusta on parhaillaan käynnissä (Kareksela ym. 2013). Tyypillisessä tapauksessa turvenäytteestä on helppo tunnistaa ojitusvaiheen aikainen turpeen pinta, jonka päälle uusi pintaturve on alkanut kehittyä ennallistamisen jälkeen (kuva 11). Ojituksen aikainen turpeen pintakerros erottuu tummana, tiiviinä kerrokse-

na vanhan luonnontilaisen, kellertävän ruskean rahkaturpeen päällä. Ennallistamisen jälkeen kehittyneessä kerroksessa näkyy usein ensin runsaasti tupasvillan tyvituppia, sitten vaaleankeltaista, tuoretta rahkaturvetta. Uuden pintaturvekerroksen ominaisuuksia mittaamalla saadaan tietoa ennallistamisen vaikutuksista turpeen muodostumiseen ja hiilen sidontaan, jotka kertovat suon ekosysteemin toiminnasta. Ensimmäisten ennallistettujen soiden maastokatsauksessa havaittiin soiden pintojen vettymisen vaihtelevan, ja vettymisen onnistumisella oli selvä yhteys pintaturvekerroksen kehittymiseen (Tahvanainen 2006). Uutta pintaturvetta oli kehittynyt yleensä sitä paksummaksi kerrokseksi mitä korkeammalle vedenpinta oli noussut.

Pintaturpeen kehittyminen vaikuttaa monin tavoin suon ekosysteemin ainevirtoihin. Suokasvillisuuden ja pintaturpeen kehittyminen sitoo



**Kuva 11.** Ojitetulla suolla pintaturve hajoaa ja tiivistyy vedenpinnan tason (sininen viiva) yläpuolella. Ennallistettaessa vedenpinta pyritään nostamaan turpeen pintaan (punainen nuoli), jolloin rahkasammalet runsastuvat. Jo noin 10 vuoden jälkeen rahkasammalet voivat alkaa muodostaa rahkaturvetta, jota kerrostuu vähitellen vedenpinnan alle, niukkahappisiin olosuhteisiin. Molempien turvenäytteiden alaosassa näkyy vanhaa, suon luonnontilaisessa vaiheessa muodostunutta vaalean ruskeaa rahkaturvetta. Ennallistamisen jälkeen turvekangasvaiheen vaikutus näkyy rahkaturvekerrosten väliin jäävänä tummana kerroksena, josta löytyy männyn neulasia, kuorta ja käpyjä sekä metsäsammalten jäännöksiä. Kuvat: Teemu Tahvanainen.

hiiltä ja ravinteita. Keski-suomalaisia karuhkoja rämeitä tutkittaessa ennallistamisen havaittiin nostavan pintaturpeen vuotuisen hiilen kertymän luontaiselle tasolle noin kymmenen vuoden kuluttua ennallistamisesta (Kareksela ym. 2013). Tämä on pääasiassa vettyneellä suolla runstuneiden rahkasammalten voimakkaan kasvun ansiota. Vuotuisena keskiarvona hiiltä sitoutuu uuteen pintaturpeeseen noin 108 g neliömetrille ensimmäisten kymmenen vuoden aikana. Esimerkiksi 15 000 hehtaarin ennallistamisella tämä tarkoittaa lähes 60 000 tonnia hiilidioksidia, mikä vastaa noin 3 500 omakotitalon energiankulutuksen keskimääräisiä päästöjä. Toisin sanoen reilut neljä hehtaaria ennallistettua rahkasammalsuota riittäisi kompensoimaan yhden omakotitalon energiankulutuksen aiheuttamat päästöt. Todellisuudessa sekä suoekosysteemin toiminta että omakotitalon energiatalous ovat paljon monimutkaisempia asioita ja laskelmaa voidaan pitää vain suuntaa-antavana. Suon ennallistaminen vaikuttaa pintaturpeen kehityksen lisäksi mm. orgaanisen hiilen huuhtoutumiseen suolta valuvan veden mukana sekä suon metaanipäästöihin, joilla voi olla pintaturpeen hiilinielua suurempi vaikutus ennallistamistoiminnan ilmastovaikutukseen. Pintaturpeen kehittyminen on kuitenkin edellytys suoekosysteemin toiminnan palautumiselle ja alustavat tulokset ennallistetuilta soilta ovat lupaavia.

Hiilen kierron lisäksi ennallistaminen vaikuttaa moniin pintaturpeen kemiallisiin ominaisuuksiin. Esimerkiksi Ca-, K-, Mg-, Mn- ja P-pitoisuuksien on havaittu palautuvan luonnontilaisten vastaavien soiden pitoisuuksien tasolle noin kymmenessä vuodessa ennallistamisen jälkeen (Haapalehto ym. 2010). Luonnontilaisilla soilla alkuaineilla on turvekerroksessa tyypillinen syvyysjakauma (Damman 1978, Pakarinen 1978). Koska karikkeesta ja juurieritteistä vapautuvat ravinteet kiertävät suokasvien eläviin osiin, useiden ravinteiden pitoisuudet ovat suurimmillaan turvekerroksen ylimmässä osassa. Tämänkaltaisen luontaisen syvyysjakautuman on havaittu palautuneen ainakin K- ja Mn-pitoisuuksien osalta kymmenen vuotta ennallistamisen jälkeen (Haapalehto ym. 2010). Tulos viittaa kasvien ja turpeen välisen ravinnekierron normalisoitumiseen, mikä on tärkeää koko suoekosysteemin toiminnalle.

Tässä luvussa esillä ollut kymmenen vuoden aikajänne ennallistamisen vaikutusten arvioinnissa on kovin lyhyt turpeen muodostumiseen liittyvien kysymysten tarkasteluun. Jo tässä ajassa havainnot ovat kuitenkin lupaavia: rahkasammalvaltainen kasvillisuus voi kehittyä nopeasti ja alkaa muodostaa rahkaturvetta. Tämä kehitys sitoo jo alkuvaiheessaan merkittävän määrän hiiltä ja käynnistää ravinteiden luonnontilaisen kaltaisen kierron suokasvillisuudessa. Nämä ekosysteemin toimintaan liittyvät ekosysteemipalvelut tulevat todennäköisesti saamaan myös rahallista arvoa, ehkä jo lähitulevaisuudessa.

# 5 Suoluonnon monimuotoisuus

*Kaisu Aapala, Sakari Rehell ja Maarit Similä*

Monimuotoisuuteen sisältyvät ekosysteemien (luontotyyppien ja elinympäristöjen) monimuotoisuus, lajistollinen monimuotoisuus ja geneettinen monimuotoisuus. Monimuotoisuuden ta- soista käytännön kannalta merkittävimpänä pidetään usein lajiston monimuotoisuutta, koska se on kohtalaisen helposti mitattavissa (Gaston & Spicer 2004). On kuitenkin muistettava, että monimuotoisuuden säilyttämisessä on kyse erilaisille elinympäristöille ominaisen lajiston säilyttämisestä, ei lajimäärän maksimoinnista (Kouki 1993, Mönkkönen 2004).

Elämä suolla vaatii sopeutumista vaativiin olosuhteisiin, sillä elinympäristö on pysyvästi kostea ja sen vuoksi aivan turpeen pintakerroksia lukuun ottamatta vähähappinen tai hapeton. Karuilla soilla myös happamuus rajoittaa monien lajien esiintymistä. Suot ovatkin usein luontaisesti verrattain vähälajisia, eikä pelkkä lajilukumäärä ole yleensä paras mittari soiden monimuotoisuusarvoille. Soiden merkittävimmät monimuotoisuusarvot ovat lajeissa ja lajiyhteisöissä, joita ei esiinny muissa elinympäristöissä.

Soille on toisaalta ominaista myös erilaisten elinympäristöjen pienipiirteinen vaihtelu: yhdellä suoalueella voi olla kuivempia ja märempiä osia, happamia ja neutraalimpia alueita, karuja ja reheviä osia sekä puustoisia ja avoimia osia. Vierekkäisten osien lajisto voi siten poiketa toisistaan selvästi ja etenkin laajemmilla suoalueilla lajiston monimuotoisuus voikin olla huomattavan suuri.

## 5.1 Mikrobisyhteisöjen monimuotoisuus

Soiden monimuotoiset mikrobisyhteisöt ovat keskeisiä suon toiminnalle (Fisk ym. 2003, Rydin & Jeglum 2006, Wieder & Vitt 2006). Mikrobeilla on keskeinen rooli mm. hiilen ja ravinteiden kierrossa sekä orgaanisen aineksen hajotuksessa ja turpeen muodostumisessa (Laine ym. 2000, Pietiläinen ym. 2005, Vasander & Kettunen 2006).

Soiden mikrobisyhteisöjen lajikoostumus vaihtelee mm. elinympäristön kosteuden, happipitoisuuden, happamuuden ja ravinteisuuden mukaan (Rydin & Jeglum 2006, Jaatinen ym. 2007).

Mikrobisyhteisöjen lajikoostumukseen vaikuttavat olennaisesti myös millaisesta kasvillisuudesta turve on muodostunut ja turpeen syvyys (mikrobikoostumus on erilainen eri syvytydessä) (Rydin & Jeglum 2006, Jaatinen ym. 2007).

Soiden mikrobisyhteisöjen koostumus on kiinteässä vuorovaikutuksessa kasvisyhteisöjen rakenteen kanssa (Littlewood ym. 2010). Luontainen sukkessio tai ihmisen aiheuttamat häiriöt, kuten ojitus tai ennallistaminen, muuttavat soiden kasvisyhteisöjen rakenteen lisäksi myös soiden mikrobisyhteisöjä (Merilä ym. 2006, Jaatinen ym. 2007, 2008, Juottonen ym. 2012). Muutosten vaikutuksia ei tunneta vielä tarkasti. Erityisesti mikrobisyhteisöjen monimuotoisuuden ja suon toiminnan välinen suhde on epäselvä.

Luontaisen kaltaisten mikrobisyhteisöjen palautumisen merkitystä ennallistettujen soiden toiminnan palautumisessa ei myöskään vielä tunneta, sillä tutkimuksia ennallistamisen vaikutuksista mikrobisyhteisöihin on toistaiseksi vähän. Skotlannissa ja Kanadassa on tutkittu mikrobisyhteisöjen rakenteen ja toiminnallisen monimuotoisuuden muutoksia turpeennostoalueiden soistamiskohteilla (Artz ym. 2008, Andersen ym. 2010). Metaanikierron ennallistumisen ja metaania tuottavien mikrobisyhteisöjen palautumisen yhteyksiä on selvitetty Suomessa (Juottonen ym. 2012, tietolaatikko 3).

## 5.2 Kasvilajiston monimuotoisuus

Kasvit ovat suoelinympäristön tärkein toiminnallinen lajiryhmä. Suokasvit vaikuttavat omaan elinympäristöönsä poikkeuksellisella tavalla, sillä ne muodostavat oman kasvualustansa, turpeen (luku 4). Kasvillisuudella on suuri vaikutus paitsi muun lajiston myös ekosysteemi- ja maisemata- son monimuotoisuuteen.

Suokasvillisuuden vaihteluun vaikuttavat monet ympäristötekijät, esimerkiksi suolle tulevien vesien alkuperä (pelkästään sadevedestä vai myös mineraalimalta), happamuus (pH), pääravinteiden (typpi ja fosfori) saatavuus, vedenpinnan ta- so, turpeen paksuus ja pohjavesivaikutus (Wheeler & Proctor 2000). Myös turpeen paksuuskas-



vun (Økland 1990) ja kausittaisen kosteusvaihtelun (Laitinen 2008) on havaittu korreloivan kasvillisuuden koostumuksen kanssa.

### 5.2.1 Putkilokasvit

Soiden putkilokasvit voidaan ryhmitellä toiminnallisiin ryhmiin: sarat ja saramaiset kasvit, heinät, ruohot, varvut, pensaat ja puut. Sarat ja saramaiset kasvit, kuten pullosara, jouhisara, villat, tupasluikka (*Trichophorum cespitosum*) ja valkopiirtoheinä (*Rhynchospora alba*), ovat tyypillisesti nevojen valtalajeja ja voivat muodostaa laajoja kasvustoja (kuva 12). Heinät ovat tyypillisiä hieinan rehevämällä soilla, kuten siniheinä (*Molinia caerulea*) ja järviruoko (*Phragmites australis*) letoilla ja mesotrofisilla nevoilla tai kastikat ruoho- ja heinäkorvissa. Ruohokasvien monimuotoisuus on soilla melko alhainen. Karujen soiden tyyppeiruohoja ovat esimerkiksi kihokit ja hilla (*Rubus chamaemorus*). Monipuolisin ruoholajisto löytyy letoilta ja rehevistä korvista. Suovarvut ovat pääasiassa mätäspintojen kasveja, mutta karpalo

(*Vaccinium oxycoccos*) ja suokukka (*Andromeda polifolia*) menestyvät myös välipinnalla.

Luonnontilaisten korpien ja rämeiden ominaispiirteisiin kuuluu myös iältään ja kooltaan erirakenteinen puusto (kuva 13). Se vaikuttaa kasvupaikan muuhun kasvillisuuteen mm. juuristokilpailun ja varjostuksen kautta. Isommille eläimille puusto tarjoaa levähdys-, pesimä- ja tähystyspaikkoja. Pienemmille eläimille ja mm. epifyyttijäkälille ja -sammalille puusto tarjoaa erilaisia mikroelinympäristöjä. Puustosta muodostuva lahopuu on monille lajiryhmille välttämätön rakennepiirre myös soilla. Luonnontilaiset korvet voivat muuttuneessa metsämaisemassa olla tärkeitä elinympäristöjä myös runsalahopuustoisissa luonnonmetsissä eläville lajeille.

Ensisijaisesti soilla tavattavista putkilokasveista 21 on valtakunnallisesti uhanalaisia ja 11 silmälläpidettäviä (Rassi ym. 2010). Alueellisessa uhanalaisuusarvioinnissa on lisäksi luokiteltu Etelä-Suomessa alueellisesti uhanalaiseksi noin 40 suolajia (Ryttäri ym. 2012). Yhteensä tämä on yli puolet (55 %) ensisijaisesti soilla elävistä kasvila-



**Kuva 12.** Salamajärven kansallispuiston mesotrofisella rimpinevalla kasvaa jouhisaran ja siniheinän kanssa rinta rinnan mm. punakämmekkää. Kesällä 2012 suosta kohosi viitisensataa kämmekän kukintoa. Kivijärvi 2012. Kuva: Reijo Hokkanen.



Kuva 13. Puustoltaan luonnontilaista puronvarsisuota Suomussalmen Hossassa syksyllä 2011. Kuva: Suvi Haapalehto.

jeista. Taantuvista suokasveista valtakunnallisesti uhanalaisiksi ovat nousseet muun muassa pikkukihokki (*Drosera intermedia*), suopunakämmekkä (*Dactylorhiza incarnata* subsp. *incarnata*) sekä himmeävilla (*Eriophorum brachyantherum*). Silmälläpidettäviin luettiin nyt ensimmäistä kertaa nevojen ja lettojen kämmekkä suovalkku (*Hammarbya paludosa*) ja korvissa kasvava hentosara (*Carex disperma*).

### 5.2.2 Sammalet

Suosammalia voidaan ryhmitellä taksonomisten lajiryhmien lisäksi ekologisiin ryhmiin: rahkasammalet, ruskosammalet, muut lehtisammalet, metsäsammalet ja maksasammalet.

Rahkasammalet (kuva 14) ovat boreaalisten soiden selkäranka. Rahkasammalet menestyvät soilla, koska ne ovat sopeutuneet happamiin, märkiin, hapettomiin ja ravinnepitoisiin elinympäristöihin, joiden muodostumisessa niillä itsellään on merkittävä rooli (Rydin & Jeglum 2006, Rydin ym. 2006). Rahkasammalet happamoittavat elinympäristöään ja pitävät sen kosteana ja hapettomana (Rydin & Jeglum 2006). Ne sietävät hyvin alhaisia ravinnepitoisuuksia ja voivat tulla toimeen pelkän sadeveden varassa. Rahkasammal-

ten kyky varastoida vettä lehtien kuolleisiin hyaliinisoluihin ja kuljettaa sitä kapillaarisesti alhaalta ylös ylläpitää osaltaan suoveden korkeaa tasoa. Kuollut rahkasammal hajoaa suo-olosuhteissa hitaasti, millä on merkitystä turpeen kertymisessä (Rydin & Jeglum 2006, Lindsay 2010, luku 4).



Kuva 14. Rämerahkasammal *Sphagnum angustifolium*, varvikkorahkasammal *S. russowii* ja kangasrahkasammal *S. capillifolium* kirjoavat palsasuon pintaa Käsivarren Lapiissa. Iitto, Enontekiö elokuussa 2012. Kuva: Elina Kolppanen.

Rahkasammalten erilaiset kasvu- ja hajoamisnopeudet (Rydin ym. 2006) sekä rahkasammalten ja kenttäkerroksen saramaisten kasvien vuorovaihtus (Malmer ym. 1994) vaikuttavat myös suon pienmuotojen – mättäiden, välipintojen, kuljujen ja allikoiden – muodostumiseen ja säilymiseen. Rahkasammalilla on merkittävä rooli myös boreaalisten soiden hiilen kiertämisessä, sillä ne sitovat hiiltä ja varastoivat sitä turpeeseen (luku 4).

Eri rahkasammallajit ovat sopeutuneet erilaisiin olosuhteisiin esimerkiksi vedenpinnan tason, happamuuden (tietolaatikko 10) tai varjostuksen suhteen. Rahkasammalet ovat suokasvillisuudessa valtalajeina etenkin karuilla ja happamilla soilla. Niiden monimuotoisuus on kuitenkin korkeimmillaan karuilla ja keskiravinteisilla nevoilla (Rydin & Jeglum 2006). Jotkut rahkasammallajit, kuten heterarahkasammal *Sphagnum warnstorffii*, käyrälehtirahkasammal *S. contortum* ja lettorahkasammal *S. teres*, viihtyvät myös letoilla (Eurola ym. 1992, Laine ym. 2009).

Ruskosammalet eivät ole taksonomisesti yhtenäinen lajiryhmä vaan ekologinen lajijouk-

ko, joka esiintyy yleisimmin letoilla (kuva 15). Ryhmään kuuluvia lajeja ovat mm. lettosirppisammal *Scorpidium cossonii*, lettolierosammal *S. scorpioides*, kultasirppisammal *Loeskyppnum badium*, lettoväkäsammal *Campylium stellatum*, kultasammal *Tomentypnum nitens* ja rasisammal *Paludella squarrosa*. Ruskosammalien esiintyminen osoittaa aina jonkinasteista ravinteisuutta ja tavanomaista korkeampaa pH:ta.

Metsäsammalet, kuten seinäsammal *Pleurozium schreberi*, metsäkerrossammal *Hylocomium splendens* ja sulkasammal *Ptilium crista-castrensis*, ovat tavallisia luonnontilaisten suometsien kuivimmilla pinnoilla, esimerkiksi korpien ja rämeiden korkeimmilla mätäspinoilla ja puiden juuristoalueilla.

Maksasammalet, kuten rahkanäivesammal *Mylia anomala*, esiintyvät usein yksittäisinä versoina muiden sammalien joukossa. Yhtenäisempiä kasvustoja suolla voi muodostaa esimerkiksi nevaruoppasammal *Gymnocolea inflata*. Monet korpien uhanalaisista maksasammalista vaativat lahoppuujatkumoa ja pienilmastol-



Kuva 15. Lettolierosammal kasvaa lettorimmissä. Alusneva, Karstula 2011. Kuva: Hannu Nousiainen.

taan tasaisen kosteaa ja varjoisaa elinympäristöä (Laaka-Lindberg ym. 2009).

Suosammalissa on 18 uhanalaista ja 9 silmälläpidettävää lajia (Rassi ym. 2010). Lisäksi toissijaisesti soilla elävistä sammalista 21 on uhanalaisia ja 20 silmälläpidettäviä (Rassi ym. 2010). Pääosa punaisen listan ensisijaisesti soilla kasvavista sammalista on lettojen tai lähdevai- kuteisten meso-eutrofisten soiden lajeja, mutta myös korvet ovat niille tärkeä elinympäristö.

### 5.3 Suokasvien sopeutuminen korkeaan vedenpinnan tasoon ja kasvualustan hapettomuuteen

Suokasvit ovat suon kehityksen myötä asettuneet kasvamaan kohtiin, joissa vedenpinnan taso on niille suotuisa. Suolla on kasvillisuudeltaan yhtenäisiä alueita, jotka poikkeavat toisistaan erityisesti vedenpinnan tason suhteen. Eri kasvilajeilla ja lajiryhmillä on tiivis keskinäinen vuorovaikutus. Esimerkiksi rahkasammalet pystyvät säätelemään tehokkaasti kasvuston kosteutta ja vesitilannetta, joten ne toimivat eräänlaisina avainlajeina, jotka vaikuttavat muiden lajien kasvumahdollisuuksiin. Puusto- ja kenttäkerroksen kilpailu ja varjostus voivat puolestaan rajoittaa rahkasammalien kas- vua. Suomessa on erotettu kolme kasvillisuuden päätasoa suhteessa vedenpintaan (Eurola ym. 1995), mutta tasoja voidaan erottaa enemmänkin (esim. Sjörs 1983).

**Mätäspinnalla** keskimääräinen vedenpinta on kasvukauden aikana vähintään 20 cm:n syvyydes- sä suon pinnasta. Mätäspinnat eivät yleensä jää missään vaiheessa kasvukautta veden peittämiksi. Tyypillisimmin mätäspintaa tavataan rämeillä, missä kasvillisuuden muodostavat rämerahkasam- malet (esim. ruskorahkasammal sekä myös karuille kangasmetsille ominaiset lajit, kuten mänty, var- vut, kangasmetsäsammalet ja jäkälät. Korvissa vedenpinnan taso vastaa usein keskimäärin mä- täspintaa, mutta korpien mättäät ovat usein kas- villisuudeltaan rämemättäitä rehevämpiä ja puus- toisempia, ja korvissa vedenpinnan korkeus vaihte- lee pienipiirteisemmin ja vettä liikkuu enemmän.

**Välipinnalla** vedenpinta on kasvukaudella keskimäärin 5–20 cm:n syvyydellä, mutta väli- pinta voi myös olla lyhyitä aikoja veden peitos- sa. Tyypillisimmin välipintaa on nevoilla, missä kasvillisuudessa vallitsevat välipinnan rahkasam- malet (kalvasrahkasammal *Sphagnum papillosum*,

rämerahkasammal, sararahkasammal *S. fallax*), tupasvilla, suursarat tai siniheinä. Lettojen väli- pinnoilla voivat vallita ravinteisten soiden rahka- sammalet sekä lettojen lehtisammalet.

**Rimpi- eli märkäpinnoilla** vedenpinta on kasvukaudella lähellä suonpintaa tai sen yläpuo- lella. Erilaiset rimpipinnat poikkeavat kasvillisuu- deltaan selvästi toisistaan.

- Keidassoilla ja karuilla aapasoilla tavataan **rahkasammalrimpipintoja**, joilla vallitsevat märkien pintojen rahkasammalet (silmäke- rahkasammal *Sphagnum balticum*, kuljurah- kasammal *S. cuspidatum* -ryhmä ym.). Kent- täkerros on usein harva (esim. erilaisia saroja ja leväkköä *Scheuchzeria palustris*). Pohjois- Suomen aapasoilla yleisiä ovat rehevämmät sirppisammalrimpipinnat. Letoilla rimpipi- nalla valtalajeina voivat olla lettojen lehtisam- malet (*Scorpidium* ym.).
- Luhdilla sekä luhtaisilla nevoilla ja letoilla ta- vataan paikoin ns. **sararimpiä** (Sjörs 1983), joissa sammalkerros on aukkoinen ja kenttä- kerroksen kasvillisuus tiheä (suursaroja, ruo- hoja, kortetta yms.).
- Märimmillä suoyhdistymillä tavataan **ruop- parimpiä**, joissa kenttäkerroksen kasvillisuus on harvaa (saroja, raatetta, piirtoheiniä), sam- malkerros on aukkoinen, paljasta turvepintaa on paljon ja se on suuren osan kasvukautta veden peitossa. Turpeen kertyminen voi jäädä vähäiseksi, joskus jopa pienemmäksi kuin ha- joaminen. Tällöin tuloksena voi olla syväkin sekundaarisesti syntyneitä allikoita tai avove- sirimpiä, jotka ovat yleisiä etenkin pitkälle kehittyneillä keidas- ja aapasoilla. Syyksi täl- laiseen ruopparimpien syvenemiseen on esi- tetty mm. että veden alla olevien leväkasvus- tojen tuottama happi lisää hajotusta turpeen pinnalla. Pohjoisilla aapasoilla myös kylmät, happipitoiset sulamisvedet voivat vaikuttaa vastaavasti (Sjörs 1990).

Kausivaihtelevilla soilla edellä mainitut kes- kimääräiset vedenpinta-arvot eivät ole käyttökel- poisia. Myös kausivaihtelevilla soilla on usein ero- tettavissa selviä mätäs-, välipinta- ja rimpialoja, mutta vedenpinnan taso voi vaihdella paljon. Kausivaihtelevilla soilla ja arokosteikoilla jako pinnantasoihin perustuu enemmän kausittaisten tulva- ja kuivuusjaksojen pituuteen ja toistumis- todennäköisyyteen (ks. tietolaatikko 13).

Välipinnan ja etenkin rimpipinnan putkilo-kasveilla on juurissaan ilmasolukkoa (aerenkyy-miä), joka mahdollistaa juurten kasvun hapet-tomaan turvekerrokseen, syvällekin vedenpin-nan alapuolelle. Eläviä sarojen juuria on tavattu yli kahden metrin syvyydessä suossa (Saarinen 1996). Valtaosa väli- ja rimpipintojen suokasvien juurista keskittyy kuitenkin pinnan tuntumaan (Metsävainio 1931), kerrokseen, joka on ajoittain hapekas ja jossa veden virtaus on voimakkainta. Mätäspinnan lajeilla on varsin usein sienijuuri, joka puuttuu yleisesti väli- ja rimpipinnan lajeilta. Mätäslajeilla ei yleensä ole ilmasolukkoa juuris-saan, joten monet niistä voivat ulottaa juuren-sa vain pinnan läheisiin hapekkaisiin kerroksiin. Turvekerroksen kasvaessa ja vedenpinnan koho-tessa lajit joutuvat kasvattamaan uusia juuria en-tisten yläpuolelle.

Monille väli- ja rimpipintojen saramaisille kas-veille on tyypillistä, että niiden juuret kestävät pitkäaikaistakin veden peittoa ja hapettomuut-ta, mutta versot eivät kestä veden alle jäämistä kasvukaudella. Näiden kasvien rakenne on usein tupasmainen niin, että versojen tyvet muodos-tavat pilarin, jonka latvassa lehdet ja kukinnot ovat tulvien yläpuolella. Korpien sammalissa ja jäkälissä on lajeja, jotka vaativat kosteutta, mutta eivät kestä veden alle jäämistä. Tällaiset lajit löy-tävät kasvupaikkansa esimerkiksi puiden tyviltä, mättäiltä, oksilta, kiviltä tai muilta korkeammalla olevilta paikoilta.

## 5.4 Kasvillisuuden kehitys metsäojitetuilla soilla

Metsäojitus muuttaa suolinympäristön keskei-siä ominaisuuksia: vähentää suolle tulevan ve-den määrää, nopeuttaa veden poistumista suolta, muuttaa vesien virtaussuhteita ja turpeen ominai-suuksia sekä kasvattaa hapellisen pintakerroksen syvyyttä (luvut 3 ja 4). Tämä aiheuttaa monen-laisia muutoksia suokasvillisuudessa.

Vedenpinnan lasku tasoittaa kasvupaikan si-säisiä ja kasvupaikkojen välisiä hydrologisia ero-ja (Laine & Vanha-Majamaa 1992). Se vähentää suokasvillisuuden monimuotoisuutta ja suosii metsälajeja. Ensimmäisinä taantuvat ja häviävät märempien väli- ja rimpipintojen lajit. Kuivem-pien mätäspintojen suokasvit voivat sopeutua muuttuneisiin ympäristöolosuhteisiin ja aluksi jo-pa hyötyä ojituksesta. Myöhemmin puuston kas-

vu ja lisääntynyt varjostus rajoittavat suolajien kas-vumahdollisuuksia. Kasvanut puusto myös haih-duttaa enemmän ja tehostaa kuivatusvaikutusta.

Ojituksen jälkeisen muutoksen nopeus riip-puu mm. suon ravinteisuudesta ja märkyydestä sekä ojituksen tehosta ja puuston kasvusta (Lai-ne & Vanha-Majamaa 1992, Laine ym. 1995b). Kuivahkoilla ja karuilla soilla suolajistoa voi säi-lyä pitkäänkin ojituksen jälkeen (esim. Reinikai-nen 1984, Vasander 1984, Laine ym. 2012), kun taas märemmät ja rehevämmät suot muuttuvat nopeammin ja perusteellisemmin (esim. Mälson ym. 2008, Laine ym. 2012). Myös muut met-sätaloustoimet, kuten lannoitus ja puuston har-vennukset, vaikuttavat kasvillisuuteen (Vasander 1984, Hotanen 2003). Pelkän ojituksen vaiku-tus kasvillisuuteen on vähäisempi kuin ojituksen ja lannoituksen yhteisvaikutus (Vasander 1984). Erityisesti tuhkalannoituksen aiheuttamat muu-tokset pintaturpeen kemiallisissa ja fysikaalisissa ominaisuuksissa voivat olla radikaaleja ja pysy-väisluonteisia, minkä vuoksi myös kasvillisuu-den muutokset voivat olla tuhkalannoituksen jäl-keen voimakkaita (Laine ym. 2012). Suometsien hakkuualoilla ja taimikoissa runsastuvat valoa ja paahdetta sietävät lajit, kuten vadelma (*Rubus idaeus*), maitohorsma (*Epilobium angustifolium*), lillukka (*Rubus saxatilis*) ja heinät (esimerkiksi korpi- ja viitakastikka (*Calamagrostis purpurea*, *C. canescens*) ja nurmilauha *Deschampsia cespito-sa*), karuimmilla soilla myös pallosara (*Carex glo-bularis*) ja tupasvilla (Laine ym. 2012). Jos alueel-la on jäljellä rahkasammalia, ne voivat tilapäisesti runsastua hakkuun jälkeen, kun vedenpinnan ta-so nousee (Laine ym. 2012).

Havaintoja sammalajiston kehityksestä ojite-tuilla soilla (Vasander 1984, Mälson ym. 2008, Laine ym. 2011, Laine ym. 2012):

- Karuimpien soiden (rahka- ja keidasrämei-den) ojitusalueilla ruskorahkasammalkasvus-tot säilyvät pitkään mutta voivat osin korvau-tua laajoillakin jäkäläkasvustoilla.
- Ravinteisilla rämeillä ja karuissa korvissa rahkasammalet korvautuvat vähitellen met-säsammalilla, esimerkiksi seinäsammalella ja kynsisammalilla (*Dicranum* sp.). Rehevissä korvissa myös kerrossammal on tavallinen.
- Vaatimattomat rahkasammallajit, varvikko-, räme-, kangas- ja punarahkasammal (*Sphag-num magellanicum*), voivat olla yleisiä mutta niukkoja myös vanhoilla ojitusaluilla. Korpi-

- ojitusaluilla sinnittelevät mm. korpi- (*Sphagnum grigensohnii*) ja varvikkorahkasammal.
- Ojitetuilla rämeillä, joilla on luonnontilassa ollut nevapintoja, voi nevapinnoille muodostua jäkäläkasvustoja. Mätäspinnoille tällaisilla rämeillä leviävät seinä- ja kynsisammal.
  - Lettosammalet häviävät hyvin nopeasti ojituksen jälkeen ja tilalle voi tulla esimerkiksi paljaalla turpeella selviäviä yleisiä sammallajeja. Rahkasammalet runsastuvat, mikä muuttaa pintaturpeen ja suoveden kemiallisia ominaisuuksia ja voi vaikuttaa lettosammalien palautumismahdollisuuksiin.
  - Lettoisilla ojitusaluilla reliktiluonteisina kasvustoina saattavat säilyä mm. heterahkasammal, lettosirppisammal ja kultasammal.
  - Rimpisille avosoille, märille suojuoteille tai hylätyille turpeelloille voi syntyä tiheä ja lähes aukoton karhunsammalkasvusto.
  - Kuljujen ja rimprien sammallajit häviävät yleensä nopeasti ojituksen jälkeen.
  - Väli- ja etenkin rimpipinnoilla mätäs- ja välipintojen rahkasammalet saattavat vallata uutta tilaa.
  - Mätäspinnoilla rahkasammalet taantuvat ja metsäsammalet yleistyvät. Ojitusalueille tulevat metsälajit ovat valtaosin yleisimpiä ”jokametsän” lajeja: seinä- ja kerrossammalta sekä kynsisammalia.
  - Vanhoilla ojitusalueilla, joille on kasvanut lehtipuustoa, runsas lehtikarikeri voi pitää sammalkerroksen aukkoisena.
- Havaintoja putkilokasvilajiston kehityksestä ojitetuilla soilla (Reinikainen ym. 2000, Mälson ym. 2008, Laine ym. 2012):
- Mätäspinnoille tyypilliset puut ja varvut voivat ulottaa juurensa syvemmälle, koska niille on enemmän hapellista kasvutilaa. Ne kasvavat ja levittäytyvät entisille välipinnoille.
  - Rämevarvut sietävät hyvin ojituksen aiheuttamia elinympäristön muutoksia ja säilyvät yleensä pitkään ojituksen jälkeenkin. Karuimmilla ojitusalueilla vallitsevat kanerva (*Calluna vulgaris*) ja variksenmarja (*Empetrum nigrum*), hieman ravinteikkaammilla suopursu (*Rhododendron tomentosum*), juulukka (*Vaccinium uliginosum*) ja vaivero (*Chamaedaphne calyculata*). Vaivaiskoivu (*Betula nana*) hyötyy usein ojituksesta. Se voi runsastua sopivilla kasvupaikoilla ja säilyttää valta-asemansa kymmeniä vuosia, ellei puuston varjostus rajoita sen kasvua.
  - Nevavarvuista suokukka ja isokarpalo voivat säilyä pitkään ojituksen jälkeen, mutta puuston sulkeutuessa ne taantuvat, samoin kuin muut suovarvut.
  - Metsävarvut voivat runsastua. Karuimmilla ojitusalueilla puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*) ja mustikka (*V. myrtillus*) runsastuvat yleensä vasta, kun kasvupaikka muuttuu kuivemmaksi. Rehevämmillä kasvupaikoilla mustikkaa on yleensä luonnontilaisillakin soilla ja se voi runsastua ojituksen jälkeen.
  - Hilla voi kestää ojitusta hyvin, mutta se lakkaa marjomasta.
  - Välipintojen lajit voivat siirtyä kasvamaan vierisille kuivuville märkäpinnoille.
  - Kuivumista sietävä ja ojituksesta hyötyvä välipintojen laji on siniheinä, joka saattaa jopa runsastua ojituksen jälkeen. Se hyötyy myös lannoituksesta.
  - Tupasvilla säilyy tyypillisesti pitkään ojitusalueilla, koska se sietää ojituksen aiheuttamaa kuivumista niin kauan kuin puuston varjostusta ei ole liikaa. Heti ojituksen jälkeen se voi myös runsastua voimakkaasti.
  - Märimpien pintojen suursarat ja ruohot taantuvat. Ne voivat hävitä kokonaan, mutta esimerkiksi raate, kurjenjalka (*Comarum palustre*), luhtavilla (*Eriophorum angustifolium*) sekä pullo- ja jouhisara voivat säilyä ojissa tai kosteissa painanteissa.
  - Kaikkein rehevimpien korpityyppien ruoholajisto sietää ojitusta melko hyvin, sillä monet lajeista ovat myös kosteiden lehtojen tai lehtomaisten kankaiden lajeja.
  - Kuivemmilla lettoyhdistelmätyypeillä (esim. rämeletto) alkuperäisestä lajistosta mm. vilpäläluikka (*Trichophorum alpinum*), tupasluikka, lettovilla (*Eriophorum latifolium*), rätvänä (*Potentilla erecta*), kultapiisku (*Solidago virgaurea*), mähkä (*Selaginella selaginoides*), vilukko (*Parnassia palustris*) sekä Pohjois-Suomessa karhunruoho (*Tofieldia pusilla*) ja lääte (*Saussurea alpina*) voivat säilyä pitkään ojituksen jälkeen. Lettosarat taantuvat ja kasvillisuudessa voivat runsastua muutamien valtalajien, kuten siniheinän ja hieskoivu.
  - Ojitusalueille tulevat metsälajit ovat valtaosin yleisimpiä ”jokametsän” lajeja, kuten mustikka ja puolukka. Soiden ojituksista hyöty-

viä tuoreiden kankaiden lajeja ovat mm. oranvanmarja (*Maianthemum bifolium*), vanamo (*Linnaea borealis*), riidenlieko (*Lycopodium annotinum*), käenkaali (*Oxalis acetosella*), metsätähti (*Trientalis europaea*), metsäalvejuuri (*Dryopteris catrhusiana*) ja nuokkotalvikki (*Orthilia secunda*).

Ojitukset voivat aiheuttaa myös paikallista veden virtauksen lisääntymistä. Jos ojitusalueen vettä johdetaan syöttöojalla ojittamattomalle suolle, se vettyy syöttökohdasta pistemäisesti. Laajemmin suo vettyy, jos sitä käytetään metsätaloustai turpeennostoalueen alapuolisena pintavalutuskenttänä. Samalla kun valumavesien laatu paranee, kun ravinteet ja kiintoaines pidättyvät ojittamattomalle suolle, kasvillisuus muuttuu suon vettyessä (kuva 16).

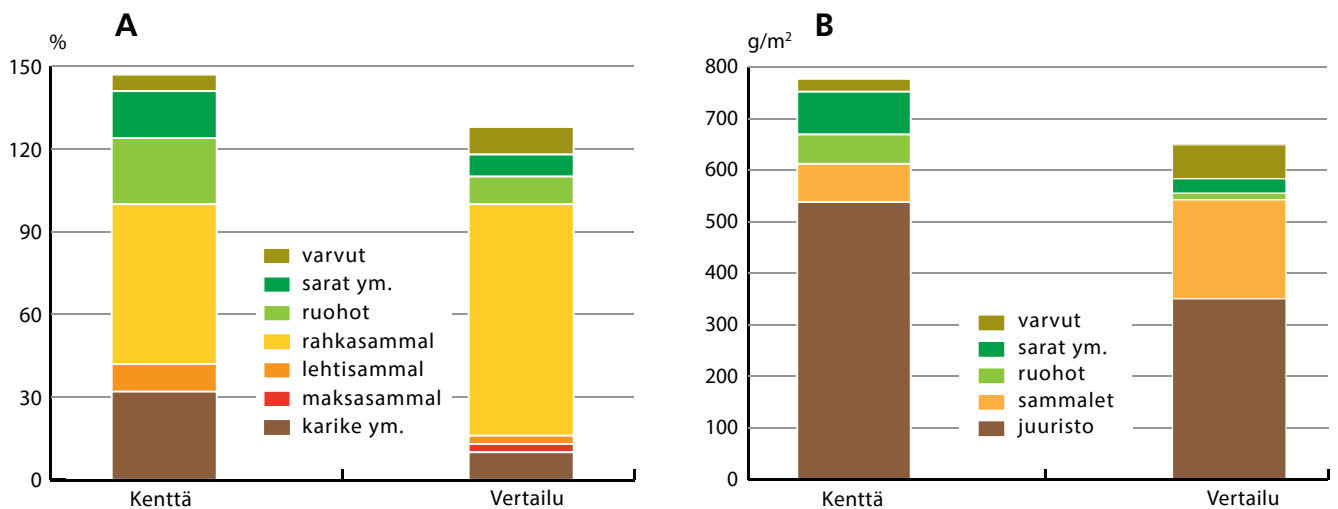
### 5.5 Kasvillisuuden kehitys ennallistetuilla soilla

Ennallistaminen aiheuttaa kasvillisuuden kannalta useita voimakkaita elinympäristön muutoksia samanaikaisesti: jos puustoa poistetaan, valon määrä lisääntyy ja ravinteita vapautuu kenttä- ja pohjakerroksen kasvillisuuden käyttöön, pohjavedenpinnan taso nousee ja hapellinen pintakerros ohenee tai häviää kokonaan. Vedenpinnan tason nousu on yleensä nopea, joten kasvien juuriston pitää pystyä nopeasti sopeutumaan märkiin, happottomiin tai vähähappisiin oloihin.

Suon tila ennen ennallistamista vaikuttaa olennaisesti ennallistumisen nopeuteen. Mitä enemmän suo on muuttunut ojituksen vaikutuksesta, sitä epävarmempaa ja hitaampaa palautuminen todennäköisesti on. Ojitus muuttaa yleensä enemmän alun perin märkiä kuin kuivia soita ja enemmän reheviä kuin karuja soita. On viitteitä, että karulla suolla palautuminen on aluksi hitaampaa kuin rehevällä suolla, mutta koska muutokset ojituksen jälkeen ovat karulla suolla olleet vähäisempiä, pitkällä aikavälillä karu suo voi saavuttaa luontaisen kaltaisen tilanteen nopeammin kuin rehevä suo (Kangasjärvi 2006). Kasvillisuuden muutokset olivat ojituksen jälkeen vähäisiä myös karulla nevarämeellä Kainuussa, ja ennallistamisen jälkeenkin havaittiin vain vähäisiä muutoksia suovarpujen ja sarojen peittävyyksissä (Laine ym. 2011).

Koska ennallistaminen on myös häiriö ekosysteemissä, ennallistamisen jälkeiselle kasvillisuussukcession alkuvaiheelle on tyypillistä joidenkin lajien voimakas runsastuminen. Karuilla soilla tällainen laji on yleensä tupasvilla (kuva 17) (Komulainen ym. 1998, 1999, Kangasjärvi 2006, Haapalehto ym. 2010). Korvessa voi yleistyä pallosara, mutta myös maitohorsma ja vadelma (Aapala & Tukia, julkaisematon aineisto). Viimeksi mainitut eivät ole kuitenkaan yleensä runsastuneet niin paljon, että olisivat aiheuttaneet ongelmia korpilajiston elpymiselle.

Rahkasammalten elpyminen on välttämätön ensiaskel useimpien soiden palautumisessa. Rah-



**Kuva 16.** Turpeennostoalueen vesien puhdistamista varten tehdyllä pintavalutuskentällä veden virtauksen lisääntyminen ja siihen liittyvä vedenpinnan nousu ovat pienentäneet rahkasammalten ja varpujen peittävyttä. Sarojen ja ruohojen peittävyys (A) ja biomassa (B) (etenkin juuristobiomassa) ovat samalla lisääntyneet. Kasvillisuuden kokonaislajimäärä on pintavalutuskentällä ollut 10 % pienempi kuin vertailualalla. Vertailualalla niukkoina esiintyvät lettosammalet puuttuvat pintavalutuskentältä. Lähde: Huttunen ym. 1996.



**Kuva 17.** Tupasvilla hyödyntää suon ennallistamisen yhteydessä liikkeelle lähteneet ravinteet ja runsastuu monella ennallistetulla suolla muutamaksi vuodeksi ennallistamisen jälkeen. Juurikkasuo, Ilomantsi 2006, kaksi vuotta ennallistamisen jälkeen. Kuva: Maarit Similä.

kasamalten elpyminen käynnistyykin yleensä nopeasti, ja ne levittäytyvät helposti esimerkiksi jäkälien peittämille alueille tai kasvittomille karikeminnoille (Kangasjärvi 2006, Aapala & Tukia 2008, Haapalehto ym. 2010). Esimerkiksi korvessa, jossa rahkasammalten kokonaispeittävyys on ollut ennen ennallistamista 50 % tai enemmän, rahkasammalet ovat reagoineet ennallistamiseen nopeasti ja 10–15 vuotta ennallistamisen jälkeen niiden kokonaispeittävyys on jo ollut vastaavan luonnontilaisen kohteen tasolla (keskimäärin 90 %) (Aapala & Tukia, julkaisematon aineisto). Sen sijaan korvissa, joissa rahkasammalten kokonaispeittävyys on ollut alhainen (< 10 %) ennen ennallistamista, elpyminen on ollut huomattavasti hitaampaa ja 10 vuotta ennallistamisen jälkeen ollaan vielä kaukana luonnontilaisen korven tasosta (Aapala & Tukia, julkaisematon aineisto).

Lettokasvillisuudessa muutokset ovat ojituksen jälkeen usein nopeita ja lettolajisto on saattanut ennallistamiseen mennessä hävitä kokonaan. Ennallistamisen jälkeen lettolajiston palautumista hidastavat mm. peittävien valtalajien esiintymi-

nen (lettolajit ovat huonoja kilpailijoita valtalajeihin verrattuna), lettolajiston siemenpankin tai lähdealueiden puuttuminen tai lähdealueiden sijainti liian kaukana (leviämisrajoitteet) tai ennallistetun leton pintaturpeen ominaisuuksien poikkeaminen luontaisesta (sopimaton kasvualusta) (Mälson ym. 2008). Letolle voi myös ohjautua ”vääränlaisia” vesiä, jos veden kulkureittejä ei onnistuta palauttamaan luontaisiksi tai ennallistettavan alueen ulkopuoliset ojitukset vaikuttavat veden laatuun.

Vaikka ojituksesta hyötyvien metsälajien runsaus pienenee ja suolajien peittävyys kasvaa ennallistamisen jälkeen, ennallistetut suot eroavat todennäköisesti vielä pitkään vastaavista luonnontilaisista soista. Luonnontilaisella suolla tai märillä pinnoilla esiintyviä lajeja saattaa puuttua, rahkasammalten kokonaispeittävyys voi olla alhainen ja lajikoostumus jotain ojitettujen ja luonnontilaisen suon väliltä. Tähän mennessä kertyneiden tulosten perusteella suunta näyttää kuitenkin olevan oikea (Haapalehto ym. 2006, Kangasjärvi 2006, Aapala & Tukia 2008, Haapalehto ym. 2010, Laine ym. 2011, tietolaatikko 22).



## 5.6 Eläinlajiston monimuotoisuus

Monissa eläinlajiryhmissä on runsaasti suolin- ympäristöihin erikoistuneita lajeja (esimerkiksi tietolaatikot 15, 16, 17, 18, 19, 20). Soiden eläinlajiston monimuotoisuuteen vaikuttavia ympäristötekijöitä ovat mm. kasvillisuuden rakenne (ravintona, suojana, elinympäristönä), märkä-mätäspintojen vaihtelu, avovesipintojen määrä, happamuus, suon avoimuus tai puustoisuus (valoisuus, pienilmasto), lahopuun määrä ja laatu sekä suon koko (Desrochers & van Duinen 2006).

Linnuista soilla pesii erityisesti monimuotoinen kahlaajalajisto, joka suosii laajoja avoimia soita (tietolaatikko 20). Soilla on runsaasti selkärangattomia eläimiä kahlaajien poikasten ravinnoksi. Märkiä avosoi- ta suosivat myös pääasiassa soilla pesivät metsähanhet. Kanalinnuista pyy (*Tetrastes bonasia*) sekä metso (*Tetrao urogallus*) ja erityisesti metson poikaset viihtyvät korvissa, teeri (*Lyrurus tetricus*) ja riekko rämeillä (tietolaatikko 7). Petolinnuista soilla pesivät säännöllisimmän sinisuohaukka (*Circus cyaneus*), muuttohaukka (*Falco peregrinus*), suopöllö (*Asio flammeus*), hiiripöllö (*Surnia ulula*) ja sääksi (*Pandion haliaetus*). Kaakkuri (*Gavia stellata*) pesii kalattomilla suolammilla. Suot ovat myös merkittävä lintujen muutonaikainen levähdys- ja ruokailuympäristö.

Allikot, rimpipinnat ja suolammet ovat sammakkoeläinten ja monien hyönteisryhmien, kuten sudenkorentojen, lisääntymis- ja elinympäristöjä (tietolaatikko 17). Märkien olosuhteiden lajeja ovat myös vaaksiaiset (tietolaatikko 19).

Suon puustoisuus tai avoimuus on erityisesti monille hyönteislajeille tärkeä elinympäristön ominaisuus. Esimerkiksi suoperhoset suosivat harvapuustoisia rämeitä (tietolaatikko 18) ja aikuiset sudenkorennot saalistavat avoimissa ja aurinkoisissa elinympäristöissä (tietolaatikko 17). Muurahaislajistokin on erilainen avoimilla ja puustoisilla soilla (tietolaatikko 15).

Lahopuusta riippuvaisille lajeille lahopuun määrä, laatu ja sopivan laatuksen lahopuun jatkuva saatavuus (lahopuujatkumo) ovat ratkaisevia tekijöitä myös suolinympäristöissä, erityisesti korvissa.

Suolinympäristöihin erikoistuneiden lajien lisäksi merkittävä osa soiden eläinlajiston monimuotoisuutta ovat lajit, jotka hyödyntävät soita osana laajempaa elinpiiriään. Monet nisäkkäät, esimerkiksi pikkujyrsijät, päästäiset, hirvet, met-

säpeurat ja porot sekä pien- ja suurpedot ruokailevat ja liikkuvat myös soilla. Suot ovat yksi sisilisko- jen suosimista elinympäristöistä, ja kyykäärme- kin viihtyy soiden aurinkoisilla paikoilla.

Metsäojitus muuttaa olennaisesti soiden eläinlajiston elinympäristön ominaisuuksia. Esimerkiksi metsähanhi on selvästi kärsinyt soiden ojituksesta. Soilla pesivistä varpuslinnuista ovat harvinaistuneet mm. keltävästäräkki (*Motacilla flava*) ja pohjansirkku (*Emberiza rustica*). Selkärangattomien eläinten osalta ojitus heikentää yleensä suospesialistien ja parantaa ympäröivien alueiden yleislajien elinmahdollisuuksia (Laine ym. 1995a, tietolaatikko 15).

Ensisijaisesti soilla elävistä uhanalaisista eläinlajeista eniten on perhosia, 19 lajia (Rassi ym. 2010). Lisäksi kymmenet punaisen listan kaksisiipiset, yhtäläissiipiset, hämähäkkieläimet, linnut ja kovakuoriaiset käyttävät soita yhtenä elinympäristönään (Rassi ym. 2010).

Ojitetulta suolta hävinneen eläinlajin palautuminen edellyttää, että elinvoimaisia populaatioita on jäljellä toisaalla ja että eläimellä on kyky palata takaisin alueelle ennallistamisen jälkeen. Ihmis- toiminnan pirstomassa elinympäristömosaiikissa tämä saattaa vaatia jopa lajien siirtoistutuksia (tietolaatikko 18).

## 5.7 Suolinympäristöjen monimuotoisuus

### 5.7.1 Suotyypit

Suomalaisen kasvi- ja metsätieteellisen perinteen mukaan suot luokitellaan puustoisuuden ja muun kasvillisuuden perusteella seitsemään päätyyppi- ryhmään: korvet, neva- ja lettokorvet, rämeet, neva- ja lettorämeet, nevat, letot ja luhdat (esim. Kaakinen ym. 2008a, Laine ym. 2012). Lähteik- köjä ja lähdesoita voidaan myös tarkastella omana tyyppiryhmänään (Eurola ym. 1995). Tuntureilta voidaan lisäksi erottaa omana tyyppiryhmänään tunturisuot, joiden kasvillisuus poikkeaa alavien maiden vastaavista tyypeistä ja joille on tyyppillistä lähteisyys, sulamisvesivaikutus ja ohutturpeisuus (Eurola & Virtanen 1991).

Suotyyppien pääryhmien kuvaukset perustuvat pääasiassa Kaakisen ym. (2008a) teksteihin, joista löytyy myös tarkempia suotyyppikuvauksia.

**Korvet** ovat puustoisia soita, joissa valtapuu- laji on yleensä kuusi. Rehevämmässä korvissa voi

kasvaa runsaasti myös lehtipuustoa. Luonnontilaiset korvet eivät pala kovin helposti ja ne ovat tyypillisesti säilyneet pitkään puustoisina (Segerström ym. 1996). Erirakenteinen elävä ja kuollut puusto ovatkin keskeisiä rakennepiirteitä korprien lajistolliselle monimuotoisuudelle. Luonnontilaisessa korvessa puusto uudistuu pienialaisten aukkojen kautta, kun yksittäisiä puita kuolee ja samalla muodostuu kasvutilaa ja -alustaa uusille taimille (Hörnberg ym. 1995, 1998). Puuston jatkuva uudistuminen ylläpitää myös lahopuujatkumoa.

Korpi sijaitsee usein kivennäismaiden ja soiden tai vesistöjen ja soiden vaihtumisvyöhykkeessä, jolloin lajistossa on piirteitä ympäröivien kivennäismaiden metsistä, rannoilta sekä viereisiltä rämeiltä ja avosoilta. Vedenkorkeuden suhteen erilaisten pintojen pienipiirteinen vaihtelu muodostaa monimuotoisen elinympäristöjen kirjjon kuivista mättäistä pysyvästi veden täyttämiin painanteisiin. Myös lähteisyys ja luhtaisuus voivat lisätä korpielinympäristöjen monimuotoisuutta.

Rehevien korprien kenttäkerroksen kasvillisuus on ruoho- ja heinävaltaista ja lajistoltaan monipuolista. Karujen korprien putkilokasvilajisto on melko niukka ja metsävarpuvaltainen. Pohjakerroksessa vallitsevat rahkasammalet, rehevämmillä korpisoilla myös aitosammalten osuus voi olla huomattava. Korprien varjoisuus ja kostea pienilmasto ovat tärkeitä piirteitä monille lajeille, esimerkiksi puiden rungoilla ja oksilla kasvaville epifyyttijäkälille ja maksasammalille.

**Neva- ja lettokorprien** matalilla mättäillä kasvaa pienikokoista, kituvaa puustoa. Nevakorvissa valtapuuna on yleensä hieskoivu ja lettokorvissa kuusi. Koivua voi kasvaa myös välipinnoilla ja mättäisyys voi olla epäselvää. Sekapuuna voi kasvaa terva- tai harmaaleppää (*Alnus glutinosa*, *A. incana*) ja mäntyä. Pensakerroksessa kasvaa pajuja. Mätäspintoja tavallisesti selvästi laaja-alaisemmillä neva- ja lettopinnoilla voi kasvaa neva- ja lettolajien lisäksi luhtalajeja.

**Rämeet** ovat mätäspintaisia, pääosin karuja ja yleensä paksuturpeisia soita, joiden pääpuulaji on mänty, korkeilla mailla myös kuusi. Kenttäkerroksen valtalajeja ovat rämevarvut ja karuisa kangasmetsissä kasvavat varvut. Saroja ja ruohoja esiintyy yleensä vähän. Ruohoista hilla voi esiintyä runsaana ja eräillä rämetyypeillä myös tupasvilla ja pallosara ovat runsaita. Pohjakerros

muodostuu pääosin rahkasammalista. Rämeillä tavataan yleisesti myös kangasmetsän sammalia.

**Neva- ja lettorämeiden** mätäspinnoilla vallitsee rämekasvillisuus, väli- ja rimpipinnoilla neva- tai lettokasvillisuus. Usein neva- tai lettopinta on vallitsevampi kuin mätäspinta. Neva- ja lettorämeitä esiintyy tyypillisesti suon keskustan avosuon ja yhtenäisen reunarämeen tai mineraalimaan välissä. Keidassoilla nevarämeet ovat kuitenkin myös suon keskiosien kasvillisuutta. Neva- ja lettorämeisiin sisältyy koko ravinteisuusvaihtelu karuimmista (keidasrämeet) rehevimpiin (lettorämeet).

Neva- ja lettorämeiden puusto on usein harvaa ja kitukasvuista, Pohjois-Suomessa se voi myös puuttua. Yleensä valtapuuna on mänty, mutta seassa voi olla joskus runsaastikin koivua sekä paikoin myös pienikasvuista kuusta. Kenttä- ja pohjakerroksen lajisto koostuu pääosin räme-, neva- ja lettolajistosta, mutta myös korpisuutta ilmentävää lajistoa esiintyy paikoilla, joilla suo saa vesiä ympäröiviltä kivennäismailta.

**Nevat** ovat pääosin paksuturpeisia, väli- tai rimpipintaisia avosoita, joiden ravinteisuusvaihtelu ulottuu ombrotrofiasta minerotrofiaan. Nevojen kenttäkerroksen kasvilajistoa luonnehtivat sarat ja ruohot, varpuja on niukasti. Pohjakerros muodostuu nevatyyppin mukaan rahkasammalista tai aitosammalista, tai se on lähes sammaleeton (ruopparimpinevat).

**Letot** ovat neutraaleja tai lievästi happamia, aukeita tai niukkapuustoisia soita. Lettoja on tyypillisesti alueilla, joiden kallio- ja maaperässä on runsaasti kalkkia, mutta riittävän pohjavesivaiikutteisissa oloissa niitä voi olla muuallakin. Letoilla on monimuotoinen putkilokasvi- ja sammallajisto. Koko Suomessa tavattavaa lettojen yleislajistoa ovat mm. kataja (*Juniperus communis*), kelta- ja hirssisara (*Carex flava* ja *C. panicea*), lettovilla, kirkiruoho (*Gymnadenia conopsea*), rätvänä, kultapiisku, lettoväkäsammal, lettokilpisammal (*Cinclidium stygium*), lettokyntsisammal (*Dicranum bonjeanii*), lettosiipisammal (*Fissidens adianthoides*), lettohammassammal (*Leiocolea rutheana*), kairasammal (*Meesia triquetra*), matosammal (*Pseudo-calliargon trifarium*), letto- ja rimpisirppisammal (*Scorpidium cossoni*, *S. revolvens*) sekä lettolierosammal, heterahkasammal ja kultasammal. Lettojen lajistoon kuuluu myös lukuisia uhanalaisia lajeja. Peräti puolet

Suomen uhanalaisista soilla elävistä lajeista elää ensisijaisesti letoilla (Rassi ym. 2010).

**Luh**tia esiintyy tyypillisesti vesien äärellä, ja niille on ominaista pintavesien jatkuva vaikutus. Jatkuvan veden virtauksen vuoksi luhdat ovat reheviä ja runsastuottoisia. Lajistossa on suolajien lisäksi vesi- ja rantakasveja. Ranta- ja vesikasvillisuudesta luhdat eroavat turvekerroksen perustella, mutta raja on hyvin liukuva. Luhtien turvekerroksen paksuus vaihtelee maankohoamisrannikon ja tulvanalaisten virtavesivarsien muutamasta sentistä hyvinkin paksuturpeisiin vesien umpeenkasvuluhtiin. Etenkin maankohoamisrannikolla luhdat esiintyvät tyypillisesti soistumisukcession alkuvaiheessa ja kehittyvät suhteellisen nopeasti kohti muita suotyyppisiä. Luhdat ryhmitellään avo-, pensaikko- ja metsäluhtiin. Luhtalajeja on kaikissa kasvillisuuskerroksissa, mutta lukumääräisesti eniten kenttäkerroksessa. Ruohoja voi olla runsaasti ja kenttäkerroksen kasvillisuus on kookasta, usein tiheääkin. Pohjakerroksen sammalkerros on usein aukkoinen, jopa puuttuu tai muodostuu luhtaisuutta ilmentävistä aitosammalista.

### 5.7.2 Suoyhdistymätyypit

Suoyhdistymätyyppien kuvaukset perustuvat pääasiassa Kaakisen ym. (2008a) teksteihin, joista löytyy myös tarkempia alatyypin kuvauksia.

**Keidassuot** ovat sadeveden varaisia (ombrotrofisia) suoyhdistymiä, joiden keskiosien kasvillisuus saa vettä ja ravinteita vain sateen ja kuivlaskeuman mukana.

Keidassuon suurmuodolla tarkoitetaan koko suon kolmiulotteista muotoa, joka on tärkeä peruste keidassuotyyppien erottelussa. Suurmuoto voidaan jakaa keskustaan (keskustasanne), reunaluisuun ja laiteeseen. Keskusta on yleensä muuta suota korkeammalla ja tavallisesti harva- puustoinen. Reunalaisu on keskustaa ympäröivä puustoisempi ja yleensä kalteva alue. Se on keskustan tapaan ombrotrofinen. Laide on uloin, usein vetinen alue, johon valuu vettä paitsi keidassuolta myös ympäröiviltä kivennäismailta. Siksi laitteen kasvillisuus on minerotrofista, eli se ei elä pelkän sadeveden varassa. Suurmuoto-osat voivat erottua selkeinä morfologisina vyöhykkeinä, mutta kasvillisuus ja usein myös kosteustaso ovat yleensä morfologiaa parempia tuntomerkkejä.

Soiden pienmuodoilla tarkoitetaan erilaisia mättäitä, painanteita, lammikoita ja uomia suon pinnalla. Keidassoilla mätäspinnat muodostavat tyypillisesti kermejä. Niiden välissä on kosteampia painanteita, kuljuja. Sammalpeitteiset kuljut ovat tavallisimpia, mutta lisäksi tavataan ruoppakuljuja, joissa on näkyvässä paljas turve. Kermit ja kuljut muodostuvat kohtisuoraan suon viettoon ja vesien kulkusuuntaan nähden. Keidassoiden avovesilammikoita kutsutaan allikoiksi.

Keidassoiden ominaisuuksissa on alueellisia eroja, joita selittävät mm. ilmastolliset tekijät, topografia ja kaltevuus, soiden laajuus ja suon kehitysvaihe. Näiden erojen perusteella voidaan erottaa eri keidassuotyyppisiä, kuten laakiokkeita, kilpikkeitä, viettokeita, metsäkeita ja rahkakeita.

Jos ojitus ei ole muuttanut keidassuon keski- osan kasvillisuutta ja vesitaloutta kovin paljon, kasvillisuus voi palautua nopeasti ennallistamisen jälkeen, etenkin jos myös alkuperäisiä rakennepiirteitä (kermit ja kuljut) on jäljellä. Tiheä navero- ojitus ja lannoitus voivat kuitenkin muuttaa keidassuonkin kasvillisuutta voimakkaasti ja hävittää alkuperäisen kermit-kulju-rakenteen. Tällaisten pitkälle muuttuneiden keidassuo-osien palautumisesta ennallistamisen jälkeen ei ole vielä kokemusta.

**Aapasuot** ovat keskeisiltä osiltaan minerotrofisia, pääasiassa paksuturpeisia suoyhdistymiä. Aapasuokasvillisuudessa ravinteisuus voi vaihdella karusta (oligotrofisesta) ruohoiseen (mesotrofiseen) ja lettoiseen (eutrofiseen). Aapasuot ovat tasaisia tai hieman viettäviä soita. Tyypillisellä aapasuolla pintarakenne muodostuu avosuo-osan vetisistä rimmistä ja kuivahkoista mätäs- tai välipintajänteistä. Jänteet muodostuvat veden valumissuuntaa vastaan. Karuille aapasoille syntyy yleensä rahkajänteitä ja ravinteisille aapasoille suursaranevaa tai lettonevaa olevia välipintajänteitä. Rahkajänteet ovat yleisimpiä pohjoisessa. Suon jänne-rimpirakenne heikkenee etelää kohti, ja lopulta jännerakenne on usein vain kaareileva tupasvilla-, tupasluikka- tai suursaravyö tai puuttuu kokonaan. Aapasoiden esiintymisalueen eteläosissa koko suon minerotrofinen osa on usein välipintaa.

Aapasuoyhdistymään kuuluvat myös rämeiden luonnehtimat reunavyöhykkeet. Kivennäismaan tuntumassa ja purojen varsilla saattaa olla

myös korpia. Reunavyöhykkeen ja avosuo-osan välissä on tavallisesti nevarämeiden tai nevakorpien vyöhyke. Aapasoiden reunaosiin saattaa syntyä yleisesti myös ombrotrofista kasvillisuutta, kuten rahkarämeitä ja tupasvillarämeitä. Myös korkeiden jänteiden kasvillisuus voi olla ombrotrofista. Pohjoisessa routimisilmiöt muokkaavat aapasoiden jänne-rimpirakennetta ja aikaansaavat Metsä-Lapin aapasoille pounikoita ja palsoja.

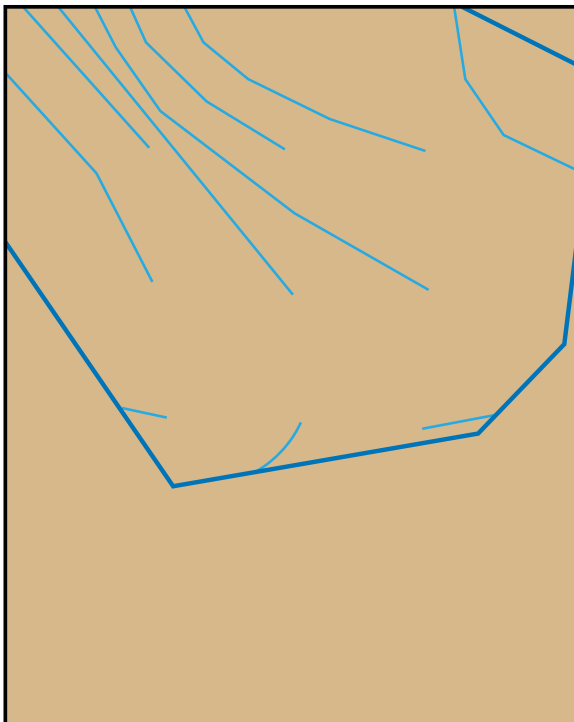
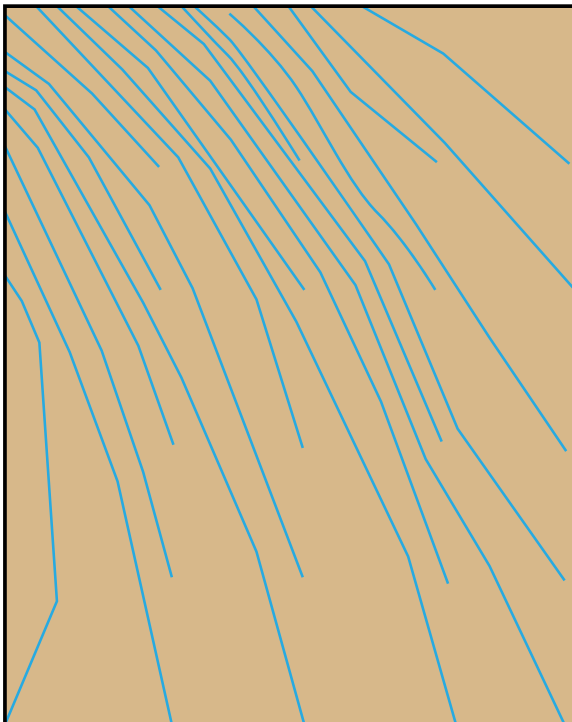
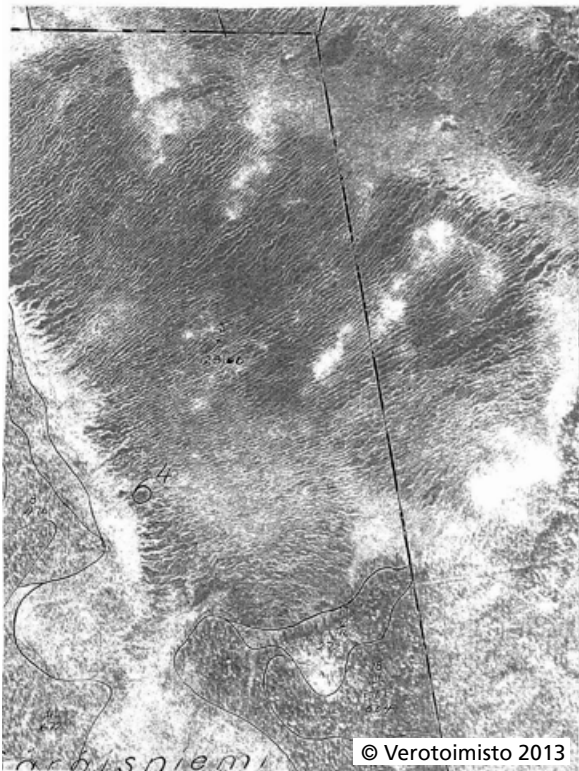
Erityisesti Itä-Suomen vaara-alueilla ja Lapin tuntureilla on rинnesoita, joita pidetään aapasoiden topografisena varianttina. Osa rинnesoista liittyy välittömästi rинteenalaisiin aapasioihin, osa esiintyy itsenäisinä. Kasvillisuus on kuitenkin samankaltaista.

Aapasoiden ominaisuuksissa on alueellista vaihtelua, jonka perusteella voidaan erottaa eri aapasuotyyppejä: välipinta-aavat, sara-aavat ja rimpiaavat. Alueelliset erot johtuvat ilmastosta, hydrologiasta, kallioperän ominaisuuksista ja maaston muodoista.

Aapasoilla reunojen ojitukset voivat muuttaa suon vesitaloutta laaja-alaisesti ojitusalueen ulkopuolella, kun aiemmin suolle tulleet vedet ohjautuvat ojia myöten suon ohi. Esimerkiksi reunoiltaan ojitetulla aapasuolla ojien vaikutus ojittamattomaan keskustaan voi olla huomattavasti laajempi ja merkittävämpi kuin vaikutus itse ojitusalaan. Pienentynyt veden virtaus voi johtaa suon karuuntumiseen ja rahkoittumiseen vuosikymmenten kuluessa (kuva 18).

Aapasuolla ojitetujen reunaosien ennallistamisen positiiviset vaikutukset voivat olla huomattavasti varsinaista ennallistamisaluetta laajempia, kun vedet pääsevät ennallistamisen jälkeen suon ojittamattomiin, mutta kuivuneisiin ja karuuntuneisiin keskiosiin.

Jako keidas- ja aapasioihin on jossain määrin kaavamainen, sillä luonnossa suot esiintyvät yleensä erikokoisina, usein hyvinkin laajoina systeemeinä, joissa aapasuomaiset ja keidassuomaiset osat esiintyvät veden virtausolojen mukaisesti rinnan (luku 3.3.2).



**Kuva 18.** Vaalan Matorimpi vuonna 1955 ennen ojitusta (vasen) ja ojitettuna vuonna 2000 (oikea). Matorimpi on aapasuo, jonka reunaosien ojitukset johtavat vedet suon ohitse. Suon ojittamattomassa keskiosassa virtaus on pienentynyt murto-osaan, mikä näkyy vaaleampana erottuvien rakkaisten osien laajenemisena vielä usean sadan metrin päässä reunaojista. Ojituksen seurauksena suon kasvillisuus on karuuntunut muutenkin: suolta on vanhoja tietoja vaateliaasta, mesotrofisesta kasvilajistosta, mutta tällä hetkellä keskusta on kauttaaltaan oligotrofista. Alakuvissa vesitalouden muutosta on havainnollistettu virtausviivojen avulla.

## Muurahaiset, soiden ojitus ja ennallistaminen

*Pekka Punttila, Kari Vepsäläinen ja Simo Väänänen*

Soiden suhteellinen osuus Suomen maa-alasta on 28 %. Siihen nähden soilla elää suhteellisen vähän eliölajeja: ensisijaisesti suolla elävien lajien osuuden koko maan lajistosta on arvioitu olevan vain noin 4 % (Auvinen ym. 2005). Muurahaisissa suolajien osuus on kuitenkin suhteellisen suuri: viidestäkymmenestäviidestä luonnonvaraisesta lajistamme kuudelle (11 %; näistä neljä elää meillä vain soilla) suot ovat tärkein elinympäristö, ja vähintään 18 lajille (33 %) suot ovat yksi tärkeistä elinympäristöistä (Pistiäistyöryhmä 2010, julkaisematon arvio).

Vaikka yhtäkään soiden muurahaislajia ei ole arvioitu valtakunnallisesti uhanalaiseksi, osalla lajeista saattaa olla alueellisesti kasvanut häviämiskä riski Etelä-Suomessa, jossa soista on ojitettu noin 80 % (Auvinen ym. 2005). Arviointia vaikeuttaa se, että soiden muurahaisista tiedetään vielä liian vähän. Erityisen vähäistä tietoa on sosiaaliparasiittina elävästä periloisviholaisesta (*Myrmica karavajevi*; vain viisi tunnettua löytöpaikkaa) ja väliaikaiseksi sosiaaliparasiitiksi arvellusta koturiviholaisesta (*Myrmica vandeli*; vain yksi hyvin vanha museonäyte ja kaksi tuoretta löytöä 2012 kahdelta eri suolta).

Suoelämään erikoistuneiden hyönteisten esiintyminen ja runsaus kuvaavat hyvin soiden luonnontilaisuutta ja ennallistamisen vaikutusta (Spitzer & Danks 2006). Muurahaisten pesillä ja toiminnalla on vaikutusta eläimistöön, kasvillisuuteen ja ympäristön muihin piirteisiin (Hölldobler & Wilson 1990). Muurahaiset ovat siis tärkeä osa soiden eliöstöä, mutta soiden muurahaisia on maailmanlaajuisestikin arvioiden tutkittu erittäin vähän (Vepsäläinen ym. 2000; Ellison ym. 2002).

Suomen suomurahaisista on julkaistu vain muutama tutkimus. Oinonen (1956) keräsi kallioalueiden muurahaislajistoa selvittävässä tutkimuksessaan pienen vertailuaineiston kangasmetsistä ja rämeiltä. Sen perusteella rämeet ovat hyvin lajirunas elinympäristö etenkin kangasmetsiin verrattuna. Krogeruksen (1960) työ kattoi runsaan joukon erilaisia soita erityisesti Suomesta, vähemmässä määrin myös Ruotsista ja Norjasta. Krogerus tutki erityisesti havumetsävyöhykkeen rämeitä (suopursu-kanervärämeitä 9 maantieteel-

liseltä alueelta, vaivaiskoivurämeitä 6 alueelta) sekä nevoja (6 alueelta), lettoja (7 alueelta) ja korpia (7 alueelta). Tutkimuksen otanta koivu- ja vyöhykkeeltä ja alpiiniselta vyöhykkeeltä oli suppeampi (rämeitä 3 + 2 alueelta, nevoja 1 + 1 alueelta sekä lettoja 3 + 2 alueelta). Krogerus kirjasi myös joitain havaintoja soiden ojituksen aiheuttamista muutoksista muurahaislajistossa. Vepsäläinen ym. (2000) vertailivat luonnontilaisten ja eri aikoina ojitettujen soiden muurahaislajistoa Lammim ja Hämeenkosken kunnissa kolmella suoalueella. Valtakunnan metsien 10. inventoinnin (VMI) yhteydessä kerättiin systemaattisella ryväsotannalla kekoja rakentavien muurahaislajien aineisto, josta ensimmäisen otantavuoden alustavat tulokset on julkaistu (Punttila & Kilpeläinen 2009). Tämän inventoinnin muurahaisaineisto kattaa pelkästään metsä- ja kitumaan eikä näin ollen esimerkiksi joutomaiden avosoita. VMI-aineiston avulla vertailtiin lajien esiintymistä metsä- ja kitumaan puustoisten ojitamattomien soiden, ojikoiden, muuttumien ja turvekankaiden välillä. Väänänen (2009) tutki luonnontilaisten, ojitettujen ja ennallistettujen soiden muurahaislajiston eroja yhdeksällä suoalueella Metsähallituksen perustamassa soiden ennallistamisen seurannan koelaverkostossa.

### Suomurahaiset ja niiden elinympäristöt

Soilla elävät muurahaiset eivät ole ympäröivien elinympäristöjen muurahaislajiston osajoukko, vaan ne muodostavat koostumukseltaan ja lajistoltaan nimenomaan soille ominaisen muurahaisyhteisön (Vepsäläinen ym. 2000, Dlussky 2001, Ellison ym. 2002). Muurahaisyhteiskuntien selviämiseksi on elintärkeää tarpeeksi kuivien ja muuten sopivien pesäpaikkojen sekä riittävä saaliseläinten ja mesikastetta tuottavien kirvojen saatavuus (Markó ym. 2004). Soiden, ja yleisestikin kosteikkojen, muurahaisyhteisöjä luonnehtivat seuraavat seikat: 1) varsinaisiin suoympäristöihin sopeutuneet muurahaislajit, 2) suoympäristölle ominaiset lajien lukusuhteet, 3) luonnonvarojen niukkuudesta johtuvat erityisen voimakkaat lajiensisäiset ja -väliset kilpailusuhteet, 4) erityiset

leviämis- ja pesänperustamiskeinot sekä 5) yhteiskuntien sopeutuminen pitkäkestoiseen elämiseen suolla (esim. monikuningattarisuus ja monipesäisyys) (Markó ym. 2004).

Suomessa lähes yksinomaan soilla eläviä muurahaisia ovat suomustamuurahainen (*Formica picea*), neulaskekoja rakentava mustapäämuurahainen (*F. uralensis*) (kuvat 1 ja 2) sekä rämelöviniska (*F. forsslundi*), joka usein kattaa pesänsä maanpäällisen, kasviaineksesta koostuvan keko-maisen osan katkaisemillaan heinänpätkillä. Muiden viholaishajien pesissä sosiaalisena loisena elävä periloisviholainen (*Myrmica karavajevi*) on löytynyt Suomessa vain soilta polvisarviviholaisten (*M. scabrinodis*) pesistä. Polvisarviviholainen on Suomessa selvästi soille painottunut laji (Saaristo 1995; Vepsäläinen ym. 2000). VMI-aineiston perusteella soita näyttää suosivan myös kekoja rakentava karvalöviniska (*Formica exsecta*) (Punttila & Kilpeläinen 2009), mutta laji on yleinen myös monenlaisilla niityillä. Lisäksi kekoja rakentavista lajeista suomenlöviniska (*F. fennica*) näyttäisi olevan paitsi avoimien niittyjen myös soiden laji (Seifert 2000, Schultz & Seifert 2007, Punttila & Kilpeläinen 2009, Väänänen 2009). Useimmat Suomen soilla tavattavat muurahaislajit ovat levinneet lähes koko maahan.

Krogeruksen (1960) pääasiassa lyöntihaavilla kerättyihin näytteisiin perustuvassa aineistossa varsinaisista suomurahaislajeistamme mustapäämuurahainen on sekä yleinen että runsas havumetsävyöhykkeen suopursu-kanervarämeillä ja vaivaiskoivurämeillä, mutta lajia ei tavattu lainkaan nevoilla, letoilla eikä korvissa. Se puuttui niin ikään kaikilta koivu- ja alpiinisen vyöhykkeen soilta, joilla tosin otantakin oli pienempi. Suomustamuurahainen oli yleinen ja usein myös runsas suopursu-kanervarämeillä, mutta sitä oli usein myös vaivaiskoivurämeillä ja nevoilla sekä yhdellä alueella myös letosuolla. Rämelöviniska on aineistossa harvinainen: sitä tavattiin vain havumetsävyöhykkeen kahdella alueella suopursu-kanervarämeillä sekä yhdellä vaivaiskoivurämeillä. Polvisarviviholainen pesi havumetsävyöhykkeessä yleisenä ja runsaana rämeillä mutta oli runsas ja melko yleinen myös aineiston nevoilla ja korvissa sekä suolajeista ainoana osunut otantaan myös koivuvyöhykkeen rämeillä. Aineiston korvet lienevät olleet ainakin osittain suhteellisen avoimia, koska polvisarviviholaisen lisäksi niissä tavattiin usein runsaana myös muita avointen



Kuva 1. Mustapäämuurahaisen keon pintaa työläisineen. Raaseporin Harparskogträsk, 2011. Kuva: Kari Vepsäläinen.



Kuva 2. Kaksi mustapäämuurahaistyöläistä suopursun varrella kuvan 1 keon kupeessa. Kuva: Kari Vepsäläinen, 2011.

elinympäristöjen muurahaislajeja. Karvalöviniska oli melko yleinen ja runsas havumetsävyöhykkeen letoilla ja rämeillä mutta löytyi myös korvista kahdella aineiston seitsemästä alueesta.

Krogeruksen (1960) aineistossa kaikenlaisilla havumetsävyöhykkeen soilla paitsi nevoilla tavattuja lajeja olivat niin ikään aineistossa suhteellisen yleiset ja runsaat karvaliekomuurahainen (*Leptothorax acervorum*) ja ryppeviholainen (*Myrmica*

*ruginodis*). Muista lajeista havumetsävyöhykkeen rämeillä ja letoilla tavattiin suhteellisen yleisinä ja runsaina verimuurahainen (*Formica sanguinea*), kantomuurahainen (*F. truncorum*) sekä mauriainen (nykytiedon valossa metsämauriainen, *Lasius platythorax*, tuolloin vielä kuvaamaton, myöhemmin pihamauriaisesta, *L. niger*, erotettu laji). Samoin siloviholainen (*Myrmica rubra*) oli yleisehkö rämeiden ja lettojen lisäksi myös nevoilla. Mustamuurahaisryhmän lajit etelän- ja pohjanmustamuurahainen (*Formica fusca* ja *F. lemani*) olivat yleisehköjä havumetsävyöhykkeen monenlaisilla soilla (vähiten nevoilla), mutta lapinmustamuurahainen (*F. gagatoides*) oli osunut vain kahteen otokseen (havumetsävyöhykkeen vaivaiskoivurämeeltä ja koivuvyöhykkeen letolta). Vepsäläisen ja Pisarskin pesien etsintään perustuvassa julkaisemattomassa aineistossa lapinmustamuurahainen tuntuu kuitenkin olevan pohjoisimman Suomen soiden runsain muurahainen (59 % kaikista pesistä); seuraavaksi runsaimpia olivat ryppyviholainen (17 %) ja karvaliekomuurahainen (14 %) (K. Vepsäläinen & B. Pisarski, julkaisematon aineisto, joka käsittää 10 suota, 6 lajia, 162 pesää Kilpisjärven ja Kevon alueilta).

Krogeruksen (1960) havumetsävyöhykkeen soiden aineistosta tekemämme karkean ordinaatioanalyysin (julkaisematon) perusteella vaikuttaa siltä, että tutkittujen soiden muurahaisyhteisöjen rakenteessa on melko selkeä gradientti avoimilta (letot ja nevat) soilta rämeiden kautta korpiin, ja lisäksi avointen soiden yhteisörakenne eroaa suhteellisen selvästi lettojen ja nevojen välillä. Ordinaation tulkinna tekee epävarmaksi se, että yksi ”näytepiste” voi koostua yhdestä tai useammasta suosta. Aineistossa on lisäksi lajeja, joita ei voi sijoittaa nykytaksoneihin ilman alkuperäisnäytteiden tutkimista. Vaikka em. syistä aineiston eri suotyypin lajimäärien vertailu on vain suunta-antavaa, lajimäärät olivat suurimmat rämeillä, joilla oli keskimäärin noin 10 lajia, kun nevoilla tavattiin keskimäärin vain kaksi ja letoilla ja korvissa noin neljä lajia.

VMI-aineistossa (Punntila & Kilpeläinen 2009) mustapäämuurahaisen, suomenloviniskan ja rämelöviniskan havainnot rajoittuivat soille ja havaintokoalojen päätyyppi oli lähes aina räme; soille keskittynyt karvalöviniska pesi soilla lähes aina päätyypillä räme (Punntila & Kilpeläinen, julkaisematon tieto otannan ensimmäisen vuoden aineistosta).

## Ojituksen vaikutus muurahaislajistoon

Luonnontilaisten soiden ja ojitettujen soiden muurahaislajistot sekä lajien lukusuhteet eroavat toisistaan selvästi (Krogerus 1960, Collingwood 1963, 1999, Vepsäläinen ym. 2000, Punntila & Kilpeläinen 2009, Väänänen 2009). Muurahaislajisto ja muurahaisten yhteisörakenne muuttuvat vähitellen, kun suo ojituksen seurauksena metsityy. Soiden ojittaminen johtaa lopulta suomurahaisten häviämiseen ojitetuilta soilta. Tutkimusten mukaan varsinkin mustapäämuurahainen, suomustamuurahainen ja polvisarviviholainen kärsivät selvästi soiden ojituksen vaikutuksista (Vepsäläinen ym. 2000, Väänänen 2009), ja myös VMI-aineiston alustavassa, vain kekoja rakentavia lajeja koskeneessa tarkastelussa mustapäämuurahaista, suomenloviniskaa ja rämelöviniskaa oli sitä vähemmän mitä enemmän ojituksesta oli kulunut aikaa (Punntila & Kilpeläinen 2009, ks. myös Collingwood 1999). Polvisarviviholaista tavataan monenlaisissa ympäristöissä, mutta varsinkin manner-Suomessa ja laajalla taiga-alueella se elää pääasiassa soilla, missä sen pesätiheys voi olla suuri. Laaja-alainen luonnontilaisten soiden ympäristöolojen huononeminen saattaa johtaa maailmanlaajuisesti harvinaisen, polvisarviviholaisella loisivan periloisviholaisen laajamittaiseen häviämiseen (Vepsäläinen ym. 2000).

Kuivempien avointen elinympäristöjen lajit tai vähemmän valikoivat muurahaislajit hyötyvät alkuvaiheissa soiden ojituksesta, mutta ne häviävät puuston varjostuksen lisääntyessä ojituksen jälkeisessä sukkessiossa kohti turvekangasvaihetta, ja lopulta alueella menestyy enää muutama laji. Esimerkiksi Suomen yleisin viholaistolaji, varjoa sietävä, soillakin hyvin menestyvä metsälaji ryppyviholainen (*Myrmica ruginodis*) (Saaristo 1995) korvaa soilla runsaan polvisarviviholaisen (Vepsäläinen ym. 2000), ja kekoja rakentavista lajeista Suomen yleisin kekomuurahaislaji, kivennäismaiden sulkeutuneissa metsissä erittäin yleinen ja runsas tupsukekomuurahainen (*Formica aquilonia*) korvaa soiden kekoja rakentavat territoriaaliset lajit (Vepsäläinen ym. 2000, Punntila & Kilpeläinen 2009).

Avoimet suot ja vielä puuttomat tai vähäpuusoiset ojitetut avosuot eivät välttämättä sovi varsinaisille kekomuurahaisille (*Formica rufa* -ryhmän lajit *aquilonia*, *lugubris*, *rufa*, *polycytena* ja *pratensis*) lainkaan; syiksi Vepsäläinen ym. (2000) ovat eh-



dottaneet seuraavia tekijöitä. Ensinnä tällaisissa elinympäristöissä kekomuurahaisten ravintoloudelle elintärkeät puissa elävät kirvat ovat liian harvassa. Ravintopulaa korostanee myös se, että viileään ilmastoon sopeutuneitten kekomuurahaistyöläisten ravinnonhakuaktiiviteetti saattaa paahteisen kuumina päivinä heikentyä avoimilla soilla ajoittain liian korkeitten lämpötilojen takia. Syvällä pesiensä maanalaisissa osissa talvehtivat kekomuurahaiset eivät myöskään välttämättä pysty talvehtimaan märillä avosoilla. Puustoisilla metsä- ja kitumaan soilla tilanne on toinen: karvakekomuurahainen (*Formica lugubris*) pesii niillä jopa hieman yleisempänä kuin kivennäismailla, ja vaikka kaikkein yleisin kekomuurahaislajimme tupsukekomuurahainen onkin painottunut kivennäismaille, se on silti puustoisten soiden yleisin kekoja rakentava muurahaislaji (Punttila & Kilpeläinen 2009). Todennäköisesti ojituksen jälkeisen sukkession myötä myös kivennäismaiden sulkeutuneiden metsien kekomuurahaislajit leviävät muuttuviin ympäristöihin (Punttila & Kilpeläinen 2009), joissa nämä aggressiiviset, territoriaaliset lajit vaikuttavat suuresti muun lajiston esiintymiseen.

### Ennallistamismenetelmät muurahaisten kannalta

Ennallistamisen vaikutuksia muurahaislajistoon ei ole tutkittu, mutta muurahaislajien ekologian, kilpailukykyyn ja leviämistrategioiden pohjalta voidaan hahmotella ennallistamisessa sovellettavia yleisiä periaatteita, jotka liittyvät etenkin puuston hakkuuseen ja hakkuutähteiden poistoon ennallistettavilta soilta.

Kun ennallistettavalta, alun perin avoimelta suolta hakataan puustoa, suolle jäävät kannot ja hakkuutähteet (rungot, latvukset ja oksat) tarjoavat muurahaisille runsaasti pesäpaikkoja elinympäristössä, josta ne luontaisesti puuttuisivat. Siksi hakkuutähte saattaa edesauttaa avointen metsäympäristöjen lajiston asettumista ennallistettavalle alueelle, mikä voi voimistaa saalistuspainetta suota kolonisoivia suomuurahaislajien kuningattaria kohtaan ja lisätä muurahaisten välistä pesäpaikkakilpailua ja näin estää tai hidastaa varsinaisen suolajiston kolonisaatiota. Avointen metsien lajisto saattaa myös syrjäyttää alueella vielä mahdollisesti pesivää suomuurahaislajistoa. Metsälajisto pystyy asuttamaan myös keskelle suota

jääneet hakkuutähteet, koska eräiden lajien lentämällä leviävät kuningattaret tavoittavat ne helposti. Aggressiivisten ja territoriaalisten *Formica*-suvun metsälajien asettumista suolle helpottaa se, että pesän perustamisen tilapäisessä loisintavaiheessa emäntälajiksi sopivat sekä suospesialistit että ojituksen seurauksena muuttuneen suon varhemmin asuttaneet kivennäismaiden yleislajit (Collingwood 1979, Seifert 2007). Metsälajien mahdollisen haittavaikutuksen voimakkuudesta ennallistuvilla soilla ei ole tietoa, mutta mitä riepäimmin suo palautuu kohti luonnontilaa, sitä vähäisempiä ja paikallisempia nämä haittavaikutukset tullevat olemaan.

Puustoisten rämeiden ennallistamisessa ojituksen jälkeen kasvaneen puuston harvennus tai poisto on suotavaa ensinnäkin siksi, että suomuurahaislajit vaativat suhteellisen avointa elinympäristöä. Kuivatulle ja puustoltaan sulkeutuneelle suolle mahdollisesti asettuneet, sulkeutuneissa metsissä menestyvät lajit, kuten tupsukekomuurahainen, pystyvät kilpailullaan estämään tehokkaasti suolajiston paluun alueelle. Toiseksi, kuten avointen soiden kohdalla, hakkuusta jäävät kannot ja hakkuutähteet tarjoavat runsaasti pesäpaikkoja avointen metsien muurahaislajistolle – ja kuten avoimemmilla soilla, pesän perustamisvaiheessa tilapäisesti loisiville territoriaalisille metsälajeille on hakatulla suolla tarjolla perinteistä suolajistoa runsaampi emäntälajien kirjo. Ojien tukkiminen tosin nopeuttanee suolle jäävän hakatun puuston hautautumista suosammalten alle. Mikäli soiden lähellä olevissa metsissä ei samaan aikaan ole avoimia hakkuualoja eikä avoimessa kehitysvaiheessa olevia taimikoita, avointen metsien muurahaislajiston laajamittainen kolonisaatio (vrt. Collingwood 1999) tuskin on yhtä suuri riski kuin tuoreiden hakkuualojen ja avointen taimikoiden keskellä olevilla soilla. Mäntypuuston pystyyn kaulaaminen hakkuun sijaan vähentää huomattavasti kuvattuja hakkuutähteiden tuomia ongelmia suomuurahaislajistolle, ja samalla kuollut puusto tarjoaa resursseja lahoppuun varassa elävälle saproksyyililajistolle.

Puustoisista soista korprien ennallistamismenetelmiin liittyy muurahaislajiston osalta vähiten ongelmia: suomuurahaiset eivät tietyvästi viihdy sulkeutuneissa korvissa, joissa pesii yleensä korkeintaan vain neljä sulkeutuneissa metsissä ylipäätään menestyvää muurahaislajia (ryppyviholainen, karvaliekomuurahainen, tupsukekomuu-

rahainen ja metsähevosmuurahainen *Camponotus herculeanus*) (omia julkaisemattomia tietoja).

Suomuurahaisten leviämiskyvystä ja kilpailukyvystä metsämuurahaisia vastaan tiedetään hyvin vähän (ks. kuitenkin Collingwood 1999, Vepsäläinen ym. 2000), joten suomuurahaisten mahdollisesta paluusta ennallistetuille soille ei voida sanoa mitään varmaa. Ilmeisesti monienkaan lajien leviäminen alueelta toiselle lentävien kuningatarten avulla ei kuitenkaan ole kovin tehokasta (Seppä 2008). Eräiden tutkimusten mukaan ainakin suomustamuurahaisten leviäminen eri soiden välillä ja jopa soiden sisällä voi olla heikkoa (Mabelis & Chardon 2005, Rees ym. 2010). Vaikka suolle jääneet hakkuutähteet peittyvät lopulta rahkasammaleen ja habitaatti muuttuisi suomuurahaisille suotuisaksi ja metsälajit samalla häviäisivät, ei ole takeita siitä, että suomuurahaiset palaisivat ennallistetulle suolle. Paluun todennäköisyys pienenee nopeasti, kun etäisyys lajiston elinvoimaisiin lähdepopulaatioihin kasvaa. Selvää on myös, että lajien paluumahdollisuudet riippuvat monista lajikohtaisista erityispiirteistä, joiden suhteen periloisviholainen lienee heikoimmassa asemassa – sen olemassaolon ehto maassamme on polvisarviviholaisen, emäntälajin, tiheä ja runsaslukuinen suopopulaatio (Vepsäläinen ym. 2000).

Soiden ennallistamista tutkitaan parhaillaan Metsähallituksen soiden ennallistamisen seurannan koelaverkossa, jonka ensimmäisessä, kuoppapyyntien toteutetussa muurahaisinventoinnissa suoalueet, joilla ennallistamistyöt oli tehty 2–4 vuotta aiemmin, muistuttivat lajikoostumukseltaan hieman enemmän luonnontilaisia soita kuin ojitetut, ennallistamattomat suot. Aineiston luonnontilaisilla soilla yleisimmät ja runsaimmat lajit olivat suomustamuurahainen ja polvisarviviholainen (Väänänen 2009). Koska koeasetelmassa mukana olevat ennallistettavat ja ennallistamattomat ojitetut suot ovat saattaneet erota toisistaan jo aiemmin, ennallistamisen vaikutuksista voidaan saada tuloksia vain, mikäli myöhemmissä seurantatutkimuksissa jatketaan myös muurahaisinventointeja (ks. myös Uusitalo ym. 2006, Autio 2008, Loukola 2008).

## Muurahaiset ympäristömuutosten ilmentäjinä

Monenlaiset ympäristön muutokset vaikuttavat muurahaisyhteisöjen lajimäärään ja koostumukseen, joten muutokset muurahaisyhteisöjen rakenteessa antavat tietoa ympäristön tilasta (Andersen & Majer 2004, Markó ym. 2004, Philpott ym. 2010). Muurahaisyhteisöjen lajisto kertoo lisäksi muurahaisia ja niiden pesiä vaativien ja suosivien monenkirjavien kasvi- ja eläinlajien (ks. Hölldobler & Wilson 1990) tilasta. Koska muurahaiset elävät pysyvissä ja pitkäaikaisissa pesissä, jopa yksittäisten yhteiskuntien kehitystä voidaan seurata usean vuoden ajan. Soiden ennallistamisen vaikutusten selvityksissä on kiinnitettävä erityistä huomiota suolajien esiintymiin, joten muurahaisista avainasemassa ovat mustapäämuurahainen, suomustamuurahainen, rämeloviniska, suomenloviniska, polvisarviviholainen sekä periloisviholainen. Näiden lajien suhteellinen runsaus näyttää luonnehtivan luonnontilaisia soita (Vepsäläinen ym. 2000, Punttila & Kilpeläinen 2009, Väänänen 2009).

Muurahaisyhteiskunnat, jotka ovat monivuotisia, elävät huomattavasti pitempään kuin solitaaristen eli yksin elävien hyönteislajien yksilöt. Joidenkin lajien kuningattaret voivat elää selvästi yli 10-vuotiaiksi (Hölldobler & Wilson 1990); esimerkiksi karvaloviniskakuningattarien on arvioitu elävän Suomessa keskimäärin 20-vuotiaiksi (Pamilo 1991). Vasta vanhemmat ja kehittyneemmät yhteiskunnat ovat niin runsasväkisiä, että niiden työläiset alkavat näkyä selvästi kuoppapyyntitutkimusten aineistoissa, joten soiden ennallistamisen vaikutusten näkeminen muurahaisyhteisön rakenteessa tulee kestämään useita vuosia.

## Hämähäkit ja soiden ennallistaminen

Seppo Koponen, Niclas Fritzén ja Timo Pajunen

Suomessa elää noin 650 hämähäkkilajia. Moni hämähäkkilaji on vahvasti sitoutunut suoelin- ympäristöön: osa rahkasammalikkoon, osa suon ruoho- tai varpukasvillisuuteen. Lisäksi soilla tavataan runsaasti hämähäkkilajeja, joiden pääelin- ympäristö on muu kuin suo. Monimuotoisella, useista suotyypeistä muodostuvalla suolla eläkin lajirikas hämähäkkifauna. Esimerkiksi paljon tut- kitulta Pomponrahkan–Isosuon suoalueelta Tu- russa on tavattu kolmannes maamme hämähäk- kilajistosta, lähes 230 lajia.

Yleistasolla soiden hämähäkkilajisto tunne- taan melko hyvin, mutta yksittäisten lajien mik- rohabitaattivaatimuksissa on vielä paljon selvi- tettävää. Uuden uhanalaisarvioinnin (Rassi ym. 2010) mukaan uhanalaisista ja silmälläpidettä- vistä 80 hämähäkkilajista pelkästään tai lähinnä soilla tavattavia on runsas viidennes. Varsinaisis-

ta uhanalaisista lajeista peräti neljännes (6 lajia) elää soilla.

Eri suotyyppeiden hämähäkkilajistot poikkeat selvästi toisistaan. Lisäksi merkitystä on suon maantieteellisellä sijainnilla. Suohämähäkki- yhteisöt ovat esimerkiksi Etelä-Suomen keidas- soilla varsin erilaisia kuin pohjoisemmalla aapa- suoalueella tai Tunturi-Lapin palsasoilla (Kopo- nen ym. 2001, Koponen 2002).

Rämeiden varvikkolaji on esimerkiksi Etelä- Suomessa melko yleinen ilveshämähäkki (*Oxyopes ramosus*), ja rämemäntyjen rungoilta voi löytää *Nuctenea silvicultrix* -ristihämähäkin. Harvinaisen *Taranucnus setosus* -riippuhämähäkki kutoo pyyntiverkkonsa useimmiten syväälle rahkasam- malmättäaseen, pienen rämemännyn tyvellä ole- vaan onkaloon. Rahkasammalikkossa elää myös suuri määrä pienikokoisia kääpiöhämähäkkejä



**Kuva 1.** Yleislevinneisyydeltään pohjoinen *Pardosa hyperborea* -susihämähäkki elää Etelä-Suomessa lähinnä avosoilla. Lapissa se elää soiden lisäksi tuntureiden paljakoilla ja jopa metsissä. Keminmaa 2008. Kuva: Niclas Fritzén.

(heimo Linyphiidae, alaheimo Erigoninae), esimerkiksi silmälläpidettävä rahkakääpiöhämähäkki (*Mecynargus foveatus*). Sammalen pinnalla liikkuvat muun muassa monet juoksuhämähäkit (heimo Lycosidae), ja niistä erityisesti susi- (*Pardosa* spp.) ja merirosvohämähäkit (*Pirata* spp.).

Osa soiden hämähäkkilajistosta on erikoistunut elämään letoilla. Esimerkiksi ahvenanmaaliselta pieneltä letolta löydettiin 1960-luvun alussa vaarantunut lettorapuhämähäkki (*Ozyptila gertschi*) sekä riippuhämähäkkeihin kuuluva silmälläpidettävä puskupäähämähäkki (*Trichopternoides thorelli*). Tämän jälkeen lajeja ei ole kyseisellä letolla havaittu. Lettorapuhämähäkki on kuitenkin löydetty uudestaan Ahvenanmaan toiselta letolta vuonna 2011. Lajien lähimmät nykyiset tunnetut esiintymisalueet mantereen puolella sijaitsevat Pohjois-Suomessa. Varsinkin Etelä-Suomessa letot ovat erittäin harvassa, joten lajin leviäminen letolta toiselle on vaikeaa.

Osa yleislevinneisyydeltään pohjoisista hämähäkkilajeista elää Etelä-Suomessa vain soilla, esimerkiksi *Robertus lyriifer* -pallohämähäkki, *Pardosa hyperborea* -suhämähäkki (kuva 1) ja *Gnaphosa lapponum* -kivikkohämähäkki. Toisaalta Keski- ja Pohjois-Suomessa tavattava vaarantunut rämeristihämähäkki (*Aculepeira ceropegia*) (kuva 2) on muualla Euroopassa niittyjen ja muiden avoimien ympäristöjen laji, mutta Suomessa se elää avoimilla ja puoliavoimilla rämeillä. Se kutoo pyyntiverkkonsa matalaan varpukasvillisuuteen.

Koska soiden pohjakerroksen hämähäkit ovat sopeutuneet rahkasammalikon kosteaan pienilmastoon, ojituksen aiheuttama kuivuminen köyhdyttää tätä lajistoa välittömästi. Tyypilliset soille erikoistuneet lajit harvinaistuvat ja vähitellen häviävät ojitetuilta ja kuivatuilta soilta, ja yleisemmät ja ympäristövaatimuksiltaan erilaisutumattomammat (eurytooppiset) lajit korvaavat ne (Koponen 1985). Toinen, hitaammin ojituksen jälkeen etenevä uhka soiden hämähäkeille on puiden kasvun lisääntyminen ojituksen jälkeen, koska myös avoimuus on tärkeää tietyille suohämähäkkilajeille, esimerkiksi rämeristihämähäkeille.



Kuva 2. Vaarantunut rämeristihämähäkki (*Aculepeira ceropegia*) on Suomessa erikoistunut soihin. Muualla Euroopassa se on muiden avoimien ja aurinkoisten ympäristöjen laji. Ilomantsi 2008. Kuva: Niclas Fritzén.

Soiden ennallistamisen vaikutuksia hämähäkkisyhteisöihin ei vielä tunneta. Kun ennallistetaan korpia tai voimakkaasti muuttuneita soita, joissa tiedetään eläneen uhanalaisia hämähäkkejä, on syytä ennen ojien tukkimista varmistaa inventoinneilla, että kyseisten lajien viimeisinä esiintymispaikkoina eivät ole juuri ojat tai ojalinjat, joita ennallistamisen yhteydessä käsitellään voimakkaimmin. Muutoin voidaan olettaa, että perinteiset ennallistamistoimenpiteet, kuten vesitalouden palauttaminen ojat tukkimalla ja puiden poisto alun perin avoimilta soilta, ovat hyödyllisiä toimenpiteitä myös soilla eläville hämähäkeille eivätkä vaikuta negatiivisesti ainakaan uhanalaisiin ja harvinaisiin suohämähäkkilajeihin.

## Soiden sudenkorennot

Jouni Penttinen ja Jussi Mäkinen

Sudenkorennot ovat suhteellisen vähälajinen, mutta hyvin näkyvä ja näyttävä osa Suomen hyönteislajistoa. Suomen vakituiseen lajistoon kuuluu 54 lajia, minkä lisäksi viime vuosina on tehty yksittäisiä havaintoja viidestä lähialueiden lajista: hohtoukonkorento (*Aeshna affinis*), keisarikorento (*Anax imperator*), hentokeijukorento (*Lestes virens*), vyösyyskorento (*Sympetrum pedemontanum*) ja kulkusyyskorento (*S. fonscolombii*) (Suomen Sudenkorentoseura 2012). Toukkavaiheensa sudenkorennot viettävät mitä erilaisimmissa vesiympäristöissä. Suurin osa elää seisovassa vedessä, osa yksinomaan virtavesissä ja osa molemmissa (Karjalainen 2002, Suomen Sudenkorentoseura 2012). Todennäköisimmin sudenkorentoihin törmää siis veden äärellä, mutta aikuisia sudenkorentoja voi nähdä lentelemässä kaukanakin vesistöistä.

Suot, erityisesti soiden rimpipinnat, allikot ja lammet, ovat merkittävä lisääntymis- ja elinympäristö varsin suurelle osalle sudenkorentolajistoa (Karjalainen 2002). Suurin osa suolla tavattavista lajeista elää myös muunlaisissa vesiympäristöissä kuin soilla, erityisesti rehevissä ja umpeen kasvavissa järvissä. Tällaisia ovat esimerkiksi rauhoitetut, luontodirektiivin liitteen IV(a) lajit sirolampikorento (*Leucorrhinia albifrons*) (kuva 1) ja lummelampikorento (*L. caudalis*). Osa lajeista on puolestaan tiukasti sitoutuneita suo ympäristöihin. Taigatyönkorento (*Coenagrion johanssoni*) on koko Suomessa suhteellisen yleinen, mutta paikoittainen ja vähälukuinen laji, joka elää lähinnä suolammissa. Suoukonkorento (*Aeshna subarctica*) (kuva 2) on melko harvinainen ja vähälukuinen suolaji, jonka tyypillisimpiä elinympäristöjä ovat suolammet sekä avosoiden rimmet ja



**Kuva 1.** Rauhoitetun sirolampikorenon lisääntymispaikkojen hävittäminen ja heikentäminen on kiellettyä. Kuva: Olli Autio, 2009.



Kuva 2. Suoukonkorento on Suomessa laajalle levinnyt mutta melko harvinainen ja vähälukuinen suolampien ja -allikoiden laji. Kuva: Olli Autio, 2009.

allikot. Aapakiiltokorento (*Somatochlora alpestris*) elää erityisesti pienillä avosoilla sekä soiden korpimaisilla reunoilla, kun taas sen lähilaji hoikkakiiltokorento (*S. arctica*) elää suolammissa. Pohjanukonkorento (*Aeshna caerulea*) on Etelä-Suomessa laajojen luonnontilaisten suoalueiden laji mutta elää Pohjois-Suomessa myös metsäjärvisissä. Aapa- ja hoikkakiiltokorento sekä pohjanukonkorento ovat Pohjois-Suomessa paikoin jopa yleisiä mutta harvinaistuvat voimakkaasti etelään tultaessa (Karjalainen 2002, Suomen Sudenkorentoseura 2012).

Soiden ojituksella on luultavasti ollut merkittäviä vaikutuksia useimpien soilla tavattavien sudenkorentolajien esiintymiseen, mutta seuranta- tai tutkimustietoa ei juuri ole. Ojituksen myötä suot ovat kuivuneet ja metsittyneet, jolloin soilla on vähemmän sudenkorentojen lisääntymiseen sopivia rimpipintoja, allikoita ja muuta avovettä. Metsittymisen takia ojitetut suot eivät myöskään ole avoimia ja aurinkoisia elinympäristöjä suosiville aikuisille sudenkorennoille yhtä mieluisia saalistusalueita kuin vähäpuustoisemmat luonnontilaiset suot. Ainakin suolajit taigatyönkoren-

to, pohjanukonkorento sekä hoikkakiiltokorento ovat viime vuosikymmeninä taantuneet maan etelä- ja keskiosissa, oletettavasti juuri soiden ojituksen takia (Karjalainen 2002, Korkeamäki & Suhonen 2002, Suhonen ym. 2010).

Soiden ennallistamisella voidaan parantaa suolla elävien sudenkorentolajien elinympäristöä merkittävästi, sillä ennallistamisen tärkein tavoite on palauttaa soille niiden luontainen hydrologia. Ennallistamisen myötä ojituksen kuivattamat allikot ja rimmet vettyvät uudelleen ja soiden avoimuus lisääntyy. Tällöin myös sudenkorentojen lisääntymiseen ja saalistukseen sopivat elinympäristöt palautuvat soille. Joissakin tapauksissa ei ole mahdollista tai kustannustehokasta tukkia oji kokonaan. Näissä tapauksissa ojiin tehdään patoja, joiden väliin jää seisovan veden altaita. Tällaiset altaat – vaikka eivät olisikaan luontaisen rimpien ja allikoiden veroisia – sopivat lisääntymispaikoiksi monille sudenkorentolajeille. Sudenkorennot ovat aikuisina erinomaisia lentäjiä, joten ne voivat palata suolle ennallistamisen jälkeen nopeasti melko pitkienkin matkojen päästä.

## Soiden ennallistaminen ja suoperhosten suojele

*Juha Pöyry ja Olli Loukola*

Suomen luonnontilaisilla soilla elää monimuotoinen perhosyhteisö, sillä on arvioitu, että 130 perhoslajilla kannan pääosa elää suoympäristöissä (Pöyry 2001). Näistä lajeista 17:n levinneisyys on rajoittunut maan eteläpuoliskon keidassuovyöhykkeelle. Koska myös soiden ojitus metsätaloudeikäyttöön on ollut voimakkainta maan eteläosissa, ovat nämä eteläiset suoperhoslajit suurimmassa vaarassa uhanalaistua ja lopulta hävitä soiden ojituksen seurauksena. Vuonna 2010 valmistuneessa neljännessä uhanalaisten lajien arvioinnissa (Rassi ym. 2010) keidassuovyöhykkeelle rajoittuneista suoperhoslajeista yhdeksän arvioitiin valtakunnallisesti uhanalaiseksi ja viisi lajia silmälläpidettäväksi. Pohjoiseen rajoittuneista suolajeista arvioitiin uhanalaiseksi ainakin neljä lajia ja silmälläpidettäväksi ainakin viisi lajia. Lisäksi arvioitiin uhanalaiseksi tai silmälläpidettäväksi toistakymmentä laajalle levinnyttä ja aiemmin elinvoimaisena pidettyä suoperhoslajia (Rassi ym. 2010).

Soiden ojitus vaikuttaa suoperhosiin eri tavoin (Pöyry 2001). Ojituksen vaikutuksille herkimät lajit, kuten rahkahopeatäplä *Boloria frigga* (kuva 1) ja muurainhopeatäplä *B. freija*, katoavat suolta pian ojituksen jälkeen, mahdollisesti koska suon pienilmasto muuttuu voimakkaasti ojituksen jälkeen lajien nuoruusvaiheiden kehitykselle sopimattomaksi. Toiset suoperhoslajit, kuten rämehopeatäplä *B. eunomia*, pystyvät kuitenkin lisääntymään ojitetulla suolla useitakin vuosia, mutta myös niiden kannat katoavat viimeistään suon muuttuessa turvekankaaksi ja puuston latvuspeiton sulkeutuessa.

Suoperhosyhteisöjen palautumista ennallistamisen jälkeen on tutkittu Suomessa toistaiseksi vain vähän. Suon vesitalous on mahdollista palauttaa luonnontilaista suoekosysteemiä vastaavaksi (esim. Autio 2008), mutta ei tiedetä, kuinka nopeasti ennallistamisen jälkeen suon pienilmasto muuttuu ojitukselle herkkien perhoslajien lisää-



**Kuva 1.** Taantuneen rahkahopeatäplän (*Clossiana frigga*) on havaittu palanneen monille soille hyvinkin nopeasti ennallistamisen jälkeen. Kuva: Jussi Murtosaari, 2010.

tymiselle ja nuoruusvaiheiden kehittymiselle so-pivaksi. Kihniön Aitonevalla 1990-luvun lopulla tehdyn kokeen perusteella pieni osa rahkahoepä-täplän toukista kehittyi aikuisiksi perhosiksi en-nallistetulla entisellä turvetuotantoalueella (laaha-kauhamenetelmällä 1950-luvulla nostettu alue) (Rintala ym. 2000).

Keski-Suomessa ja Pohjois-Karjalassa tutkit-tiin vuonna 2007 yhteensä yhdeksällä suoalueel-la ennallistamisen välittömiä vaikutuksia soiden perhosiin (Loukola 2008). Tutkimuksen perus-teella soiden ennallistaminen ei kolmen ennallis-tamisesta kuluneen vuoden aikana palauttanut suoperhosten laji- ja yksilömääriä eikä yhteisö-rakennetta luonnontilaisten soiden tasolle. Tästä huolimatta suopäiväperhosten yksilömäärät kas-voivat tämän ajanjakson aikana. Ennallistetuilla alueilla esiintyi myös enemmän suoyöperhosia kuin ojitetuilla alueilla ja yöperhosten yhteisöra-kenteet olivat lähempänä luonnontilaisten kuin ojitettujen suoalueiden yhteisörakenteita.

Ennallistamisella näyttäisikin olevan jo lyhyel-lä aikavälillä suoperhosia hyödyttävä vaikutus. Soiden ennallistuminen on pitkä prosessi, ja hitaammat muutokset, kuten suoilta hävinneiden perhoslajien kantojen paluu, voivat näkyä vas-ta vuosikymmenten kuluttua ennallistamistoimenpiteistä. Esimerkiksi Seitsemisen kansallis-puistossa Koveronnevalla vuonna 1991 tehtyjen linjalaskentojen perusteella ennallistaminen ei vaikuttanut suopäiväperhosten lajimääriin vielä neljässä vuodessa. Kuitenkin vuonna 1998 rahka-hoepätäplä, muurainhoepätäplä, rämehoepätäp-

lä ja rämekylmänperhonen (*Oeneis jutta*), jotka puuttuivat Koveronnevalta vuonna 1991, olivat palanneet alueelle 11 vuodessa ennallistamistoimenpiteiden jälkeen (Turunen 1998). Myös suon ennallistamiseen liittyvän puuston raivauksen voidaan olettaa hyödyttävän suoperhosia, sillä voimajohtoaukeiden puuston säännöllisen raivauksen on havaittu ylläpitävän suoperhosten kantoja ojitetuilla soilla pidempään verrattuna ojitettuihin soihin, joilla puuston kasvu jatkuu normaalisti (Hiltula ym. 2005). Puuston raivaus-ta suunniteltaessa on kuitenkin hyvä ottaa huo-mioon, että suuri osa suoperhoslajeista tarvitsee puusaarekkeita tuulensuojaksi.

Merkittävä ongelma ennallistamisen käytös-sä uhanalaistuneiden suoperhosten ja luultavasti muidenkin suohyönteisten suojelussa on se, että jäljellä olevat luonnontilaiset ja perhosille elinkel-poiset suot sijaitsevat yleensä useiden kilometrien tai jopa kymmenien kilometrien etäisyydellä toi-sistaan (Pöyry 2001). Koska pirstoutuneissa ympäristöissä elävien perhoslajien tyypilliset liikkumisetäisyydet ovat yleensä enintään muutamia kilometrejä, on tällaisten lajien todennäköisyys löytää ja asuttaa uudestaan ennallistetut suot todennäköisesti hyvin pieni (Thomas & Hanski 2004). Tämän vuoksi suurimmat hyödyt soiden ennallistamisesta suoperhosille saavutetaan alueil-la, joiden lähellä sijaitsee luonnontilaisista sois-ta riippuvaisten perhoslajien lähdepopulaatioita. Jollei tällaisia kantoja löydy, joudutaan harkitsemaan perhoslajien siirtoistutuksia ennallistetta-ville soille.



## Soiden vaaksiaiset

*Jukka Salmela*

Vaaksiaisia (Diptera, Tipuloidea) (kuva 1) tunnetaan Suomesta 338 lajia (Salmela 2013). Tietämys lajiston levinneisyydestä ja ekologiasta on kasvanut voimakkaasti 2000-luvulla maantieteellisesti laajan ja eri elinympäristöjä kattavan pyyntiponnistuksen seurauksena (ks. esim. Salmela 2011). Lajimäärä on suurimmillaan maan eteläisissä osissa ja vähenee asteittain pohjoiseen päin mentäessä. Monen eteläisen lajin, jonka päälevinneisyys on Keski-Euroopassa, esiintyminen Suomessa ulottuu enintään keskiboreaaliseen vyöhykkeelle tai pohjoisboreaalisen vyöhykkeen eteläosiin. Vastaavasti monet itäiset taigalajit eivät esiinny maan eteläisissä tai lounaisissa osissa; näiden levinneisyys kattaa tyypillisesti keski- ja pohjoisboreaalisen vyöhykkeen. Varsinaisia arktisia vaaksiaisia Suomessa on niukasti; tunturilajimme ovat joko boreaalpiinisiä tai pohjoisen taigan asukkaita.

Suomessa tavattavien lajien elinkierto on yleensä yksi- tai kaksivuotinen. Lajien lentoaika on usein painottunut tietylle, korkeintaan muutamana viikon ajanjaksolle (kevät, alkukesä, loppukesä yms.). Lähes kaikkien lajien toukat talvehtivat, aikuiset yksilöt ovat lyhytikäisiä. Vaaksiaisten toukat ovat tyypillisesti kuolleen orgaanisen aineksen pilkkojia tai petoja. Aikuiset yksilöt saattavat nauttia sokeripitoisia nesteitä mutta eivät syö mitään.

Suot ovat merkittävä vaaksiaisten elinympäristö. 84 lajin ensisijainen elinympäristö on jokin suohabitaatti (neva, korpi, letto, lähteikkö; rantaluhtien lajeja ei mukana). Koska useimpien vaaksiaislajien toukat elävät vedessä tai muuten hyvin märissä olosuhteissa, ovat laji- ja yksilömäärät suurimmillaan rimpisillä nevoilla. Suolajeista 37 % esiintyy käytännössä koko maassa,



**Kuva 1.** Taigaryönikkä (*Phylidorea umbrarum*) hyönteishaavissa. Kittilä, heinäkuu 2009. Kuva: Jukka Salmela.

32 % painottuu pohjoiseen ja 27 % on levinneisydeltään eteläisiä. Jos huomioidaan vain avoimien suotyyppien lajit (nevat ja letot, 41 lajia) koko maan lajeja on 46 %, pohjoisia lajeja yhtä paljon ja eteläisiä vain 7 %. Lajimäärältään suurimmat avosoiden vaaksiaisyyhteisöt tunnetaan pohjoisboreaaliselta vyöhykkeeltä. Esimerkiksi Kittilästä Vasanvuoman koivuletolta tavattiin 37 vaaksiaislajia, lähteiselä Kielisenpalon letolta 40 lajia sekä Kaldoaivin erämaan palsasuolta 33 lajia (Salmela 2008). Melko isossa otannassa Kauhanevalta (Kauhajoki ja Karvia) tavattiin vain 29 vaaksiaislajia (Salmela & Ilmonen 2005) ja Tammelan Torrionsuolta 22 lajia (J. Salmela, julkaisematon). Toisaalta Ruoveden Ruottaniityn lähteiköltä ja lähdesuolta (2 Malaise-pyydystä, kuva 2) on määritetty jopa 64 lajia; kohteella onkin eräs Suomen monimuotoisimmista ja lajistollisesti arvokkaimmista vaaksiaisyyhteisöistä (Salmela ym. 2007).

Koko maassa tavattavia ja runsaita avosoiden lajeja ovat mm. kirjohattara (*Dicranomyia terrae-novae*), isorahkakirsikäs (*Idioptera linnei*), suoryönikkä (*Phylidorea squalens*), nevasahakainen (*Prionocera pubescens*) ja nevävälkekirsikäs (*Tipula melanoceros*). Ravinteisten nevojen melko tavallisia asukkaita ovat mm. nevarparvikirsikäs (*Erioptera nielsenii*), pulskaryönikkä (*Phylidorea abdominalis*) ja luhtavälkekirsikäs (*Tipula luteipennis*). Esiintymisessään letoille ja huurresammallähteille keskittyvät mm. pohjoiset lettohattara (*Dicranomyia*

*aperta*), kaitahattara (*D. longipennis*), sutihattara (*D. moniliformis*) ja kalkkisarakka (*Orimarga juvenilis*). Pelkästään ombro-oligotrofisilla soilla esiintyviä lajeja ei liene yhtään, mutta ainakin nevävälkekirsikäs ja rimpisahakainen (*Prionocera chosenicola*) suosivat karuja nevoja.

Etelä- ja keskiboreaalilta vyöhykkeiltä on mahdollisesti hävinnyt yksi suolaji, pohjanärjäkkä (*Angarotipula tumidicornis*). Lajilla on kuitenkin elinvoimainen kanta pohjoisilla aapasoilla. Laajamittaiset suoluonnon muutokset (ojitus, pellonraivaus, tekoaltaat, turpeennosto) ovat hävittäneet useita paikallisia populaatioita. Suolajien populaatioiden selviämistä eteläisen ja keskisen Suomen pirstoutuneessa elinympäristöverkostossa on vaikea arvioida, koska yhteisöjä ei seurata systemaattisesti eikä lajeista käytännössä ole vanhoja havaintoaineistoja. Uhanalaiset ja silmälläpidettävät avosoiden vaaksiaiset ovat pääasiassa pohjoisia lettolajeja. Useat Suomessa tavalliset ja laajalle levinneet vaaksiaiset ovat kuitenkin kansainvälisesti harvinaisia, koska nämä lajit ovat erittäin harvinaisia tai uhanalaisia Keski-Euroopassa ja Brittein saarilla.

Karujen soiden ennallistaminen näyttäisi olevan hyödyksi vaaksiaisille, mutta pelkkä luontaisen vedenkorkeuden palauttaminen ei yksistään riitä soilla esiintyville lajeille. On erittäin todennäköistä, että jos sopiva toukkaelinympäristö, käytännössä rahkasammalet, puuttuu ennallistetuilta soilta, se estää luontaisen kaltaisen vaaksiaisyyhteisön palautumisen (Autio 2008). Ennallistettujen rehevien soiden vaaksiaisyyhteisöjä ei ole toistaiseksi tutkittu.



Kuva 2. Malaise-pyydys palsasuolla. Utsjoki, Kaldoaivin erämaa, heinäkuu 2007. Kuva: Jukka Salmela.

## Soiden ennallistaminen ja linnusto

### *Ari Rajasärkkä*

#### Suolintujen uhanalaisuus ja suojelutilanne

Soiden linnut on ekologinen lajiryhmä, jonka tilanne nyky-Suomessa on erityisen huono (taulukko 1). Suolintujen uhanalaistuminen on ollut voimakasta, eikä tilanteeseen ainakaan toistaiseksi näy helpotusta. Suomen lajien ensimmäisessä uhanalaistarkastelussa vuonna 1985 suolinnuista muuttohaukka luokiteltiin erittäin uhanalaiseksi ja punakuiri silmälläpidettäväksi harvinaiseksi lajiksi (Rassi ym. 1985). Tuoreimmassa uhanalaistarkastelussa 9 suolintulajia on arvioitu valtakunnallisesti uhanalaiseksi tai silmälläpidettäväksi ja niiden lisäksi 12 lajia on arvioitu alueellisesti uhanalaiseksi jossakin osassa Suomea (Mikkola-Roos ym. 2010).

Vuoden 2000 uhanalaistarkastelussa luettiin ensimmäistä kertaa Suomen vastuulajit (Rassi ym. 2001). Niillä tarkoitetaan lajeja, joiden säilyttämisessä Suomella on merkittävä kansainvälinen vastuu. Taulukkoon 1 listatusta 26 suolintulajista kahdeksan on määritelty Suomen vastuulajeiksi. Yhdeksän lajia on huomioitu Euroopan unionin lintudirektiivin liitteessä I (ns. direktiivilajit). EU:n jäsenvaltiot, Suomi mukaan lukien, ovat sitoutuneet säilyttämään direktiivilajien suotuisan suojelutason, mikä useimmiten tapahtuu perustamalla ko. lajien tarpeisiin soveltuvia Natura 2000 -alueita. Natura-alueiden perustamisessa on lisäksi huomioitu eräitä Suomessa säännöllisesti tavattavia muuttolintulajeja, joista suolintuja on neljä.

BirdLife International on luokitellut lintulajien uhanalaisuuksia Euroopassa kahdella eri tavalla (BirdLife International 2004a ja b). Koko Euroopan tasolla lajit on luokiteltu SPEC-luokkiin (= Species of European Conservation Concern). Varsinaisiin uhanalaisiin luokkiin SPEC 2 ja 3 kuuluu 13 suomalaista suolintulajia. Näiden lisäksi kolme suolajia on listattu luokkaan Non-SPEC<sup>E</sup>, johon sisältyvien lajien maailman kanta on keskittynyt Eurooppaan, mutta joita ei pidetä Euroopassa uhattuina. Lisäksi metsähanhi sisältyy tähän luokkaan Eurooppaan keskittyneen talvehdivan kantansa vuoksi. BirdLife Internationalin laatimalla Euroopan unionin uhanalaisten lajien listalla on peräti 20 suomalaista suolintulajia.

Taulukon 1 lajeista vain pikkusirkun kohdalla ei ole uhkaa ilmentävää merkintää yhdessäkään sarakkeessa. Tämä rämeiden harvinainen pesimälaji on Suomessa itäinen levittäytyjä, jonka pesimäkanta on nykyisin arvioitu 10 000–30 000 pariiksi. Venäjän taigan läpi Tyynelle merelle ulottuvan laajan levinneisyysalueensa äärimmäisellä länsilaidalla pikkusirkukukannan vuotuiset vaihtelut ovat suuret.

#### Soiden ennallistamisen vaikutukset linnustoon

Soiden ennallistamisen linnustovaikutuksista on toistaiseksi tehty vain muutamia selvityksiä. Joidenkin hankkeiden yhteydessä ennallistetulle alueelle on perustettu esimerkiksi lyhyt linnuston seurantalinja, jolta saatava seuranta-aineisto on kuitenkin niin pieni, että luotettavia johtopäätöksiä ei sen perusteella voi tehdä. Vaikka ennallistamisen seurantalinjalle olisikin olemassa verrokkit luonnontilaiselta suolta ja ennallistamattomalta ojitetulta suolta, jää aineisto silti usein liian pieneksi esimerkiksi tilastolliseen testaukseen. Lisäksi ennallistamistoimien mahdolliset vaikutukset jäävät helposti havaitsematta niiden peittyessä muiden linnustomuutosten, kuten normaalien vuotuisen kannanvaihteluiden alle.

Joidenkin soiden ennallistamishankkeiden yhteydessä on kerätty seuranta-aineistoa yksittäisistä lajeista. Metsähallituksen talousmetsissä toteutettiin vuosina 2007–2008 REAH-hanke (Riistan elinympäristöjen aktiivinen hoito), jonka yhteydessä ennallistettiin soita riekon elinympäristöksi ja metsäkanalintujen poikueympäristöksi (tietolaatikko 7). Seurannassa riekkojen todettiin siirtyneen ennallistetuille kohteille. Vuonna 2010 alkaneessa Suoverkosto-LIFE-hankkeessa (tietolaatikko 1) puolestaan seurataan ennallistamisen vaikutuksia kapustarintaan Keski-Suomen soilla.

Soiden koko linnuston seuraamiseen soveltuvat parhaiten alueet, joilla on ennallistettu laajalti soita. Hyvä esimerkki on Pirkanmaalla sijaitseva noin 4 400 hehtaarin laajuinen Seitsemisen kansallispuisto, jonka pinta-alasta puolet on turvemaita. Ennallistettujen soiden kokonaispinta-ala

**Taulukko 1.** Suomessa esiintyvien suolintulajien uhanalaisuus Suomessa ja Euroopassa.

Suomalaiset uhanalaisuusluokat: 1985 ja 1991: E = erittäin uhanalainen, V = vaarantunut, Sh = silmälläpidettävä, harvinainen, AI = alueellisesti uhanalainen jossakin osassa Suomea; 2000 ja 2010 (IUCN:n luokat): EN = erittäin uhanalainen, VU = vaarantunut, NT = silmälläpidettävä, RT = alueellisesti uhanalainen jossakin osassa Suomea.

Trendi = viimeaikainen kannankehitys Suomessa: - = taantunut, 0 = vakaa, + = runsastunut.

Atlas = levinneisyysalueen muutos Suomessa lintuatlaskartoitusten mukaan (yhdistetty atlasaineisto vuosilta 1974–1979 ja 1986–1989 vs. 2006–2010): - = levinneisyysalue supistunut, 0 = ei muutosta, + = levinneisyysalue laajentunut.

Vastuulaji: R = Suomen kansainvälinen vastuulaji Suomen lajien uhanalaisuusmietinnön 2000 mukaan.

Direktiivi: D = EU:n lintudirektiivin liitteen I laji, S = säännöllisesti tavattava muuttolintulaji, joka on otettu huomioon Natura 2000 -alueita perustettaessa.

EU-uhex = Euroopan unionin uhanalaisuus BirdLife Internationalin mukaan: EN = erittäin uhanalainen, VU = vaarantunut, Dec = decreased, taantunut, Dep = depleted, taantunut aiemmin, mutta nykyisin vakaa.

SPEC = Eurooppalainen BirdLife Internationalin uhanalaisuusluokitus: SPEC 2 = Eurooppaan keskittynyt laji, jonka suojelutilanne on epäsuotuisa, SPEC 3 = Euroopassa taantunut, maailman kannasta alle puolet Euroopassa, Non-SPEC<sup>E</sup> = Eurooppaan keskittynyt laji, jonka suojelutilanne on suotuisa, Non-SPEC<sup>EW</sup> = lajin talvikanta keskittynyt Eurooppaan, lajin suojelutilanne on suotuisa.

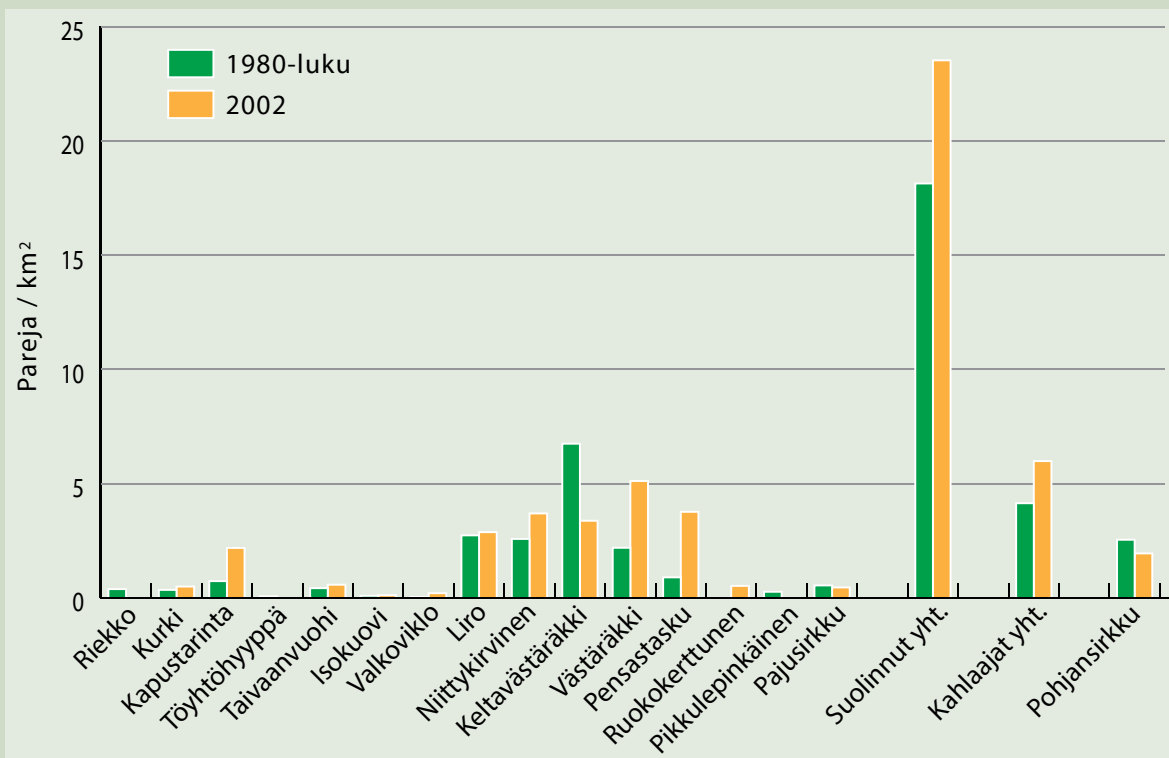
Laji	Tieteellinen nimi	Uhanalaisuus Suomessa				Trendi	Atlas	Vastuu- laji	Direk- tiiv	EU- uhex	SPEC
		1985	1991	2000	2010						
Metsähanhi	<i>Anser fabalis</i>			NT	NT	-	0	R	S		Non-SPEC <sup>EW</sup>
Sinisuohaukka	<i>Circus cyaeus</i>			NT	VU	-	-		D	Dec	SPEC 3
Muuttohaukka	<i>Falco peregrinus</i>	E	V	EN	VU	+	?		D		
Riekko	<i>Lagopus lagopus</i>		AI	RT	NT	-	-			Dec	
Kurki	<i>Grus grus</i>		AI	RT		+	+		D	Dep	SPEC 2
Kapustarinta	<i>Pluvialis apricaria</i>				RT	0	0		D	Dep	Non-SPEC <sup>E</sup>
Töyhtöhyyppä	<i>Vanellus vanellus</i>			RT	RT	0	-			VU	SPEC 2
Suosirri	<i>Calidris alpina</i>					0 ?	-			Dec	SPEC 3
Jänkäsirriäinen	<i>Limicola falcinellus</i>			NT	RT	0 ?	-	R	S	Dec	SPEC 3
Suokukko	<i>Philomachus pugnax</i>		AI	NT	EN	-	-		D	VU	SPEC 2
Jänkäkurppa	<i>Lymnocyptes minimus</i>				RT	-	-	R	S	Dep	SPEC 3
Taivaanvuohi	<i>Gallinago gallinago</i>			RT		0	0			Dec	SPEC 3
Punakuiri	<i>Limosa lapponica</i>	Sh	Sh	NT	RT	+ ?	-		D	EN	
Pikkukuovi	<i>Numenius phaeopus</i>			RT	RT	0	0	R		Dec	Non-SPEC <sup>E</sup>
Isokuovi	<i>Numenius arquata</i>			RT	RT	0	0	R		Dec	SPEC 2
Mustaviklo	<i>Tringa erythropus</i>				RT	0 ?	-	R	S	Dec	SPEC 3
Valkoviklo	<i>Tringa nebularia</i>				RT	0	0	R			
Liro	<i>Tringa glareola</i>			RT	RT	0	-	R	D	Dep	SPEC 3
Vesipääsky	<i>Phalaropus lobatus</i>				VU	-	-		D		
Suopöllö	<i>Asio flammeus</i>					0	-		D	Dec	SPEC 3
Niittykirvinen	<i>Anthus pratensis</i>				NT	-	0			Dec	Non-SPEC <sup>E</sup>
Lapinkirvinen	<i>Anthus cervinus</i>				VU	-	-			EN	
Keltavästäräkki	<i>Motacilla flava</i>				VU	-	-			Dec	
Isolepinkäinen	<i>Lanius excubitor</i>			NT	RT	+	0			Dec	SPEC 3
Lapinsirkku	<i>Calcarius lapponicus</i>				RT	0	-				
Pikkusirkku	<i>Emberiza pusilla</i>					+	0				

Seitsemisessä on noin 1 100 ha eli neljännes kansallispuiston alasta (ks. luku 13.16). Koko kansallispuiston alueella tehtiin kattavat maalinnuston linjalaskennat 1980-luvulla vuosina 1981, 1982 ja 1987 (yhteensä 79 km linjaa). Suurin osa laskentalinjoista (63 km) toistettiin ennallistamisen jälkeen vuonna 2002. Linnuston muutoksia suolinnut mukaan lukien on siten mahdollista tarkastella koko kansallispuiston alueella.

Seitsemisen kansallispuistossa suolintujen kokonaisparimäärä on runsastunut tilastollisesti merkitsevästi (kuva 1). Samoin on käynyt kahlaajille lajiryhmänä. Yksittäisistä soilla pesivistä lajeista vain kapustarinta, västäräkki (*Motacilla alba*) ja pensastasku (*Saxicola rubetra*) ovat runsastuneet. Laajoista soiden ennallistamisesta huolimatta soiden runsaimpiin lajeihin kuuluva keltavästäräkki on Seitsemisessä kuitenkin vähentynyt. Keltavästäräkin väheneminen koko maassa ja etenkin Etelä-Suomessa on niin suuri kannanmuutos, että yhden melko ison kansallispuiston soiden kokonaisvaltainen ennallistaminen ei riitä pysäyttämään taantumista edes paikallisella tasolla, laajemmasta maakunnallisesta tai valtakunnallisesta mittakaavasta puhumattakaan. Metsissä

pesivä ja avosoita soidinpaikkoinaan hyödyntävä teeri on niin ikään vähentynyt Seitsemisessä.

Soiden pesimälinnuista ainoastaan riekkö viettää koko vuoden soilla. Muut soiden pesimälintulajit ovat muuttolintuja, joilla muuttomatkan pituus vaihtelee lajien välillä. Syitä kantojen muutoksiin voi siten löytyä muualtakin kuin pesimäsoilta. Ennallistamisen mahdolliset vaikutukset voivat peittyä esimerkiksi talvehtimisalueilla tapahtuneiden muutosten seurauksien alle. Soiden ennallistamisen mittakaava on ollut ja tulee jatkossakin olemaan pientä verrattuna suoluonnossa menneinä vuosikymmeninä tapahtuneiden muutosten laajuuteen. Tämän vuoksi on todennäköistä, että ennallistamisen linnustovaikutukset ovat lähinnä paikallisia. Suolintujen koko maan kannan kehitykseen soiden ennallistamisella on todennäköisesti vaikutusta varsin rajallisesti. Toisaalta ei soiden ennallistamisesta ole linnustolle haittaakaan. Ennallistettavien soiden linnusto koostuu ennen ennallistamista lähinnä nuorten metsien yleislajeista, joiden elinpaikkoja ei tarvitse erikseen suojella. Ennallistaminen ei siten uhkaa suojelun kannalta tärkeitä lintulajeja.



**Kuva 1.** Suolintujen tiheys (pareja/km²) Seitsemisen kansallispuiston soilla ennen (1980-luku) ja jälkeen (2002) soiden laajamittaisen ennallistamisen.



## Suokasvillisuuden kehittyminen maankohoamisrannikon suosuknessiossa

*Sakari Rehell*

Suomessa huomattava osa suoyhdistymistä on alkanut kehittyä maankohoamisrannikon painanteissa rantaniittyjen ja pensaikoiden soistuessa (kuvat 1 ja 2) (esim. Rehell & Heikkilä 2009). Aluksi vesi on ollut murtovettä, jolle on tyypillistä korkeahko Na-, Cl- ja Mg-pitoisuus sekä neutraali pH.

Merivesi peittää maankohoamisrannikon soistuvia painanteita ajoittain, esimerkiksi myrskyjen aikaan. Muulloin ne saavat vettä lähinnä sateesta ja ylempää maalta tulevista valuvesistä. Laimeakin merivesi sopii useimmille suokasveille huonosti. Erityisesti sammalista vain muutamat lajit (etenkin luhtasirppisammal *Drepanocladus aduncus*, väkäsirppisammal *D. polygamus*, luhtakuirisammal *Calliergon cordifolium*, otaluhtasammal *Calliergonella cuspidata*, ylemmissä osissa myös okarahkasammal *Sphagnum squarrosum* ja viitarahkasammal *S. fimbriatum*) tulevat toimeen meriveden suorassa vaikutuspiirissä olevissa painanteissa. Painanteissa, joihin tulee myös yläpuolisia

valuvesiä, voi kasvaa lisäksi varsin runsas suosamallajisto (hetesirppisammal *Warnstorfia exannulata*, pohjansirppisammal *W. tundrae*, hetekuirisammal *Calliergon giganteum*, lettolierosammal, lettosirppisammal ym.). Rantaluhtien putkilokasvilajien lisäksi niissä kasvaa soiden tyypillisiä saroja ja ruohoja (pullosara, raate, järvikorte *Equisetum fluviatile*).

Primääristen soistumien kehittyessä edelleen soiksi veden sähkönjohtavuus pienenee nopeasti meriveden pinnan tason yläpuolelle nousseilla soilla. Tässä vaiheessa kasvupaikalle leviää nopeasti runsas suolajisto, mm. suurin osa rahkasammallajistosta. Maankohoamisrannikon soiden vesien laadun kehitys seurailee soiden yleistä kehitystä: vedenjakajilla vesi muuttuu happamaksi, pohjavesivaikutteisilla alueilla se pysyy suhteellisen neutraalina.

Nuorille, primäärisesti soistuneille alueille on tyypillistä reunavaikutteisuus, etenkin luhtaisuus, jolloin pääravinteita on yleensä runsaasti.



**Kuva 1.** Maankohoamisrannikon umpeenkasava merenlahti Simossa. Kuva: Seppo Tuominen, 2007.

Ilmeisesti meren rannalla painanteisiin kertyvä ravinteinen liete ja karike luovat primäärisiin soistumiin huomattavan runsasravinteiset olot, jotka sallivat monipuolisen lajiston nopean leviämisen ja kasvillisuuden runsaan kasvun. Vähitellen keskustavaikutteisuus lisääntyy primäärisoillakin, jol-

loin niukkenevassa ravintotilanteessa menestyvät lajit, jotka ovat parhaiten sopeutuneet niukkuuteen esimerkiksi hitaamman kasvunopeuden ja tehokkaamman ravinteiden sisäisen kierrätyksen kautta.



**Kuva 2.** Hailuodon dyynialueen kosteaan painanteeseen soistumisen myötä kehittynyt märkä ja hyvin ohutturpeinen suojuotti. Kuva: Seppo Tuominen, 2007.

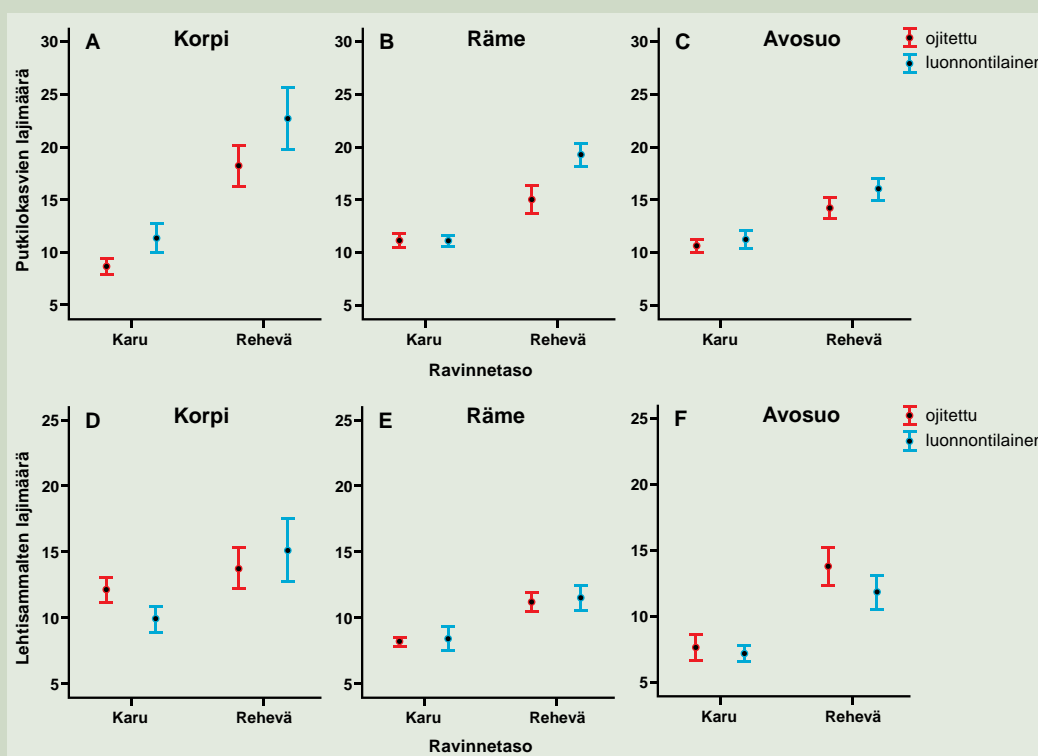
## Ojituksen ja ennallistamisen aiheuttamat muutokset kasvilajistossa ja -yhteisöissä

Tuomas Haapalehto, Santtu Kareksela, Hilja Vuori ja Janne S. Kotiaho

Ojituksen ja ennallistamisen aiheuttamia muutoksia soiden kasvilajistossa ja -yhteisöissä on tutkittu Jyväskylän yliopiston ja Metsähallituksen luontopalvelujen yhteistyönä kahdella koeasetelmalla. Ensimmäinen asetelma (tutkimus 1) on luontopalvelujen perustama soiden ennallistamisen vaikutusten kasvillisuusseurantaverkosto (Hyvärinen & Aapala 2009). Seurantaverkostoon kuuluu 134 kohdetta ja se kattaa lähes koko Suomen. Seurannassa on korpia, rämeitä ja nevoja sekä luonnontilaisina että ojitettuina ja myöhemmin ennallistettuina. Kaikkia tyyppisiä on mukana kahta rehevyytensä. Seurannat on perustettu 2008–2011, ja tässä tietolaatikossa esitetään tilanne ennen ennallistamista eli ojituksen vaikutukset (Vuori 2012). Lisäksi Keski-Suomessa ja Pirkanmaalla sijaitseville karuille rämeille on perustettu 38 kohteen koeasetelma (tutkimus 2, Haapalehto ym. julkaisematon), jossa on mukana ojitettuja, luonnontilaisia sekä 5 ja 10 vuotta sitten ennal-

listettuja soita. Otanta on suunniteltu siten, että ojituksen ja ennallistamisen vaikutusten lisäksi saadaan tietoa pienimittakaavaisesta muutoksesta suon sisällä.

Tutkimuksessa 1 selvitettiin ojituksen vaikutusta kahteen eri monimuotoisuuden mittariin: suon kohdekohtaiseen lajimäärään (alfa-diversiteetti) sekä seurantakohteiden väliseen monimuotoisuuteen eli lajistolliseen vaihteluun ryhmän sisällä (beta-diversiteetti). Ojitus ei pääasiassa vaikuttanut putkilokasvien eikä lehtisammalten lajimäärään tilastollisesti merkitsevästi. Tarkasteluista suotyypeistä vain rehevillä rämeillä putkilokasvien lajimäärä oli luonnontilaisilla kohteilla korkeampi kuin ojitetuilla (kuva 1). Myös korvissa ja avosuoilla suuntaus oli sama: putkilokasveja oli luonnontilaisilla kohteilla enemmän kuin ojitetuilla, vaikkei ero ollutkaan tilastollisesti merkitsevää (kuva 1).



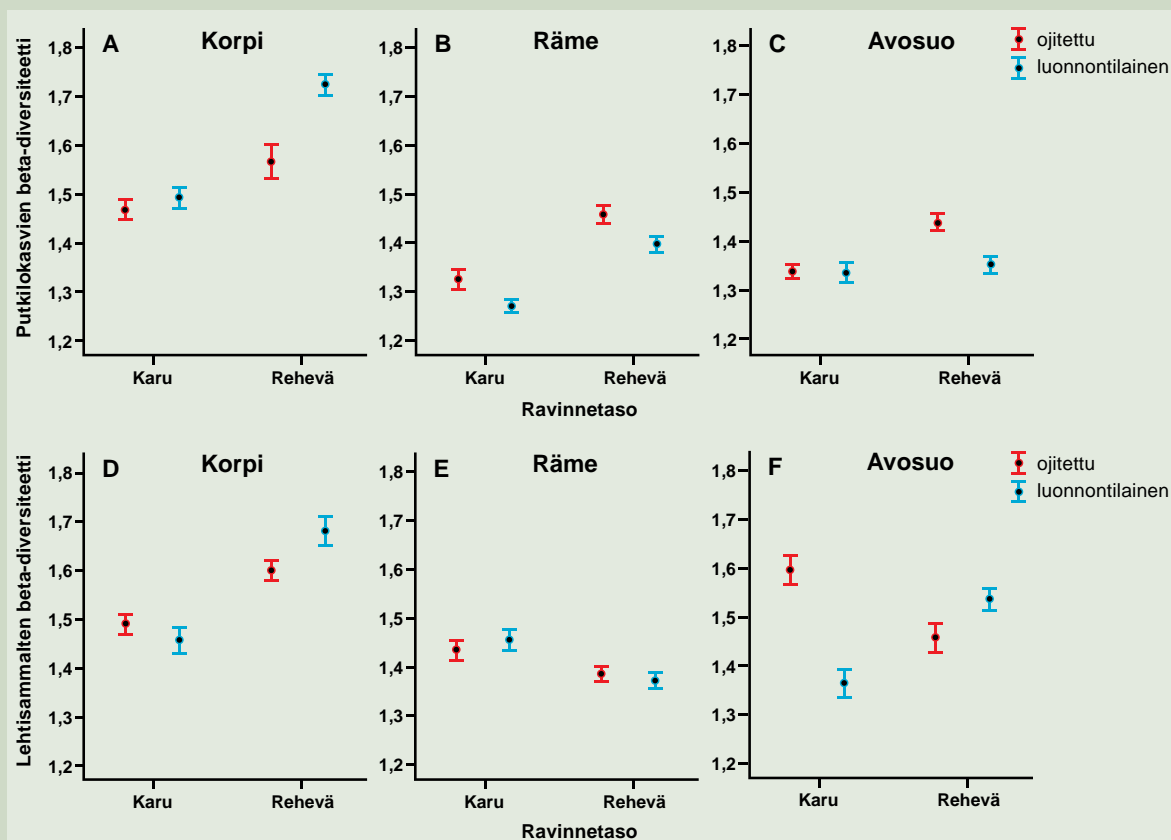
Kuva 1. Ojituksen vaikutus (A) korprien putkilokasvien, (B) rämeiden putkilokasvien, (C) avosoiden putkilokasvien, (D) korprien lehtisammalten, (E) rämeiden lehtisammalten sekä (F) avosoiden lehtisammalten lajimäärään karuilla ja rehevillä kohteilla. Hajontaa kuvaa keskiarvon keskivirhe.



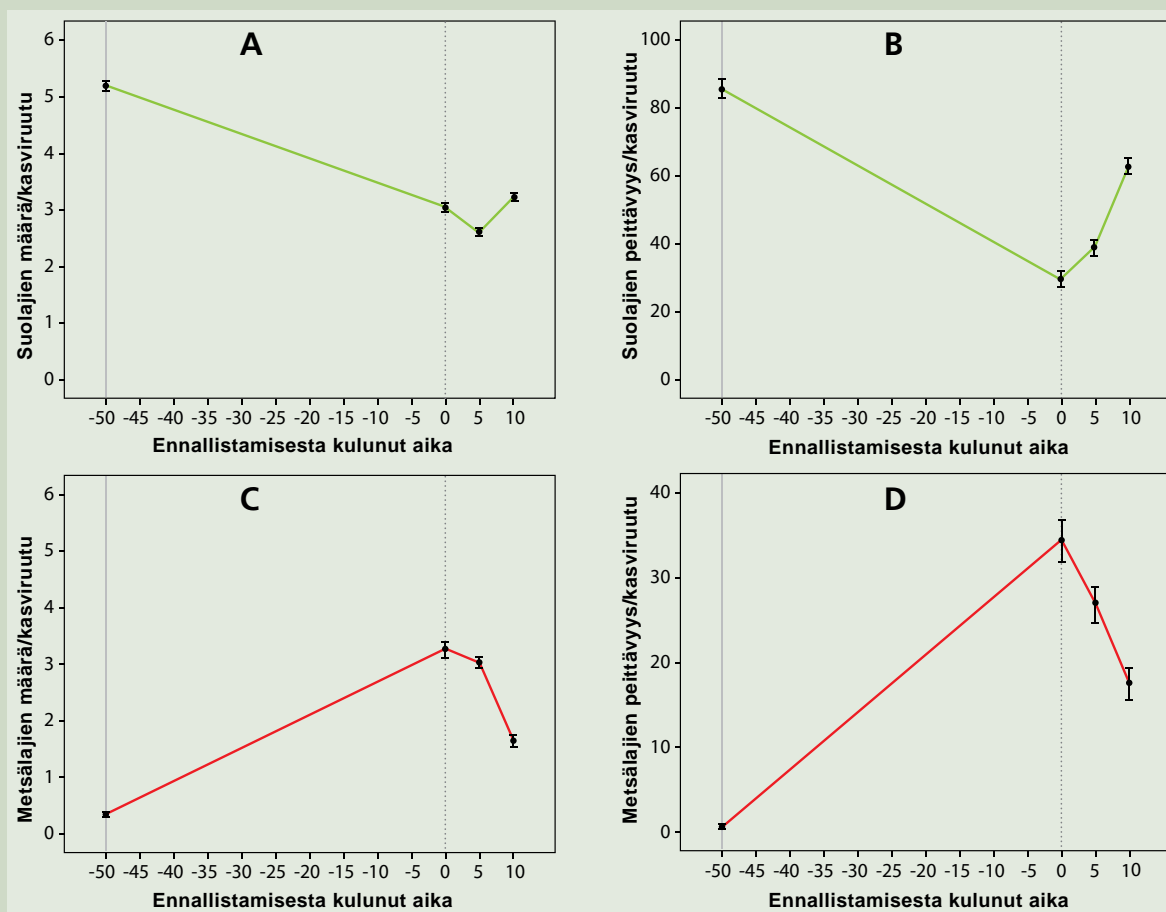
Ojituksella ei ollut yksiselitteistä vaikutusta kohteiden väliseen monimuotoisuuteen (kuva 2). Vaihtelu ojituksen onnistumisessa sekä kohteiden eriasteinen muuntuneisuus kohti turvekangasvaihetta saattavat johtaa ojitetujen kohteiden välillä luonnontilaisia kohteita suurempaan hajontaan eli korkeampaan beta-diversiteettiin. Toisaalta kohteiden lajistollinen hajonta voi kaventua ojituksen seurauksena kohteiden muuttuessa hydrologisesti samankaltaisemmiksi ja metsälajien tullessa ajan myötä vallitseviksi. Vaikka ojitus ei välttämättä vaikuttanut kohteen lajimäärään, se muutti kohteen putkilokasvi- ja lehtisammal-yhteisöjen lajikoostumusta lähes kaikilla suotyypeillä. Muutos lajikoostumuksessa tarkoittaa, että kohteilla on tapahtunut paikallisia sukupuuttoja ja uusia lajeja on kolonisoitunut paikalle. Ainoa poikkeus olivat korvet, joiden putkilokasvien lajikoostumuksessa ei tapahtunut tilastollisesti merkitsevää muutosta.

Tutkimuksessa 2 havaittiin, että ojitus vähentää luonnontilaisille rämeille tyypillisten lajien (mm. karpalot *Vaccinium oxycoccos*, *V. microcarpum*, tupasvilla, pullosara) lukumäärää ja lajien yhteenlaskettua peittävyttä (kuva 3). Toisaalta ojituksen vaikutus kasviyhteisöjen koostumukseen riippui tutkittavasta suon osasta: ojiin ilmestyi luhdilla ja paljaalla turpeella viihtyvää lajistoa. Saroilla metsäekosysteemeille tyypillisten lajien osuus yhteisössä kasvoi (kuva 4).

Tutkimuksessa 2 havaittiin lisäksi, että ojituksesta hyötyneiden lajien (mm. metsäsammal, metsävarvut) ruutukohtainen peittävyys ja lajimäärä vähenivät kymmenen vuoden kulussa ennallistamisen jälkeen (kuva 3). Vastaavasti luonnontilaisille soille tyypillisten lajien peittävyys kasvoi ennallistamisen seurauksena (kuva 3). Yhteisörakenteen tarkastelu osoitti, että ennallistamisen vaikutus näkyi viisi vuotta ennallistamisen jälkeen luhtaisuutta indikoivien ja tyypillisesti



**Kuva 2.** Ojituksen vaikutus (A) korpien putkilokasvien, (B) rämeiden putkilokasvien, (C) avosoiden putkilokasvien, (D) korpien lehtisammalten, (E) rämeiden lehtisammalten, (F) avosoiden lehtisammalten beta-diversiteettiin karuilla ja rehevillä kohteilla. Beta-diversiteetti on vertailtavien kohteiden kokonaislajimäärä suhteutettuna niiden lajimäärän keskiarvoon. Hajontaa kuvaa keskiarvon keskivirhe.

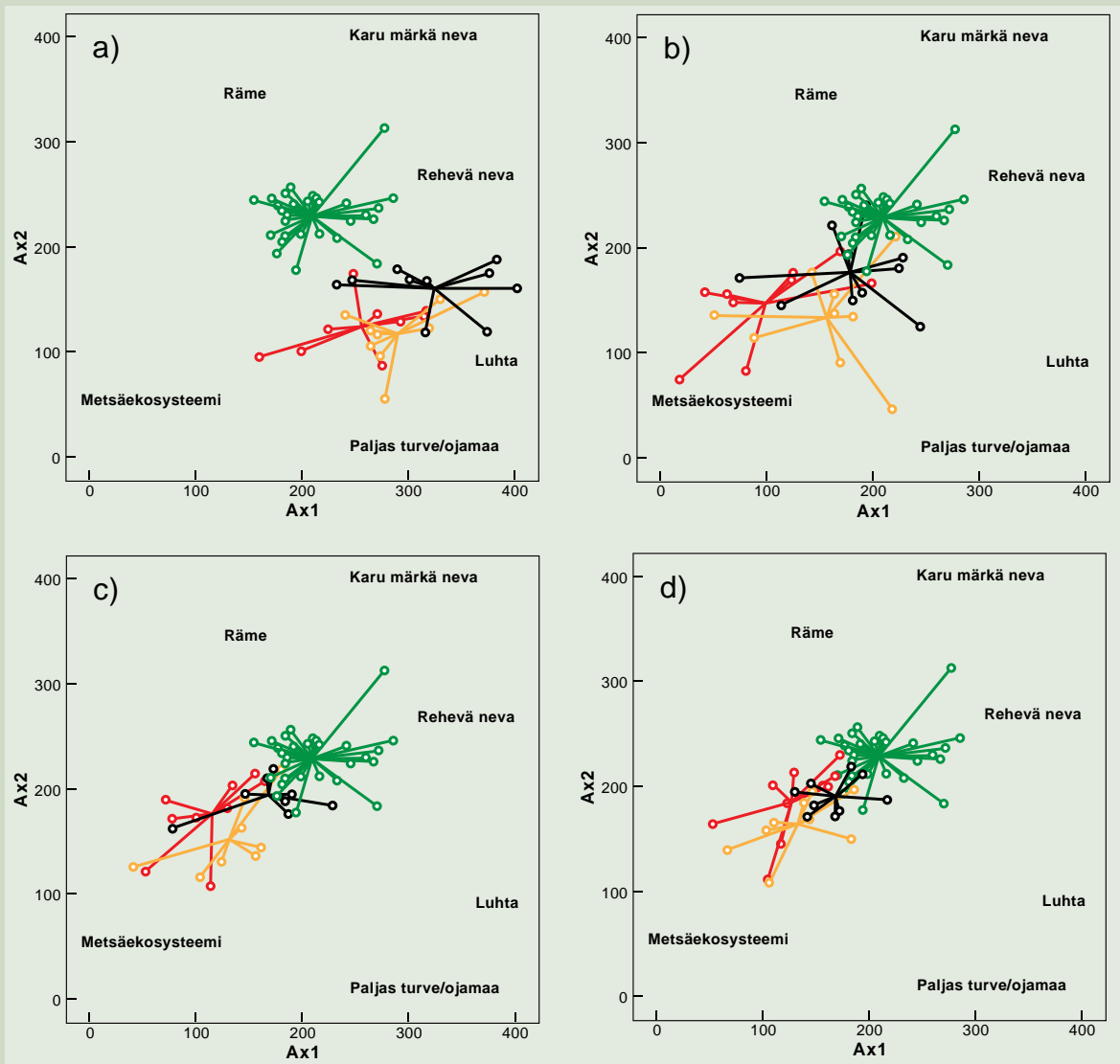


**Kuva 3.** Suokasvilajien lajimäärä (A) ja yhteenlaskettu prosenttipeittävyys (B) sekä metsäkasvilajien lajimäärä (C) ja yhteenlaskettu prosenttipeittävyys (D) kasviruudulla. Yhtenäinen pystyviiva osoittaa luonnontilaisten (ojituksen ajankoh-  
ta) ja harmaa katkoviiva ojitettujen soiden (ennallistamisen ajankohta) arvoja. Hajontaa kuvaa keskiarvon keskivirhe. Tulokset perustuvat Keski-Suomeen ja Pirkanmaalle perustetun koasetelman inventointeihin vuodelta 2007 (tutkimus 2, Haapalehto ym. julkaisematon).

paljaalla turvepinnalla kasvavien lajien yleistymisenä (kuva 4). DCA-yhteisöanalyysin perusteella 10 vuotta sitten ennallistettujen rämeiden kasviyhteisöt eivät enää eronneet tilastollisesti merkittävästi vastaavien luonnontilaisten soiden yhteisöistä. Suurimpana erona luonnontilaisiin soihin olivat ennallistetun alueen täytettyihin ojiin muodostuneet luontaista märemmän kasvupaikan yhteisöt (kuva 4a).

Tutkimus 2 osoitti, että ennallistaminen käynnistää kasviyhteisöjen palautumisen kohti luonnontilaisten rämeiden kasviyhteisöjä: soille levittäytyneet metsälajit taantuvat ja suolajit yleistyvät.

Ojituksen vaikutuksesta selvästi laskenut suolajien lukumäärä ei kuitenkaan ole kasvanut ojitettuihin soihin verrattuna 10 vuotta ennallistamisen jälkeen (kuva 3). Tulos viittaa siihen, että kaikkia ojituksen jälkeen suolta hävinneitä lajeja on vaikea palauttaa ennallistamalla suon kehystykseen suhteutettuna lyhyellä vuosien–vuosikymmenten aikavälillä. Mikäli tavoitteena on luonnontilaisen kasviyhteisörakenteen palauttaminen, ennallistaminen kannattaa kohdentaa ensisijaisesti ojituksen seurauksena vain vähän muuttuneille kohteille.



**Kuva 4.** Tutkimuskohteiden ja eri suotyypeille tyypillisten lajien sijoittuminen ordinaatioavaruuteen (DCA-ajon akselit 1 ja 2). Kuvat a–d kuvaavat havaintoja eri etäisyyksillä (0, 5, 10 ja 15 metriä) ojasta. Vihreä väri kuvaa luonnontilaisten, punainen ojitettujen, keltainen viisi vuotta sitten ennallistettujen ja musta 10 vuotta sitten ennallistettujen soiden yhteisöjä. Sentroidi kuvaa kunkin käsittelyn tutkimuskohteiden keskimääräistä akseliarvoa (sample score). Habitaatin nimi kuvaa viiden habitaatille tyypillisen lajin akseliarvon (species score) keskiarvoa. Tulokset perustuvat Keski-Suomeen ja Pirkanmaalle perustetun koasetelman inventointeihin vuodelta 2007 (tutkimus 2, Haapalehto ym. julkaisematon).

## Voidaanko uhanalaisten suoluontotyyppien tilaa parantaa ennallistamalla?

*Kaisu Aapala, Sakari Rehell, Aira Kokko, Tapani Sallantaus ja Tapio Lindholm*

Suomen luontotyyppien uhanalaisuusarvioinnissa (Raunio ym. 2008) arvioitiin yhteensä 70 suoluontotyyppin uhanalaisuus (Kaakinen ym. 2008a, b). Näistä 16 oli laajempia suokokonaisuuksia (suoyhdistymätyypit ja maankohoamisrannikon soiden kehityssarjat) ja muut olivat suotyyppejä tai suotyypiryhmiä.

Uhanalaisuuden arviointi perustui luontotyyppin määrän ja/tai laadun muutokseen 1950-luvulta nykypäivään. Arviota voitiin tarkentaa luontotyyppin kehityssuunnan, ennen 1950-lukua tapahtuneen taantumisen sekä nykyisen harvinaisuuden tai yleisyyden perusteella. Uhanalaisuus arvioitiin sekä valtakunnallisesti että alueellisesti (Etelä-Suomi ja Pohjois-Suomi) (Raunio ym. 2008). Tässä tietolaatikossa tarkastellaan valtakunnallisesti uhanalaisia suoluontotyypppejä.

Noin puolet arvioiduista suoluontotyyypeistä arvioitiin valtakunnallisesti uhanalaisiksi. Sekä suoyhdistymätyyppien että suotyyppeiden merkittävien uhanalaistumisen syy on ollut metsäojitus, minkä vuoksi on tarpeen pohtia ennallistamisen mahdollisuuksia uhanalaisten suoluontotyyppien tilan parantamiseksi.

Uhanalaisten suoluontotyyppien esiintymistä ja palautumismahdollisuuksia voidaan käyttää yhtenä ennallistettavien kohteiden ja suokokonaisuuksien priorisoinnin perusteena. Ojituksen aiheuttama muutos on ollut erityisen voimakas monilla uhanalaisimmilla suotyypeillä, jotka ovat tyyppillisesti reheviä, märkiä ja runsaslajisia. Niiden ennallistamista suunniteltaessa joudutaan pohtimaan tavallista huolellisemmin onnistumisen edellytyksiä. Vaikka ennallistamisen tavoitteena olisi tietyn yksittäisen uhanalaisen suoluontotyyppin tilan parantaminen, tulee ennallistaminen aina suunnitella ja toteuttaa vesitaloudellisesti yhtenäisinä ja toimivina suokokonaisuuksina.

### Uhanalaiset luontotyyppi-yhdistelmät

Valtakunnallisesti uhanalaisia suoluontotyyppi-yhdistelmiä ovat maankohoamisrannikon soiden keidas- ja aapasuokehityssarjat, eteläiset viettokeltaat, metsäkeitaat, rahkakeitaat, keskiboreaaliset aapasuot ja keskiboreaaliset rinnesuot.

Metsäojitus ja muut suoyhdistymän vesitaloutta muuttavat maankäyttömuodot ovat heikentäneet suoyhdistymätyyppien rakennetta ja toimintaa. Yleensä on ojitettu yhdistymän puustoisia reunaosia, mutta myös yhdistymien keskiosien avosointa on ojitettu runsaasti. Vaikka suoyhdistymän keskiosat olisivat säilyneet ojitamattomina, voi alueen ominaisuuksista ja ojitusten sijainnista riippuen reunaosien ojituksilla olla huomattavia haitallisia vaikutuksia myös yhdistymän ojitamattomaan keskiosaan.

Ennallistamisen ensisijaisena tavoitteena on palauttaa suon ekosysteemitason toiminnallisuus. Ekologisesti mielekkäintä ja uhanalaistuneiden suoyhdistymätyyppien kannalta tuloksellisinta on pyrkiä palauttamaan toiminnallisia hydrologisia kokonaisuuksia, kuten kokonaisia suoyhdistymiä ja niiden muodostamia laajempia suoalueita. Lisää tietoa suoyhdistymistä ja niiden ennallistamisesta on luvussa 5.

### Uhanalaiset suotyypit

Valtakunnallisesti uhanalaisia suotyyppejä ovat kaikki korpityypit, juolasara- ja tupasvillakorvet, kaikki lettotyypit rimpilettoja lukuun ottamatta, lettonevat, lettokorvet, lettorämeet ja lettonevärämeet, korpirämeet, kalvakkärämeet, tervaleppä- ja harmaaleppäluhdat sekä suomyrtiluhdat.

Rehevimmät ja märimmät suotyypit, jollaisia useimmat uhanalaisista suotyypeistä ovat, muuttuvat nopeasti ja perusteellisesti ojituksen jälkeen. Tällaisilla kohteilla ennallistaja ei välttämättä pysty arvioimaan täsmällisesti, mitä uhanalaisia suotyyppejä kohteella on ollut ennen ojitusta. Yleensä voidaan kuitenkin suhteellisen luotettavasti arvioida mm. jäljellä olevan lajiston perusteella, että suolla on ollut esimerkiksi rehevää korpea tai lettoa. Tässä tietolaatikossa lähestytäänkin asiaa lähinnä uhanalaisten suotyypiryhmien, ei yksittäisten suotyyppeiden kautta. Se on hyvä lähestymistapa myös käytännön työssä, sillä ennallistamisen ensisijaisena tavoitteena on palauttaa toimivia suoelinympäristöjä, ei täsmällisesti tiettyä suotyyppiä. Tarkemmin tarkastellaan vain korpia ja lettoja, joiden ennallistamisesta on

enemmän kokemuksia kuin esimerkiksi luhtien ennallistamisesta.

Luonnontilaisten **korpien** ominaispiirteet ovat yhdistelmä metsäpiirteitä (erirakenteinen puusto ja lahopuu) ja suopiirteitä (korkea pohjavedenpinnan taso ja sen vaihtelu ja rahkasammalet). Ojitus ja muut metsänhoitotoimet vahvistavat korpien talousmetsämäisyyttä lisäämällä puuston kasvua ja vähentämällä lahopuun määrää. Samalla suopiirteet heikentyvät, kun rahkasammalet ja muut suolajit taantuvat tai häviävät vedenpinnan tason laskiessa ja suon pinnan kuivussa.

Luonnontilaisissa korvissa on usein ollut puroja tai piilopuroja, joita pitkin vedet ovat virranneet korven läpi. Luontaisten vesiuomien etsiminen ja vesien ohjaaminen takaisin niihin on korpia ennallistettaessa tärkeää. Mikäli uomia on ojituksen yhteydessä perattu ja oikaistu, voidaan jotkin ojat jättää madallettuina toimimaan puromaisina uomina. Korpia ennallistettaessa tulee kiinnittää huomiota myös siihen, että vesi ei jää korpeen seisomaan kasvukauden ajaksi. Korvisakin pintaturve on usein painunut ojien varsilla, joten vettyminen ennallistamisen jälkeen on yleensä voimakkainta ojalinjoiden läheisyydessä. Jos puita kuolee ojien tukkimisen seurauksena, vettyminen tehostuu, koska puuston haihdutus vähenee ja suurempi osa sadevedestä pääsee maahan saakka.

Kuusi ei siedä nopeita hydrologisia muutoksia, joten osa ennallistetun korven puustosta yleensä kuolee. Lahopuun lisääminen korpien ennallistamisen yhteydessä ei yleensä olekaan tarpeen. Ojitettujen korpien puustorakenteen monipuolistuminen on pitkäaikainen prosessi, mutta puuston luontainen uudistuminen käynnistyy herkästi, jos puuston kuoleamisen seurauksena syntyy aukkoja. Aukkoihin nousee lehtipuutaimikko, jonka alla kuusi uudistuu hyvin.

Ojitetuille **kangaskorville** ovat usein tyypillisiä pienehköt niskaojat, joiden aiheuttama muutos lajistossa ei välttämättä ole ollut kovin suuri. Ojien tukkiminen ja veden ohjailu voivat tuottaa hyvän lopputuloksen. Joissakin tapauksissa tällaiset vain vähän muuttuneet kangaskorvet voivat palautua itsestäänkin melko hyvin.

**Aitokorvissa** rahkasammalet ovat avainlajeja suon toiminnan kannalta ja niiden elpymistä voidaan pitää välttämättömänä ennallistamisen onnistumiselle. Nopea palautuminen edellyttää, että

kasvupaikalla on jäljellä elpymiskykyisiä rahkasammalkasvustoja. Palautuminen näyttäisi olevan sitä nopeampaa mitä suurempi rahkasammalten kokonaispeittävyys on ennallistamisen lähtötilanteessa (Aapala & Tukia 2008) (kuva 1).

Ojitettujen **rehevien korpien** ennallistamisen onnistumisesta on vasta vähän kokemuksia. Pitkälle muuttuneilla kohteilla ennallistamisen haitat tai riskit on usein arvioitu niin suuriksi, ettei toimenpiteisiin ole ryhdytty. Muutamat esimerkiksi Nuuksion Mustakorpi (ks. luku 13.9) ja Nilsiän Pisan ennallistettu korpi, kuitenkin osoittavat, että korvissa suokasvillisuuden palautuminen on nopeaa, ennen kaikkea niille luonteenomaisen suuren valuma-alueen ansiosta. Ennallistamatta jättäminen on perusteltua, jos esimerkiksi puustossa on luonnonmetsän rakennepiirteitä, kuten vanhoja lehtipuita tai runsaasti



**Kuva 1.** Liesjärven Soukonkorvessa rahkasammalten peittävyys oli ennen ennallistamista keskimäärin 60 prosenttia. Viisitoista vuotta ennallistamisen jälkeen rahkasammalten peittävyys on noin 90 prosenttia, mikä vastaa luonnontilaisten korpien tilannetta. Mätäs-pinnoilla on edelleen metsäsammalia, mikä on tyypillistä myös luonnontilaisissa korvissa. Kuva: Kaisu Aapala 2010.

lahopuuta. Ennallistamisen suunnitteluun on painostettu erityisen paljon silloin, kun ojien pohjalla on kasvanut lähde- tai lettolajeja (ks. luku 13.8). Joissain tapauksissa voi tällöinkin olla tarpeen luopua ennallistamisesta (tietolaatikko 27). Pienialaisesti reheviä korpia on ennallistettu laajempien suokohteiden ennallistamisen yhteydessä. Paikallisesti hyviä tuloksia on saatu esimerkiksi lettosoiden ja palautettujen purouomien lievästi kuivahtaneilla reunamilla olleiden rehevien korprien ennallistamisista.

**Juolasara- ja tupasvillakorvet** ovat tyyppillisesti pienialaisia. Niiden ennallistamisesta ei myöskään ole vielä kovin paljon kokemuksia. Ennallistamisalueiden sisällä olevat pienet juolasara- tai tupasvillakorvet todennäköisesti palautuvat hyvin, koska tyyppilajit – juolasara (*Carex nigra*) ja tupasvilla – sietävät hyvin häiriöitä tai jopa hyötyvät niistä.

**Letoilla** metsäojituksen aiheuttamista muutoksista haitallisinta on – kasvupaikan kuivumisen lisäksi – happamuuden lisääntyminen sekä typen ja fosforin liikkeellelähtö, minkä seurauksena suon ravinnetalous muuttuu lettolajistolle epäsuotuisaksi. Muutokset lettokasvillisuudessa ovat ojituksen jälkeen usein nopeita ja lettolajisto voi hävitä kokonaan.

”Lettovesien” alkuperä vaikuttaa ratkaisevasti lettojen ennallistamisessa tarvittaviin toimenpiteisiin ja palautumismahdollisuuksiin. **Keskustavaikutteisia letoja** (tyyppilajeja esimerkiksi siniheinä, tupasluikka, villapääluikka, lettoväkäsammal ja kultasirppisammal) esiintyy kalkkialueilla, ja kalkkivaikutuksen vuoksi turpeen kalkkipitoisuus on korkea. Tällaisilla soilla ojituksen aiheuttamat muutokset ovat usein jääneet vähäisiksi, puusto on kituliasta, lettolajistoa on usein edelleen jäljellä, pintaturpeen painuminen on vähäistä ja alkuperäinen pienmuotorakenne on jäljellä. Myös lettoisuutta määräävä kalkkipitoisuus on edelleen ojituksesta huolimatta jäljellä, joten tällaisilla letoilla on periaatteessa hyvät mahdollisuudet palautua, jos suoveden pinta saadaan nostettua mahdollisimman lähelle luontaista tasoa.

Voimakkaasti **lähdevaikutteisilla letoilla** virtaava pohjavesi pitää yllä vaateliasta kasvillisuutta. Tällaisia letoja voi esiintyä myös kalkkialueiden ulkopuolella. Jos pohjaveden purkautuminen jatkuu ojituksesta huolimatta, palautumisen mahdollisuus ennallistamisen jälkeen on varsin

hyvä. Alkuperäistä, vaateliasta lajistoa on usein jäänyt ojien pohjalle ja märimpiin painanteisiin. Lähdeleton ennallistamista suunniteltaessa pitää huolehtia erityisesti siitä, että pohjaveden virtaus saadaan palaamaan takaisin myös ojien välisille saroille. Toimenpiteet tulee suunnitella niin, että suolla säilynyt lettolajisto säilyy elinvoimaisena. Jos lähdevesi voidaan ohjata selkeänä säilyneeseen uomaan tai juottiin, palautuminen voi olla nopeaakin. Joskus paras tulos saadaan vähän kerrallaan tehtävillä pienimuotoisilla toimenpiteillä.

**Koivulettomaisilla ja luhtaisilla lettosoil** la korkea trofiataso liittyy sekä pohjaveden että yläpuolisilta mailta valuvien pintavesien virtaukseen suon läpi. Voimakas veden virtaus on näille letoille keskeistä, eikä lettoisuus ole välttämättä sidoksissa maaperän korkeaan kalkkipitoisuuteen. Tällaiset letot voivat olla erityisen ongelmallisia ennallistettavia. Ne ovat yleensä muuttuneet voimakkaasti ojituksen jälkeen ja turve on painunut ja tiivistynyt. Valuma-alue on usein laaja ja muuttunut, minkä vuoksi luontaisten kaltaisten vedenvirtausten palauttaminen voi olla vaikeaa. Edes jossain määrin luontaisen kaltaisen tilan saavuttaminen vie parhaassakin tapauksessa kauan aikaa. Ennallistamisen jälkeen kasvillisuus voi yksipuolistua luhtaisten kasvupaikkojen yleislajien ja rahkasammalten runsastuessa. Ennallistamistoimia tarvitaan usein laajoilla alueilla ja ne tulisi tehdä vaiheittain pitkän ajan kuluessa.

Kokemukset lettojen ennallistamisesta ovat vaihdelleet. Hyviä tuloksia on saatu esimerkiksi joillakin lähdeletoilla ja suhteellisen tasaisilla keskustavaikutteisilla letoilla (kuva 2). Suurimpia ongelmia on ollut jyrkästi viettävillä rinneletoilla sekä koivulettomaisilla soilla, joissa virtaa runsaasti sekä pinta- että pohjavesiä. Veden virtaus keskittyy ennallistamisen jälkeenkin helposti ojalinjoille, jolloin sarat jäävät liian kuiviksi. Suuri kaltevuus tekee ennallistamisesta hyvin haastavan ja lisää kustannuksia. Joskus toimenpiteet on jouduttu rajaamaan liian suppealle alueelle, esimerkiksi voimakkaasti virtaavia rajajia on jouduttu jättämään auki tai yläpuolisten alueiden pintavesiä on jouduttu tulvittamaan letolle. Myös pohjavesien purkautumisen ja lähdepurojen uomien huomiotta jääminen on saattanut heikentää lopputulosta. Tarkempia kuvauksia lettojen ennallistamisesta löytyy luvuista 13.2, 13.3, 13.4, 13.5 ja 13.6.



**Kuva 2.** Ylikiimingin Kalliomaan loivasti viettävällä, kalkkivaikutteisella letolla oli lettokasvillisuutta jäljellä vain paikoin hyvin pieninä kasvustoina, mutta viereisellä ojittamattomalla letolla lajisto oli hyvin runsas. Ennallistamisen jälkeen lettolajisto on palautunut nopeasti. Jotkin lajit, kuten kuvassa näkyvä lettovilla sekä nuijasara *Carex buxbaumii*, keltasara *C. flava* ja järviruoko, ovat levinneet voimakkaasti rikotuille pinnoille, kuten etualan tukitulle ojalle. Tyypilliset lettosammalet, kuten lettosirppisammal ja lettoväkäsammal ovat myös nopeasti palanneet pohjakerrokseen. Taustalla näkyy kasvittunut pintavalli. Kuva: Sakari Rehell 2010.

Lettojen ennallistamisessa on erityisesti huomioitava:

- Happamuudeltaan suhteellisen neutraali lettoturve voi hajota ojituksen jälkeen nopeasti ja turve painua voimakkaasti etenkin ojien lähellä. Hajoaminen tehostuu täytetyissä ojissa ja täyttö saattaa painua ennallistamisen jälkeenkin. Turvetta tulee tiivistää täytön yhteydessä riittävästi ja padoista tulee tehdä riittävän korkeat.
- Jos letto viettää ja vesi virtaa voimakkaasti, turvepatojen tulee pitää erityisen hyvin ja niitä tulee olla riittävän tiheässä.
- Alkuperäinen lettokasvillisuus on usein hävinnyt. Lajiston palautumismahdollisuuksiin vaikuttaa se, miten paljon ympäristössä on jäljellä lettolajistoa. Sammalten itiöt leviävät pitkiäkin matkoja, joten ainakin tavallisimpien lettosammalten leviämisen pitäisi olla mahdollista eristyneellekin kohteelle, mikäli olosuhteet saadaan sopiviksi.
- Monet uhanalaisista lettolajeista ovat heikkoja kilpailijoita ja ennallistaminen voi luoda niille ainakin hetkellisesti uusia kasvupaikkoja. Voimakkaasti turpeen pintaa rikkovat toimenpiteet voivatkin tehdä lopputuloksesta monimuotoisemman kuin varovaiset toimenpiteet.
- Uhanalaisten lajien esiintyminen on letoilla todennäköisempää kuin muilla soilla. Lajistoselvityksiä tulee tehdä aina, kun tiedetään tai arvellaan, että muuttuneella kohteella voi olla lajistoa, joka tulee ottaa huomioon ennallistamisen suunnittelussa ja toteutuksessa. Keskeisiä indikaattorilajiryhmiä letoilla ovat sammalet ja putkilokasvit. Joissakin tapauksissa voi olla perusteltua suunnitella ennallistaminen jonkin uhanalaisen lajin turvaami-

sen näkökulmasta. Myös lajien siirtoistutukset toimenpiteiden ajaksi tai pysyvästi voivat olla tarpeen (tietolaatikko 25).

- Ennallistamisen jälkeinen kasvillisuuden röyhähähdys saattaa olla voimakas ja monet yleislajit saattavat vallata tilaa. Myös voimakas puuston taimettuminen voi muodostua ongelmaksi. On varauduttava siihen, että lyhyellä aikavälillä ei päästä luontaisen kaltaiseen tilaan.
- Joskus lähdevaikutteisilla letoilla on suurentunut koneiden uppoamisriski. Tiheäkin puustoa kasvavilla ja tehokkaasti kuivuneilla letoilla voi olla piilossa esimerkiksi pettäviä ruostevesisilmäkkeitä.

Monet ojittamattomina säilyneet letot ovat luonteeltaan perinneympäristöjä, jotka ovat kasvamassa umpeen perinteisen metsälaidunnuksen ja niiton loputtua (Heikkilä 1998, Pykälä 2001). Niitto ja laidunnus pitivät letot avoimina estämällä puiden ja pensaiden kasvua. Tallaus ja muu häiriö tuotti pienialaisia avoimia turvepintoja, mikä lienee hyödyttänyt esimerkiksi lettorikkaoa (*Saxifraga hirculus*), jonka siemenet itävät helposti paljailla turvepinnoilla. Moni muukin uhanalainen lettolaji on kärsinyt lettojen perinteisten käyttömuotojen katoamisesta. Lettojen hoitoa on kokeiltu esimerkiksi Kainuussa ja Koillismaalla niittämällä lettorikon elinympäristöjä (Kulmala 2005, Paalamo ym. 2009). Tällä hetkellä lettoja on hyvin vähän jatkuvassa hoidossa, mutta hoitotyöt olisivat tärkeitä sekä uhanalaisten lajien että luontotyyppien näkökulmasta ainakin osalla kohteista.

**Lähteisten soiden, lähteikköjen ja niihin liittyvien lähdepurojen** ennallistamiseen liittyviä erityiskysymyksiä on tarkasteltu luvuissa 8, 13.3, 13.6, 13.7 ja 13.8 sekä tietolaatikossa 27. **Tervaleppä- ja harmaaleppäluhtien** ennallistamisesta ei ole kokemuksia, mutta niiden riippuvuus tulvavesistä voi tehdä niistä erityisen vaikeita ennallistettavia. Maankohoamisrannikon **suomyrttiluhtien** ennallistamisesta on ensimmäisiä kokemuksia Siikajoelta (ks. luku 13.1).

## Johtopäätökset

Voidaanko uhanalaisten suoluontotyyppien tilaa parantaa ennallistamalla? Paras palautumisennuste on ojituksen jälkeen vain vähän muuttuneilla uhanalaisilla suotyypeillä, ja ennallistamista voidaan pitää tärkeänä keinona parantaa tällaisten kohteiden tilaa. Myös silloin kun muuttunut uhanalainen suotyyppi on osa laajempaa suoaluetta, jonka ojittamattomalla osalla on jäljellä samaa uhanalaista tyyppiä, mahdollisuudet lajiston palautumiselle ennallistamisen jälkeen ovat hyvät. Ennallistaminen voi tällaisissa tilanteissa turvata myös ojittamattomalla osalla olevan uhanalaisen suotyypin säilymistä.

Pitkälle muuttuneiden kohteiden kohdalla voidaan joutua toteamaan, että alkuperäisen luontotyyppin piirteet eivät palaudu, ainakaan lyhyellä aikavälillä. Toisaalta esimerkiksi pitkällekin muuttuneen leton ennallistaminen voi palauttaa kohteen toimivaksi letoksi ja siten sopivaksi elinympäristöksi osalle lettolajistoa, vaikka alkuperäisen kaltaiseen lettotyyppiin tai lajikoostumukseen ei päästäisikään. Ojitusten muuttamissakin uhanalaisissa suoluontotyypeissä on usein keskimääräistä enemmän merkittävää lajistoa, joka on otettava huomioon ennallistamisen suunnittelussa ja joka voi rajoittaa toimenpiteitä, mutta joka samalla on tärkeä peruste ennallistamiselle. Valta-kunnallisesti uhanalaisten suoluontotyyppien turvaamisessa luonnontilaisten tai suhteellisen hyvin säilyneiden kohteiden säilyttäminen on hyvin tärkeää, mutta myös pitkälle muuttuneiden kohteiden ennallistaminen voi tuottaa hyviä tuloksia.



# 6 Ennallistamisen suunnittelu

Sakari Rehell, Maarit Similä, Pekka Vesterinen, Jari Ilmonen ja Suvi Haapalehto

Ennallistamisen tulee aina perustua suunnitelmaan, jossa kuvaillaan kohteen ominaispiirteet sekä suojelualueilla suojeluperusteet (taulukko 1). Niiden perusteella määritellään toimenpiteiden tarve ja tavoitteet, toteutettavuus, toteuttamiskeinot sekä vaikutusten seuranta.

## 6.1 Ennallistettavan alueen nykytila

Suunnitelman laatiminen aloitetaan taustatietojen, esimerkiksi alueelta tehtyjen inventointien ja selvitysten tulosten sekä alueen maankäyttö- ja suojeluhistorian, kokoamisella suunnittelutyön pohjaksi. Mikäli ennallistettavan alueen puustosta ja kasvillisuustyypeistä ei ole olemassa perustietoa, ne kerätään suunnittelun alkuvaiheessa. Jos tiedot on kerätty huomattavasti aiemmin tai muunnettu muista lähteistä, ne on yleensä tarpeen päivittää toimenpidesuunnittelun yhteydessä.

Ennallistettavan alueen nykytilan kuvaus toimii pohjana toimenpiteiden vaikutusten seurannoille (luku 11).

### 6.1.1 Soiden vesitalous

Suunnittelualue määritellään selkeästi suunnitelmaan. Soilla tärkein tarkasteluyksikkö on valuma-alue, koska se määrittelee suon vesitalouden (esimerkiksi kuva 19, luku 3). Valuma-alueita rajaavat pintavedenjakajat eli korkeat maastonkohdat, joiden eri puolilla vedet valuvat eri suuntiin (kuva 6 s. 43). Myös pohjavedenjakajat ovat yleensä korkeimmilla maastonkohdilla, mutta hyvin läpäisevillä mailla, joihin liittyy heikommin läpäiseviä kynnyksiä, pohjavedenjakajan paikka voi poiketa tästä huomattavasti (luku 3.2). Vedenjakajien paikkoja arvioitaessa on eduksi tuntea alueen maa- ja kallioperän päärakenteita. Suolla vedenjakajan kohta on tyypillisesti karuun osan: rahkainen, ombrotrofinen suo tai vaikkapa ohuturpeinen kangasräme.

Suon vesien liikkeisiin vaikuttavat lisäksi valuma-alueen vesistöt, vesien luontaiset virtausreitit sekä valuma-alueen ojitus. Ojitus voi muuttaa myös valuma-alueen rajoja (ks. kuva 93 s. 230). Suon vesitalouden ennallistamisen suunnittelussa

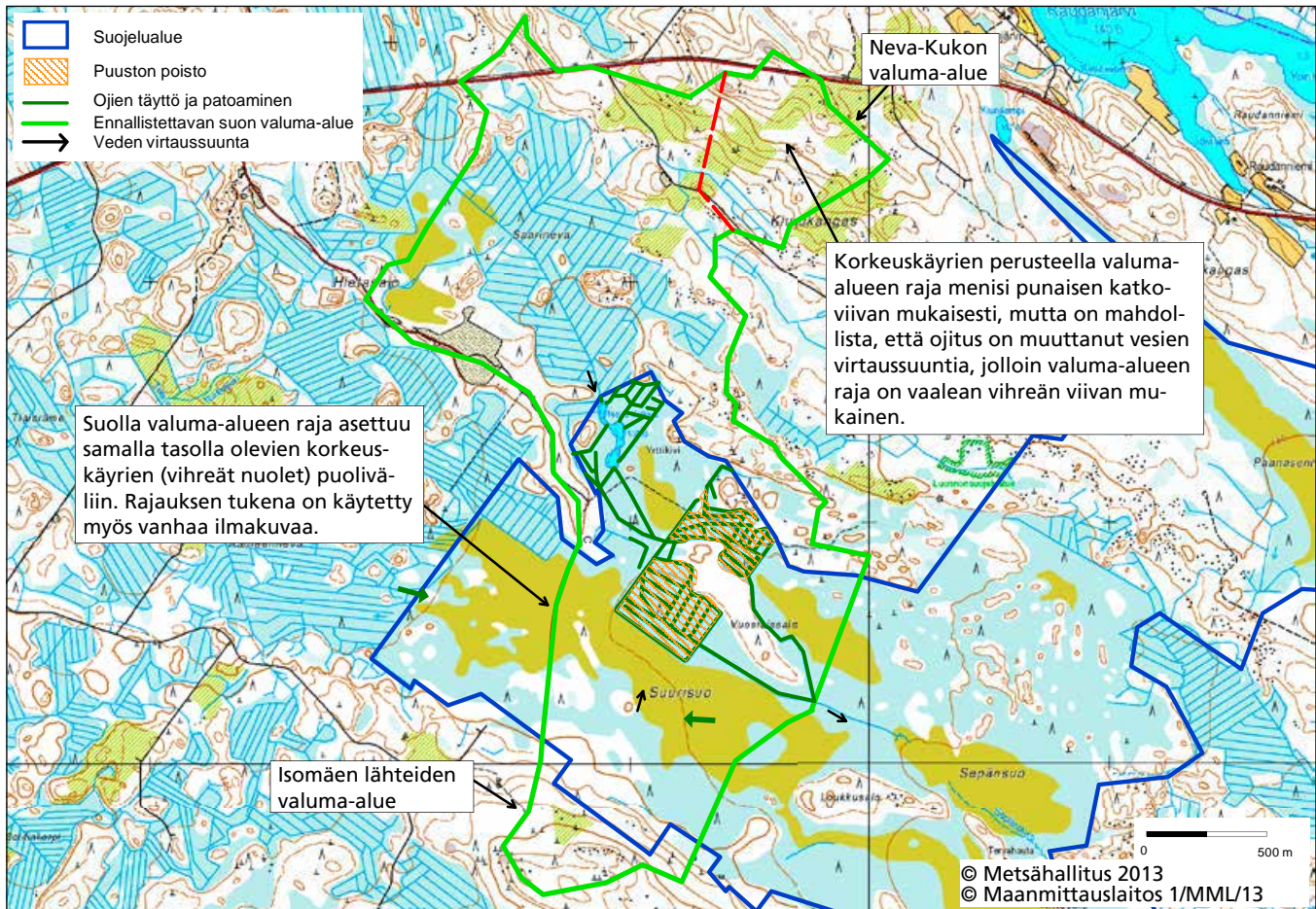
**Taulukko 1.** Ennallistamissuunnitelman sisältö. Ennallistamissuunnitelma on asiakirja, johon kirjataan ennallistamisen kohdekohtaiset tavoitteet ja toteutuksen kannalta olennaiset asiat. Suunnitelmasta tulee aina käydä ilmi sen tekijä ja suunnitelman tekoajankohta. Suunnitelmassa säilyy tieto siitä, mitä alueella on suunniteltu tehtäväksi.

1 Yleiskuvaus
– Suunnittelun alueen perustiedot
– Alueen maankäytön ja suojelun historia
– Aluetta koskevat muut suunnitelmat ja selvitykset
– Suunnitteluprosessi
2 Alueen luonnon nykytila ja toimenpiteiden tavoitteet
– Luonto ja lajisto
– Mahdolliset erityisarvot
– Toimenpidetarve
– Toimenpiteiden tavoitteet
3 Toimenpiteet ja niiden vaikutukset
– Toimenpiteiden kohdistaminen
– Toimenpiteiden kuvaus
– Toimenpiteiden vaikutukset
4 Toimenpiteiden kustannukset
5 Seuranta, selvitys- ja tutkimustarpeet sekä viestintä

on tärkeää arvioida myös muodostuvan ja purkautuvan pohjaveden määrä, mahdollisen lähdevaikutuksen sijainti sekä se, onko suo edelleen yhteydessä luontaisiin veden lähteisiinsä (luku 3).

### Suon luontaisen hydrologian selvittäminen

Suon valuma-alueen vesien alkuperäiset virtausuunnat näkyvät parhaiten peruskartan korkeuskäyristä (kuva 19) ja ennen ojitusta otetuista ilmakuvista (ks. esim. kuva 117 s. 251). Suon pintatopografia kuvaa veden virtaussuuntaa: jänteet ja kermit kehittyvät kohtisuoraan vallitsevaa virtaussuuntaa vastaan. Veden virtauksen haarautumiskohta erottuu suolla tyypillisesti ympäristöä märempanä, esimerkiksi avovesirimpänä. Myös lähteiköt ja tihkupinnat sekä purojen ja piilopurojen paikat on usein mahdollista erottaa van-



Kuva 19. Suurisuo-alueen rajaaminen.

hoilta ilmakuvilta (ks. kuvat 117 ja 118 s. 251 ja 252).

Ilmakuvilta näkyvästä pientopografiasta voi päätellä myös suon hydrologista luonnetta (luku 3). Rahkaisuudesta sekä rimpi-jänne- tai kermikulju-topografiasta voi päätellä suon käyttäytyvän pääasiassa diplotelmisen mallin mukaan (ks. luku 3.3.1). Märillä juoteilla, joista selkeä pintatopografia puuttuu, on todennäköisesti läpivirtaus-suon piirteitä (ks. luku 3.3.1). Kausivaihteleville soille taas on tyypillistä kivennäismaiden mukaan määrättyvä, usein hyvin teräväpiirteinen märkien ja kuivien pienmuotojen vaihtelu (ks. kuva 137 s. 269). Kohdat, joissa suon pintavettä suotautuu pohjavesiin, erottuvat tyypillisesti kausivaihtelevina alueina, esimerkiksi ohutturpeisina kausivaihtelevina soina tai arokosteikoina.

### *Muuttuneen eli nykyisen hydrologian arvioiminen*

Uusilta ilmakuvilta nähdään avoimen tai vähäpuustoisien suon pinnan nykyiset kosteusolosuhteet, virtaavat juotit sekä kynnykset ja altaat. Vanhaa ja uutta ilmakuvaa vertaamalla saa yleensä havainnollisen kuvan suon hydrologian ja kasvillisuuden muutoksista (ks. luvut 13.11, 13.14, 13.15, 13.16 ja 13.20). Ilmakuva- ja karttatarkastelun perusteella selvitetään maastossa tarkastettavat kohdat. Erityistapauksissa saattaa olla tarpeen tehdä virtausviiva-analyysi havainnollistamaan vesien liikkeitä (luku 3.3.2).

Maastossa ojien virtaussuunnat tarkistetaan runsaan veden aikaan, esimerkiksi keväällä. Pohjavesien purkautuminen tai heikko lähdevaiku-

tus näkyvät parhaiten kuivaan aikaan purkautuvana vetenä. Lähellä purkautumiskohtaa vesi on kesälläkin huomattavan kylmää. Ojituksen kuivattamat lähteet erottuvat maastossa tyypillisesti painanteina. Usein pohjaveden purkautuminen jatkuu ojiin. Jos ojissa virtaa kuivaan aikaan vettä, sen alkulähde kannattaa aina selvittää. Talvella pohjaveden purkautumispaikat voivat olla sulia ja roudattomia.

Pohjaveden tihkuminen erottuu usein lähteisyydestä kertovan – tyypillisesti meso- tai meso-eutrofista kasvupaikkaa vaativan – kasvilajiston esiintymisenä, esimerkiksi ojien pohjilla. Lähteisyydestä kertovia sammallajeja ovat mm. hetsirppisammal, lehväsammalet ja lähdesammalet (Eurola ym. 1995).

### 6.1.2 Luontotyyppi-, kasvillisuus- ja puustotiedot

Ennallistamissuunnitelmassa kuvataan ennallistettavan alueen sekä sen vaikutusalueen luontotyyppi-, kasvillisuus- ja puustotiedot niiltä osin kuin tiedot vaikuttavat alueen ennallistamisen suunnitteluun:

- kasvillisuustyypit (ennallistettava alue ja sen välitön lähiympäristö)
- Natura-luontotyyppien pinta-alat ja edustavuudet (ja mahdolliset erot Natura-lomakkeiden tietoihin) Natura 2000 -alueilla
- uhanalaisten suoluontotyyppien (Kaakinen ym. 2008a) pinta-alat
- elävän puuston rakenne ennallistettavalla alueella
- lahopuumäärä (lähinnä korvissa).

Natura 2000 -alueilla arvioidaan ennallistamisen tai luonnonhoidon vaikutukset alueen suojelun perusteena oleviin luontotyypeihin sekä luontodirektiivin liitteiden II, IV ja V lajeihin ja lintudirektiivin liitteen I lajeihin. Toimenpidesuunnitelmissa tulee olla Natura-arvioinnin tarveharkinta eli selvitetään, edellyttävätkö toimenpiteet varsinaista luonnonsuojelulain 65–66 §:ien mukaista Natura-vaikutusten arviointia. Arviointi tarvitaan, jos toimenpiteillä on negatiivisia vaikutuksia Natura-alueeseen.

### 6.1.3 Lajistotieto

Karujen soiden ennallistamisen suunnittelun pohjaksi riittävät yleensä kevyet kartoitukset, joissa kiinnitetään huomiota erityisesti erilaisten indikaattorikasvilajien esiintymiseen (Eurola ym. 1995) ja selvitetään kohteen merkitystä eri eliöryhmien lajistolle.

Havainnot alueen uhanalaisista lajeista tarkistetaan Hertta Eliölajit -tietojärjestelmästä ja muista saatavilla olevista tietolähteistä. Eliölajitjärjestelmää käytettäessä tulee tuntee järjestelmän kattavuus. Järjestelmässä on varsin kattavasti esimerkiksi kasvien ja sienten sekä joidenkin muidenkin eliöryhmien valtakunnallisesti uhanalaisten lajien tiedot, mutta sen sijaan vähän lintu- ja nisäkästietoja. Uusimmassa uhanalaistarkastelussa (Rassi ym. 2010) ensimmäistä kertaa uhanalaisiksi arvioitujen lajien tiedot saattavat myös puuttua järjestelmästä. Silmälläpidettävien ja alueellisesti uhanalaisten lajien tietoja Eliölajit-järjestelmässä on vaihtelevalla tarkkuudella.

Luotettavat ja laajat lajistokartoitukset ovat yleensä suuritöisiä ja kalliita, joten niitä pystytään tekemään vain erityiskohteilla, joita ovat esimerkiksi lähteiköt, tihkupinnat, letot ja rehevät korvet. Tarkka lajistoselvitys kannattaa tehdä erityisesti silloin, jos on todennäköistä, että alueella on uhanalaista tai muuten erityishuomiota vaativaa lajistoa, mutta ennallistamisen suunnittelijan oma asiantuntemus ei riitä esiintymisen toteamiseen.

Laji- ja lajistoselvityksen tarkkuustaso vaihtelee mm. lajien uhanalaisuuden ja toimenpiteiden voimakkuuden mukaan. Jos ennallistamisella pyritään uhanalaisen lajin elinympäristön palauttamiseen ja/tai esiintymän säilyttämiseen, esiintymän tilasta ennen ennallistamista tehdään tarkat muistiinpanot, joihin merkitään soveltuvin osin

- kartoitettu alue
- havaintojen keruumenetelmä
- arvio populaatiokoosta
- havaintojen paikat eli lajien ja yksilöiden tarkka sijainti tai laajojen esiintymien rajat
- elinympäristön tämänhetkinen laatu
- uhkatekijät (sekä toimenpiteiden tekemiselle että tekemättä jättämiselle)
- suositukset ennallistamisen tavoitteille ja toimenpiteille.

Suunnitelmaan sisällytetään arvio ennallistamistoimenpiteiden vaikutuksista uhanalaisiin lajeihin sekä esiintymien seurantasuunnitelma. Jos lajiston seurannan halutaan osoittavan nimenomaan ennallistamisen vaikutukset, ennallistettavien kohteiden rinnalle tarvitaan vastaavanlaiset ojitetut ja luonnontilaiset kontrollit, joissa lajeja esiintyy, mutta joissa ei tehdä toimenpiteitä.

Ennallistamisen suunnittelijan on tärkeä tuntee lajien ekologiset vaatimukset. Riski, että joku uhanalainen laji taantuu tai häviää veden pinnan nousun seurauksena, on suurin harvinaisilla ja kosteusvaatimuksiltaan tarkkarajaisilla lajeilla. Tällaisia lajeja ovat esimerkiksi välipintojen lajit, jotka ovat siirtyneet kuivahtaneille rimpipinoille, mm. velttosara (*Carex laxa*). Myös ojituksen seurauksena lähteistä tai tihkupunnoilta ojien pohjille siirtyneet lähdelajit voivat joissakin tapauksissa olla herkkiä veden pinnan nousulle (tietolaatikko 27 ja luvut 13.3, 13.6, 13.7 ja 13.8). Veden pinnan nousuun voi liittyä myös pääravinteiden määrän lisääntymistä, jolloin lähde- ja lettolajit tai niukkaravinteisten soiden lajit voivat hävitä yleisemmille lajeille kilpailussa kasvutilasta. Parhaiten vedenpinnan nousua sietävät luhtaisuutta suosivat lajit. Tarvittaessa tulee selvittää lajiasiantuntijan kanssa, onko ennallistaminen lainkaan mahdollista, jos toimenpiteet vaikuttavat negatiivisesti uhanalaisen lajin esiintymään tai kasvupaikkaan. Joissain tapauksissa ennallistamisen vaiheistaminen tai lajin siirtäminen ennallistettavan suon sisällä saattaa pienentää esiintymän häviämiskä (tietolaatikko 27).

Uhanalaisten lajien lisäksi Natura 2000 -alueen ennallistamissuunnitelmassa käsitellään suunnittelun alueen direktiivilajit (luontodirektiivin liitteiden II, IV ja V lajit sekä lintudirektiivin liitteen I lajit) ja lajit, jotka ovat olleet Natura 2000 -alueen valintaperusteena, sekä muut huomion arvoiset lajit, joihin suunniteltavilla toimenpiteillä arvioidaan olevan myönteisiä tai haitallisia vaikutuksia.

Metsähallitus seuraa ennallistamisen vaikutuksia eri suotyyppien kasvillisuuteen vakioiduin menetelmin ja pitkäkestoisesti ennallistamisen valtakunnallisen seurantaverkoston kohteilla (Hyvärinen & Aapala 2009, luku 6.8 ja luku 11).

Ennallistamisalueella ja sen läheisyydessä olevat mahdolliset petolintujen pesät tulee selvittää suunnitteluvaiheessa, jotta ne voidaan ottaa huomioon ennallistamisen toteutusvaiheessa. Metsä-

hallituksen Lapin luontopalveluissa ylläpidetään tietokantaa koko Suomen maakotkista ja muuttohaukoista sekä Lapin ja Oulun läänien merikotkista. Eteläisemmän Suomen merikotkatiedot löytyvät WWF:n ja Helsingin yliopiston Luonnontieteellisen keskusmuseon ylläpitämästä merikotkarekisteristä. Muiden petolintulajien tiedot löytyvät yleensä paikallistasolta, kuten lintutieteellisistä yhdistyksistä ja harrastajilta.

Niistä ennallistamisen vaikutusalueella olevista vesistöistä, joissa jokihelmisimpukan esiintyminen on mahdollista, tulee lajin tarkat esiintymistiedot tarkistaa lajin suojelusta vastaavilta viranomaisilta ja huomioida ne ennallistamisen suunnittelussa ja toteutuksessa.

Tarpeen mukaan suunnitelmassa kuvataan myös vieraslajit sekä niihin kohdistuvien toimenpiteiden tarve ja tavoitteet.

#### 6.1.4 Muut selvitykset

Ennallistettavaa suoaluetta tarkastellaan ennallistamista suunniteltaessa myös osana ympäristöään, esimerkiksi osana suojelualueverkostoa (tietolaatikko 4). Miten toimenpiteet vaikuttavat lajien leviämismahdollisuuksiin tai luontotyyppien esiintymiseen ja laatuun seudun suo- ja suojelualueverkostossa? Miten ympäristö vaikuttaa suunnittelun alueeseen? Alueen aiempi maankäyttö sekä aiemmin tehdyt hoitotoimenpiteet tai muut toimenpiteet kuvataan lyhyesti siltä osin kuin niillä on vaikutusta alueen nykytilaan.

Alueen erityisarvot, esimerkiksi kulttuuriperintö, perinnemaisema- ja muut maisema-arvot sekä sijainti pohjavesialueella, kuvataan koko alueelta riippumatta siitä, vaikuttaako niiden olemassaolo hoitoon tai ennallistamiseen. Kulttuuriperintökohteet tarkistetaan Metsähallituksen tietojärjestelmistä ja Museoviraston ylläpitämästä muinaisjäännösrekisteristä, jotta ne voidaan tarvittaessa huomioida toimenpiteiden ja koneiden kulkureittien suunnittelussa (luku 10). Kaikki soiden kulttuuriperintökohteet eivät kuitenkaan vielä löydy järjestelmistä, joten ennallistamisen suunnittelun maastotöiden yhteydessä on muistettava havainnoida myös kulttuuriperintökohteita (luku 10).

Ennallistamista suunniteltaessa ja toteutettaessa huomioidaan alueen muut käyttömuodot, kuten retkeily. Metsähallituksen ylläpitämät reitit näkyvät Metsähallituksen paikkatietojärjestel-

mässä. Sen lisäksi alueilla saattaa olla esimerkiksi kaupunkien ylläpitämiä reittejä tai paikallisten vakituisesti käyttämiä polkuja, jotka eivät välttämättä näy edes peruskartalla. Näihin on syytä kiinnittää huomiota ennallistamissuunnitelman maastotöitä tehtäessä, jotta ne voidaan huomioida toteutusvaiheessa.

Alueelle kulkemista varten selvitetään käytävien teiden käyttöoikeudet. Jos suunnittelualueella oleva metsäautotie olisi tarpeen poistaa suon vesitalouden ennallistamiseksi, selvitetään tien omistussuhteet, mahdolliset rasitteet ja käyttöoikeudet.

Jos on todennäköistä, että suunnittelualueeseen ja sen hoitoon liittyviä asioita on ohjeistettu kaavoituksella, kaavamääräykset ja mahdollinen maisematyöluvan tarve tarkistetaan toimenpiteiden suunnittelua aloitettaessa. Asema- ja yleiskaavat löytyvät suunnittelukohteen sijaintikunnasta. Vahvistetut maakuntakaavat sekä osa yleiskaavoita voidaan avata myös Metsähallituksen paikkatietojärjestelmään.

Lisäksi varmistetaan, ettei suunnitelman toteuttaminen aiheuta myöskään ns. SOVA-lain (laki viranomaisten suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista) 3 §:n ja ns. YVA-lain (laki ympäristövaikutusten arviointimenetelmästä) 25 §:n tarkoittamia merkittäviä ympäristövaikutuksia. Jos merkittäviä ympäristövaikutuksia saattaa syntyä, vaikutukset tulee arvioida ja selvittää riittävän tarkasti ennallistamisen suunnitteluvaiheessa.

## 6.2 Toimenpiteiden tavoitteet

Ennallistamissuunnitelmassa määritellään ennallistettavaksi aiotun suoalueen luonnon nykytilan, kulttuuriperintöarvojen sekä alueen aiemman maankäytön perusteella, mitä toimenpiteitä on mahdollista tehdä suon luontaisen vesitalouden ja lajiston palauttamiseksi, mitkä alueet on tarkoituksenmukaista ennallistaa ja mitkä osat voidaan jättää tai joudutaan jättämään ennallistamatta.

Toimenpiteiden ekologisten ja biologisten tavoitteiden määrittäminen (luku 2) on keskeinen osa ennallistamissuunnitelmaa. Suojelualueilla soiden ennallistamisen tavoitteena on yleensä luontaisten prosessien ja veden virtauksen palauttaminen niin hyvin ja niin lähelle luontaisen kaltaista tilannetta kuin mahdollista. Tällöin suokasvillisuuden ja muun suoeliöstön on mah-

dollista palautua tai runsastua ojituksen muutamilla alueilla.

Suunnitelmaan kirjataan yleistavoitteet (esim. suon vesitalouden, kasvillisuuden, puustorakenteen ja maiseman palauttaminen) sekä yksityiskohtaisempia suokohtaisia tavoitteita. Suokohtaisesti voidaan tavoitella esimerkiksi tiettyä vedenkorkeuden tasoa tai tiettyjen lajien elinolojen parantamista. Mitä konkreettisemmin tavoitteet suunnitelmassa esitetään, sitä helpompaa on myöhemmin arvioida, miten tavoitteet on saavutettu.

Kun suota ennallistetaan metsätalouskäytössä olevilla alueilla, tavoitteet voivat olla jossain määrin erilaisia kuin suojelualueita ennallistettaessa (tietolaatikot 7 ja 8). Talouskäytössä olevilla alueilla sovitetaan yhteen luonnon monimuotoisuutta parantavat toimet ja talouskäyttö. Metsätalousalueiden soiden ennallistamisella voidaan painottaa luontaisten prosessien palauttamisen ohella esimerkiksi riistan elinolojen parantamista, vesiensuojelua, tulvasuojelua tai suon virkistyskäytön edistämistä (luku 2.5).

## 6.3 Ennallistamistoimenpiteiden suunnittelu

Suunnitelmassa kuvataan riittävällä tarkkuudella, mitä toimenpiteitä tehdään (luku 7), miten ne tehdään ja missä osissa aluetta. Suunnitteluvaiheessa on tärkeä tunnistaa alueen soiden ennallistamisen ongelmakohdat (luku 8). Suunnitteluvaiheessa ennallistamiselle voidaan esittää erilaisia toimenpidevaihtoehtoja, joista toteutusvaiheessa valitaan toteuttamiskelpoisimmat.

Toimenpidealueiden lisäksi kuvataan alueet, joihin ennallistamisen välittömät vaikutukset ulottuvat, vaikka niillä ei tehtäisikään toimenpiteitä. Jos suunnitelmaa ei ole tarkoitettu toteuttavaksi yhdellä kertaa, toimenpide-ehdotusten yhteydessä esitetään toimenpiteiden toteutusjärjestys.

Yleisimpiä suon ennallistamiseen liittyviä toimenpiteitä ovat

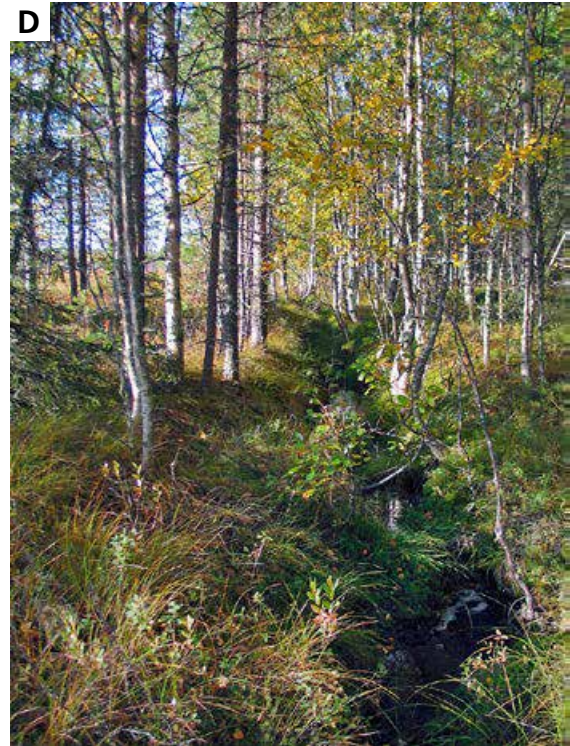
- ojalinjoiden raivaus (luku 7.1)
- puuston poisto tai haihduttavan puuston vähentäminen kaulaamalla (luku 7.2)
- ojien tukkiminen ja patoaminen (luku 7.3)
- vesien ohjaaminen (luku 7.3)
- lahoppuun määrän lisääminen esimerkiksi korpiin tai kivennäismaiden reunoille (luku 7.4).

### 6.3.1 Ojalinjojen raivaus

Ennallistettavan suon ojalinjojen raivaus on tarpeen suunnitella, jos ojat täytetään kokonaan ja ojien varsille kasvanut tiheä puusto sitoo juurillaan ojamaat ja hankaloittaa liikaa kaivinkoneen työskentelyä. Pienikokoinen (pituus alle 5 m) puusto ei yleensä haittaa kaivinkoneen työtä (kuva 20A, B). Myös harvassa kasvavat kookkaammat puut (kuva 20C) kaivinkone pystyy yleensä kiertämään tai kaatamaan tieltään ja kaapimaan ojamaat juurien alta käyttöönsä, mutta tiheä, yli 5-metrinen puusto (kuva 20D) hidastaa kaivin-

koneen työskentelyä ja lisää koneen rikkoutumisriskiä. Lisäksi raivatun ojan täyttöjälki on siistimpää kuin raivaamattoman ojan täyttö. Tällä on merkitystä lähinnä retkeilijöiden suosimilla alueilla ja retkeilyreittien läheisyydessä ennallistettavilla soilla.

Jos ojan penkoilla kasvava puusto on rinnan korkeusläpimitaltaan yli 5-senttistä ja tiheää, on yleensä paras hakata ojalinjat koneellisesti, joko tavanomaisena ainespuun korjuuna tai nuorena puustossa kokopuun korjuuna. Ojalinjat voidaan raivata myös henkilötyönä, jolloin ojan penkoilla kasvavat puut kaadetaan moottori- tai raivaussahalla.



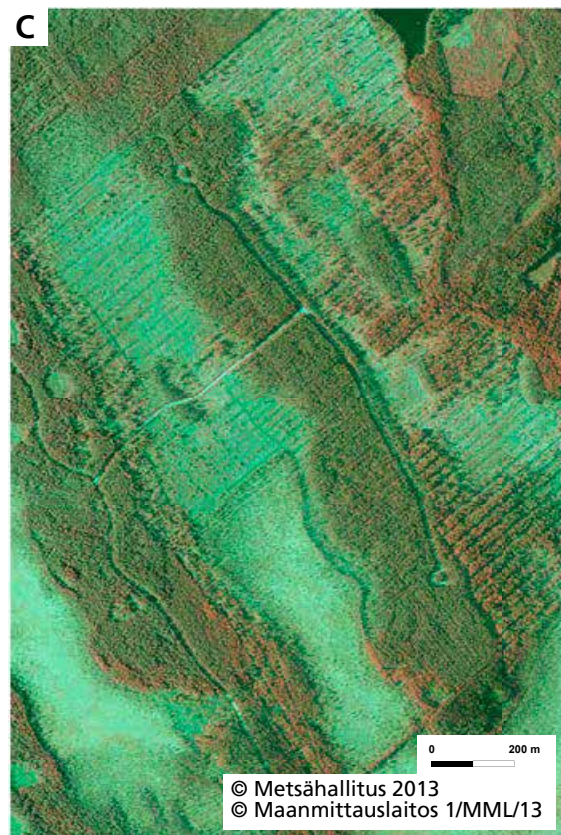
**Kuva 20.** Vaikka pientä puustoa olisi tiheästikin (A), se ei yleensä haittaa konetäyttöä. Kuoppasuo, Valtimo. Sama oja ennallistamisen jälkeen, kun ojalinjaa ei raivattu (B). Isopuustoisien suon vähäpuustoisina pysyneet ojalinjat eivät myöskään kaipaa raivausta (C). Mujejärvi, Nurmes. Sen sijaan käsivarren paksuinen, ojamaat sitova puusto on usein tarpeen raivata (D). Hamusenlehto, Rautavaara. Kuvat: Suvi Haapalehto (A, B, D) ja Maarit Similä (C).

### 6.3.2 Puuston poisto

#### *Ainespuu*

Puuston poisto on tarpeen, mikäli ojitus on lisääntynyt merkittävästi luontaisesti avoimen tai harvapuustoisien suon puustoa (kuva 21). Puustoa poistamalla vähennetään veden haihtumista ja palautetaan valo-olosuhteet sekä nopeutetaan maiseman palautumista luonnontilaisen kaltaiseksi. Puustonpoistotarve arvioidaan ensisijaisesti ekologisista lähtökohdista hakkuun käytännön toteutusmahdollisuudet huomioiden.

Luontaisesti runsaspuustoisista kuusi- ja lehtipuuvaltaisista korvista puustoa ei pääsääntöisesti ole tarpeen poistaa. Veden pinnan nousun seurauksena puuston kasvu yleensä taantuu korvessa ja puustoa voi kuolla varsin nopeasti, minkä seurauksena puuston määrä ja rakenne alkavat palautua korville tyyppisemmiksi. Avohakkuun kautta männiköiksi uudistetuissa korvissa sen sijaan on suositeltavaa harventaa mäntyjä paikoin voimakkaammin, paikoin lievemmin, puustora-



**Kuva 21.** Pieksämäen Ringinsuolta poistettiin ennallistettaessa yli 10 000 m<sup>3</sup> ojituksen jälkeen kasvanutta mäntyä noin 55 hehtaarin alalta. Vanha ilmakuva (A) on vuodelta 1938, ennen ennallistamista otettu ilmakuva (B) vuodelta 2006 ja ennallistamisen jälkeinen ilmakuva (C) vuodelta 2011.

kenteen monipuolistamiseksi. Kuuset ja lehtipuut säästetään.

Alun perin avoimilta tai vähäpuustoisilta soilta poistettavan puuston määrää voidaan arvioida vanhoja ilmakuviu apuna käyttäen (kuva 21). Ilmakuvua tulkittaessa on huomioitava, että suolta on usein hakattu puustoa jo ennen ojitusta. Siksi suo voi näyttää vanhoissakin ilmakuviu avoimemmalta kuin se luontaisesti olisi. Parhaiten puustonpoistotarve pystytään kartoittamaan maastossa, missä puuston rakenne, ikä (selvitetään tarvittaessa puita kairaamalla) ja kasvu kertovat puuston rakenteen muutoksista. Ennallistettavan suon tavoitepuusto määritetään niin, että hakkuun jälkeen suokasvillisuuden on mahdollista kehittyä ennallistamiselle asetettujen tavoitteiden mukaiseksi. Korjuukustannusten ja puunmyyntitulojen asianmukainen arviointi edellyttää, että kohteen puustotiedot ovat ajan tasalla ja tiedetään miten puusto hakataan. Hakkuun toteutuksessa toimenpiteitä voidaan vielä joutua mukauttamaan sen hetken olosuhteisiin, esimerkiksi käytettävissä olevan kaluston sekä lumi- ja routatilanteen mukaan.

Kaikille alun perin avoimillekaan soille ei ole tarkoituksenmukaista suunnitella vietäväksi korjuukalustoa, jos korjattavan puuston määrä on niin pieni, ettei sen jättämisellä suolle ole merkittäviä negatiivisia ekologisia vaikutuksia, tai jos kohteelle on vaikea kulkea koneella (esimerkiksi laajan luonnontilaisen avosuon taakse tai luonnontilaisen puron ylitse) eli puiden pois kuljettaminen aiheuttaa vahinkoa toisaalla. Usein puustoa kuolee joka tapauksessa veden noustessa. Tapauskohtaisesti voidaan harkita elinvoimaisimman puuston kaulaamista henkilötyönä tai kaatamista kaivinkoneella ojien tukkimisen yhteydessä. Jos puusto jatkaa kasvuaan ojien tukkimisesta huolimatta, voidaan puiden kaulaamista jatkaa tai puita voidaan kaataa henkilötyönä. Kuolleet männyt saattavat aiheuttaa ytimennävertäjäpopulaation runsastumisen 100 metrin säteellä käsitellyistä puista, mikä tulee ottaa huomioon suojelualueen rajan läheisyydessä toimittaessa (tietolaatikko 26).

Etenkin rehevämmillä ja lannoitetuilla ojiteuilla avosoilla valtapuuna on usein hieskoivu. Kun koivut hakataan, kannoista nouseva koivuvesakko saattaa kasvaa voimakkaasti ojien tukkimisen jälkeen, jos suo ei palaudu ojien tukkimisen myötä hyvin märeksi. Kesällä koivu haihduttaa

voimakkaasti, joten ennallistettavalle suolle jätetty koivikko tai hakkuun jälkeen kasvava vesakko saattavat osaltaan hidastaa vesitalouden palautumista. Suunnitteluvaiheessa onkin ratkaistava tapauskohtaisesti, jätetäänkö ojituksen jälkeen kasvaneet koivut hakkaamatta ja kuolemaan hyljälleen veden noustessa vai otetaanko vesomiseriski. Isoimpien koivujen osalta (rinnankorkeusläpimitta noin 20 cm) on kokemuksia, että kun ne kaulataan huolellisesti, vesominen on vähäisempää kuin hakkuun jälkeen. Lettorämeillä on havaittu varjostavan puuston jättämisen hillitsevän taimettumista.

### *Hakkuutähde ja energiapuu*

Hakkuutähteiden ja pieniläpimittaisen puuston korjuun tarve määräytyy ensisijaisesti suon ennallistamisen ekologisten tavoitteiden perusteella. Jos alueella on runsaasti virkistyskäyttöä, saattaa olla tarpeen korjata hakkuutähteitä ja pieniläpimittaista puustoa myös maisemasyistä.

Mikäli ennallistettavalta suolta korjataan runsaasti (> 100 m<sup>3</sup>/ha) ainespuuta, kannattaa yleensä korjata energiapuuksi myös ainespuun latvat, koska suolle jää hakkuutähteen mukana ylimääräisiä ravinteita. Erityisesti pääravinteiden (typpi, fosfori) osalta niukkoihin olosuhteisiin sopeutunut lettolajisto saattaa hävitä kilpailussa tavanomaisemmalle lajistolle, kun hakkuutähteestä vapautuu runsaasti typpeä ja fosforia. Hakkuutähteellä saattaa olla vaikutusta myös soiden muurahaishajistoon (tietolaatikko 15).

Energiapuusta ja hakkuutähteestä saatavat tulot kattavat korjuukustannukset vasta verrattain suurilla energiapuumäärillä ja hehtaariohtaisilla kertymillä. Lajistoltaan ”tavanomaisilla” rämeillä ja nevoilla ainespuuta pienempi puusto ja hakkuutähde eivät yleensä haittaa niin paljon, että niitä kannattaisi suunnitella korjattavaksi pois suolta hinnalla millä hyvänsä.

### *Talvitie*

Korjuukustannusten pienentämiseksi suolle voidaan suunnitella talvitie puutavaran autokuljetusta varten. Mitä suurempi on korjattavan puuston määrä ja mitä pidempi on metsäkuljetusmatka, sitä kannattavampaa on tehdä tukkiauton kantava talvitie.



### 6.3.3 Vesitalouden palauttaminen

Suon vesitalouden ennallistaminen edellyttää, että suolle pystytään ohjaamaan sinne kuuluvat vedet suon valuma-alueelta. Luontaisen kaltainen vesitalous palautetaan nostamalla suovedenpinnan tasoa, hidastamalla veden virtausta ja ohjaamalla vedet virtaamaan ennallistamisen tavoitteiden kannalta oikeaan suuntaan. Parhaaksi ja tehokkaimmaksi suon ennallistamismenetelmäksi on osoittautunut ojien täyttäminen ja patoaminen kaivinkonetyönä.

Ensimmäisissä vesitalouden palauttamiskokeiluissa 1980-luvulla ojiin tehtiin käsin puupatoja tai puuvahvisteisia turvepatoja (kuva 22). Varsin pian havaittiin, että ne eivät pidättäneet vettä riittävän tehokkaasti ja vesi kulkeutui edelleen ojalinjoja pitkin. Suovedenpinnan nousu patojen yläpuolella jäi lyhytaikaiseksi (muutama vuosi) ja pienialaiseksi (muutamia kymmeniä neliömetrejä). Jotta suon vedenpinnan korkeus palautuu luontaiselle tasolle ja veden kulku luontaisille reiteille, patoja on rakennettava niin tiheään ja pa-

doista on tehtävä niin korkeita, leveitä ja pitkiä, ettei se useimmiten ole käsityönä mahdollista tai ainakaan kustannustehokasta. 1990-luvun puolivälissä soita alettiin ennallistaa kaivinkoneella. Tarvittaessa lajistollisesti arvokkaimmat tai kaivinkoneelle muuten soveltumattomat kohteet ennallistetaan edelleen käsityönä.

Suon vesitalous ennallistetaan täyttämällä ja patoamalla ojat. Samalla vettä ohjataan mahdollisimman lähelle alkuperäisiä virtaussuuntia ja -olosuhteita. Suunnitteluvaiheessa on tärkeä tunnistaa laajojen alueiden vedenkorkeutta säätelevien kynnysten (esimerkiksi kivennäismaakynnysten tai jännemuodostumien) sijaintikohdat, jotka ennallistamalla vedenpinta saadaan sopivalle tasolle. Kynnysten ennallistamismahdollisuudet tarkistetaan maastossa.

Joissain tapauksissa, esimerkiksi viettävässä, runsasvetisessä korpinoitkossa tai hienojakoisella maalla, voi olla tarpeen vahvistaa ja tukea patoja puurakenteilla, suodatinkankaalla (luku 7.3.3) tai jopa soralla.



**Kuva 22.** 1980-luvun lopulla käsin tehty puupato on hidastanut suon kuivumista Venenevällä, Limingassa. Märkyiden vuoksi suolle ei ole asiaa kaivinkoneella. Ennallistamista on myöhemmin jatkettu tekemällä lisää patoja käsityönä. Kuva: Sakari Rehell.

Virtauksen levittämiseksi pois ojaumasta vaa-  
ditaan poikkeuksellisen isoja patoja läpivirtaus-  
soiden kaltaisilla nevoilla ja letoilla sekä muilla  
märkäpintaisilla soilla, joilta jänteet tai kermit  
puuttuvat (ks. luku 13.12). Suon turpeen pin-  
nan painuminen on tärkeää mitata vaaitsemalla  
patojen riittävän korkeuden ja pituuden arvioi-  
miseksi (ks. tietolaatikko 24 sekä luvut 13.12 ja  
13.20). Esimerkiksi jänteisen rimpinevan palaut-  
tamisessa on tärkeintä saada jänteiden kohdille  
riittävän korkeat ja kestävät turvepadot (luku  
13.13). Vaaitsemalla tai laserkeilausaineistoista  
laadittuja vinovalovarjostuskuvia tarkastelemalla  
varmistetaan tarvittaessa myös muita vesitalouden  
ennallistamiseen liittyviä asioita, kuten kohta, jos-  
ta ojan tukkiminen voidaan aloittaa ilman vaa-  
raa suunnittelualueen ulkopuolisen naapuritilan  
metsätalousmaan vettymisestä (tietolaatikko 24).

Mitä suurempi vesimäärä ennallistettavan  
suon kautta virtaa, sitä tärkeämpää on selvittää  
jo suunnitteluvaiheessa, että vesimassat pääsevät  
ojien tukkimisen jälkeen purkautumaan muualta  
kuin kaivinkonetyön jäljiltä aluksi hyvin eroosio-  
herkkien patojen ja pintavallien kohdalta. Suun-  
nittelun maastotöiden yhteydessä etsitään alueel-  
la mahdollisesti olevia luontaisia purouomia tai  
muuta painanteita, joita myöten vedet pääsevät  
”turvallisesti” virtaamaan.

Jos täytettävän ojan penkalla on ojamaita hy-  
vin niukasti tai ei lainkaan (esim. jyrsimällä tehdyt  
ojat), vesitalous voidaan suunnitella palautetta-  
vaksi patoamalla ojat. Tavallisesti padot voidaan  
tehdä saralta otettavasta turpeesta. Patoaminen voi  
tulla kyseeseen myös silloin, kun ojat ovat suuria  
tai syöpyneitä eikä niiden täyttäminen kokonaan  
ole sen takia järkevää tai edes mahdollista. Myös  
ajan myötä täyteen kasvaneilla – mutta silti toimi-  
villa – ojilla patoaminen on useimmiten riittävä  
toimenpide edellyttäen, että jäljellä olevat ojamaat  
eivät estä veden nousua padotusta ojasta saroille.

Käytännön ennallistamistyötä suunniteltaessa  
selvitetään

- kuinka syviä ja leveitä ojat ovat ja miten ne toimivat
- paljonko täyttämiseen tarvittavaa ainesta on saatavissa ojien varsilta
- paljonko turpeen pinta on painunut ojien varsilla eli kuinka isoja patoja tarvitaan
- kestääkö suon pinta kaikkialla koneen painon
- mitä reittiä kone voidaan tuoda alueelle (huom. kulttuuriperintökohteet, luku 10).

Suo pyritään yleensä ennallistamaan yhdellä  
kaivinkoneen käynnillä. Isojen alueiden ennall-  
listaminen voidaan jakaa esimerkiksi vesiensuo-  
jeluystistä (luku 6.4) useamman vuoden ajalle.  
Myös esimerkiksi lettoja, lähteitä ja tihkupintoja  
ennallistettaessa veden laadun äkillisten muutos-  
ten välttäminen onnistuu usein parhaiten porrastamalla toimenpiteet pitemmälle ajalle.

Käytännön esimerkkejä erityyppisten soiden  
ennallistamisen suunnittelu- ja toteutusproses-  
seista on kuvattu luvussa 13.

#### 6.3.4 Ennallistettavan suon pienvedet

Ennallistettavilla soilla on usein erilaisia pien-  
vesiä, kuten lähteitä, puroja ja lampia. Ennallis-  
tamista suunniteltaessa selvitetään, millä tavalla  
pienvedet ovat muuttuneet ojituksen seurauksena  
ja mitä niiden ennallistaminen edellyttää (tieto-  
laatikko 27, luvut 8, 13.3, 13.6, 13.7, 13.8, 13.10  
ja 13.15). Toimenpiteet tarkentuvat toteutusvai-  
heessa, mutta jo suunnitteluvaiheessa on tärkeä  
selvittää, mihin tulee pyrkiä ja miksi.

Suolla olevia puroja on usein perattu ja oi-  
otu. Sen seurauksena osia purouomista on saat-  
tanut jäädä kuiville. Ennallistamisen suunnitte-  
lun maastotöinä selvitetään kuiville jääneet uo-  
mat, jotta niihin voidaan palauttaa veden vir-  
taus ennallistamisen yhteydessä (ks. luvut 13.10  
ja 13.15).

Jos peratussa purossa virtaa edelleen vesi, har-  
kitaan tarvitaanko ennallistamista vai jätetäänkö  
puro palautumaan ilman toimenpiteitä. Jos pu-  
ro on muuttunut luonnontilaisen kaltaiseksi, se  
voidaan tulkita vesilain mukaiseksi puroksi, jon-  
ka muuttaminen on kielletty ilman aluehallinto-  
viraston myöntämää lupaa (luku 6.5). Uittoja var-  
ten peratuilla puroilla voi olla myös kulttuuri-  
historiallista merkitystä. Kevyimmillään puron  
ennallistamiseksi saattaa riittää purosta nostettu-  
jen kivien palauttaminen virtaan tai virtaukseen  
vaikuttavien puiden laittaminen uomaan. Voi-  
makkaasti muuttuneiden ja perattujen purojen  
ennallistaminen on vaativampi tehtävä. Erilaisia  
toimenpidevaihtoehtoja mietitään ennallistamis-  
ta suunniteltaessa, mutta lopulliset toimenpiteet  
pystytään usein ratkaisemaan vasta toteutusvai-  
heessa, osana koko suon ennallistamista.

Jos ennallistettavalla suolla on lampia, joiden  
vedenpintaa on ojituksen tai laskupuron perkaa-  
misen avulla laskettu, suon ennallistaminen saat-

taa edellyttää myös lammen vedenpinnan korkeuden nostamista takaisin alkuperäiselle tasolle. Samalla voidaan ennallistaa lammen laskupuro. Lammen vedenpinnan korkeuden muuttamiseen tarvitaan ympäristöviranomaisen lupa ja suostumus vesialueen omistajilta (luku 6.5).

### 6.3.5 Suojelualuerajausten aiheuttamat ennallistamisongelmat

Suojelualueiden soita ennallistettaessa joudutaan usein tekemään kompromisseja suojelutavoitteiden ja ympäröivien alueiden talouskäytön tavoitteiden välillä (tietolaatikko 6). Laajat suoyhdistymien reunaosien ojitukset ovat monin paikoin muuttaneet veden virtauksia soilla niin, että vesimäärät pienenevät myös ojittamattomilla suon osilla, toisinaan kaukanakin ojista. Reunojen ojitus voi kääntää esimerkiksi suon keskiosan minerotrofisen nevan kehityksen pysyvästi karun, rahkaisen suon suuntaan, ja reunaojien kunnostaminen metsätalouden tarpeiden mukaan tehostaa vaikutusta.

Rajausongelmaan voidaan pyrkiä vaikuttamaan paikallisesti (ks. luvut 13.12 ja 13.17). Etenkin suppeaa tai taloudellisesti vähämerkityksistä aluetta koskevat rajausongelmat voivat ratketa paikallisella sopimisella (ks. luku 13.20). Jos rajausongelmaa ei pystytä ratkaisemaan, selvitetään millaista hyötyä saadaan olemassa olevan rajauksen mukaisesta ennallistamisesta. Uhanalaisten tai harvinaisten luontotyyppien tai lajien kohdalla on mietittävä erityisen tarkoin ”puolinainen” ennallistamisen hyödyt ja haitat.

Jos osa suon valuma-alueen yläosasta on ojitettu ja suojelualuerajauksen ulkopuolella, voidaan vettä joutua ohjaamaan suojelualueelle erityisjärjestelyin. Esimerkiksi jos suon pinta viettää reunaojalta riittävästi suojelualueelle päin, voidaan kaivaa lyhyitä syöttöojia tai jättää sopivan suuntaisia ojia alkupäästään auki johtamaan reunaojan vedet suolle siten, että vettymishaitat suojelualueen ulkopuolella jäävät merkityksettömiksi. Vettä tulee ohjata suolle mahdollisimman monesta kohdasta. On kuitenkin huomioitava, että jos vedenohjaukskohtien alapuolisella suolla on lettoa tai muuten vaateliasta kasvillisuutta, voi veden pistemäinen syöttö johtaa kasvillisuuden yksipuolistumiseen, jos ojikolta tuleva syöttövesi on humuspitoista ja hapanta (luku 8.3). Järjestelyt suunnitellaan tarvittaessa yhdessä naapurimaanomistajan kanssa tai tarvittavat toimenpiteet tehdään suojelualue-

rajauksen sisäpuolella niin, ettei suojelualueen ulkopuolelle aiheudu vettymishaittoja.

## 6.4 Vesistövaikutusten huomioiminen

Ennallistamisella voi olla haitallisia vaikutuksia alapuoliseen vesistöön (luku 9.1 ja tietolaatikko 28). Ennallistamista suunniteltaessa tuleekin arvioida vesistövaikutusten voimakkuus ja vastaanottavan vesistön laatu. Jotta ennallistamisella aiheutetaan mahdollisimman vähän haitallisia vesistövaikutuksia, suunnitellaan tarvittavat vesiensuojelutoimenpiteet.

Kiintoaineen ja ravinteiden huuhtoutumista voidaan vähentää ohjaamalla vesi täytettävistä ojista saroille valuma-alueen yläosista alkaen, jolloin kiintoainesta ja ravinteita jää suolle eivätkä ne kuormita alapuolisia vesistöjä. Samalla ennallistamistulos paranee, kun suo vettyy tehokkaan vesien ohjaamisen ansiosta tasaisesti.

Jos ennallistettavan suon pinta-ala on alle 15 % lähimmän vastaanottavan vesistön valuma-alueesta, ennallistaminen ei yleensä aiheuta kohtuutonta haittaa veden laadulle ja vesieliöstölle koko vesistön mittakaavassa. Jos ennallistamisalueen alapuolisessa vesistönosassa on kuitenkin esimerkiksi lohikalojen, jokiravun tai muiden uhanalaisten lajien kannalta herkkiä alueita, myös lyhytaikainen, koko vesistölle vähämerkityksinen kuormitus voi olla haitallista. Tällöin vesiensuojeluun on kiinnitettävä erityistä huomiota. Valuma-alueen soiden ennallistaminen on tarvittaessa jaettava riittävän pieniin osa-alueisiin riittävän pitkälle ajalle, jolloin vuosittainen kiintoaine- ja ravinnekuormitus pysyy siedettävänä.

Suoraan vesistöihin laskevia ojia täytettäessä jätetään vähintään tulvavyöhykkeellä olevat oja-alueet koskemattomiksi. Alimmaksi tulvavyöhykkeen yläpuolelle ojiin tehdään riittävän iso, tarvittaessa suodatinkankaalla vahvistettu pato pintavalleineen ohjaamaan ennallistamisalueelta tuleva vesi pintavaluntaan ennen vesistöön joutumista. Jos ennallistamisalueelta huuhtoutuu kiviainekertymisen aikana merkittävä määrä vettä suoraan vesistöön, tulee alapuolisia vesistöjä kiintoaine- ja ravinnehuuhtoumilta suojaavat rakenteet suunnitella ja tehdä rantaan jo ennen ojien tukkimisen aloittamista. Tiedossa ei ole yleispätevää systeemiä, vaan ongelmat on ratkaistava tapauskohtaisesti. Tietoa hyvistä uusista menetelmistä kannattaa levittää laajalle.

## 6.5 Vesiä koskevan lainsäädännön ja vesienhoitosuunnitelmien huomioiminen

Soiden ennallistamisen haitalliset vesistövaikutukset ovat tilapäisiä. Ennallistamisella voi kuitenkin olla sellaisia vesistövaikutuksia, joista annetun lainsäädännön vaatimukset on huomioitava ennallistamista suunniteltaessa ja soita ennallistettaessa. Nämä vaikutukset on suunnittelijan osattava tunnistaa ja tarvittaessa suunnitteluapua on haettava esimerkiksi alueellisen ELY-keskuksen asiantuntijoilta.

Vesipolitiikan puitedirektiivillä (VPD) (2000/60/EY) ja sen toteuttamiseksi säädetyllä kansallisella lailla vesienhoidon ja merenhoidon järjestämisestä (1299/2004) sekä direktiivin toimeenpanoa ohjaavalla valtakunnallisella vesienhoitosuunnitelmalla ja kahdeksalla alueellisella vesienhoitosuunnitelmalla pyritään vesien hyvän ekologisen tilan saavuttamiseen ja ylläpitämiseen.

Kuuden vuoden suunnittelukauden käsittävissä vesienhoitosuunnitelmissa (Ympäristöministeriö 2012) kuvataan kahdeksan vesienhoitoalueen alueellisia tavoitteita vesistöjen tilan ylläpitämiseksi ja parantamiseksi. Tarkemmin tavoitteet kuvataan ELY-keskuskohtaisissa vesienhoidon toimenpideohjelmissa. Vesienhoidon tavoitteet tulevat ennallistamisen yhteydessä huomioitaviksi lähinnä siinä tapauksessa, että ennallistamisen vaikutusalueella sijaitsee vesistö, joka on tyypitelly vesimuodostuma ja muodostuman ekologinen tila on arvioitu. Erinomaisiksi tai hyviksi arvioidujen vesien tilaa ei saa vesipuitedirektiivin mukaan heikentää, mikä on huomioitava erityisesti mittavan ennallistamishankkeen suunnittelussa ja toteutuksessa.

Vesilaki (587/2011) ja ympäristönsuojelulaki (86/2000) sisältävät vesipolitiikan puitedirektiiviä yksityiskohtaisempia säädöksiä, jotka on huomioitava soita ennallistettaessa. Lisäksi on huomioitava vesien omistus, sillä vesistö saattaa kuulua osakaskunnalle, jossa voi olla jopa satoja osakkaita. Vesilaki koskee vesitaloushankkeita, jotka voivat vaikuttaa pinta- tai pohjaveteen, vesiympäristöön, vesitalouteen tai vesialueen käyttöön. Soiden ennallistamisessa huomioitavia vesilain kohtia ovat lähinnä

- 1 luonnontilaisten (järvi, lampi, joki, puro) tai keinotekkoisten (tekojärvi, kanava) vesistöjen (1 luku 3 §) asemaa, syvyyttä, vedenkor-

keutta tai virtaamaa, rantaa tai vesiympäristöä muuttava toiminta (3 luku 2 §),

- 2 mahdollinen luonnontilaisten enintään kymmenen hehtaarin suuruisen fladan, kluuvi-järven tai lähteen taikka muualla kuin Lapin läänissä sijaitsevan noron tai enintään yhden hehtaarin suuruisen lammen tai järven luonnontilan vaarantaminen (2 luku 11 §)
- 3 aina luvanvaraisina vesitaloushankkeina sellaiset, joiden seurauksena on maa-alueen muuttaminen pysyvästi vesialueeksi vesistön vedenkorkeutta nostamalla (3 luku 3 § kohta 5), kuten lampien vedenpinnan nosto tai altaiden patoaminen vesistöön, esim. puroon sen luonnontilasta riippumatta.

Lampien keskivedenkorkeuden pysyvä nostaminen on yleinen seuraus tai tavoite soita ennallistettaessa. Vesilain mukaisen luvan lisäksi nostamiseen on saatava suostumus alueen omistajilta. Vedenpinnan nostoluvan saamisen edellytyksenä on, että vähintään kolme neljännestä veden alle jäävän maa-alueen omistajista ovat antaneet kirjallisen suostumuksensa vedenpinnan nostamiseen tai että luvanhakija hallitsee enempää kuin puolta veden alle jäävistä maa-alueista. Alueen omistajien suostumusta ei kuitenkaan tarvita, jos keskivedenkorkeuden muuttamista vaatii yleinen etu, esimerkiksi luonnonsuojelu (vesilaki 6 luku 5 §). Jos maa-alue on Metsähallituksen luontopalvelujen hallinnassa ja toiminta luonnonsuojelun edun vaatimaa, nostoon ei tarvita mahdollisten muiden vesialueen omistajien suostumusta. Vesilain lupaviranomainen on aluehallintovirasto ja valvontaviranomainen alueellinen ELY-keskus.

Vesilain määritelmät ovat tulkinnanvaraisia, joten esimerkiksi peratun ja/tai oikaistun purooman kohdalla on harkittava, onko uoma luonnontilaistunut siinä määrin, että se voitaisiin tulkita luonnontilaiseksi ja siksi muuttamiskiellon alaiseksi uomaksi. Uoma voitaneen tulkita luonnontilaisten kaltaiseksi, jos se on alkanut luonnontilaisesti mutkitella umpeenkasvun seurauksena ja siinä on muita edustavia rakennepiirteitä ja lajistoa. Lammen pinnan nosto aikaisemmalle, luonnontilaiselle tasolle on vesistön aikaisemman tilan palauttava toimenpide, mutta koska kyseessä on kuitenkin vakiintuneen maa-alueen muuttaminen pysyvästi vesialueeksi, on kyseessä vesilain mukaan luvanvarainen hanke.

Ympäristönsuojelulaki suojaa ympäristöä sitä pilaavalta toiminnalta ja vesitalousasioissa lähinnä vesistöjen vedenlaatua. Vesistön määritelmä on vesilain (587/2011) mukainen. Lain tavoitteena on, että haitalliset vaikutukset ehkäistään ennakoita varovaisuus- ja huolellisuusperiaatteita, parasta käyttökelpoista tekniikkaa ja käytäntöjä soveltaen ja että hankkeen toteuttaja vastaa ympäristöhaittojen ennaltaehkäisystä, rajoittamisesta ja mahdollisesta poistamisesta. Ennallistamis-hankkeissa vesistön pilaamisriskiä tulee arvioida lähinnä ennallistamisen kiintoaine- ja ravinnekuormituksen osalta (luku 9.1).

Ennallistamisalueelta hankkeen toteutusvaiheessa virtaavaa vettä voidaan pitää lain määritelmän mukaisena jätevetenä (ympäristönsuojelulaki 1 luku 3 §), josta voi aiheutua ympäristön pilaantumista. Ympäristönsuojelulain 4 luvun mukaan toimintaan (myös ennallistamiseen) tarvitaan ympäristölupa, jos toiminnasta saattaa aiheutua vesistön pilaantumista eikä kyse ole vesilain mukaisesta hankkeesta (esimerkiksi vedenkorkeuden pysyvästä muuttamisesta). Ympäristölain lupaviranomainen on aluehallintovirasto ja valvontaviranomainen alueellinen ELY-keskus. Vesistöä pienemmän uoman pilaantumisvaaran edellyttämän luvan myöntää kunnan ympäristöviranomainen. Lupa tarvitaan, jos ennallistamisalueelta johdetut (jätevedeksi tulkittavat) vedet saattavat aiheuttaa ojan, lähteen tai vesilain suojaaman noron pilaantumista.

Käytännössä ympäristön pilaaminen voidaan ehkäistä ennallistamisen huolellisella suunnittelulla ja vesiensuojelutoimin, mutta erityisesti isojen ennallistamistyömaiden yhteydessä on syytä varmistaa, etteivät pilaamiskriteerit täyty. Lakien ja vesienhoidon tavoitteiden toteutumisen varmistamiseksi kaikista ennallistamishankkeista pyydetään suunnitteluvaiheessa paikallisen ELY-keskuksen lausunto. Vesistövaikutusten vähentämistä mm. ennallistamistoimia porrastamalla ja vesiensuojelutoimenpiteiden avulla voidaan suunnitella yhteistyössä ELY-keskusten asiantuntijoiden kanssa. Vaikutusten mittakaavan varmistaminen saattaa edellyttää vesistökuormituksen seurantaan ennen hanketta ja riittävän pitkään ennallistamisen jälkeen.

## 6.6 Lahopuun määrän lisääminen

Lahopuu kuuluu olennaisena osana kaikkiin boreaalisen havumetsävyöhykkeen puustoihin elinympäristöihin. Yli 4 000 metsälajia on Suomessa suoraan tai välillisesti riippuvaisia kuolleesta puusta (Siitonen 2001). Puustoisella suolla kuolee yleensä jonkin verran puita ennallistamisen jälkeen vedenpinnan nousun seurauksena. Maapuu-ta syntyy myös ojien täytön yhteydessä, kun kone kaataa tieltään ojanvarsipuustoa ja maisemoi täytettyä ojalinjaa. Nevoilla ja rämeillä ei ole yleensä tarkoituksenmukaista suunnitella maalahopuun tuottamista erikseen, koska niissä rakkasammal peittää kaadetut rungot verrattain nopeasti.

Niukkalahopuustoisten korprien ennallistamista suunniteltaessa voidaan harkita kuusien kaulaamista henkilötyönä tai niiden kaatamista kaivinkoneella lahopuun määrän lisäämiseksi ja puustorakenteen luonnonmukaistamiseksi. Jos korven kautta liikkuu runsaasti vettä, kannattaa kuitenkin ennen lahopuun määrän aktiivista lisäämistä seurata muutaman vuoden ajan, miten vedenpinnan korkeuden nostaminen vaikuttaa puustorakenteeseen (tietolaatikko 23). Kuusten kuoleminen lisää etenkin Etelä-Suomessa kirjanpajapopulaation (*Ips typographus*) runsastumisen riskiä (luku 9.2, tietolaatikko 26). Vaikka viileät ja varjoiset korpintokot eivät ole kirjanpajalle ihanteellinen elinympäristö, riski on huomioitava erityisesti pienillä suojelualueilla tai isompien suojelualueiden rajan lähellä toimittaessa, kun suojelualueen ulkopuolella on kuusikkoja.

Mikäli suoalueen kivennäismailla on lahopuun lisäämistarvetta, soita ennallistavaa kaivinkonetta kannattaa hyödyntää myös kivennäismaiden maalahopuun tekemisessä (Similä & Junninen 2011).

## 6.7 Ennallistamisen vaikutukset

Suunnitelmassa esitetään ja perustellaan ennallistamisen odotettavissa olevat positiiviset ja mahdolliset ennakoituiden negatiiviset vaikutukset.

Huolellinen toimenpiteiden suunnittelu ja toteutus takaa yleensä sen, ettei toimenpiteistä aiheudu odottamatonta uhkaa tai haittaa. Suunnitelmassa käsitellään asiat, jotka saattavat epäonnistua tai aiheuttaa haitallisia sivuvaikutuksia. Uhkia voivat olla esimerkiksi

- työkoneiden aiheuttamat haitalliset urat
- alun perin avoimen, mutta ojituksen myötä metsittyneen suon vesakoituminen puuston hakkuun jälkeen
- virkistyskäytön oleellinen heikkeneminen
- toteutusongelmat (esim. toimenpiteiden viivästyminen, ongelmat suon kantavuudessa, kulkuongelmat)
- haitalliset aineet (esim. työkoneiden öljyvähingot)
- alapuolisten vesistöjen kiintoaine- ja ravinnekuormitus
- suojelualan ulkopuolelle ennallistamisesta aiheutuvat vettymishaitat

Tavoitteena on varautua uhkiin ennalta niin, että uhkat pystytään välttämään, niiden vaikutusta pystytään lieventämään tai toteutuneen uhan vaikutukset pystytään korjaamaan viipymättä. Suunnitelmaan kirjataan myös millaiset ovat uhkat silloin, jos suunnitelmaa ei toteuteta.

## 6.8 Toimenpiteiden kustannukset

Soiden ennallistamisen kustannukset muodostuvat ennallistamisen suunnittelusta, työmaan valmistelusta sekä käytännön toimenpiteistä ja niiden työnohjauksesta (luku 12). Kustannukset vaihtelevat ennallistettavan alueen laajuuden mukaan, mutta myös paljolti sen mukaan, millaista suota ennallistetaan. Pienten kohteiden suunnittelu on suhteessa kalliimpaa kuin laajojen kohteiden.

Ojien täytön kustannuksiin vaikuttaa mm. millaista suota ennallistetaan, millaisia toimenpiteitä tarvitaan sekä tehdäänkö työ henkilö- vai konetyönä. Kustannukset arvioidaan työlajeittain sopivaa yksikköä kohti.

Vuoden 2012 loppuun mennessä Metsähallituksen luontopalveluissa kertyneiden kokemus-

ten perusteella ”tavallisen” suon ennallistamisen konetyö maksaa 0,5–1 € ojametritä. Jos järeitä patoja tarvitaan paljon, ennallistaminen maksaa 1,5–2,5 € täytettävältä ojametritä. Purojen kunnostus ja muiden erityiskohteiden ennallistaminen maksaa 3,5–5 € metriltä (sisältää konetyön ja mahdollisen metsurityön). Myös luvun 13 esimerkkikohteista on raportoitu kohdekohtaisia kustannuksia.

Puunkorjuun kustannuksiin tai hakattavasta puusta saatavaan hintaan vaikuttavat samat tekijät kuin talousmetsien hakkuissa. Kustannuksiin vaikuttavat hakattavan puun määrä, hakkuutapa, rungon keskikoko ja lähikuljetusmatka. Runsas- ja järeäpuustoisella kohteella koneellisen korjuun kustannus (sisältää hakkuun ja lähikuljetuksen) on 10–15 €/m<sup>3</sup>. Vähäisellä kertymällä, pienipuustoisella kohteella ja pitkillä lähikuljetusmatkoilla koneellisen korjuun kustannus voi olla yli 30 €/m<sup>3</sup>. Metsurityönä tehtävän hakkuun kustannukset ovat soilla 60–150 €/m<sup>3</sup>.

## 6.9 Ennallistamisen seuranta

Kaikilla Metsähallituksen luontopalvelujen ennallistamalla soilla tehdään hoitoseurantaa (luku 11, Hyvärinen & Aapala 2009). Ennallistamissuunnitelmassa osoitetaan kohdat, joihin hoitoseurannassa tulee kiinnittää erityistä huomiota. Metsähallituksen luontopalvelujen toteuttamien ennallistamiskohteiden kasvillisuus- ja hydrologiaseurannat koordinoidaan valtakunnallisesti (luku 11, Hyvärinen & Aapala 2009).

Poikkeuksena tästä ovat ennallistettavien soiden uhanalaisten tai muuten erityishuomiota vaativien lajien esiintymät. Niiden tilaa ja elinvoimaisuutta seurataan ennallistamisen jälkeen kohdekohtaisesti.

## 6.10 Suojelualuetta koskevan ennallistamissuunnitelman osallistaminen, hyväksyminen ja viestintä

Jos suojelualan rajojen läheisyydessä on ennallistamistarvetta ja toimenpiteillä voi olla vaikutuksia suojelualan ulkopuolelle, ympäröivien alueiden maanomistajien kanssa neuvotellaan ennallistamisen toteutuksesta, mm. suojavyöhykkeistä. Ennallistamisella ei saa olla suojelualan ulkopuolelle vaikutuksia, joita naapurialueen maanomistaja ei ole hyväksynyt.

Mikäli ennallistamisalueella on, tai on syytä olettaa että on, kiinteitä muinaisjäännöksiä, toimenpiteitä suunniteltaessa ollaan yhteydessä Metsähallituksen kulttuuriperinnön asiantuntijoihin tai Museovirastoon (luku 10). Muinaisjäännöksiä sisältävien kohteiden valmiista ennallistamissuunnitelmasta pyydetään aina lausunto Museovirastolta.

Jos hoidetaan uhanalaisen tai muuten erityisen merkittävän lajin elinympäristöä, toimenpiteistä pyydetään tarvittaessa kommentit lajiasiantuntijoilta, esimerkiksi eliötyöryhmiltä (tietolaatikko 25).

Yksityisen suojelun alueen hoito ja ennallistaminen suunnitellaan maanomistajan suostumuksella. Suojelun alueen rauhoitusmääräyksiä on noudatettava. Mikäli tarvittavat hoitotoimenpiteet ovat rauhoitusmääräysten vastaisia, lupa rauhoitusmääräyksistä poikkeamiseen haetaan ELY-keskukselta tai joissain tapauksissa ympäristöministeriöstä. Suunnitelman valmistuttua alueen omistajalta pyydetään kirjallinen hyväksyntä suunnitelmalle, ja samalla voidaan laatia sopimus töiden toteuttamisesta. Mikäli alueella on useita omistajia, tulee hyväksyntä ja sopimus saada kaikilta. Vaihtoehtoisesti omistajat voivat valtuuttaa valtakirjalla yhden omistajista toimimaan muidenkin edustajana asiassa.

Kaikista Natura-alueiden ja yksityisten suojelun alueiden ennallistamis- ja luonnonhoitosuunnitelmista pyydetään lausunto ELY-keskukselta, joka myös hyväksyy yksityisten suojelun alueiden toimenpidesuunnitelmat. Vanhojen, kymmeniä vuosia sitten perustettujen suojelun alueiden rauhoitusmääräyksissä tai perustamisasetuksessa saatetaan edellyttää luonnonsuojelun alueen toimenpidelupaa. Silloin lausunto ja suunnitelman hyväksyntä pyydetään ympäristöministeriöstä. Suunnitelmasta kannattaa kuitenkin siinäkin tapauksessa olla ensin yhteydessä ELY-keskukseen.

Valtion omistamien suojelun alueiden Metsähallituksen luontopalvelujen työnä toteutettavat suunnitelmat hyväksyy luonnonsuojelun aluepäällikkö sen jälkeen, kun suunnitelmat ovat käyneet lausunnoilla ja niitä on täydennetty tarvittaessa.

Viestinnästä suunnitelmaan kirjataan, riittääkö perustiedottaminen vai tarvitaanko jostain syystä erityistä tai kohdennettua viestintää. Perustiedottamiseen kuuluvat mm. tiedote toimenpiteistä paikallisiin viestimiin, informaatiotaulujen

pystyttäminen alueille, joissa on virkistyskäytön rakenteita tai muuten vilkasta retkeilykäyttöä, sekä tarvittaessa naapurimaanomistajien informoiminen ennallistamis- tai luonnonhoitotöistä.

## 6.11 Työmaan valmistelu ja ohjeistus

Työmaan valmistelu aloitetaan hyvissä ajoin ennen varsinaista toteutusta. Jos ennallistamissuunnitelman tekijä ja työmaan ohjaaja ovat eri henkilöt, on tärkeä laatia ennallistamisen työmaaohje yhteistyössä, jotta ennallistamisen tavoitteista ja menetelmistä vallitsee yksimielisyys.

Kiinteistörajan läheisyydessä tehtävistä ennallistamistoimista ilmoitetaan tarvittaessa etukäteen rajanaapureille. Tarvittaessa kiinteistöraja ja toimenpidealueen erityiskohteet merkitään maastoon ennen töiden alkamista. Alueelle johtavien teiden käyttöoikeudet selvitetään ja tarvittaessa sovitaan yksityisten teiden käytöstä ja kulkuoikeuksista.

Työmaan toteutusta varten tehdään työmaaohje, jossa toimenpiteet esitetään selkeällä kartalla. Lisäksi työmaaohjeessa voi olla sanallisia toimenpiteiden tarkennuksia ja tilaa toimenpiteiden toteuttajan keräämälle tiedolle (esim. kaadettujen puiden lukumäärä). Työmaaohjeeseen on merkittävä myös vaaran paikat: pehmeiköt, puhelinlinjat, sähkölinjat, jyrkänteet matkalla kohteelle jne.

Hätätapauksen varalta työmaaohjeeseen merkitään koordinaattipiste (WGS 84) kohdetta lähinnä olevalle ajokelpoiselle tielle ja yleinen hätänumero sekä lähimmän terveyskeskuksen puhelinnumero. Myös työmaan ohjaajan puhelinnumeron tulee löytyä työmaaohjeesta.

Työmaaohjeita valmisteltaessa huomioidaan yleiset ja erityiset työsuojelu- ja ympäristönsuojeluseikat. Yleisiä vaatimuksia ovat Metsähallituksen ympäristö- ja laatuohjelmien noudattaminen koneetöissä (koneissa oltava mm. öljyn imeytysvälineistö ja käsisammutin). Erityisiä työsuojeluseikoita ovat mm. raskaan kaluston kulkureittien sijoitteluun ja työskentelyyn vaikuttavat vaaratekijät (mm. sähkölinjat, pehmeiköt), samoin metsureiden liikkumiseen liittyvät asiat (pehmeiköt kartalle myös moottorikelkkoja varten, moottorikelkoilla liikuttaessa täytyy olla asianmukainen suojarustus jne.). Erityisiä ympäristönsuojelunäkökohtia liittyy pohjavesialueella tai pienveden läheisyydessä toimimiseen.

## Korkeustieto ennallistamisen suunnittelussa

*Sakari Rehell, Juha Siekkinen ja Antti Leinonen*

Soiden ennallistamisen suunnittelun keskeinen lähtökohta on tieto maanpinnan ja vedenpinnan korkeustasoista. Mitä tarkemmin korkeudet on selvitetty, sitä paremmin pystytään arvioimaan toimenpiteiden vaikutukset ja mitoittamaan toimenpiteet tavoitteiden mukaisiksi.

Peruskartoilla maanpinnan korkeussuhteet esitetään 2,5 metrin välein piirrettyjen korkeuskäyrien avulla. Peruskartta-aineisto yhdessä ilmakuvien kanssa sekä veden virtaussuhteiden tarkastelu maastossa on useissa tapauksissa riittävä pohja suunnittelulle.

Tarkkaa korkeustietoa tarvitaan, kun selvitetään ennallistamisen mahdollisia haitallisia vaikutuksia ennallistettavan alueen tai suojelualueen ulkopuolelle, haittojen välttämistä ja toimenpiteiden mitoittamista oikein. Esimerkiksi:

- Aiheutuuko naapurikiinteistölle mahdollisesti vettymishaittoja? Miten sijoitetaan pato siten, ettei se aiheuta haittaa naapurikiinteistölle tai esimerkiksi ennallistamisalueen aralle kohteelle?
- Onko alueella ennallistamisen kannalta hyödyllisiä uomia, kuten kuivuneita luonnonpuuroja, joihin vesi pyritään ohjaamaan?
- Onko alueella sellaisia uomia, joihin vesi ei saa päästä virtaamaan ennallistamisen jälkeen?
- Kuinka pitkät pintavallit tarvitaan painuneen ojan poikki, jotta vesi ei kierrä patoja, vaan virtaa haluttuun suuntaan?
- Kuinka laajoja ja syviä lammikoita patojen taakse muodostuu?

Mahdollisen vettymishaitan laajuuden ja suuruuden määrittely vaatii usein tarkkoja tietoja korkeuksista. Jos vedennousu ulottuu naapurikiinteistön puolelle, hankkeesta pitää olla yhteydessä ko. kiinteistön omistajaan. Naapurikiinteistöllä vedennousu todetaan usein ensimmäisenä ojissa. Kuivavaran alenemiseen voi joutua pyytämään omistajalta kirjallisen suostumuksen. Asiassa kannattaa olla yhteydessä myös alueellisen ELY-keskuksen yleisen edun valvojan, joka voi neuvoa kuivatusvaraan liittyvissä asioissa. Metsämaalla puuston kasvu heikkenee merkittävästi,

kun kuivavara on alle 30 cm. Mikäli haitta-alue ulottuu ennallistamisalueen ulkopuolelle, voidaan suo ennallistaa vain jos siihen saadaan kaikkien haittaa kärsivien naapurikiinteistöjen omistajien kirjallinen suostumus, jossa määritellään mm. suunnitellut toimenpiteet sekä toimenpiteistä seuraavien haittojen laajuus ja suuruus. Haitta-alueen laajuus ja haitan suuruus määritellään yleensä kuivavaran muutoksen perusteella.

### Tarkan korkeustiedon hankinta

#### *Vaaitus*

Korkeussuhteiden vaaitseminen maastossa on toimiva menetelmä, kun korkeussuhteet tarvitaan rajatulta määrältä sijaintipisteitä eikä mitatuista korkeuspisteistä tarvitse muodostaa jatkuvaa pintaa. Menetelmän heikkoutena ovat mittaamisen hitaus, monivaiheisen mittaamisen menetelmän aiheuttamat mittausvirheet sekä mahdolliset mitauspisteiden sijaintivirheet. Yleensä perinteisellä optisella vaaituskiikarilla saatavat lukemat ovat kuitenkin riittävän tarkkoja ja helppoja tulkita. Vaaitsemiseen tarvitaan kaksi henkilöä: toinen pitää lattaa ja toinen katsoo lukeman kiikarista. Avoimella paikalla tähtäminen voi onnistua useiden satojen metrien etäisyydelle, mutta pitkällä tähtäyksillä mittauksen epätarkkuus kasvaa huomattavasti. Heikosti kantavalla alueella, kuten suolla, kiikari voi olla vaikea saada pysymään mitattaessa paikoillaan, mikä osaltaan heikentää mittaustarkkuutta.

#### *Tasolaser*

Tasolaserin käyttöön voi perehtyä nopeasti ja mittauksen tekeminen on helppoa (kuva 1). Tasolaser soveltuu mittaustöihin, joissa vaaditaan melko pitkiä toimintamatkoja ja hyvää tarkkuutta. Mittaamiseen riittää yksi henkilö.

Laserlähetin vakaa lasersäteen automaattisesti vaaka-asentoon, mikä vähentää mittavirheitä. Avoimilla alueilla tasolaserilla voi mitata 2–3 senttimetrin korkeustason tarkkuudella useiden satojen metrien etäisyydeltä. Näkemäesteet, ku-





Kuva 1. Tasolasermittaus on helppo tehdä yksin ja menetelmä on tarkka. Kuva: Juha Siekkinen.

ten puusto ja pensaat voivat kuitenkin rajoittaa mittausetäisyyksiä merkittävästi.

### GPS-laitteet

Jos tarvitaan hyvin tarkkaa korkeustietoa, voidaan käyttää VRS- tai RTK-verkossa toimivaa GPS/GNSS-paikannusta (Maanmittauslaitos 2013, kuva 2). Siinä kartoitusvastaanottimen lähelle määritellään virtuaalinen tukiasema kiinteän tukiasemaverkon havaintojen ja erilaisten virhelähteiden mallinnuksen avulla. Mittaaja kulkee sauvaan asennetun GPS-vastaanottimen kanssa suunniteltavan alueen läpi ja saa tarkat tiedot mitauspisteiden korkeuksista ja sijainnista. Etuina ovat hyvä tarkkuus ja laajojen alueiden suhteellisen nopea kartoittaminen. Laitteet ovat kuitenkin kalliita ja vaativat käyttäjältään erikoisosaamista.

Edulliset, retkeilijöidenkin käyttämät GPS-käsinavigaattorit soveltuvat vain sijainnin selvittämiseen. Niistä saatava korkeustieto on vain suuntaa antava eikä sovellu ennallistamissuunnittelun tueksi.

Kuva 2. GPS/GNSS-mittausjärjestelmällä saadaan tarkka korkeusvaihtelutieto suhteellisen nopeasti laajaltakin alueelta. Kuva: Juha Siekkinen.

### Takymetri

Tarkkaan mittaukseen sopii myös takymetri, joka on kulma- ja etäisyysmittauskoje. Mitattaessa takymetri lähettää infrapunasäteen, joka heijastuu takaisin mitattavalla kohteella olevasta prismasta tai esimerkiksi maanpinnasta. Laitteella voidaan laskea jokaiselle heijastuspisteelle koordinaatti- ja korkeustieto. Takymetrit ovat kuitenkin kalliita ja vaativat käyttäjältään erikoisosaamista. Niitä käytetään esimerkiksi vesilintukosteikkojen suunnittelussa (kuva 3).





**Kuva 3.** Takymetrimittauksen tulokset ovat tarkat ja maanpinnan muotoja voi havainnollistaa saadun aineiston avulla monipuolisesti. Aineiston perusteella voi vertailla joustavasti esimerkiksi kosteikon toteuttamisen vaihtoehtoja. Kuva: Juha Siekkinen.

### Laserkeilaus

Laserkeilaus on uusi menetelmä, josta on tulossa yhtä tärkeä ennallistamisen suunnittelun ja seurannan työväline kuin ilmakuvista (ks. kuva 141 s. 272). Menetelmä perustuu lentokoneeseen asennetun laserkeilaimen maahan ampumien laser-pulslien heijastumisen analysointiin. Keilaimen mittaamista heijastumista muodostetaan pistejoukko (pistepilvi), jonka jokainen piste sisältää x- ja y-koordinaattien lisäksi mm. korkeustiedon. Pisteiden korkeustarkkuudeksi on määritelty 15 senttimetriä (Maanmittauslaitos 2013).

Pistepilvestä voidaan tuottaa jatkuvia pintoja. Jatkuvat pinnat voidaan muodostaa kaikista pistepilven pisteistä tai valitsemalla tiettyä luokkaa edustavia pisteitä. Jos pinta muodostetaan pelkästään maanpinnasta heijastuneista pisteistä, saadaan maanpinnan korkeusmalli. Soiden ennallistamisen suunnittelussa tarvitaan kuitenkin eniten maanpinnan korkeustietoa, jonka perusteella voidaan tuottaa esimerkiksi maastonmuotoja havainnollistavia vinovalovarjostuskuvia (kuva 4A), maanpinnan korkeuskäyrästäjä tai korkeusprofileja. Vinovalovarjosteet antavat hyvän yleiskuvan alueen korkeussuhteista sekä ojien kunnosta ja koosta. Pintamalla analysoimalla saadaan myös laskettua tarkasti haitta-alueen laajuus sekä kuivavaran suuruus erilaisilla padotuskorkeuksilla.

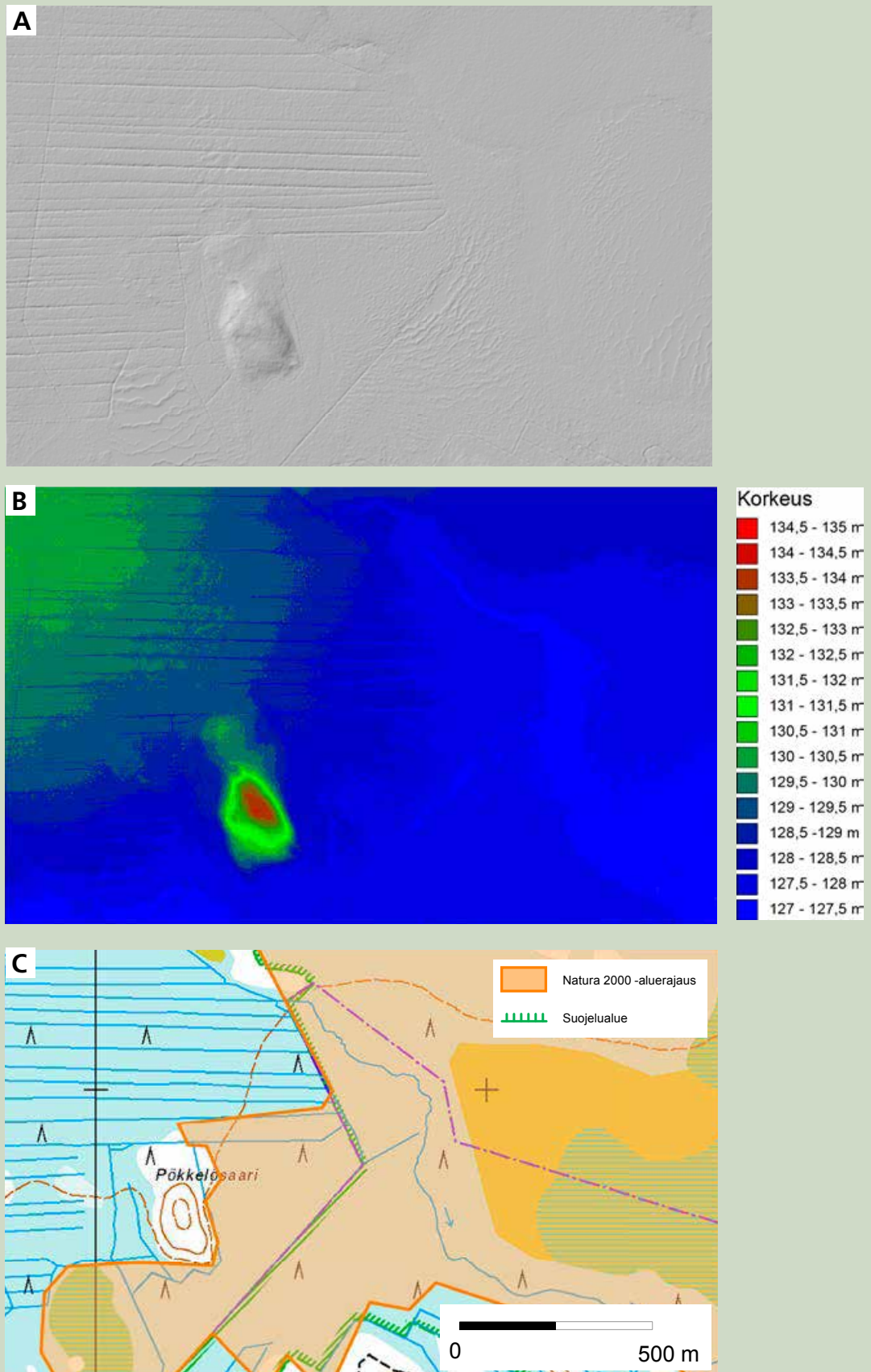
Kasvillisuudesta tapahtuvan heijastuksen perusteella saadaan suhteellisen tarkka tieto puus-

ton tilavuudesta. Ennallistamiskohteella tämä voi helpottaa hakkuiden suunnittelua.

Yksittäisten pisteiden korkeustietoa voidaan käyttää esimerkiksi vettymisalueen ja viereisen metsän, pellon tai tien pinnan korkeustietojen vertaamiseen. Aineistoa tulkittaessa on kuitenkin huomattava, että korkeustiedon tarkkuus riippuu siitä, millaisesta pinnasta pulssi on heijastunut. Esimerkiksi tiheä kasvillisuus sekä soilla mätäs-, väli- ja rimpipinnoista johtuva pinnanmuotojen vaihtelu heikentävät yksittäisen pisteen informaation luotettavuutta, minkä vuoksi vertailuun tarvitaan useita pisteitä.

Laserkeilausaineistoa on kerätty Suomessa vuodesta 2008 lähtien. Maanmittauslaitoksen lisäksi laserkeilausta tehdään kaukokartoitusperusteisen metsien inventoinnin yhteydessä. Tämä korkeusaineisto vastaa tarkkuudeltaan pääpiirteisään Maanmittauslaitoksen tuottamaa aineistoa. Yksityismailla metsävarojen inventoinnin yhteydessä tehtävästä laserkeilauksesta vastaa Suomen metsäkeskus. Lisäksi vastaavaa keilausta tehdään Metsähallituksen sekä suurimpien metsänomistajien mailla.

Laserkeilausaineistoa ja käsittelyohjelmia löytyy esimerkiksi Metsähallituksesta sekä Suomen metsäkeskuksesta. Lisäksi Maanmittauslaitoksen nettisivuilta voi tarkastella aineiston kattavuutta ja ladata laserkeilausaineistoa maksutta avoimien aineistojen tiedostopalvelusta. Aineiston tarkasteluun ja käsittelyyn tarvittavia ohjelmia on saatavissa myös maksutta internetistä (Ventin 2011).



**Kuva 4.** Laserkeilausaineistoa on hyödynnetty Pyhännän Törmäsenrimmen Natura-alueen reunaosien ennallistamisen suunnittelussa. Metsähallituksen metsätalouden ja luontopalvelujen kesken sovitaan Natura-alueen ulkopuolisen alueen kunnostusojitusten ja suojellun suon ennallistamisen rajanvedosta. Vinalovarjostus (A) havainnollistaa oijen kuntoa ja alueen topografiaa. Korkeusmallia (B) ja karttakuvaa (C) vertaamalla selviää suon pinnan kaltevuus, joka on karttakuvassa Natura-ajan ympärillä noin 50 cm/100 m. Tietoa voidaan hyödyntää patojen ja syöttöojien paikkoja suunniteltaessa. Esimerkiksi jos vesi nousee Natura-alueen ennallistettavalla suolla pinnan tasalle, noin sadan metrin päässä tästä metsätalouden ojan varrella kuivavaraa olisi vähintään 50 cm. © Metsähallitus 2013, © Maanmittauslaitos 1/MML/13.

## Putkilokasvien ja sammalten siirrot soiden ennallistamisen yhteydessä

*Heikki Eeronheimo, Kaisu Aapala ja Terhi Korvenpää*

Yleensä Suomen metsäojitetuilla soilla on edelleen jäljellä suolajistoa, eikä tavanomaisen suokasvilajiston siirtoistutuksia tarvita ennallistamisen yhteydessä. Siirtoistutusten tarve voi nousta esiin esimerkiksi tilanteessa, jossa joillekin lajeille tarpeelliset ennallistamistoimenpiteet ovat haitallisia joillekin toisille lajeille. Tuolloin ennallistamisen haittoja voidaan pyrkiä vähentämään siirtoistutuksien avulla.

Jos ennallistettavaksi suunnitellulla alueella kasvaa lainsäädännössä huomioon otettavaksi määrättyjä (luontodirektiivin liitteiden II tai IV, erityisesti suojeltavia tai rauhoitettuja kasvilajeja), uhanalaisia tai joissain tapauksissa myös muuten erityisiä lajeja (esim. kasvilaji muodostaa suojelukohteen keskeisen suojeluarvon tai laji on seudulla harvinainen), tulee suunnittelussa arvioida ennallistamistoimien vaikutukset näihin sekä siirtoistutusten tarve ja mahdollisuudet. Ennallistamissuunnitelma ja lajivaikutusten arviointi on tällaisissa tapauksissa syytä tehdä yhteistyössä lajiasiantuntijoiden kanssa.

Edellä mainittujen, suojelutarpeessa olevien kasvilajien elinympäristöjen ennallistamista tai mahdollisia siirtoistutuksia suunniteltaessa on otettava huomioon

- lajeihin liittyvät lainsäädännölliset velvoitteet (luontodirektiivin lajit, erityisesti suojeltavat ja rauhoitetut lajit)
- lajien merkitys suojelukohteen suojeluperusteena
- lajin valtakunnallinen ja alueellinen suojelutarve
- lajin esiintymispaikan nykytila, esiintymän merkitys lajin suojelulle sekä esiintymän tulevaisuudennäkymät pitkällä aikavälillä ilman hoitotoimia ja hoidettuna
- ennallistettavan paikan muut arvot suhteessa lajiin ja sen esiintymän merkitykseen
- ennallistamisen ja mahdollisen siirron onnistumisen todennäköisyys.

Elinympäristön ennallistaminen saattaa tiettyissä tapauksissa olla perusteltua, vaikka jotkut suojelutarpeessa olevat lajit siitä kärsisivät. Esimerkiksi silloin, jos samalla kohteella on toista,

vielä uhanalaisempaa lajia, joka taantuisi tai jopa häviäisi, ellei kohdetta ennallistettaisi. Aina siirto ei ole tarpeen, vaikka kyse olisi uhanalaisesta lajista. Esimerkiksi jos laji on kohteella huomattavan runsas, siirrolla ei todennäköisesti saavutettaisi merkittävää lisähyötyä.

### Siirtoistutusten tarve ennallistamisen yhteydessä

Kokemukset suojelutarpeessa olevien kasvien siirtoistutuksista ovat toistaiseksi vähäisiä, joten lajien siirto on suunniteltava perusteellisesti ja toteutettava huolella. Siirtoihin liittyvät toimet on dokumentoitava ja siirron vaikutuksia on seurattava, jotta tarvittaessa voidaan tehdä lisätoimenpiteitä ja jotta siirtokokemuksia voidaan hyödyntää laajemmin. Lajien siirron periaatteita ja tarpeita arvioidaan jatkossa myös ennallistamisseurantojen tulosten pohjalta.

Mahdolliseen lajinsiirtotarpeeseen ennallistaja törmää yleisimmin lähdevaikutteisilla soilla tai letoilla, jos arvokasta ja uhanalaista kasvilajistoa kasvaa ojien pohjilla tai penkoilla (kuva 1). Elinympäristön ekologisesti tarkoituksenmukainen ennallistaminen saattaa edellyttää myös näiden ojien tukkimista. Myös ojituksen seurauksena kuivuneille rimpipinnoille on voinut siirtyä uhanalaisia välipintalajeja, joiden säilyminen vaarantuu, kun rimpipinnat vettyvät ennallistamisen jälkeen. Näissä tapauksissa lajien ja kasvustojen siirrot sopiviin elinympäristöihin voivat varmistaa suojelutarpeessa olevan lajin populaatioiden säilymisen.

Kasvilajien siirtoon on useita vaihtoehtoja. Siirtojen yhteydessä on aina varmistuttava, ettei niistä aiheudu haittaa alueen muille suojelutarpeessa oleville lajeille.

- Kasvusto voidaan siirtää sopivalle kasvupaikalle samalla suolla.
- Jos voidaan perustellusti olettaa, että lajille sopivaa elinympäristöä syntyy tai palautuu ennallistamisen yhteydessä, laji voidaan siirtää myös suoraan tällaiselle paikalle. Kasvuston siirtämistä täytetyn ojan päälle tulee kuitenkin harkita huolellisesti tapauskohtaisesti.

Myllätty ja paljas turvepinta on esimerkiksi vaateliaille lettojen putkilokasveille yleensä vaikea elinympäristö, vaikka se voi olla monille uhanalaisille sammallajeille tärkeä lyhytaikainen kasvupaikka. Paljaalla, pitkälle maatuneella turvepinnalla kosteusolot voivat vaihdella voimakkaasti, vaikka vedenpinnan tason muutos ei olisikaan kovin suuri. Myllätyllä turvepinnalla kasvien käytössä olevien pääravinteiden määrä kasvaa, mikä voi antaa voimakkailla kilpailijoille lettolajeja paremman kasvuedun. Lisäksi alun perin märillä soilla ojien varret ovat yleensä painuneet voimakkaasti, joten ennallistamisen jälkeen ne jäävät usein osittain veden peittämiksi, mikä voi haitata siirrettävien lajien menestymistä.

- Perattuja lähdepuroja ennallistettaessa on siirretty tavanomaisen lähdesammallajiston kasvustoja turvaan toimenpiteiden ajaksi (ks. luku 13.7). Lopuksi ne on istutettu takaisin puroomaan kivien tai puunkappaleiden suojaan. Toimenpiteen vaikutuksia on seurattu silmämääräisesti, ja siirrot ovat yleensä onnis-

tuneet hyvin. Näyttää siltä, että sammalet lähtevät hyvin kasvuun myös versonkappaleista, mikäli olosuhteet ovat sopivat.

- Siirto voidaan toteuttaa vaiheittain siirtämällä ensin osa kasvustosta ja varmistaa siten siirron onnistuminen jo ennen ennallistamista.
- Siirtoistutus voi putkilokasveilla olla varsinaisten kasviyksilöiden siirtämisen ohella myös siemenien siirtämistä eli kylvämistä sopivalle kasvupaikalle. Kasvien kylväminen voisi olla kokeilun arvoinen ja luonnonsuojelubiologisesti kustannustehokas keino, sillä sitä voisi kasvuston vaarantumatta toteuttaa jopa useampana vuonna ennen varsinaista ennallistamista. Tällöin lajia saataisiin levitettyä mahdollisimman moneen sopivaan paikkaan, mikäli itse kasviyksilöiden siirto epäonnistuisi. Esimerkiksi Life Luonto -hankkeessa 'Tikankontin ja lettorikon suojelu Pohjois-Suomessa' huomattiin, että lettorikko lähti hyvin kasvuun siemenistä sopivalla kasvupaikalla (Laitinen 2005, Kulmala 2005).



**Kuva 1.** Metsähallituksen luontopalvelujen työntekijät siirtämässä lettorikkoa turvaan kauemmaksi ojasta ennen ennallistamistöitä. Ennallistaminen ja lettorikon siirto tehtiin Tervolassa Keskipalonjärgällä, joka sisältyy Karhuaavan–Heinjängän–Kokonrämeen Natura 2000 -alueeseen. Pikkukuvassa irrotettu lettorikkokasvusto on odottamassa siirtoa lajille soveliaaseen paikkaan. Kuvat: Markku Pernu.

Suojelualueiden hoidon ja käytön periaatteiden (Metsähallitus 2010) mukaan luonnonsuojelualueelle voidaan tarvittaessa palauttaa siirtoistutuksella myös alueella aiemmin esiintynyt, mutta sieltä hävinnyt suojelun tarpeessa oleva laji. Poikkeuksellisesti alueelle voidaan siirtää myös suojelutarpeessa oleva laji, jonka ei tiedetä siellä esiintyneen mutta jonka säilymiseen suojelualue tarjoaa ainoan tai vaikeasti korvattavan ympäristön. Näissäkin tapauksissa on ennen siirtoa arvioitava toimenpiteen vaikutus lajiin tai lajistoon siirron lähtöalueella ja kohdealueella, kohdealueen sopivuus lajille sekä siirron tuloksena syntyvän tai vahvistuvan uuden populaation vaatimat hoito- ja seurantatoimet kohdealueella. Nämä siirrot tehdään ensisijaisesti ennallistettuihin elinympäristöihin.

#### Lajien lainsäädännöllinen asema ja siirtoihin tarvittavat luvat

Lajisiirtoja suunniteltaessa on muistettava, että kasvien kaivaminen maasta ja siirto eivät kuulu jokamiehen oikeuksiin, vaan minkä tahansa kasvilajin siirtoon millä tahansa alueella tarvitaan aina maanomistajan lupa.

Lajien lainsäädännöllinen asema on määritelty luonnonsuojelulaissa, johon on sisällytetty myös luontodirektiivin määräykset. **Rauhoitetun kasvin** (LSL 42 §) tai sen osan poimiminen, kerääminen, irtileikkaaminen, juurineen ottaminen tai hävittäminen on kielletty. Sama koskee soveltuvin osin rauhoitetun kasvin siemeniä.

**Luontodirektiivin liitteen IV (b) kasvilajit** ovat rauhoitettuja, jolloin niiden yksilöiden hävittäminen on kielletty (LSL 42 §). Mikäli ennallistamisen yhteydessä on riski rauhoitettujen lajien tai luontodirektiivin liitteen IV (b) lajien yksilöiden tuhoutumiseen tai niitä suunnitellaan siirrettäväksi, toimiin tarvitaan ELY-keskuksen myöntämä poikkeuslupa (LSL 48 § ja 49 §).

Natura-alueilla toimet eivät saa heikentää **luontodirektiivin liitteen II lajien** kokonaistilannetta alueella. Jos epäillään, että toimenpiteet saattavat heikentää näiden lajien kokonaistilannetta, tarvitaan LSL 65 §:n mukainen Natura-arviointi- ja lausuntomenettely. Ennallistamissuunnitelma voidaan hyväksyä, jos em. menettely osoittaa, että toimenpiteet eivät merkittävästi heikennä kyseisten lajien tilannetta Natura-alueella.

Ennallistamistoimenpiteet eivät saa heikentää **erityisesti suojeltavien lajien** (LSL 47 §) säilymiselle tärkeitä esiintymispaikkoja. Kielto tulee voimaan sen jälkeen, kun ELY-keskus on tehnyt esiintymispaikasta rajauspäätöksen. Vastaava koskee myös muiden ko. lainkohdan mukaan rajattujen lajien esiintymiä. Poikkeaminen säännöksistä on sallittu vain ELY-keskuksen luvalla. Vaikka erityisesti suojeltavan lajin esiintymästä ei olisi tehty rajauspäätöstä, on jo ennallistamissuunnitelmaa laadittaessa syytä olla yhteydessä ELY-keskukseen. Suojelualueilla erityisesti suojeltavien lajien tilannetta ei saa heikentää, vaikka esiintymää ei olisi rajattu. Lakisäateisillä suojelualueilla ei yleensä tehdä luonnonsuojelulain mukaisia erityisesti suojeltavien lajien rajauksia, vaan alueen suojelustatus edellyttää, että lajin säilyminen varmistetaan suojelualueen hoitoa tai ennallistamista suunniteltaessa.

Muille uhanalaisille lajeille ei lainsäädännössä ole määritelty huomioonottamisvelvoitteita. Toimijoiden ja maanomistajien tekemät vapaaehtoiset sitoumukset ja ympäristöohjeet sisältävät kuitenkin tavoitteita ja ohjeita niidenkin huomioon ottamiselle erilaisia toimia toteutettaessa. Poikkeustapauksissa tällaisen lajin esiintymälle aiheutuvia haittoja voidaan hyväksyä myös suojelualueilla, kunhan toimilla saavutettava luonnonsuojelullinen hyöty on perusteltavissa suhteessa haittoihin ja haitat on minimoitu.

## Soiden ennallistamiseen liittyvät hyönteistuhoriskit

Atte Komonen, Tero Toivanen ja Pekka Punttila

Soiden ennallistamiskohteilla kuolee puita, kun oja tukitaan kaivinkoneilla sekä sitä seuraavan pohjavedenpinnan nousemisen takia. Lahopuuta muodostuu myös, jos puita kaulataan tai kaadetaan haihduttavan puuston vähentämiseksi. Kaikki toimenpiteet, jotka tuottavat kuollutta puuainesta, voivat periaatteessa lisätä ns. tuhohyönteisten yksilömääriä. Soiden ennallistamiseen liittyvät hyönteistuhot ovat kuitenkin mahdollisia lähinnä järeäpuustoissa korvissa tai rämeillä, joilla puusto on järehtynyt ojituksen myötä. Lisääntyneet yksilömäärät eivät kuitenkaan automaattisesti tarkoita, että hyönteiset aiheuttaisivat haittoja ennallistamis- tai suojelualueiden ympäristössä. Haittariskiін vaikuttavat mm. kuolleiden puiden määrä ja laatu, ympäröivien alueiden puusto sekä sääolosuhteet.

Tässä kirjoituksessa tarkastelemme soiden ennallistamistoimien mahdollisia vaikutuksia hyönteistuhoriskiін korvissa ja rämeillä. Koska tutkimustuloksia turvemailta ei oikeastaan ole, tarkastelemme tuhoriskiä periaatteelliselta kannalta tukeutuen tuloksiін mm. kivennäismaiden metsistä. Laajemmin metsien ennallistamiseen ja luonnonhäiriöihin liittyvään hyönteistuhoriskiін voi perehtyä Metsien ennallistamisoppaassa (Komonen ym. 2011). Tuloksia tulkittaessa on muistettava, että turvemaiden metsät poikkeavat monella tavalla kivennäismaiden metsistä. Esimerkiksi luontaisten häiriöiden kirjo on turvemailloilla osittain erilainen kuin metsissä: metsäpalot ovat harvinaisempia, (pohja)vedenpinnan vaihtelun merkitys on suurempi ja myrskyt kaatavat puita lähinnä korvissa.

### Korvet

Korvissa metsätuhoja voi aiheuttaa lähinnä kuusella elävä kovakuoriaislaji kirjanpainaja (*Ips typographus*). Kirjanpainajat lisääntyvät kuolleissa, läpimitaltaan yli 15-senttimetrissä puissa, ja ne voivat runsastuttuaan tappaa myös eläviä puita. Kirjanpainaja on termofiilinen laji, eli se suosii avoimia, valoisia ja siten myös lämpimiä alueita. Siksi kirjanpainaja harvemmin aiheuttaa merkittävää haittaa sulkeutuneissa metsissä (Annila

1969, Martikainen ym. 1999, Weslien & Schroeder 1999). Myös korpien pienilmasto on kirjanpainajalle epäedullinen.

Liesjärven Soukonkorvessa ennallistettiin 1995 puustoinen ojitettu korpi, minkä jälkeen sinne on syntynyt vähittäin huomattavia määriä (paikoittain satoja kuutioita) lahoavaa kuusipuuta (kuva 1). Kovakuoriaislajistoa on seurattu vuosina 1995–2010 (Harri Tukia, julkaisematon aineisto). Kaarnakuoriaisten yksilömäärät nousivat kahtena ensimmäisenä vuotena ennallistamisesta mutta palautuivat nopeasti alkuperäiselle tasolle. Kaiken kaikkiaan kaarnakuoriaisten yksilömäärät ovat olleet hyvin vaatimattomia. Ennallistetun korven reunoilta kivennäismaan puolelta löytyi muutamia kuusia, joissa oli merkkejä kaarnakuoriaisista mutta jotka olivat saattaneet kuolla myös vedenpinnan nousun seurauksena. Merkkejä kirjanpainajatuhosta ja sen leviämisestä ei ole havaittu.

Tutkimalla tuhohyönteisten esiintymistä myrskyjen ja muiden häiriöiden jälkeen voidaan arvioida hyönteistuhoriskiä tilanteissa, joissa kuollutta puuta saattaa olla huomattavasti enemmän kuin mitä korpiin ennallistamisen yhteydessä tuotetaan tai syntyy. Yksittäisten pienialaisten myrskynkaatoalueiden puissa lisääntyneiden kaarnakuoriaisten ei ole yleensä havaittu aiheuttaneen tuhoja ympäröivissä metsissä (Annila & Petäistö 1978, Eriksson ym. 2006, 2007). Varjoisuuden ja kuolleen puuston tilavuuden osalta nämä vastannevat jossain määrin ennallistettuja korpia. Etelä-Ruotsissa kirjanpainaja sen sijaan tappoi satoja puita yli 10 hehtaarin myrskytuhoalueilla, kun myrskyn kaatamia puita oli 16–55 kappaletta hehtaarilla (Schroeder 2001).

Ennallistamiseen liittyviä tuhohyönteistutkimuksia on tehty jonkin verran kivennäismaiden metsissä. Eteläsuomalaisessa tutkimuksessa tapettiin kuusia 20 puun ryhmiin (Eriksson ym. 2008). Osassa ryhmistä puut oli sahattu poikki (ei juuriyhteyttä) ja toisissa työnnetty kumoon (juuriyhteys). Nämä toimenpiteet eivät aiheuttaneet merkittävää kuolleisuutta ympäröivissä kuusissa. Joensuu ym. (2008) tutkivat reheviä, kuusivaltaisia, yli 80-vuotiaita entisiä talousmetsiä suojelu-



Kuva 1. Soukonkorpea seitsemän vuotta ennallistamisen jälkeen. Liesjärvi 2002. Kuva: Harri Tukia.

alueella Kuopiossa. Rehevät kuusivaltaiset metsät vastannevat monilta ekologisilta olosuhteiltaan (esim. pienilmasto) melko hyvin korpia. Kolmelle koealalle luotiin neljä aukkoa kaatamalla kaikki puut joko räjäyttämällä tai puskemalla ne nurin traktorilla syksyn ja talven aikana. Kahdelle verkkoalalle ei tuotettu lahoppuuta. Ennallistamistoimien jälkeisenä vuonna kirjanpainaja oli erittäin vähälukuinen ennallistamiskohteilla, ja lajin aiheuttaman tuhoriskin katsottiin olevan merkityksetön. Alueella ei myöskään havaittu kirjanpainajan tappamia pystypuita. Tuotetun tuoreen kuusimaapuun määrä koealoilla oli 19–35 m<sup>3</sup>/ha, mikä on huomattavasti enemmän kuin korpien ennallistamisessa tuotettavat lahoppumäärät. Metsähallituksen paikkatietojärjestelmän mukaan lahoppuun määrän lisäys korpien ennallistamisen yhteydessä on keskimäärin alle 8 m<sup>3</sup>/ha.

Evolla majava tulvitti puron varressa 4,5 hehtaarin kuusivaltaisen metsän, mutta ympäristössä ei havaittu merkittäviä hyönteisten aiheuttamia metsätuhoja (Saarenmaa 1978). Tulva-alueen aarnimetsäosissa esiintyi lähinnä sekundaarisia lahoppukovuoriaisia, aukon reunassa jonkin ver-

ran kirjanpainajaa. Majavan tulvittamaa metsää ei voi kuitenkaan suoraan verrata ennallistettuun puustoiseen suohon, sillä ennallistetulla suolla ei ole yli kasvukauden jatkuvaa tulvaa, joka tappaa kaikki puut.

Ennallistamisalueen rajauksen huolellisella suunnittelulla kirjanpainajariskiä voidaan entisestään pienentää. Erityisesti on vältettävä tilanteita, joissa ennallistamisalue rajautuu eteläpuolelta avoimeen alueeseen.

On kuitenkin muistettava, että kun olosuhteet ovat poikkeukselliset, kirjanpainaja pystyy tappamaan puita myös sulkeutuneen metsän sisällä. Iitin Saviojalla kaulattiin pystyyn ja kaadettiin sahaamalla kuusia useisiin erillisiin ryhmiin yhteensä noin 156 m<sup>3</sup> taponlehtiesiintymän hoitamiseksi. Saviojan kuusikko on vanhaa ja tasaikäistä ja kasvaa kuivumiselle altistavalla savimaalla. Kirjanpainajan havaittiin runsastuneen hoitotoimien jälkeen ja tappaneen kookkaita kuusia metsän sisällä, kaulattujen pystypuiden ja maapuurytöjen välittömässä läheisyydessä (Komonen & Alajoki 2011). Olosuhteet olivat kesällä 2010 poikkeuksellisen helteiset, mikä oli todennäköisesti heiken-



tänyt puiden vastustuskykyä ja toisaalta mahdollistanut sen, että kirjanpainaja pystyi tuottamaan paikoin myös toisen sukupolven.

## Rämeet

Etenkin hyväkasvuisilta rämeiltä saatetaan ennallistamisen yhteydessä kaataa ojituksen jälkeä kasvanutta puustoa. Jos puut korjataan pois, hyönteistuhoriskia ei synny. Mutta jos kaadettuja järeitä puita ei syystä tai toisesta pystytä kuljettamaan pois tai jos puustoa kuolee lisäksi runsaasti veden pinnan nousun seurauksena, hyönteistuhoriski voi kasvaa. Männiköissä (rämeillä) metsätuhoja voivat aiheuttaa lähinnä ytimennävertäjät (*Tomiscus*-suku kuva 2). Lisäännyttyään kaadetuissa puissa aikuiset lentävät ruokailemaan ympäröivien mäntyjen latvuksiin. Latvakasvainten syönti voi aiheuttaa kasvutappioita, mutta toisin kuin kirjanpainaja, nävertäjät eivät yleensä pysty tappamaan elinkykyisiä puita. Ytimennävertäjien esiintymistä tuulenkaadoissa on Pohjoismaissa tutkittu melko paljon, etenkin muutaman hehtaarin kokoisissa aukoissa, joissa on ollut alle 60 runkoa hehtaarilla (Annala & Petäistö 1978, Långström 1984). Tutkimusten mukaan kasvainsyönti ei lisääntynyt merkittävästi tuulenkaatoaukkojen ympäristössä.

Patvinsuon kansallispuistossa ja Ruunaan luonnonsuojelualueella on tutkittu ytimennävertäjien kasvainsyöntiä eri etäisyyksillä pienaukoista laskemalla maahan pudonneiden vuosikasvainten määriä 1–2 vuotta pienaukotuksen jälkeen (Komonen & Kouki 2008). Ruunaalla lahoppuuta oli pienaukotuksen jälkeen kuvioilla 16–52 m<sup>3</sup>/ha ja yksittäisissä aukoissa 3–11 m<sup>3</sup>/ha. Patvinsuolla lahoppumäärät olivat vastaavan suuruisia. Ytimennävertäjien syömien kasvainten määrä lisääntyi selvästi aukkojen välittömässä läheisyydessä, mutta jo 40–50 metrin etäisyydellä kasvainsyönti oli lähellä alueelle tyypillistä taustatasoa; vain yhdellä kuviolla syönti oli merkittävästi vielä 80–90 metrin etäisyydellä. Havaittu kasvainsyönti ei aiheuta puille merkittäviä kasvutappioita. Vastaavan suuruisia pudonneiden kasvainten tiheyksiä on havaittu myös normaalien harvennushakkuiden jälkeen. Edellä mainitut tulokset kivennäsmailta viittaavat siihen, että myöskään ennallistetuilla rämeillä tai niiden läheisyydessä ei ole odotettavissa merkittävästi ytimennävertäjien kasvainsyöntiä.



**Kuva 2.** Pystynävertäjä (*Tomiscus piniperda*) on saanut suomenkielisen nimensä pystysuorista emokäytävistä puun nilakerroksessa. Vaakanävertäjän (*T. minor*) emokäytävät ovat vaakasuoria. Kuva: Esko Hyvärinen.

## Yhteenveto

Ennallistaminen on yleensä kertaluonteinen toimenpide. Poikkisahatut puut ovat ytimennävertäjille ja kirjanpainajille sopivia pääsääntöisesti vain yhden vuoden, kaulatut, nurin työnnetyt tai tulvan vaivaamat puut useamman vuoden. Mahdolliset haittavaikutukset jäävät joka tapauksessa lyhytaikaisiksi. Soiden ennallistamiseen liittyvä hyönteistuhoriski on rämeillä olematon, korvissa mahdollinen. Vaikka ytimennävertäjät yleistyisivätkin rämeillä ennallistamisen seurauksena, ne eivät ole taloudellisesti merkittävä uhka puuntuotannolle. Eläviin puihin iskeytyvä kirjanpainaja sen sijaan voi aiheuttaa tuhoja korpien ympäristössä senkin jälkeen, kun ennallistamisalueen kuolleet puut ovat muuttuneet sopimattomiksi.

Kuten metsissä, myös soilla tuhohyönteisriskiä voidaan vähentää hyvällä suunnittelulla. Ajoittamalla lahoppuun tuottaminen loppukesään, välttämällä järeimpien runkojen kaatamista ja kaulaamista, välttämällä lahoppuiden tuottamista lämpimille reunapaikoille ja ottamalla huomioon muut suojelualan ympäristössä esiintyneet aiemmat tuhot riskiä voidaan pienentää entisestään. Edellä mainitut toimenpiteet voivat kuitenkin olla ristiriidassa lajistonsuojelullisten tavoitteiden kanssa. Koska soiden ennallistamisen aiheuttama hyönteistuhoriski on erittäin pieni, lajistuojelullisia hyötyjä voi olla perusteltua painottaa ennallistamisen suunnittelussa ja toteutuksessa.

# 7 Ennallistaminen

*Pekka Vesterinen, Maarit Similä, Sakari Rehell, Suvi Haapalehto ja Rauli Perkiö*

Yleisin soiden ennallistamistoimenpide on ojien tukkiminen ja patoaminen kaivinkonetyönä. Luontaisesti avoimilta tai harvapuustoisilta soilta ja täytettävien ojien penkoilta on usein tarpeen poistaa puustoa.

## 7.1 Ojalinjojen raivaus

Ojalinjat voidaan raivata koneellisesti tai henkilötyönä, jolloin ojan penkoilla kasvavat puut kaadetaan moottori- tai raivaussahalla. Jos raivatut puuta ei korjata pois, ne kaadetaan pois päin ojasta, jotta ne eivät ole kaivinkoneen tiellä (kuva 23). Mikäli ojaan päin kallellaan olevia puuta joudutaan kaatamaan ojien poikki tai ojaan, kaivinkoneen kuljettaja siirtää ne ojaan täyttäessään tarvittaessa sivuun. Tärkeintä on huolehtia, että täytettävään ojaan ei jää puuta yhtäjaksoisesti niin,

että ne muodostavat ojan täytön sisälle salaojan. Pitkiä runkoja pätkitään tarvittaessa lyhyemmiksi siirtelyyn helpottamiseksi.

Jos tiheäpuustoiselta ennallistettavalta suolta raivataan pelkästään ojalinjat eikä poisteta muuta puustoa, raivatut ojalinjat jäävät linjamaisiksi aukoiksi (kuva 23). Pitkille yhtenäisille ojalinjoille jätetään puustoa harvapuustoiisiin tai muuten sopiviin kohtiin, joissa ne eivät haittaa merkittävästi ojien täyttöä ja patoamista. Jätetty puusto katkaisee aukon linjamaisuutta ja jätetyillä puilla on merkitystä myös esimerkiksi suojana kanalin-tujen liikkussa suolla.

Jos suo ennallistetaan patoamalla ojat määrävällein (luku 6.3.3), riittää, että ojalinjalta raivataan patojen kohdat sekä tarpeen mukaan kaivinkoneelle reitti padolta toiselle siirtymiseen.



**Kuva 23.** Kun ojalinjalta raivattavia puuta ei korjata pois, ne ovat yleensä aina enemmän tai vähemmän kaivinkonetyön tiellä. Tällä kohteella monitoimikone kaatoi raivatut puut ojan poikki, joten puiden siirtely hidasti kaivinkoneen työtä. Koneella olisi voinut koota kaadetut puut esimerkiksi nipuiksi ojan viereen. Kuva: Sakari Rehell.

## 7.2 Puuston poisto

### 7.2.1 Ainespuun korjuu

Yleensä poistettava puusto korjataan ennallistettavalta suolta koneellisesti (kuva 24). Tarvittaessa hakkuukohde käydään katsomassa urakoitsijan kanssa maastossa, jotta hän pystyy arvioimaan urakkataksan ja korjuuseen kuuluvan ajan.

Yleensä puusto korjataan ennen ojien tukkimista, koska siinä vaiheessa suo upottaa vähiten. Koneellinen korjuu vaatii kantavat olosuhteet, joten se on yleensä mahdollista vain talvella, kun suon pinta on jäänyt. Useimmiten korjuu edellyttää suo-olosuhteisiin soveltuvia kevyemmän kokoluokan koneita, jotka on varustettu kantavilla teloilla.

Soiden hakkuutyömailla tulee varautua siihen, että korjuu voidaan joutua keskeyttämään suon pinnan pettäessä. Painuneet ajourat voivat pahimmillaan alkaa toimia ojien tavoin, jolloin niitä joudutaan tukkimaan kaivinkoneella ojien

täytön yhteydessä. Jos suo kantaa hakkuukoneen, mutta ei ajokonetta, ajourien jäätymistä voidaan parantaa ajamalla uudet urat kovien pakkasten aikaan, jolloin lumi painuu ja pakkaneen pääsee jäädyttämään suon pinnan.

Pienialaisilla, kertymältään pienillä tai erityistä varovaisuutta vaativilla kohteilla puusto voidaan hakata metsurityönä. Metsurityön kustannukset ovat huomattavasti korkeammat kuin konetyön kustannukset (luku 6.8). Puutavaran kuljettaminen tienvarsivarastoon vaatii metsurityökohtelakin yleensä metsätraktorin tai tela-alustaisen metsäkoneen. Pienet määrät voi olla tarkoituksenmukaista kuljettaa myös esimerkiksi nelivetisellä maataloustraktorilla tai moottorikelkalla.

Tarvittaessa hakkuualue nauhoitetaan maastoon. Se helpottaa hakkuualueen laitojen hakaamista lyhyinä talvipäivinä, kun näkyvyys on huono illan ja aamun hämärissä. Tarvittaessa nauhoitetaan toisen värisellä nauhalla hakkuualueen sisällä säästettävät puut tai varottavat kohdat.



**Kuva 24.** Monitoimikone aloittelemassa alun perin avoimen suon puuston korjuuta. Moto on kasannut myös hakkuutähteet, koska ne kerättiin tällä kohteella pois suolta. Haukkaneva, Virrat 2010. Kuva: Pekka Vesterinen.

## 7.2.2 Energiapuun korjuu

Energiapuun korjuun tarve ja käyttökelpoisin korjuumenetelmä on syytä harkita tarkkaan (luku 6.3.2), koska kustannuksia syntyy helposti varsinkin koneiden ajanmenekin lisääntyessä. Pieniläpimittaisten puiden kaadossa ja kasauksessa kustannustehokkainta on käyttää energiapuun korjuuseen tarkoitettua hakkuupäätä tai katkontalaitetta, joka on asennettu kaivinkoneeseen tai metsäkoneeseen.

Energiapuuta kuivatetaan yleensä jonkin aikaa varastopaikalla ennen haketukseen vientiä. Kasat on syytä suojata kuivumisen parantamiseksi energiapuupeitteellä. Laki metsän hyönteis- ja sienituhojen torjunnasta ei koske pieniläpimittaista energiapuuta. Jos kasassa on kuitenkin energiapuun seassa ainespuun kokoista puutavaraa, kasa peitetään energiapuupeitteellä puiden tyvipuolelta maahan saakka hyönteistuhojen ehkäisemiseksi. Jos energiapuut haketetaan varastopaikalla, tien tulee olla riittävän leveä ja kantava haketus-koneelle ja kuljetuskalustolle.

Erityistapauksissa ja erityiskohteilla hakkuutahteet ja raivattu pienpuusto voidaan kerätä kasoihin ja polttaa kasat syyskesällä, vaikka menetelmä onkin kallis ja hankala. Jotta suolle ei tule tarpeettomasti ravinteita polton seurauksena eikä tuli jää kytämään turpeeseen, kasat on suositeltavaa polttaa kivennäismaalla.

## 7.2.3 Talvitie

Talvitie linjataan puunkorjuun kannalta keskeiselle paikalle. Tietä aletaan pohjustaa heti ensimmäisten pakkasten aikaan kaivinkoneella, tampoilla tai moottorikelkalla, jotta tiepohja alkaa jäätymään. Pohjustusväline valitaan suon ja olosuhteiden mukaan. Talvitietä aurataan tai poljetaan riittävän usein, jotta eristävä lumikerros ei hidasta tiepohjan jäätymistä. Puutavaran autokuljetus kannattaa aloittaa heti, kun tie sen kestää, jotta puut ehditään talven aikana ajaa suolta. Kevät-auringonpaisteessa tie saattaa pehmetä odottamattoman nopeasti.

## 7.3 Vesitalouden palauttaminen

### 7.3.1 Ojien täyttäminen, patoaminen ja vesien ohjaaminen

Yleistäen voidaan todeta, että suon ennallistaminen ei ole koskaan helppoa ja yksinkertaista. Ojien täytön, patoamisen ja vesien ohjailun menetelmät on aina sovittava ennallistettavan suon olosuhteisiin. Aloittelijan kannattaa aina perehtyä soiden ennallistamiseen maastossa kokeneen asiantuntijan opastuksella ennen oman työmaan ohjaamista.

Yleisimmin vesitalous palautetaan täyttämällä ja patoamalla ojat kaivinkoneella suon ollessa lumeton ja jäätön (kuva 25). Samalla vettä ohjataan haluttuihin suuntiin. Turvetta täyttöön ja patoamiseen saadaan ojien kaivumassoista, ja lähes aina lisäturvetta on otettava sopivista kohdista suolta. On huolehdittava, ettei turvetta oteta pitkälti yhtenäiseltä matkalta täytettävien ojien suuntaisesti, ettei kaivukohtiin muodostu uutta ojaa. Jotta sarkojen turvepinta pysyy mahdollisimman ehyenä, esimerkiksi epätoivottavan taimettumisen välttämiseksi, ojantäyttöturvetta kannattaa ottaa saroilta laikuittain. Koneen kauhan kärjellä voi ensin työntää pintaturvetta eteenpäin, kaivaa alta täyttöturvetta ja lopuksi vetää pintaturpeen kuopan peitoksi. Samasta paikasta ei ole syytä kaivaa 2–3 kauhallista enempää, jotta suolle ei synny syviä vesikuoppia.

Jos turvetta ei jostain syystä riitä koko ojan kattavaan täyttöön, kannattaa mieluummin jättää täyttökotkoja kuin täyttää oja koko matkaltaan epätäydellisesti.

Ojat täytetään pohjalta pintaan huolellisesti tiivistäen. Riittävän tihein välimatkoin tehdään turpeesta patoja, joilla varmistetaan veden nouseminen tavoitekorkeuteen ennallistetulla suolla. Ojien vierellä turve on usein painunut alemmaksi kuin sarkapinnalla. Painumissyvyys ja painuneen alan leveys ojan molemmin puolin vaihtelevat suon ominaisuuksista ja olosuhteista riippuen. Painumisen vuoksi patojen jatkeeksi tehdään turpeesta pintavalleja estämään virtausta täytetyllä ojalinjalla ja ohjaamaan vettä pois ojalinjalta (kuva 26).



**Kuva 25.** Kaivinkone täyttämässä ojaa Porrassuolla Nurmeksessa syksyllä 2011 (A). Kaivinkoneen kuljettaja työskenteli täytettävällä ojalla kahteen suuntaan. Mennessään hän täytti ojan tiiviisti (B) ja palatessaan viimeisteli pintavallit ja vedenohjauksen (C). Alun perin avoimelta suolta hakattiin puusto edellisenä talvena. Kuvat: Philippe Fayt.



**Kuva 26.** Itämäen märällä nevilla ojalinjat jäivät täytön jälkeenkin sarkapintaa matalammalle, joten ojalinjalla on täytön jälkeen runsaasti vettä. Tilanne osattiin ennakoida, joten pintavalleja tehtiin tiheästi ja vesi saatiin niiden avulla leviämään suolle. Pyhäntä 2008. Kuva: Sari Kaartinen.

Pintavallit ovat ojan suunnassa 1–2 metriä pitkiä ja vähintään puoli metriä täytetyn ojan pintaa korkeampia turvevalleja. Toimiakseen kunnolla niiden tulee olla tiiviitä ja ulottua riittävän pitkälle saroille päin – niin pitkälle kuin ojanvierus on painunut. Tavallisesti 5–10 metrin pituinen pintavalli on riittävä, mutta toisinaan tarvitaan jopa kymmenien metrien pituiset pintavallit (ks. luvut 13.12 ja 13.13). Pintavallien välimatka riippuu suon kaltevuudesta: mitä kaltevampi suo on, sitä tiheämmin pintavalleja tarvitaan (kuva 27). Keskivertosuolla pintavalli 20–50 metrin välein riittää.

Ojalinjoilta raivatun puutavaran, kantojen ja risujen joutumista patoihin ja pintavalleihin on syytä välttää, jotta niistä ei muodostu salaojia padon läpi.

Ojalinjat jäävät yleensä täytettyinäkin hieman muuta suon pintaa matalammalle ja vesi pyrkii edelleen hakeutumaan ojalinjoille. Runsasvetisinä kausina täytetyillekin ojille syntyy herkästi virtausta, jos vettä pysäyttäviä patoja ja vettä ohjaavia pintavalleja ei ole. Patoihin ja pintavalleihin erityisesti tulva-aikoina kohdistuvan veden pai-



**Kuva 27.** Märällä ja viettävällä suolla pintavallit ovat erityisen tärkeitä, koska niiden avulla vesi leviää suolle eikä jatka virtaamista pitkin täytettyä ojalinjaa. Salmitunturin rinnesuo, Taivalkoski 2012. Kuva: Ulla Ahola.



**Kuva 28.** Pohjoisnevaa ennallistettaessa keskeisiin vedenohjauskohtiin tehtiin noin 60 metriä pitkät pintavallit. Pintavallin paikka merkittiin kuitunauhalla maastoon ennen toimenpidettä, jotta kaivinkoneen kuljettaja tohti tehdä vallista riittävän pitkän. Oja, joka täytettiin ennallistamisen yhteydessä, on ollut suunnilleen kuvaajan kohdalla ja vesi on virrannut kuvan kohdassa oikealta vasemmalle. Pintavalli tehtiin kohtisuoraan ojan suuntaa vasten. Kohtaan, josta otettiin pintavalliin turvetta, muodostui uoma, jota pitkin vesi ohjautuu ojittamattomalle mutta kuivuneelle rimpinevalle. Pintavalli ja vedenohjaus toimivat hyvin ja neva on alkanut vettyä uudelleen. Alajärvi 2011. Kuva: Reijo Hokkanen.

neen vähentämiseksi vettä voidaan ohjata saralle esimerkiksi ottamalla pintavallin tekoon turvetta suon kaltevuuden suunnasta eli matalammalta puolelta. Näin pintavallin ”yläpuolelle” muodostuu matala uoma, jota pitkin vesi ohjautuu helpommin saralle (kuva 28). Ohjailua tarvitaan erityisesti niskaojissa ja niissä sarkaojissa, joissa vettä virtaa runsaasti ja riski veden virtaamiseen ojalinjalla täytön jälkeenkin on suuri.

Vaikeissa paikoissa, esimerkiksi jos iso valtaoja on kaivettu voimakkaasti virtaavan juotin pituussuuntaan eikä muita luontaisia virtausreittejä ole, voidaan joutua jättämään jokin vanha, osin umpeutunut oja ”varaventiiliksi” tai kaivamaan koskemattomaan turpeeseen pieniä uomia, joita myöten vedet pääsevät virtaamaan patojen ohi saroille niin, ettei vaaraa patojen sortumisesta ole. Erikoistapauksissa on asennettu jopa rumputkia vakiinnuttamaan vedenpinta tietyille

korkeudelle. Näitä rakenteita voidaan myöhemmin purkaa, kun vallit ovat kasvittuneet ja tiivistyneet niin paljon, ettei riskiä hallitsemattomasta eroosiosta enää ole.

Parhaiten suon vesitalous palautuu siten, että kaivinkoneen kuljettaja hyödyntää koko ajan ojaa täyttyessään ja padotessaan suolla olevia luontaisia painaumuksia ja vesiuomia vesien ohjaamisessa pois täytetyltä ojalinjalta. Suolla, jossa on selkeä pinterakenne, kermien ja jänteiden kohdat ovat hyviä patojen ja pintavallien paikkoja.

Patoihin ja pintavalleihin voi laittaa päällimmäiseksi saralta kuorittua rahkasammalikkoo, jolloin kasvillisuus vakiintuu niihin nopeasti. Kasvillisuus sitoo padot ja pintavallit paikoilleen ja pienentää niiden huuhtoutumisriskiä tulvan mukana. Retkeilyreittien lähellä täytetyn ojan ”maisemointi” pintakasvillisuudella parantaa myös suon maisema-arvoja. Puustoisella suolla

täytettyä ojaa voi maisemoida myös kaatamalla ojalinjalle kaivinkoneella puita. Samalla syntyy monen lajin tarvitsemaa lahoppuuta.

Kaivinkoneen kuljettaja valitsee työskentelytapansa tilanteen mukaan (kuva 29). Esim. soilla, joiden turve on tiivistä ja kantavaa, koneen on mahdollista täyttää ojaa edestään ja tiivistää täyttö ajamalla toisella telalla täytetyn ojan päällä.

Yleensä heikosti kantavilla soilla joudutaan märkyydestä johtuen täyttämään oja koneen takaa. Suurikokoisia oja täytettäessä koneen on parasta työskennellä ojan reunalta käsin.

Jos ajokoneet ovat jättäneet vettä johtavia uria suolle (kuva 30), josta on korjattu puustoa, urat tulee tukkia ojien täytön ja patoamisen yhteydessä.



**Kuva 29.** Petäjäveden Teerijärvensuota ennallistettaessa ojalinjoilta ei raivattu puustoa. Kuvissa näkyy täytettynä keidassuon ja kivennäismaan välinen reuna-oja, jossa virtasi runsaasti vettä. Ojamaita oli vielä mukavasti jäljellä, joten kaivinkone kauhoi ne ojaan edellään ja tiivistä täytön ajamalla ojan päällä. Patojen pintavallit kone rakensi takapuolelleen ja otti niihin lisäturvetta keidassuon puolelta. Alemman kuvan etualalla näkyy korkea pato, joka ohjaa vettä niskaojan ylitse kivennäismaalta keidassuon laitaan. Ylempi kuva on otettu heti täytön jälkeen marraskuussa 2011 ja alempi kuva kesäkuussa 2012. Kuvat: Jouni Penttinen.





**Kuva 30.** Tiilikan Konnunsuolta korjattiin puusto vasta ojen tukkimisen jälkeen. Suo kantoi koneita heikosti, ja jälkiviisaana on helppo todeta, että hakkuu tai ainakin puun kuljetus olisi pitänyt keskeyttää siksi aikaa, että suon pinta olisi jäänyt kunnolla kokoojauran kohdalta. Rautavaara 2005. Kuva: Suvi Haapalehto.

### 7.3.2 Ojan patoaminen ilman täyttöä

Jos ojamaita ei ole tai ojat ovat niin suuria ja syöpyneitä, että niiden täyttämiseen ei riitä materiaalia, vesitalous voidaan ennallistaa patoamalla ojat. Konetyönä ennallistettavilla kohteilla padot voidaan tavallisesti tehdä saralta otettavasta turpeesta (kuvat 31 ja 32). Padon on oltava riittävän iso ja se on tiivistettävä huolellisesti, jotta se kestää veden paineen myös tulvakausiona. Patojen on oltava ojan suunnassa vähintään 2 m pitkiä ja yläpinnaltaan vähintään puoli metriä korkeammalla kuin turpeen pinta ojan reunalla. Patojen ja pintavallien tulee myös ulottua riittävän pitkästi saroille.

Erityiskohteita voi olla joissain tapauksissa mahdollista ennallistaa yhdellä tai muutamalla käsin tehdyllä padolla (esim. kuva 37 ja luku 13.7). Esimerkiksi pienialaisia ja hankalapääsisiä

kohteita tai lajiston suojelun kannalta arkoja alueita voi olla tarpeen ennallistaa pienimuotoisesti käsityönä. Käsityönä tehtäviin patoihin tarvitaan yleensä myös suodatinkangasta ja vahvistukseksi puutavaraa.

Mitä kaltevampi ja runsasvetisempi kohde sitä tiheämmin patoja tehdään. Patojen sijoittelussa hyödynnetään suon luontaisia kohoumia ja painanteita. Patoja tehtäessä on huomioitava, että suurimmillaan veden paine on yleensä ennallistamisalueen alimmilla padoilla.

Veden ohjaamiseen patojen takaa saroille on kiinnitettävä erityistä huomiota (kuva 28). Vettä voidaan ohjata esimerkiksi kaivamalla viisteitä patojen taakse, ylävirran puolelle. Viiste on sopivan syvyinen ja pituinen syöttöoja ojalta saralle.



**Kuva 31.** Kauhanevan keidassuon ojitetulla laidalla ojamaat olivat maatuneet tämän ison ojan varrelta kokonaan. Ojan vasemmalla puolella on ojitamatonta suota, oikealla ennallistettu ojitusalue. Kaivinkone työskenteli ojitetulla puolella liikkuen ja otti patoihin ja pintavalleihin turvetta ojitetun puolen saroilta. Padot tehtiin noin 30 metrin välein ja niistä tehtiin korkeat, jotta tulvavedet eivät huuhto niitä mukaansa. Padot toimivat edelleen hyvin. Karvia 2011. Kuva: Pekka Vesterinen.



**Kuva 32.** Kauhanevan seitsemän vuotta vanha pato, joka on peittynyt tupasvillalla ja rahkasammalilla. Ne sitovat patomateriaalin hyvin paikoilleen. Padot pitävät hyvin ja suo on alkanut ennallistua. Karvia 2010. Kuva: Markku Saarinen.

## Navero-ojat

Navero-ojat ovat pieniä ojia, joiden varsilla ei yleensä ole ojamaita ja jotka ovat usein kasvaneet tai painuneet pinnastaan umpeen. Niitä on usein vaikea huomata päällepäin. Ne saattavat johtaa tehokkaasti vettä viimeistään siinä vaiheessa, kun vesi nousee suolla varsinaisten ojien tukkimisen myötä.

Navero-ojien tukkimiseen on kokeiltu useita menetelmiä. Kaivinkone voi kaivaa naveron auki pieneltä matkalta ja käyttää avausmateriaalin sekä saralta ottamaansa lisäturvetta tiiviin turvepadon rakentamiseen navero-ojaan (kuva 33). Patoja on tehtävä riittävän tiheästi, että vesi ei enää pääse virtaamaan ojassa. Jos navero näkyy huonosti suon pinnalle, patojen paikat on merkattava kaivinkonetta varten etukäteen esimerkiksi kuitunauhalla.

Märillä soilla, joille kaivinkone ei pääse, navero-ojan patoamiseen voidaan käyttää esimerkiksi vesivaneria (kuva 38). Yksi vaihtoehto laajan ja märän navero-ojitetun alueen ennallistamiseen on naverojen patoaminen talvella, kun suo kantaa kaivinkoneen.

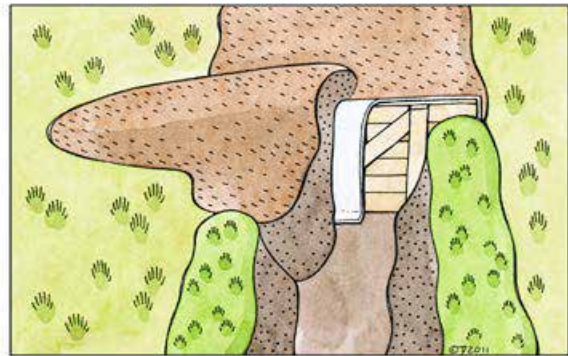


**Kuva 33.** Salmittunturin lähteisille ja reheville rinnesoille oli kaivettu avo-ojien lisäksi navero-ojia. Suot olivat kuivuneet, mutta puus-toa niille ei ole juurikaan kasvanut. Navero-ojat tukittiin kesällä kaivinkonetyönä turpeella. Taivalkoski 2012. Kuva: Ulla Ahola.

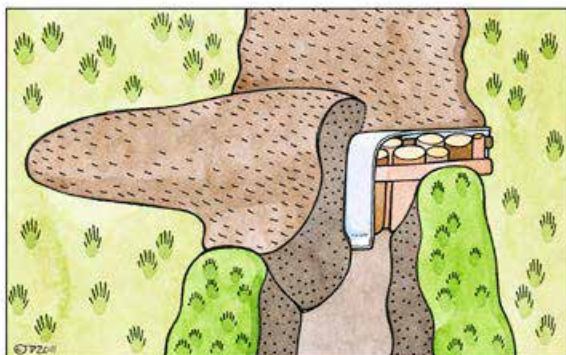
### 7.3.3 Erikoispadot

Tavanomaista suurempien vesimäärien patoamiseksi ja veden ohjaamiseksi, voimakkaasti kaltevan suon ennallistamiseksi tai maa-ainesten huuhtoutumisen estämiseksi voi olla tarpeen rakentaa täytettävään ojaan puulla ja suodatinkankaalla vahvistettuja patoja (kuvat 34–38). Näiden

patojen rakentaminen onnistuu parhaiten käsi- ja konetyötä yhdistäen. Myös erikoispatojen kohdalla on tärkeä ohjata veden purkautumissuunta esimerkiksi syöttöojalla tai viisteellä siten, että vesi ei mene padon yli eikä kierrä padon reunaa, vaan ohjautuu saralle tai esimerkiksi ennallistettavaan purouumaan.



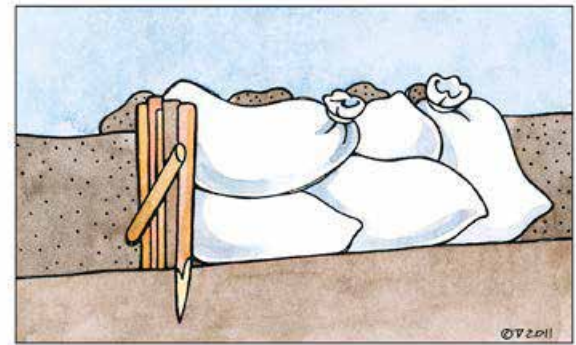
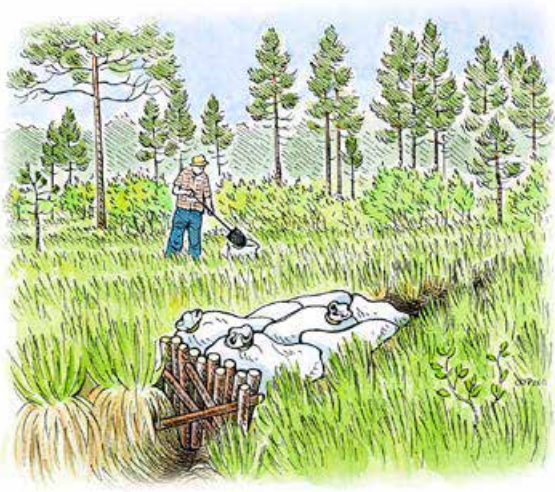
**Kuva 34.** Ponttilautapatoja voidaan käyttää isojen tai syöpyneiden ojen patoamisessa. Puurakenteiden päälle laitettava suodatinkangas on piirretty kuviin vain osittain, jotta padon rakenteet näkyvät. Kuvat: Tupu Vuorinen.



**Kuva 35.** Pöllipato sopii käytettäväksi suolla, jossa patoon tarvittava puutavara saadaan tehtyä suopuustosta. Pölkkyjen päiden tulee jäädä selvästi ojan reunojen yläpuolelle. Jos turvetta on paljon, pöllit on helppo upottaa pystyssä turpeeseen. Jos taas turvetta on ohuelti, kannattaa pöllit laittaa vaakaan. Lopuksi patorakennelma peitetään suodatinkankaalla ja turpeella. Padosta tulee tukeva, kun pöllit tuetaan toisin päin asetettavilla tukipuilla. Kuvat: Tupu Vuorinen.



**Kuva 36.** Vinovaakapuupato voidaan tehdä henkilö- ja konetyön yhdistelmänä. Usein koneen kuljettaja pystyy tekemään padon yksinäänkin, kun puutavara on tehty valmiiksi. Ensin kaivetaan padolle paikka: siitä tehdään ojaa leveämpi ja syvämpi, jotta padosta saadaan tukeva ja pitävä. Kaivettavasta maasta ja ojamaista rakennetaan viisto patovalli, joka ulottuu sarkapintaa ylemmäksi. Valiin päälle laitetaan vaakasuorat tukipuut koko patovallin korkeudelle. Suodatinkangas voidaan laittaa oman maun mukaan puiden alle tai päälle. Kuvan tapauksessa vesi virtaa kaivinkoneen suunnasta. Tämä patomalli sopii lähes kaikkiin puustoisten soiden ennallistamiskohteisiin. Kuva: Tupu Vuorinen.



**Kuva 37.** Kahvisäkkeihin sullotulla turpeella voidaan padota käsityönä esimerkiksi lähteiden ja tihkupintojen ojia. Säkipadot ovat käyttökelpoisia myös ennallistamisen jälkeisiin korjaustoimenpiteisiin, jos korjattavalle suolle ei pääse enää kaivinkoneella. Säkit kannattaa kiinnittää paikoilleen suohon nuijittavilla rangoilla. Kuvat: Tupu Vuorinen.



**Kuva 38.** Vesivaneripatoa voidaan käyttää mm. navero-ojan tukkimiseen. Vesivanerista sahataan ojan leveyttä ja syvyyttä suuremmat palat. Upotusta varten vanerille voidaan sahata suohon urat pitkälaippaisella moottorisahalla. Vanerit upotetaan turpeeseen esimerkiksi lekalla lyömällä. Lopuksi lapioidaan turvetta vanereiden väli täyteen niin tiiviisti, että kaikki mahdolliset veden mentävät raot saadaan tukittua turpeella. Kuvat: Tupu Vuorinen.

### 7.3.4 Ennallistettavan suon pienvedet

Lähteitä ja tihkupintoja ennallistettaessa on oltava erityisen tarkka menetelmiä valittaessa, ettei ennallistamisella heikennetä paikalla olevan lähdelajiston tilaa esimerkiksi liiallisella veden nostolla tai veden laadun muutoksella. Lähteiden ennallistamista käsitellään tietolaatikossa 27 ja luvussa 8. Katso myös luvut 13.3, 13.6, 13.7 ja 13.8.

Suopurojen ennallistamismenetelmät on harvittava tapauskohtaisesti. Jos maastosta löytyy ojituksen seurauksena kuivilleen jääneitä uomapätkiä, niitä hyödynnetään ennallistamisessa ohjaamalla vesi tukkimisen yhteydessä uomaan riittävän isojen ja sopiviin kohtiin sijoitettujen patojen avulla (ks. luku 13.15). Tarvittaessa vanhaa uomaa avataan, jotta vesi löytää reitin ja mahtuu uomaan. Ideoita ja keinoja suopurojen ennallistamiseen löytyy esimerkiksi Purokunnostusoppaasta (Ahola & Havumäki 2008).

### 7.3.5 Yleistä kaivinkonetyöhön liittyvää

Soiden ennallistamiseen soveltuu parhaiten ympäriryörivä telakaivinkone, jossa on metsäalusta ja -varustus. Normaalioloissa 10–15 tonnin kokoluokkien koneet ovat sopivia ojien täyttämiseen ja patoamiseen. Telaveytenä 90 cm on yleensä riittävä. Märillä soilla kone pysyy sitä paremmin pinnalla, mitä kevyempi se on ja mitä leveämmät telat siinä on. Kuivilla ja kantavilla soilla voidaan käyttää raskaamman kokoluokan koneita. Yleensä sama kone työskentelee kantavuudeltaan erilaisilla suon osilla, joten ”kevyehkö” leveätelainen kone on paras vaihtoehto. Kallistuva ja tasapohjainen kauha on käyttökelpoisin.

Alueelle johtavien teiden käyttöoikeudet selvitetään ja tarvittaessa sovitaan yksityisten teiden käytöstä ja muista kulkuoikeuksista. Siltojen painorajoitukset huomioidaan ja tarkistetaan, että reitillä ei ole liian matalalla roikkuvia sähkö- tai puhelinlinjoja.

Teiden ulkopuolella reitti kohteelle suunnitellaan mahdollisuuksien mukaan olemassa olevia ajouria hyödyntäen tai muuten mahdollisimman vähän häiritäen aiheuttaen, tarvittaessa yhteistyössä maanomistajan kanssa. Jos suolle kuljettaessa joudutaan ylittämään esim. pelto-ojia tai muita hankalasti ylitettäviä väyliä, niihin joudutaan toisinaan esimerkiksi kaatamaan puita. Työmaan lopuksi ”rakennelmat” siivotaan pois.

Kaivinkonetyön ajanmenekkiin vaikuttavat useat tekijät, mm. ojitustapa, täyttömateriaalin saatavuus, ojan penkköjen puusto, ojien syvyys, ojan täyttötapa, tarvittavien patojen määrä ja käytettävien patojen rakenne. Avointa keskiverto-ojaa kaivinkone täyttää noin 80–100 m tunnissa, syviä ojia hitaammin kuin matalia.

Koneen kuljettajalle kerrotaan ennallistamistoimenpiteiden lisäksi suon ennallistamisen kokonaistavoitteet: miten vedet virtaavat nyt ja miten niiden toivotaan ohjautuvan ennallistamisen jälkeen. Silloin kuljettaja pystyy parhaiten hyödyntämään omaa ammattitaitoaan ja asiantuntemustaan suon vesitalouden palauttamisessa.

Ennallistamistyömailla on usein erityisen suuri riski koneen uppoamiselle. Osa pehmeiköistä voidaan todeta jo suunnitteluvaiheessa, jolloin ne tuodaan esille työmaaohjeessa. Käytännössä uppoamisriski tulee kuitenkin ottaa huomioon koko ajan koneen ollessa suolla. Märillä suolla pintaturve saattaa kantaa kaivinkoneen, vaikka alla olisi paksustikin vetistä turvetta. Kantavuutta voidaan parantaa kaatamalla suolta puita koneen telojen alle. Kantavuus häviää yleensä kuitenkin heti, jos koneella kääntyillään suolla niin, että pintaturve murtuu.

Suo-olosuhteita tunteva kuljettaja pystyy yleensä arvioimaan uppoamisriskiä työtä tehdessään, ja hänen on tarkistettava epäilyttävät kohdat esimerkiksi kauhalla kokeilemalla. Päävastuu vaaratilanteiden välttämiseksi on kuitenkin työnjohdolla.

Konetyö on pääsääntöisesti parasta aloittaa valuma-alueen yläosasta, koska koneen työskentely on helpointa silloin, kun vesi virtaa pois koneen tieltä (ks. kuitenkin luku 8.7). Jos ojat johtavat suoraan vesistöön, ojien suulle tehdään mahdollisuuksien mukaan rakenteita ja ratkaisuja, jotka suojaavat alapuolista vesistöä kiintoaine- ja ravinnepuhoumilta (luku 6.4). Runsaasti vettä kuljettavat ojat kannattaa käsitellä viimeiseksi. Jos ennallistettavan suon valuma-alueen yläosiin tehdään patoja, kestää jonkin aikaa ennen kuin vesi nousee patojen tasalle, mikä helpottaa työskentelyä patojen alapuolella. Jos toteutuksen aikaan on runsaita sateita, ojien virtaamat voivat muuttua nopeasti, mikä kannattaa huomioida kaivinkonetyössä.

Eläinten – soilla erityisesti lintujen – pesimäaikojen takia suositeltavin aloitusajankohta kaivinkonetyölle on alkusyksy, elokuusta eteenpäin.

Tuolloin suo on yleensä myös kuivimmillaan ennen syyssateita, joten työskentely on muutenkin helpointa. Erityistapauksissa, esimerkiksi hyvin märkää suota ennallistettaessa, oja voidaan joutua täyttämään tai patoamaan myös talvella, suon pinnan jäädyttyä. Yleensä talvella kannattaa keskittyä patojen tekemiseen ja jättää välit täyttämättä. Talvitoissa huolehditaan, että padot tehdään roudan alta otettavasta jäätyttömästä turpeesta, joka tiivistetään huolellisesti. Talvinen kone työ on yleensä selvästi hitaampaa kuin kesätyö. Turpeen kaivamista varten täytyy suon jäätyneitä pintaa ensin särkeä koneen kauhalla. Ajanmeneekin lisäksi se lisää koneen rasitusta, mihin liittyy huomattavia koneen rikkoutumis- ja työturvallisuusriskejä.

Kaivinkoneen tuntumassa työskentelevillä tulee olla huomiovaatetus ja kypärä. Kun rakennetaan patoja henkilö- ja konetyön yhdistelmänä, työturvallisuuteen tulee kiinnittää erityistä huomiota. Kaivinkoneen kauhan alle ei tule mennä eikä sen alla työskennellä missään tilanteessa. Koottavat patorakenteet tehdään mahdollisimman pitkälle koneen varoalueen ulkopuolella ja nostetaan valmiina ojaan. Nostosysteemin pitää olla luotettava. Aina kun mahdollista, käytetään patoa, jonka konemies pystyy rakentamaan itse, ilman avustavia henkilöitä.

## 7.4 Lahopuun määrän lisääminen

Kaivinkoneella juurineen kaadettu puu muistuttaa laadultaan eniten luontaisesti kuollutta puuta (Similä & Junninen 2011). Esimerkiksi niukkalahopuustoisissa korvissa lahopuuta voidaan tehdä kaatamalla kuusia kaivinkoneella (ks. kuitenkin tietolaatikko 23). Kuusilahopuuta tehtäessä on kuitenkin huomioitava kirjanpainajan runsastumisriski (tietolaatikko 26).

Rämeellä ja avosuolla maapuurungot peittyvät nopeasti rahkasammalen alle, joten puiden kaatamista käyttökelpoisempi tapa lahopuun tuottoon on puiden kaulaaminen.

## 7.5 Metsäautoteiden poistaminen

Soita ylittäviä metsäautoteitä poistettaessa erityistä huomiota kannattaa kiinnittää siihen, että suon vesitalous saadaan palautumaan. Kapeiden suojuottien ja purojen kohdalta kannattaa pyrkiä siirtämään suolle ajatut kivennäismaat pois.

Mahdolliset metalli- ja muovirummut pyritään kuljettamaan pois suolta, uusiokäyttöön.

Jos tietä on suolla pitkästi eikä maamassoja pystytä kustannussyistä siirtämään kivennäismaille, tiehen tehdään riittävän tiheästi madalluksia ja katkoksia, joissa tien pinta on enintään suon pinnan tasalla ja vesi pääsee virtaamaan tiekohdan ylitse ja suotautumaan soran läpi.

Poistetuista teistä tehdään ”Kansalaisen kartta-paikan” kautta ilmoitus Maanmittauslaitokselle, että tiet poistetaan peruskartoilta. Tiet tulee poistaa myös Metsähallituksen omista järjestelmistä. Poistettujen teiden alkuun on hyvä viedä taulu, jolla on esim. moottoriajoneuvolla ajo kielletty -merkki ja jossa kerrotaan, miksi tie on poistettu käytöstä.

## 7.6 Korjaustoimenpiteet

Huolellisestikin suunnitellulla ja ennallistetulla suolla saattaa hoitoseurannassa (luku 11) ilmetä tarvetta korjaustoimenpiteille (ks. myös Hyvärinen & Aapala 2009). Mahdollisia ongelmia ei kuitenkaan useinkaan pysty arvioimaan luotettavasti ensimmäisellä hoitoseurantakerralla, vaan suon tilanne on käytävä tarkistamassa kuivina ja märkinä kesinä tai eri vaiheessa maastokautta.

Koska jokainen suo on omanlaisensa kokonaisuus, ennallistumisen epätäydellinen eteneminen ilmenee monilla eri tavoilla ja vaihtelevan kokoisina pinta-aloina. Toimenpiteiden tarve arvioidaan kohdekohtaisesti ja korjaustoimenpiteitä joudutaan organisoimaan toisinaan hyvinkin luovasti. Eri puolilla maata alkaa olla kokemusta erilaisista korjaustoimenpiteistä, joten hyviä toimintatapoja kannattaa kysellä muilta ennallistajilta.

Korjaustoimenpiteiden toteutusta saatetaan joutua kärkkymään useampi vuosi, esimerkiksi jos työhön tarvitaan kaivinkone, mutta vesi on noussut niin paljon, että kone pysyy pinnalla vain kuivana kesänä. Keskivertosuon korjaustoimenpiteillä ei yleensä ole niin kiire, ettei muutamaa vuotta voitaisi tarkkailla tilannetta ja odottaa sopivia olosuhteita. Rehevillä soilla ja uhanalaisten lajien kasvupaikoilla korjaustoimenpiteitä saatetaan sen sijaan tarvita kiireestikin. Silloin korjaustoimenpiteet voidaan joutua tekemään käsityönä.

Normaalikesänä tulvakautta lukuun ottamatta kuivina pysyvät väli- ja rimpipinnat osoittavat, että jostain vesi edelleen virtailee liian helposti ja nopeasti pois suolta tai että suolle ei ole pystyt-

ty ohjaamaan valuma-alueelta vesiä, jotka sinne kuuluisivat (luku 3.2). Täytetyt ojat jäävät usein muuta suon pintaa matalammiksi, koska ojalinjat ovat painuneet ja ojamaat hajonneet. Padot ovat saattaneet jäädä alun perin liian mataliksi tai kapeiksi, tai odottamattoman kovat tulvat ovat voineet viedä padoista materiaalia mukanaan. Jos täytetyillä ojalinjoilla virtaa vettä, selvitetään voidaanko tilanne korjata esimerkiksi patoja ja pinta-alleja korottamalla. Aapasoilla ja muilla minerotrofisilla soilla on erityisen tärkeää, että vesi pääsee ylittämään suon reunan niskaojat, sillä aapasuon luontaiseen vesitalouteen kuuluvat kivennäismaiden valumavedet.

Soilla, joissa turve on ojituksen vaikutuksesta painunut voimakkaasti, saattaa olla ennallistamisen jälkeen tulvaa. Tämä ei kuitenkaan ole välttämättä merkki suovedenpinnan liiallisesta noususta, vaan kuuluu usein asiaan ja on merkki siitä, että padoista on tehty riittävän korkeat ja leveät. Jos suolla on kuitenkin liian laajoja pysyvästi veden alle jääviä alueita, joitakin patoja saatetaan joutua jopa madaltamaan. Patojen madaltamiseen ei kannata kuitenkaan ryhtyä, jos suon yläosa on kuiva ja vettä seisoo vain alaosan patojen takana. Silloin on tarpeen korottaa yläosan patoja ja parantaa vedenohjausta, jotta vesi pidättyy koko suolle.

Jos suolta hakataan lehtipuustoa eikä vesi nouse suolla riittävästi, lehtipuut saattavat alkaa vesoa. Myös männyn taimia voi kasvaa ennallistetulle suolle toivottua runsaammin. Raivaus yleensä pahentaa lehtipuiden vesomisongelmaa, mutta männyn taimiin se saattaa tehotta. Tärkeintä on täydentää tarvittaessa vesitalouden ennallistamista ja hidastaa epätoivottavaa taimettumista sitä kautta.

Puuston osalta korjaustoimenpiteinä voidaan tarvita alun perin avoimen suon turhan varovaisen puustonpoiston täydentämistä. Jos vesitalouden ennallistaminen näyttää onnistuneen tavoitteiden mukaisesti, mutta suo on edelleen kuiva, syynä saattaa olla liian tiheä puusto, jota poistamalla tai kaulaamalla haihdutusta voidaan vähentää.

Lajistoltaan arvokkailla alueilla, esimerkiksi lähteisillä ja rehevillä soilla, on tärkeä tarkastella veden laatua ilmentävien indikaattorikasvilajien tilaa hoitoseurannan yhteydessä. Jos rehevyyttä indikoivien lajien kasvustot näyttävät taantuvan, on tärkeä selvittää, ohjautuuko suolle vääränlaisia vesiä, esimerkiksi hapanta vettä ulkopuolisia ojia pitkin. Korjaustoimenpiteiden suunnittelu ja sijoittelu saattaa edellyttää vesikemiallisia analyyssejä. Jos veden laadussa on ongelmia, tilanne on korjattava mahdollisimman nopeasti.

## 7.7 Toimenpiteiden dokumentointi

Metsähallituksessa tieto toteutetuista toimenpiteistä tallennetaan paikkatietojärjestelmään. Ennallistamissuunnitelmassa (luku 6) ja ennallistamisen työmaaohjeessa (luku 6.11) on keskeiset tiedot suon ennallistamisesta, joten ne tulee säilyttää myöhempää tarvetta varten.

Jos ennallistamisen yhteydessä joudutaan poikkeamaan ennallistamissuunnitelmasta tai työmaaohjeesta, on tärkeää, että tieto toteutetusta toimenpiteestä jää talteen. Tämän lisäksi voi olla tarpeen kirjata ylös sellaisia toteutusvaiheissa ilmeneviä asioita, joilla voi olla vaikutusta suon ennallistumiseen ja jotka pitää hoitoseurantakäynnillä tarkistaa (luku 11). Jos ennallistamista joudutaan korjaamaan myöhemmin, dokumentoidaan korjaustoimenpiteet ja niiden syyt.

## 8 Vaikeat ennallistamiskohteet

Sakari Rehell, Maarit Similä ja Suvi Haapalehto

### 8.1 Ongelmalliset olosuhteet

Ennallistettavilla soilla saattaa olla märkiä ja pehmeitä alueita, joissa kaivinkone ei pysty työskentelemään. Yksittäisten ojanpätkien täyttämättä jääminen märissä kohdissa ei yleensä aiheuta isoja ongelmia suon ennallistumiselle. Sen sijaan suolla, jossa upottavalla alueella olevalla ojalla on merkittävä vaikutus suon vesitalouteen, on tarpeen miettiä vaihtoehtoisia toimintatapoja. Oja voidaan padota talvella (kuva 39), tai pienemmällä alueella padot voidaan tehdä henkilötyönä (ks. luku 13.7 ja kuva 37).

Joillakin soilla ojien penkoilta saatava materiaali ei riitä ojien tukkimiseen. Näissä tapauksissa ennallistaja joutuu miettimään, otetaanko täyttöturvetta saroilta siitä huolimatta, että saralle voi syntyä syviä vesikuoppia, vai ajetaanko täyttömaata suolle muualta (ks. luvut 13.17 ja 13.18).

Jos ennallistettu suo ei ennallistu toivotulla tavalla, mutta suojelualueen sisällä ei näytä olevan teknistä korjaustarvetta, taustalla saattaa olla laaja-alaisempia valuma-alueen hydrologisia muutoksia, joihin suojelualueen sisäisillä ennallistamistoimenpiteillä ei pystytä vaikuttamaan. Siinä tapauksessa ainoa vaihtoehto on yleensä selvittää suojelualueen laajentamismahdollisuuksia, jotta vesitalous pystytään palauttamaan luonnontilaisen kaltaiseksi tarvittavassa laajuudessa.

Ennallistumisen hitaus saattaa johtua myös siitä, että suo on muuttunut ojituksen jälkeen voimakkaasti ja ennallistuminenkin vie siksi paljon aikaa. Näillä soilla saatetaan joutua täydentämään ennallistamista myös myöhemmin sitä mukaa kuin suon palautuminen etenee.



**Kuva 39.** Kuivaniemen Lähteenaaapa on märkä aapasuo, jonka reunoja alettiin ennallistaa 1990-luvun lopulla. Useiden ojakilometrien osalta jouduttiin turvautumaan käsin tehtyihin patoihin, koska suo oli liian märkä konetyöhön. Suo ei lähtenyt ennallistumaan toivotulla tavalla, joten ojat päätettiin padota konetyönä talvella. Aluksi suon pinnalta kuorittiin jää, jotta saatiin esiin patoihin käytettävä turve. Suo on verrattain tasainen, joten 20–30 metriä leveille patovalleille voitiin jättää paikoin väliä yli 100 metriä. Käsintehty padot jätettiin ennalleen. Toimenpide paransi suon ennallistumisketystä huomattavasti. li 2007. Kuva: Sakari Rehell.



## 8.2 Uhanalaisten lajien elinympäristöt

Ennallistettaessa uhanalaisen tai muuten erityisen lajin muuttunutta elinympäristöä on toimenpide suunniteltava erityisen huolellisesti ja menetelmät harkittava tarkasti. Lajin elinmahdollisuudet eivät saa heikentyä ennallistamisen aiheuttaman häiriön vuoksi kestävästi pitkäksi aikaa ennen kuin elinympäristön laatu alkaa parantua (ks. luku 13.3).

Uhanalaisen lajin elinympäristön ennallistajan tulee tuntea hyvin soiden ennallistamisen yleiset menetelmät ja ekologiset lainalaisuudet, jotta hän pystyy soveltamaan menetelmiä uhanalaisen lajin elinympäristön kaltaisella erityiskohteella. Lajilähtöinen ennallistamissuunnittelu on huomattavasti pienipiirteisempää kuin ojitetun keskivertosuon ennallistamisen suunnittelu.

Monimutkaisin tilanne lienee silloin, jos samalla alueella esiintyy useampaa uhanalaista tai muuten erityishuomiota vaativaa lajia, joiden ympäristövaatimukset ovat osittain ristikkäiset (ks. myös tietolaatikko 25). Jos yhtä lajia hyödyttävä toimenpide on haitallinen toiselle lajille, on punnittava ennallistamisen ja ennallistamatta jättämisen kokonaisedut ja -haitat:

- Miten uhanalaisia lajit ovat ja millaiset ovat lajien elinympäristövaatimukset?
- Kestävätkö uhanalaisten lajien esiintymät ennallistamisen aiheuttaman häiriön?
- Mitä lajien esiintymille todennäköisesti tapahtuu toimenpiteen seurauksena?
- Voidaanko haitallisia vaikutuksia lieventää joidenkin tai kaikkien lajien kohdalla esimerkiksi ennallistamisen vaiheistamisella tai lajien siirrolla (tietolaatikko 25)?

## 8.3 Letot, lähdesuot ja muut rehevät suot

Lettojen, lähdesoiden ja muiden rehevien suoluontotyyppien ennallistaminen laitetaan usein toimenpiteiden tärkeysjärjestyksessä etusijalle (tietolaatikko 23). Ne ovat myös vaikeimpia ennallistettavia. Tästä syystä on tärkeää, että näiden luontotyyppien ennallistaja on perehtynyt soiden ennallistamisen ekologisten vaikutusten lainalaisuuksiin ensin ”tavallisella” suolla, jossa puutteellisen ennallistamisen vaikutukset tai jopa suoranainen epäonnistuminen eivät ole vakava

uhka lajistolle. Sen jälkeen on helpompi perehtyä lettojen, lähdesoiden ja muuten rehevien soiden ennallistamisen erityispiirteisiin.

Erityisesti lettoisilla ja lähteisillä soilla on tärkeää ohjata oikean laatuinen vesi oikeisiin kohtiin suota. Se on vaateliaan lajiston palautumisen tärkein edellytys. Veden laatu tulee ottaa huomioon erityisesti silloin, jos hydrologisten olosuhteiden ennallistaminen on jostain syystä rajoitettua ja suon hydrologia tulee ennallistamisen jälkeenkin poikkeamaan merkittävästi ojitusta edeltäneestä tilanteesta. Näin voi käydä esimerkiksi silloin, kun vettä joudutaan ohjaamaan pistemäisesti suolle tai kun pohjaveden purkautumisalueelle (lähde- ja tihkupinnoille) tai suotautumisalueelle on vaarassa tulla vettä pintavaluntana ennallistetuilta alueelta.

Ennallistamista suunniteltaessa saattaa olla tarvetta hydrologisille mittauksille (Hyvärinen & Aapala 2009). Helppoja maastossa mitattavia muuttujia ovat pH ja sähkönjohtokyky sekä veden väri. Usein nämä antavat veden laadusta riittävästi tietoa, jotta pystytään arvioimaan eri toimenpidevaihtoehtojen riskejä. Erityisesti on varottava happamien pintavesien ohjautumista lähteisiin, tihkupinnoille tai lähdepuroihin.

Toimenpiteitä on tarvittaessa jaksotettava, jotta toivottu muutos ei ole liian nopea (ks. tietolaatikko 27 ja luku 13.7). Yleensä suositeltavinta on täyttää mahdollisimman suuri osa leton tai muuten rehevän suon yläpuolisen valuma-alueen ojista ja pitää sen jälkeen ennallistamisessa muutama vuoden tauko. Silloin yläpuoliselta valuma-alueelta virtaavat häiriötilanteen vedet ohittavat rehevän suon edelleen oja pitkin. Ennallistamista jatketaan, kun yläpuolisen ennallistetun alueen veden laatu on tasoittunut.

## 8.4 Viettävät suot

Varsinaisten rannesoiden (ks. luvut 13.6 ja 13.18) lisäksi monilla alueilla on ennallistettavana viettäviä soita, esimerkiksi korpjuotteja (ks. luvut 13.8 ja 13.10).

Viettävää suota ennallistettaessa tulee kiinnittää erityistä huomiota patoihin ja vesien ohjaamiseen. Pinta-alaltaan pienenkin viettävän suon kautta voi liikkua runsaasti vettä. Suon valuma-alueen laajuuden selvittäminen (luvut 3.2 ja 6.1.1) auttaa vesimäärien arvioinnissa. Usein joku tai jotkut ojat kuljettavat enemmän vettä

kuin toiset. Kaikki ojat saattavat silti näyttää vähävetisiltä, koska vesi liikkuu rinteessä nopeasti. Veden määrää onkin hyvä seurata ennallistamisen suunnitteluvaiheessa tulva-aikaan tai sateiden jälkeen, jotta alueen läpi liikkuvan veden todellinen määrä ja pääreitit selviävät.

Kun veden liikkeet ovat selvillä, voidaan suunnitella ojien täyttäminen ja patoaminen. Yleensä viettävät suonkohdat ovat ohutturpeisia. Jos suon kautta liikkuu runsaasti vettä, tärkeiden kynnyskohtien padot vahvistetaan suodatinkan-kaalla ja tarvittaessa myös puulla (ks. luvut 7.3.3 ja 13.10), jotta ensimmäiset tulvat eivät huuho patoja mukaansa. Muuten ojia täytettäessä ja padottaessa huolehditaan, että turve- ja maavalleja on riittävän paljon ja että pintavallit ovat riittävän pitkiä. Jyrkästi viettävissä ojissa veden virtausnopeus kasvaa helposti niin suureksi, että pienetkin norot voivat syövyttää vesitalouden palauttamisen kannalta haitallisia uomia. On tärkeä huolehtia, etteivät ojia tukkivan ja patoavan kaivinkoneen jäljet jää uriksi. Tarvittaessa myös ne padotaan.

Ennallistajan täytyy myös pystyä päättämään, miten ojien tukkiminen muuttaa veden kulkureittejä. Tarvittaessa korkeusvaihtelua mitataan sopivalla menetelmällä (tietolaatikko 24). Joskus saatetaan tarvita erityisen huolellista vesien ohjausta myös niissä ojissa, jotka ennallistamisen suunnitteluvaiheessa ovat vähävetisiä mutta joiden tilanne muuttuu, kun eniten vetävät ojat tukitaan.

Jos suo viettää myös reunoilta keskelle esimerkiksi purolaaksossa olevassa korvessa, niskaojat täytetään suon keskustaa kohti viettäviksi, jotta kivennäismaalta valuva pintavesi pääsee luontaiselle reitilleen niskaojien ylitse. Jos runsaimmin vettä kuljettava oja on suon matalimmalla kohdalla, huomiota tulee kiinnittää patojen leveyteen ja hyödyntää kaikki mahdollisuudet ohjata vettä pois täytetyltä ojalinjalta. Veden ohjaaminen pois ojalinjalta on tarpeen myös vesien suoje- lulle (luku 6.4).

Lisähaastetta ennallistamisen suunnitteluun tuo, jos viettävällä suolla on lähteisyyttä tai lettoisuutta (ks. luvut 13.6 ja 13.8) ja näiden lisäksi suon alla on hiekkamaa (ks. luku 13.18). Silloin tarvitaan myös huolellista vesien laadun määrittä- mistä ja ravinteikkaamman veden ohjaamista luon- taisille reiteilleen.

## 8.5 Hylätyt suopellot ja turvekentät

Joillakin suojealueilla metsäojitettuihin kokonaisuuksiin sisältyy myös pinta-alaltaan pieniä turvekenttiä tai turvepeltoja. Ne voidaan ennallistaa metsäojitettujen soiden ennallistamisen yhteydessä. Suopeltojen ja turpeennostoalueiden palauttaminen suoksi on monilta osin hyvin erilainen toimenpide kuin metsäojitettujen soiden ennallistaminen (ks. myös tietolaatikko 9 ja luku 13.2). Pelloilla ja turpeennostoalueilla suot ovat yleensä muuttuneet voimakkaasti, eikä ennallistamisella ole mahdollista tavoitella alkuperäistä suotyyppiä. Ennallistamistarvetta arvioitaessa huomioidaan vanhojen, käsikaivuun tuloksena syntyneiden turvehautojen kulttuuriperintöarvo (luku 10) ja vanhan suopellon muut luonnonsuo- jelliset arvot. Esimerkiksi, jos eteläsuomalaiselle suopellolle on kasvanut vankka koivikko, pelto saattaa olla tärkeä valkoselkätikan elinympäristö.

Suopeltojen palauttamisesta suoksi on vasta vähän kokemusta (ks. luku 13.2), mutta se tiedetään, että toimenpide on huomattavasti kalliimpi kuin ojitetun ”keskivertosuon” ennallistaminen.

## 8.6 Hiekkamaiden soiden ennallistamisen erityispiirteitä

Alueita, joissa maaperä on läpäisevää hiekkaa, on Suomessa erityisesti harjujen ja reunamuodostumien ympäristössä. Suurimmat yhtenäiset hiekk- a-alueet ovat usein siellä, missä merenrannan aallokko ja tuulet ovat levitelleet harjujen hiekk- oja laajoiksi kentiksi. Näille alueille on tyypillistä rantavallitopografia, jossa korkeuskäyrien suun- taiset kaarrot patoavat väliin jääviä painanteita, jotka soistuvat. Laajimmillaan tällaiset kentät ovat Pohjanlahden rannikon tuntumassa, mutta niitä esiintyy muuallakin harjujen tai muiden jäätik- köjokikerrosten tuntumassa.

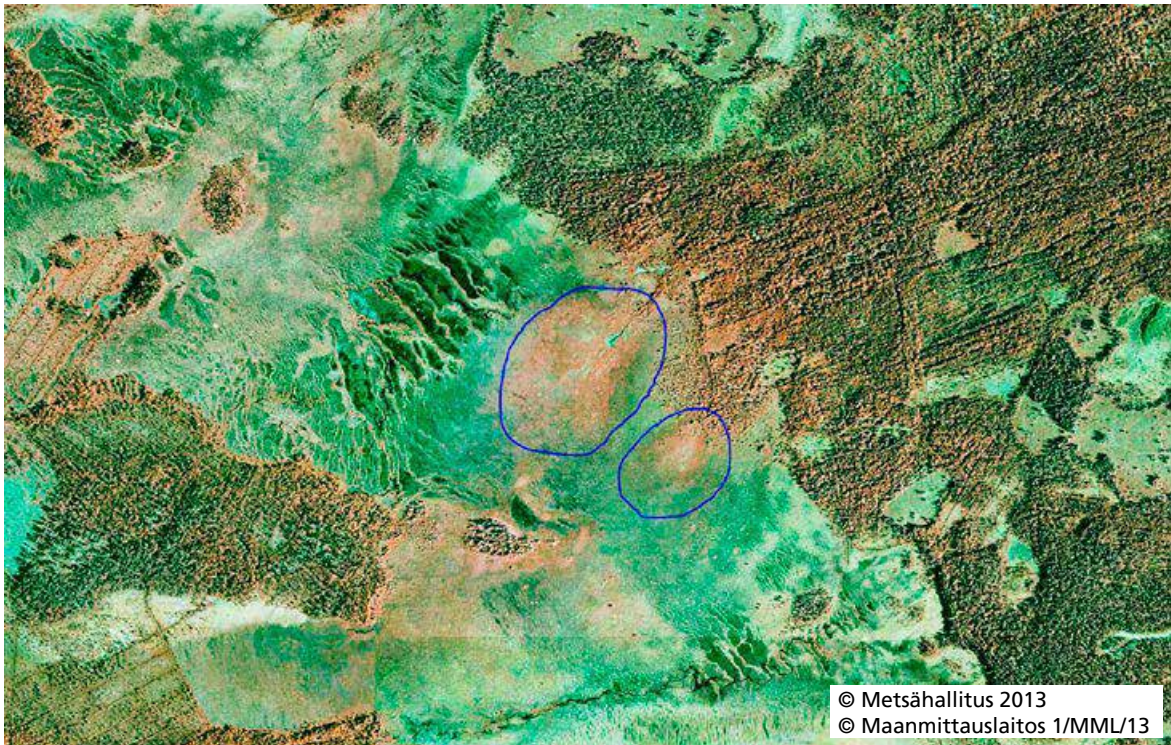
Kun suon pohjamaa läpäisee hyvin vettä, pohjaveden muodostuminen ja purkautuminen vaikuttavat voimakkaasti suon ekologiaan (luku 3.4). Pohjaveden muodostumisalueella painan- teet kehittyvät pohjan läpäisevyydestä riippuen ohutturpeisiksi soiksi, kausivaihteleviksi soiksi tai keidassoiksi. Pohjaveden purkautumisalueel- le voi muodostua lähteikköjä ja lähdesoita sekä lähdevaikutteisia luhtaisia nevoja ja lettoja. Näil- lä kasvaa usein harvinaista ja uhanalaista lajistoa (ks. luku 13.19).

Hiekkapohjaisten soiden ojitukset saattavat vaikuttaa arvaamattomasti ja laajalle alueelle. Läpäisevään pohjamaahan asti kaivetut ojat voivat alentaa pohjaveden pintaa niin laajalla alueella, että se heijastuu pohjaveden virtauksesta riippuvaisen suokasvillisuuden muutoksina satojenkin metrien päässä ojituksesta. Silti sadeveden varassa olevat keidassuomaiset osat ja esimerkiksi karuimmat kausivaihtelevat suot voivat säilyä likimain muuttumattomina.

Hiekkapohjaisten soiden ennallistaminen vaatii usein erityisen tarkkaa suunnittelua, sillä myös ennallistettaessa suhteellisen pienikin toimenpide voi vaikuttaa arvaamattoman laajalle (ks. luku 13.1). Esimerkiksi vetymisvaikutukset saattavat helposti ulottua suojelualueen rajojen ulkopuolelle. Toisaalta pohjavesivaikutteisten soiden vedenpinnan vaihtelut voivat olla hitaita, joten saatetaan tarvita useampia sateisia vuosia, että pohjaveden pinta palautuu ennallistamisen jälkeeseen normaalikorkeudelle. Pohjavesivaikutteisten alueiden harvinainen ja uhanalainen lajisto vaatii myös huomiota ennallistamista suunniteltaessa ja toteutettaessa.

Hiekkamailla ojat syöpyvät helposti, etenkin kokoojaojat tai ojat, joihin purkautuu pohjavettä (ks. luvut 13.17 ja 13.18). Veden kuljettama hiekka kerrostuu kohtaan, jossa virtaus heikkenee. Se voi tukkia alapuolisia ojia tai puroja tai muodostaa hiekkaisia ”deltoja” järvien tai soiden reunamille (kuva 40).

Hiekkamaiden syöpyneiden ojien tukkumiseen tarvittavaa materiaalia ei yleensä ole helposti saatavissa. Täyttömaata saatetaan joutua siirtämään patoon esimerkiksi kaivettavista lammi-koista tai uomista tai sitä joudutaan kuljettamaan kauempaa (ks. luvut 13.17 ja 13.18). Koska hiekkaisesta aineksesta tehty pato syöpyy herkästi, patovallista tulee tehdä niin iso, että vesi ei missään tilanteessa pääse virtaamaan padon yli tai sivuitse. Yläpuoliselta valuma-alueelta kertyvät vedet pitää siis ohjata suolle kohdasta, missä eroosion vaaraa ei ole. Hiekkamaille on tyypillistä, että niillä ei ole varsinaisia puroja, vaan vesi on luonnontilassa suurelta osin suotautunut hiekan läpi. Useimmiten patoavista hiekkakaarroista löytyy myös matalampia painanteita, joiden kohdalta tulvavedet pääsevät virtaamaan. Nämä kynnysten alimmat kohdat ratkaisevat patovallien korkeuden.



**Kuva 40.** Yläpuoliselta ojitusalueelta huuhtoutunut hiekka on kerrostunut Puolangan Heinisuolla ”deltoiksi” aapasuolle. Kuva-alueen leveys on noin 2 km.

## 8.7 Pohjavesialueiden suot

Pohjavesialueita on maassamme noin 6 300 kpl ja noin 13 000 km<sup>2</sup>. Pääosa pohjavesialueista on harjuja tai vastaavia hiekkaisia muodostumia. Etenkin Pohjanmaalla, Kainuussa ja Lapissa pohjavesialueisiin sisältyy yleisesti soita ja soistumia, lähinnä pohjavesialueiden reunaosissa. Huomattava osa pohjavesialueista (noin 60 % lukumäärästä ja yli 75 % pinta-alasta) on luokiteltu tärkeiksi vedenottoalueiksi tai vedenottoon soveltuviksi. Myös muista pohjavesialueista osa voidaan tulevaisuudessa luokitella tärkeiksi. Pohjavesien suojelemiseksi vesilaki ja ympäristönsuojelulaki kieltävät pohjaveden pilaamisen, ja myös pohjavedenpinnan muuttaminen voidaan katsoa lain vastaiseksi, jos se haittaa veden käyttöä.

Pohjavesialueiden ojitettujen soiden käytölle ei ole olemassa yhtenäistä ohjeistoa, mutta nykyisten suositusten mukaan pohjavesialueiden ojia ei tulisi esimerkiksi kunnostaa. Tämä voi rajoittaa soiden talouskäyttöä monilla alueilla. Jos suot päädytään jättämään taloustoiminnan ulkopuolelle, ojat eivät normaalisti umpeudu itsestään, vaan ennallistaminen tai vedenpinnan säädely nostaminen voivat olla paikallaan (ks. luku 13.21).

Pohjaveden muodostumisalueen ohutturpeisten, kausivaihtelevien soiden ojitukset voivat olla ongelma pohjaveden laadulle. Pahimmillaan ojitusalueen humus- ja ravinnepitoisia vesiä pääsee suotautumaan suoraan pohjaveteen, mikä näkyy herkästi pohjaveden laadun heikkenemisenä (esimerkiksi rauta- ja nitraattipitoisuuden kasvuna). Pitkällä tähtäimellä tällaisten ojitusalueiden ennallistaminen on perusteltua jo pohjavesien suojelun kannalta. Myös laajojen alueiden ennallistaminen voi väliaikaisesti lisätä suotautuvan veden humus- ja ravinnepitoisuutta ja siten heikentää pohjaveden laatua. Siksi pohjavesialueilla ei saa ennallistaa kerralla liian isoa pinta-alaa soita. Ennallistamisen aiheuttamaa kuormituspiikkiä voidaan pienentää aloittamalla ennallistaminen ojitusalueen alareunan kausivaihtevalta suotautumisalueelta ja ennallistamalla yläpuolinen valuma-alue vasta suotautumiskentän kasvillisuuden vakiinnuttua, jolloin kasvillisuus vähentää huumuksen ja ravinteiden pääsyä suotautumisvesiin.

Tavallisempi ongelma on, että hiekkaisen pohjavesialueiden reunalla olevat suot on ojitettu, jolloin pohjavesi purkautuu ojiin ja alueen

pohjaveden pinta laskee. Esimerkiksi Pohjois-Pohjanmaalla on yleisesti metsäojitettu ja raivattu pelloiksi purkautumisalueiden tyypillisesti lähdevaikutteisia ja reheviä soita. Syviin ojiin voi purkautua runsaasti pohjavettä turvekerrosten läpi. Lisäksi ojat on usein pohjaveden purkautumisalueen yläreunalla kaivettu alun perin tai kunnostuksen yhteydessä hiekkiaan, pohjavedenpinnan alapuolelle asti. Ojien pohjalle purkautuva pohjavesi on syövyttänyt ojat joskus hyvin syviksi, mikä on kiihdyttänyt entisestään pohjaveden purkautumista.

Purkautumisalueen vedenpinnan aleneminen voi alentaa pohjavedenpintaa laajalti. Tämä voi aiheuttaa ongelmia pohjavedenottoille, mutta myös lähteikköjen, soiden ja lampien vedenpinnan korkeus voi laskea merkittävästi kaukana varsinaisista ojituksista. Esimerkiksi Rokuan alueen harjulampien veden pinnan pitkäaikaista alenemista on pidetty harjun reunamien laajojen ojitusten seurauksena. Tällaisessa tapauksessa haitallisia vaikutuksia voidaan vähentää patoamalla ojia (luku 13.21), jolloin veden pinta nousee ojassa ja veden lisääntynyt suotautuminen hiekan läpi vähentää eroosioriskiä. Alentuneen pohjavedenpinnan tason nostamisessa ojien tukkiminen on tehokkain tapa. Jos se ei ole mahdollista esimerkiksi alueen metsätaloustalouden takia, pohjavedenpintaa kannattaa nostaa nostamalla ojan pohjan kynnyskorkeutta sen verran, että puuston kasvuun riittävä kuivavara jää suokasvupaikoillekin (kuva 146 s. 275).

Muuttuneilla pohjavesialueilla tulee selvittää vaadittavat toimenpiteet ja ratkaisevat kohdat, joissa patoja tarvitaan. Syöpyneiden ojien varrella ei yleensä ole riittävästi täyttömateriaalia. Mikäli eroosiota kestävää moreenia on käytettävissä, sen ajaminen ojiin on yksi mahdollisuus. Jos ojat ovat eroosioherkkää hiekkaa tai turvetta, voidaan tarvita suodatinkankaalla vuorattuja putkipatoja (kuva 147 s. 276) tai muita pohjapatoja. Niiden rakentamisen tekniikka on tuttua esimerkiksi tierumpujen tai kosteikkojen rakentamisesta, mutta erodoituneilla ojitusalueilla pitää syöpymisen estämiseen kiinnittää erityistä huomiota. Patoja tulee olla niin tiheästi, ettei putouskorkeus patojen välillä ole liian suuri. Putkipatojen putkien tulee olla riittävän suuret myös tulva-aikaisille vesimäärille. Patojen ylä- ja alapuolella on lisäksi tärkeää nostaa ojan pohjaa maa-aineksilla. Nostettu ojanpohja suojataan suodatinkankaalla, jotta eroosio ei kuluta sitä.

## Lähteikköjen ennallistaminen

*Riikka Juutinen ja Jari Ilmonen*

### Lähteikköjen tunnistaminen ja luonnontila

Lähde on paikka, missä pohjavettä purkautuu maan pinnalle vettä läpäisevän ja läpäisemättömän maakerroksen rajapinnassa (Raatikainen 1989). Pohjavesi voi purkautua joko selvärajaisena vesimuodostumana (lähdellas tai -puro) tai epämääräisempänä tihkupintana, usein monipuolisena lähteikkökompleksina (Leka ym. 2008). Lähteiköt sijaitsevat useimmin maaston taitekohdissa, harjujen tai moreenimuodostumien juurella, mutta avolähteitä ja tihkupintoja löytyy myös soilta, joskus kaukanakin kivennäismaan rajasta. Suolla sijaitseva lähteikkö voi rajautua ympäröiviin, lettoisiin suotyyppeihin epäselvästi, mutta se voi olla myös selvärajainen vesimuodostuma esimerkiksi muuten karun rämeen keskellä. Lähdevaikutus on suolla helposti erotettavissa kasvillisuuden, erityisesti sammalten (mm. purolähdesammal *Philonotis fontana*, lähdelehväsammal *Rhizomnium magnifolium*, purosuikerosammal *Brachythecium rivulare*, hetesirppisammal *Warnstorfia exannulata* sekä huurresammalet *Palustriella* spp. ja *Cratoneuron filicinum*) perusteella, vaikka kyseessä olisi tihkupinta ilman runsasta veden purkautumista. Runsaammin purkavat lähteiköt voidaan erottaa veden kirkkauden ja kesällä kylmyyden perusteella, lisäksi lähteiköt voivat pysyä sulana läpi talven.

Lähteikköjen luonnontila on heikentynyt voimakkaasti eteläisessä Suomessa etenkin metsien ja soiden ojitusten seurauksena (Ilmonen ym. 2008). Ojituksen vaikutuksesta lähteikkö on voinut kärsiä voimakkaasti tai hävitä kokonaan, jos oja on kaivettu lähteikön läpi. Tällöin lähdelajistoa esiintyy usein vain ojien pohjalla. Lievemmissä tapauksissa lähteikön hydrologia on kärsinyt läheisen suoalueen ojituksen seurauksena, kun pohjaveden pinta on laskenut koko alueella. Tällaisessa tilanteessa lähteikön pinta-ala on yleensä supistunut ja lähteisyys heikentynyt. Ojitusten kuivattamia entisiä lähdepuroja ja -altaita voidaan usein havaita ojien ympärillä melko selvinä, joskus umpeen rakhoittuneina painanteina.

### Lähteikköjen ennallistamistarpeen arviointi

Ensisijainen keino lähteikköjen säilyttämiseksi on luonnontilaisten, luonnontilaisen kaltaisten ja heikentyneiden mutta arvokasta lähdelajistoa ylläpitävien lähteikköjen suojelu. Lähteikköjen luonnontila on Etelä-Suomessa kuitenkin niin heikko, että suojelu ei yksinään ole riittävä keino lähdelajiston säilyttämiseksi. Lähteikköjen tilaa tulee lisäksi pyrkiä kohentamaan selkeästi asetettuihin tavoitteisiin pyrkivän, varovaisen ennallistamisen avulla (Ennallistamistyöryhmä 2003, Barquin & Scarsbrook 2008).

Vaikka lähteitä ja lähteikköjä on ennallistettu tai kunnostettu maassamme jo useita satoja (alueelliset metsäkeskukset, Metsähallitus) ja tämä toiminta on yleistymässä, on tutkimustieto menetelmistä, ennallistamisen onnistumisesta ja vaikutuksista lajistoon vielä puutteellista. Lähteikköjä on kunnostettu, yksittäisiä tapaustutkimuksia lukuun ottamatta (ks. luku 13.3), käytännössä pääasiassa esteettisin perustein ilman minkäänlaisia lajistoselvityksiä ja -seurantaa. Soiden ennallistamisen yhteydessä lähteiköt on huomioitu tapauskohtaisesti mahdollisuuksien mukaan, mutta näissäkin tapauksissa ennallistamiseen liittyvä tutkimus ja seuranta on ollut vähäistä. Olemassa olevat tutkimustulokset eivät ole kaikilta osin kannustavia; voimakas koneellinen ennallistaminen voi aiheuttaa lyhyellä aikavälillä merkittäviä haitallisia muutoksia lähteisiin purkautuvan veden laadussa ja lähdelajistossa (ks. luku 13.3). Toisaalta selkärangatonlajisto vaikuttaa pääpiirteissään toipuvan ojituksen ja ennallistamisen kaltaisista häiriöistä melko nopeasti, jopa kymmenen vuoden kuluessa, mikä on todettu Joroisten Saarikkolammensuon ennallistamisseurannan yhteydessä (ks. luku 13.3). Myös ojitettujen ja luonnontilaisen kaltaisten lähteikköjen lajistollinen samankaltaisuus viittaa yhteisöjen palautumiseen muutaman vuosikymmenen mittakaavassa (Ilmonen & Salmela 2010).

Ensimmäinen oletus lähteikköjen ennallistamistarpeen arvioinnissa on, että elinympäristön rakenteellisen luonnontilan heikkeneminen (ojituksen tms. toimenpiteiden aiheuttamat

muutokset elinympäristön määrässä ja laadussa, esimerkiksi tihkupintojen kuivuminen) on johdannut negatiivisiin muutoksiin esimerkiksi lajistossa. Viimeaikaisissa tutkimuksissa (Juutinen & Kotiaho 2009, Ilmonen & Salmela 2010, Juutinen ym. 2010, Ilmonen ym. 2012) on kuitenkin havaittu, että lähteiköillä rakenteellisen luonnontilaisuuden ja lajiston välinen yhteys ei ole aivan niin yksioikoinen: lähteikön muuttuminen ei aina aiheuta suuria lajistollisia muutoksia tai lajisto voi palautua häiriöstä itsestään. Jopa voimakkaasti ihmistoiminnan muokkaamilla kohteilla voi esiintyä edustavaa, uhanalaista kasvi- ja eläinlajistoa. Tämän vuoksi lähteikköjen ennallistamisessa tulee noudattaa varovaisuutta ja välttää liian voimakkaita toimenpiteitä.

Metsähallituksen luontopalvelut käynnisti kevättalvella 2008 pilottiprojektin valtion hallinnoimilla alueilla Länsi-Suomessa sijaitsevien lähteikköjen ennallistamistarpeen selvittämiseksi. Projektissa selvitettiin 30 lähteikön luonnontilaisuutta, kasvillisuutta (putkilokasvit ja sammaleet) ja hyönteislajistoa (vesihyönteiset ja semiakvaattiset sääsket) sekä arvioitiin lajistollista ja rakenteellista ennallistamistarvetta vertailemalla luonnontilataan muuttuneita kohteita (22 kpl) luonnontilaisiin verrokkeihin (8 kpl) (Ilmonen & Salmela 2010, Juutinen ym. 2010). Kohteille perustettiin lisäksi ennallistamisen vaikutusten pitkäaikaista lajistoseurantaa varten pysyviä kasvillisuusruutuja ja hyönteispyyntipisteitä. Päätulokset lajiston esikartoituksen perusteella ovat:

- 1 rakenteellisesti heikentyneestä luonnontilasta ei seuraa muuttunut ja yksipuolinen lajikoostumus, joten luonnontilan heikkeneminen yksinään ei riitä ennallistamisperusteeksi
- 2 lajistollisesti edustavien lähteikköjen ennallistaminen on riskialtista, sillä niillä uhanalaisen lajiston esiintyminen ojissa on melko tavallista, eikä sitä voi ennustaa ojan rakenteellisten ominaisuuksien perusteella vaan on tehtävä tarkat lajistoselvitykset
- 3 ennallistamiselle löydettiin perusteita vain kaikkein voimakkaimmin muuttuneilla oja-kohteilla, joissa toimien tavoitteena tulee olla luontaisten laskupurojen toiminnan palauttaminen ja ojien tukkiminen.

Ojituksen vaikutusta lähdevaikutteisen alueen laajuuteen ei voitu esikartoituksen perusteella tarkastella, sillä se vaatisi samojen kohteiden pidempiaikaista seuranta. Jatkossa myös tähän tulee kiinnittää huomiota, ja perustettu tutkimusasetelma antaa siihen mahdollisuuden.

**Suosituksia** lähteikköjen ja lähdevaikutteisten soiden ennallistamisesta ja lähteiden huomioimisesta muussa ennallistamisessa

- Lähteikön ennallistamiselle tulee aina määrittellä selkeät kohdekohtaiset perustelut ja tavoitteet.
- Lajiston esikartoitus ennallistamisen edellytysten arvioimiseksi ja lajiston huomioimiseksi on välttämätöntä. Sammalet ilmentävät lähdevaikutusta selkeästi ja ovat helpoimmin koska tahansa sulan maan aikaan kartoitettavissa oleva lajiryhmä.
- Seuranta, tuloksista oppiminen ja tiedon jakaminen ovat ennallistamismenetelmien kehityksen edellytyksiä.
- Ennallistamissuunnittelussa tulee aina ottaa huomioon lähteikköelinympäristöille ominainen luontaisesti pienipiirteinen vaihtelu (purot, tihkupinnat ja allikot).
- Ennallistaminen vähitellen, usean vuoden kuluessa on nopeaa ja voimaperäistä toimenpidettä vähemmän haitallista vakaisiin ympäristöoloihin sopeutuneelle lähdelajistolle.
- Lahoja puurakenteita ei yleensä tarvitse poistaa.
- Lähteiköllä ja sen välittömässä lähiympäristössä tulee välttää liikkumista raskailla koneilla.
- Ojaan purkautuvan lähteen säilyttäminen jättämällä osa ojasta tukkimatta ei todennäköisesti onnistu, koska lähdekasvillisuus jää nousevan vedenpinnan alle ja tuhoutuu. Ojien tukkiminen on usein tarpeellista lähteikön tai suon hydrologian palauttamiseksi.
- Jos kohteella on tarvetta esimerkiksi uhanalaisten kasvien siirtoistutuksiin, tarvitaan siirtoihin aina mm. maanomistajan lupa ja siirroista tulee tarvittaessa olla yhteydessä myös alueen ELY-keskukseen (tietolaatikko 25). Ennallistamis- ja siirtoistutussuunnitelmat on tällaisissa tapauksissa syytä tehdä yhdessä lajiasiantuntijoiden kanssa. Siirtoistutuksen onnistumista tulee myös seurata.

- Täysin ojitettujen lähteikköjen ennallistaminen on suositeltavaa ja useimmiten lajistolisten arvojen kannalta turvallista, sillä uhanalaisia lajeja ei yleensä esiinny. Ojat tukitaan ja ojanpohjan sammalkasvustot nostetaan tukitun ojan päälle.
- Luonnontilaltaan vain vähän muuttuneita, lajistollisesti edustavia lähteikköjä ei tule ennallistaa. Myös ympäröivät suot on ennallistettava niin, ettei ennallistaminen aiheuta haitallisia vaikutuksia lähteiköllä.

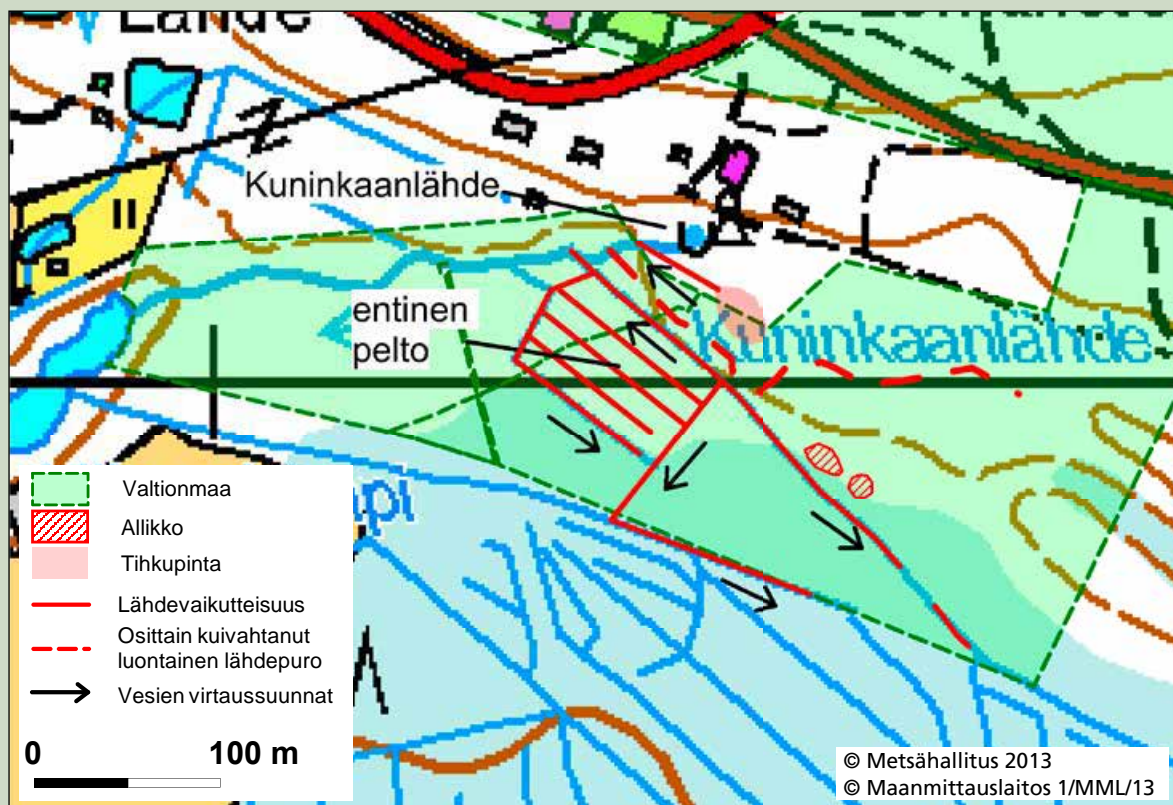
Kaksi esimerkkiä ennallistettaviksi sopivista lähteikkökohteista

### *Kuninkaanlähteen ympäristö*

Hämeenkankaan Natura-alueella Kankaanpäässä Kuninkaanlähteen lähteikön ylin purkupiste on kaivettu, lähes kasviton allas, josta laskee länteen päin vuolas, luonnontilaisen kaltainen puro padottuun Ylisenlampeen (kuva 1). Laskupuron pohjoisrantaa reunustaa vaihtelevan levyinen tihkupinta-alue, joka on puron läheisyydessä luon-

nonnilaisen kaltainen mutta kauempana ojitettu ja kulttuurivaikutteinen. Kuninkaanlähde sijaitsee asutuksen välittömässä läheisyydessä, on vedenottokäytössä ja sen luonnontilaisen laskupuron varrella kulkee polku. Lähde on tunnettu nähtävyytenä. Kohteesta vain osa on Metsähallituksen hallinnassa, ja ennallistamista voitiin suunnitella vain tämän alueen osalta. Ennallistamistarvetta tarkasteltiin Kuninkaanlähteen laajan lähteikköalueen eteläisellä reunalla (lähdepuron etelä-lounaispuolella) olevalla entisellä pellolla, jossa lähdevaikutteisten ojien ympäristössä on pienialaisia tihkupintoja ja lähdealtaita. Ojitus on osittain tuhonnut alueella olleen, pohjoisempaan sijaitsevaan pääpuroon laskevan lähdepuron.

**Perustelut kohteen ennallistamiselle:** Rakenteellisiin tekijöihin perustuneessa analyysissä Metsähallituksen maalla sijaitseva lähteikön osa poikkeaa ojituksen vuoksi voimakkaasti luonnontilaisista verrokkikohteista, mm. lähdevaikutteisen alueen pinta-alasta yli puolet sijaitsee ojissa. Tämän jälkeen tarkasteltiin, onko kohteella sellaisia tekijöitä, joiden vuoksi ennallistaminen ei ole mahdollista tai kannattavaa. Tällaisia tekijöitä ovat runsaat, monipuoliset lähdesammalkas-



**Kuva 1.** Kuninkaanlähteen ympäristössä on ojituksen osittain tuhoamaa lähteistä aluetta tihkupintoineen, allikkoineen ja puroineen. Suunnittelukohteena on kokonaisuudessaan valtion maalla.

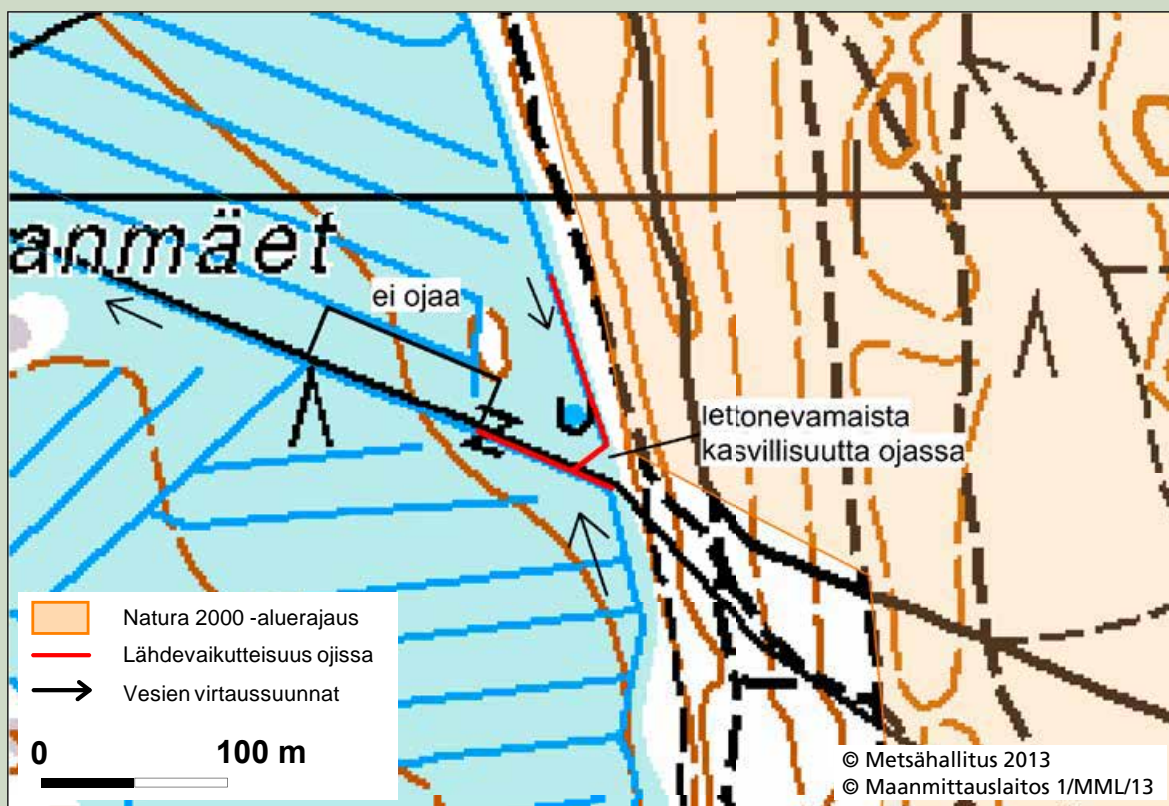
vustot itsestään jo osittain ennallistuneissa ojissa, yksinomaan ojissa sijaitsevat uhanalaisten lajien esiintymät sekä ojien sijainti upottavien tihkupintojen keskellä. Mitään edellämainituista tekijöistä ei kuitenkaan havaittu suunnittelualueella. Ennallistamisalueen ojissa ja allikoiden reunoilla esiintyy erittäin uhanalaista ja rauhoitettua lähdesaraa (*Carex paniculata*) ja vaarantunutta, erityisesti suojeltavaa otalimisammalta (*Lophocolea bidentata*). Molempia lajeja esiintyy kuitenkin myös luonnontilaisen lähdepuron varrella.

**Tavoitteet, toimenpiteet ja rajoitukset:** Laajuudeltaan merkittävän alueen ennallistaminen kohentaisi koko Kuninkaanlähteen lähteikköalueen tilaa. Ennallistaminen tulee toteuttaa täyttämällä ojat, jolloin tihkupintojen vesitalous paranee ja lähteisyys leviää ojia laajemmalle alueelle. Vanha luonnonuoma on jätettävä täyttämättä, eikä sen yli saa ajaa työkoneilla. Lähdesaran kasvupaikat voidaan jättää peittämättä ja niillä liikkumista on varottava. Otalimisammalen ojakasvustot tulee siirtää vanhan luonnonuoman reunoille ja täytettyjen ojien päälle. Erityisesti

suojeltavien lajien säilymiselle tärkeitä esiintymispaikkoja ei kuitenkaan saa hävittää tai heikentää (Luonnonsuojelulaki 47 §). Tarvittavista luvista ja toimenpiteistä on syytä olla yhteydessä ELY-keskukseen (tietolaatikko 25). Tässä tapauksessa kummankaan valtakunnallisesti uhanalaisen lajin kasvupaikat ennallistettavalla alueella eivät ole koko lähteikköalueen kannalta erityisen merkittäviä, sillä esiintymiä on myös luonnontilaisen pääuoman varrella. Kohteen erityislaadun (matkailu, asutus, vedenotto) vuoksi ennallistaminen on haasteellista ja vaatii huolellista valmistelua ja tiedottamista.

### Lähdetneva

Lähdetnevan lähteikkö Kankaanpäässä on ojitetun Lähdetnevan–Kitunevan reunassa sijaitseva, yksinomaan leveistä, lähes umpeenkasvaneista lähdevaikutteisista ojista koostuva lähteikkö (kuva 2). Karttaan merkittyä lähdetettä ei havaittu. Lähteisyys ilmenee ojan pohjalla virtaavana lähdevetenä sekä edustavana mutta tavanomaisena



Kuva 2. Ojitetun Lähdetnevan reunassa lähteisyys ilmenee ainoastaan ojissa, joihin on kehittynyt varsin edustavaa, mutta tavanomaista lähdekasvillisuutta. Pienellä matkalla ojassa on lettonevamaista kasvillisuutta, joka indikoi veden ravinteisuutta. Myös tämä kasvillisuus kannattaa nostaa ennallistamisen ajaksi ojan viereen ja lopuksi täytetyn ojan päälle. Peruskartalle merkittyä lähdetettä ei löydetty. Kohde sijaitsee valtion metsätalousmaalla Hämeenkaan Natura-alueen vieressä.



lähdekasvillisuutena. Ojissa ei esiinny uhanalaista kasvi- tai hyönteislajistoa. Kohde sijaitsee kokonaisuudessaan Metsähallituksen hallinnoimalla maalla.

**Perustelut kohteen ennallistamiselle:** Rakenteellisiin tekijöihin perustuneessa analyysissä kohde havaittiin ojituksen vuoksi voimakkaasti luonnontilaisista verrokkikohteista poikkeavaksi: kohteella lähteisyys keskittyy yksinomaan ojiin. Tämän jälkeen tarkasteltiin, onko sellaisia tekijöitä, joiden vuoksi ennallistaminen ei ole mahdollista tai kannattavaa (ks. edellinen esimerkki). Mitään sellaisia tekijöitä ei kuitenkaan havaittu.

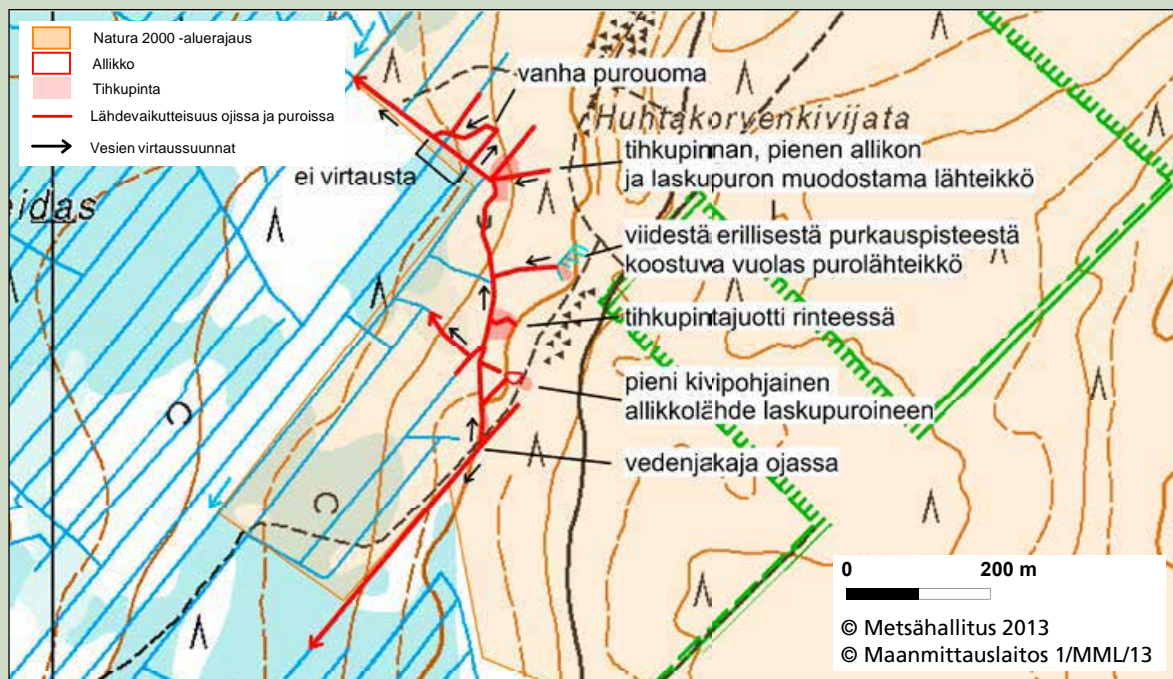
**Tavoitteet, toimenpiteet ja rajoitukset:** Lähdetnevan lähteikkö kannattaa ennallistaa suon laajemman ennallistamisen yhteydessä, sillä kohde on täysin muuttunut ojituksen seurauksena. Ennallistaminen on haastavaa, koska kaikki lähdelajisto esiintyy syvällä ojien pohjalla, jolloin ojien täyttäminen tai patoaminen väistämättä aiheuttaa välittömiä negatiivisia vaikutuksia lajistolle. Lajisto on kuitenkin tavanomaista lähdelajistoa, joka selvinnee ennallistamisen aiheuttamasta muutoksesta ajan kanssa. Pienellä matkalla ojassa on myös lettonevamaista kasvillisuutta ojien pohjalla. Ennallistaminen toteutetaan nostamalla sammalkasvustot pois ojien pohjalta, tukkimalla

oja ja nostamalla lähdesammalkasvustot takaisin tukitun ojan päälle. Lähdetnevan kaltaisia rakenteeltaan täysin tuhoutuneita lähteikköjä on maassamme runsaasti (esim. Juutinen & Koti-aho 2009), joten ennallistamisen onnistumisen seuraaminen ja tulosten julkaiseminen on niiden suuren sovellusarvon vuoksi tärkeää.

## Kaksi esimerkkiä ennallistettaviksi sopimattomista lähteikkökohteista

### Huhtakorpi

Lauhanvuoren kansallispuistossa Isojoella sijaitseva Huhtakorpi on edustava ja laaja lähdevaihteisen ojan purkama lähteikkökokonaisuus, joka sijaitsee kankaan ja pienen ojitetun suon laidassa, loivan rinteessä (kuva 3). Selvästi lähdevaihteinen oja virtaa vuolaasti ja on kehittynyt pääosin hyvin puromaiseksi. Ojan itäpuolisessa rinteessä on useita enimmäkseen luonnontilaisia tihkupintajuotteja, lähdepuroja ja pieniä allikoita. Paikoin ajourat ovat vaikuttaneet tihkupintojen virtausjuotteihin. Ojitus on muuttanut etenkin lähdepurojen alempien osien luonnontilaa täysin. Alueen vedet pääosin kokoava, luoteeseen Lettokeitaalle johtava oja lienee kaivettu osittain



**Kuva 3.** Huhtakorven lähteikköllä on useita tihkupinta-, allikko- ja purolähteitä ja -lähteikköjä, joista osa on luonnontilaisia. Rinteessä oleva oja on ennallistunut osittain itsestään luonnontilaisen kaltaiseksi. Vanhaa purouomaa on näkyvissä kohteen pohjoisosassa. Kohde on kokonaisuudessaan valtion maalla.

alkuperäisen lähdepuron paikalle. Kohteen pohjoisosassa vanha puronuoma on vielä näkyvässä ja siinä virtaa yhä lähdevettä. Kohde sijaitsee kokonaisuudessaan Metsähallituksen hallinnoimalla maalla.

Vuolaan luonnontilaisen purolähteikön vieressä on retkeilypolku, ja maasto on jossain määrin kulunutta. Vaikuttaa myös siltä, että rinteen kivipohjaisia purkaumapisteitä puhdistetaan ajoittain, sillä altaiden reunoilla on kuiville nostettuja sammalia.

Huhtakorven lähteiköllä kasvavat vaarantunut harsosammal (*Trichocolea tomentella*) sekä alueellisesti uhanalaiset ryytisammal (*Geocalyx graveolens*), korpikerrossammal (*Hylocomium umbratum*), poimulehväsammal (*Plagiomnium undulatum*) ja etelänhavusammal (*Thuidium tamariscinum*). Osa edellä mainituista lajeista kasvaa alueen ojissa tai niiden välittömässä läheisyydessä. Rinteen lähteissä esiintyy lisäksi erittäin uhanalaista lähdesirvikästä (*Crunoecia irrorata*) ja vaarantunutta pyörörutavesiäistä (*Anacaena globulus*).

**Perustelut kohteen hylkäämiselle:** Rakenteellisiin tekijöihin perustuneessa analyysissä kohde havaittiin melko luonnontilaisen kaltaiseksi: kohteella on runsaasti säästynyttä luonnontilaista lähdepintaa. Kohteella on lisäksi tekijöitä, joiden vuoksi ennallistaminen ei ole mahdollista tai kannattavaa: runsaat, monipuoliset lähdesammalkasvustot osittain jo itsestään ennallistuneissa ojissa sekä yksinomaan ojissa sijaitsevat uhanalaisten lajien esiintymät.

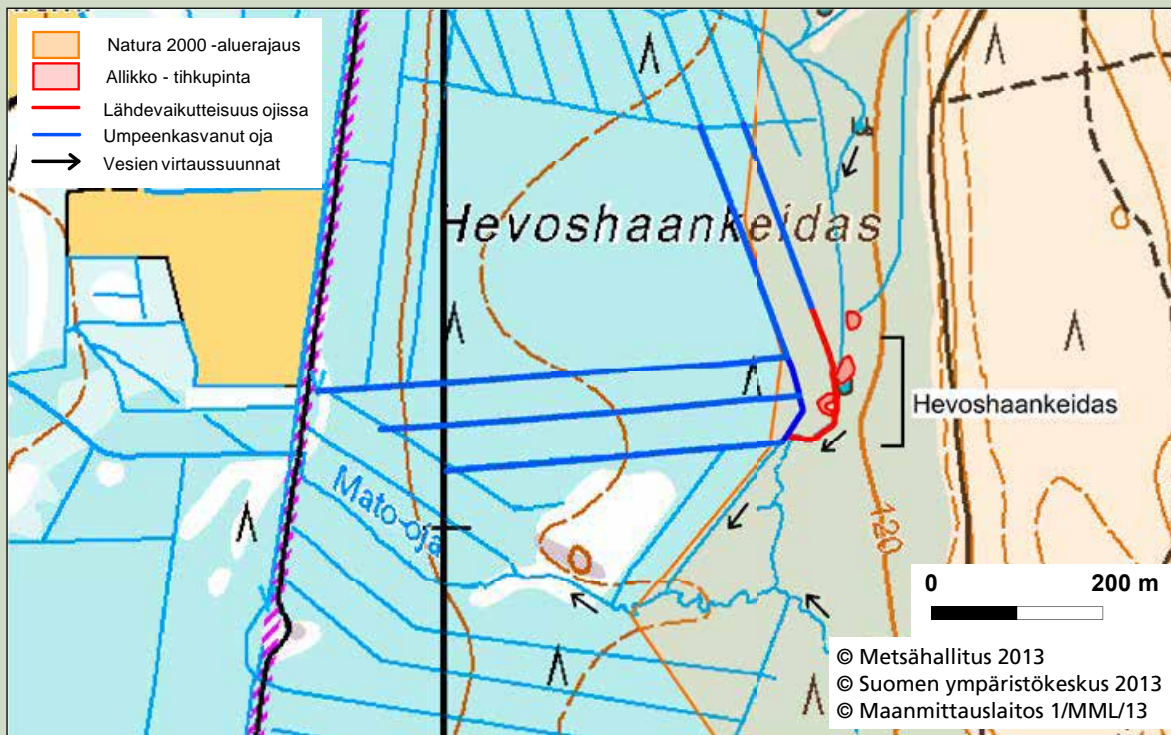
**Tavoitteet, toimenpiteet ja rajoitukset:** Huhtakorven lähteikköalueella on ennallistamistarvetta ainoastaan suon ja kankaan pohjois-eteläsuuntaisen reunaojan läheisyydessä, sillä rinteen ylimmät lähdepurkaumat ovat säilyneet luonnontilaisen kaltaisina. Ennallistaminen olisi kuitenkin erittäin vaikeaa ojan suuren kaltevuuden ja etenkin siihen kehittyneen arvokkaan lajiston vuoksi, minkä vuoksi reunaoja on viisainta jättää käsittelemättä. Mittava ennallistaminen vaarantaisi arvokkaan lajiston säilymisen. Koillisesta laskeva pieni oja voidaan padota harkinnan mukaan, kuitenkin välttämättä liikkumista ojan vieressä sijaitsevalle, luonnontilaisen kaltaisella lähteiköllä. Lisäksi alueelle olisi syytä pystyttää sen luontoarvoista kertovia opasteita, joissa erityisesti kielletäisiin sammalten poistaminen lähdealtaista.

## Hevoshaankeidas

Pohjankankaan Natura-alueella Kankaanpäässä sijaitseva Hevoshaankeitaan lähteikkö koostuu kahdesta allikosta, niiden reunamien tihkupiinoista sekä allikoiden läpi virtaavasta, osittain ojaksi kaivetusta entisestä purosta (kuva 4). Lähteikön allikoissa, purossa ja ojassa kasvaa runsaasti erittäin uhanalaista lähdesaraa. Lähteikön pohjois- ja eteläpuolella rinteen alla on muitakin lähteikköjä ja kohteen pohjoispuolella sijaitsee vedenjakaja. Kohde sijaitsee kokonaisuudessaan Metsähallituksen hallinnoimalla maalla.

**Perustelut kohteen hylkäämiselle:** Rakenteellisiin tekijöihin perustuneessa analyysissä kohde havaittiin melko luonnontilaisen kaltaiseksi: kohteella on melko runsaasti (yli 2/3 lähteikön kokonaispinta-alasta) säästynyttä luonnontilaista lähdepintaa.

**Tavoitteet, toimenpiteet ja rajoitukset:** Hevoshaankeitaan lähteiköllä tai koko Mato-ojan valuma-alueen latvalla ei ole merkittävää ennallistamistarvetta Natura-rajauksen sisäpuolella. Rajalla oleva oja purkaa ilmeisesti pääosan lähteikön vedestä, mutta ojan runsas lähdesarakasvusto rajoittaa sen ennallistamista. Lähteikön alkuperäinen lasku-uoma saa yhä lähdevettä, eikä sitä kannata ennallistaa pelkästään yläosiltaan. Muut alueen ojat ovat vähäisiä ja itsestään umpeenkasuvia.



**Kuva 4.** Hevoshaankeitaan lähteikkö sijaitsee harjun juurella ja läheisyydessä on myös muita lähteikköjä. Hevoshaankeitaan ojat ovat suurimmaksi osaksi jo kasvamassa itsestään umpeen. Kohde on kokonaisuudessaan valtion maalla.

# 9 Ennallistettaessa huomioitavia riskitekijöitä

*Tapani Sallantaus, Maarit Similä, Sakari Rehell ja Rauli Perkiö*

Myös soiden ennallistaminen muuttaa luontoa voimakkaasti. Huolellisella suunnittelulla pyritään minimoimaan haitat, mutta aina niitä ei voida täysin välttää. Tähän lukuun on koottu mahdollisia haittavaikutuksia, jotka tulee ottaa huomioon ennallistamisen suunnittelussa ja toteutuksessa. Jos haitat arvioidaan hyötyjä suuremmiksi, toimenpiteestä tulee luopua (luku 2). Hyötyjen ja haittojen puntarointia hankaloittaa se, että haitat ilmenevät yleensä nopeasti ja ovat parhaimmillaan lyhytaikaisia, kun taas hyödyt ilmenevät hitaammin, jopa kymmenien vuosien kuluessa.

## 9.1 Vaikutukset valumaveden laatuun ja vesistöjen tilaan

Boreaalisen havumetsävyöhykkeen vesieliöt ovat sopeutuneet luonnontilaisista suoekosysteemeistä valuviin vesiin, jotka sisältävät esimerkiksi turpeen sisältämiä alkuaineita, hiilen ohella mm. typpeä, fosforia, rikkiä ja metalleja. Ihmisen soilla tekemät toimenpiteet, kuten soiden ojittaminen, puuston kasvatus ja turpeennosto, heikentävät soilta valuvien vesien laatua vesieliöstön kannalta. Ennallistamisen odotetaan vaikuttavan valumavesien laatuun pitkällä aikavälillä positiivisesti.

Onnistuneen ojittamisen seurauksena suon valtaa metsäkasvillisuus, joka on sopeutunut syvällä sijaitsevaan pohjavedenpinnan tasoon (luku 5.4). Turpeen laadussa tapahtuu hapellisissa oloissa muutoksia, ja samalla vapautuu ravinteita (luvut 3 ja 4). Kun ojat tukitaan, vedenpinta nousee ja kasvillisuutta kuolee. Minerotrofisilla soilla valuma-alueen vedet leviävät suoalueelle huuhtomaan turvekerrosta. Kaikki tämä voi aiheuttaa haitallisia veden laadun muutoksia alapuolisissa vesiekosysteemeissä (tietolaatikko 28). Merkittävintä vesiensuojelullinen ongelma on fosforin lisääntyvä huuhtoutuminen. Sitä on tapahtunut useimmilla seurtuilla ennallistamiskohteilla, joskin vaihtelua esiintyy.

Isoja ennallistamiskeskittymiä, kuten Seitsemisen kansallispuiston runsaan tuhannen hehtaarin ennallistamistyömaa (ks. luku 13.16), on suojelualueilla vähän. Enimmäkseen ennallistettavat suopinta-alat ovat selvästi pienempiä eikä ennallistamiskohteiden alapuolella pääsääntöisesti ole huomattavan arvokkaita ja herkkiä vesistöjä. Jos haitallisia vesistövaikutuksia on odotettavissa, herkimpiä niille ovat pienvedet. Ennallistamiskohteiden alapuolisia vesistöjä saattavat kuormittaa ennallistamisen lisäksi metsätaloustoimenpiteet. Useiden metsätaloustoimien ominaiskuormitusarvot ovat ennallistamisen suuruusluokkaa tai jopa suurempia (Finér ym. 2010, Kenttämies 2006, luku 3.6 ja tietolaatikko 28).

Voimakkaimpia vaikutuksia aiheuttaa pitkälle muuttuneen suon ennallistaminen, ja suon aiempi lannoitus voi voimistaa fosforin huuhtoutumista. Ennallistamisesta aiheutuvassa kuormituksessa on paljon vaihtelua, jonka syynä on mm. turpeen rautapitoisuus. Zak ym. (2010) esittävät, että fosforia huuhtoutuu merkittävästi vain, kun turpeen rauta-fosfori-suhde on alle 10.

Osa ennallistamiskohteista ei aiheuta kuormitusta käytännössä lainkaan, ja ennallistaminen saattaa parantaa vesistöjen tilaa heti toimenpiteiden jälkeen. Esimerkiksi aapasoiden ojitetuista reunaosista ennallistettaessa saadaan todennäköisesti parannettua alapuolisiin vesistöihin valuvan veden laatua ja samalla tasattua tulvahuippuja, kun valuma-alueelta tulevat vedet ohjataan luontaiselle reitilleen suon ojittamattomana säilyneeseen keskustaan sen sijaan, että vedet ohittavat suon oja myöten.

Ennallistamisalueen pinta-alaosuus valumavedet vastaanottavan vesistön valuma-alueesta on tärkein tekijä, joka määrää vesistövaikutusten voimakkuutta. Lisävaikutusta on niillä valuma-alueen vesillä, jotka purkautuvat ennallistetun suon kautta. Ojittamaton suoalue ennallistetun suon ja vesistön välissä vähentää haitallisia vaikutuksia metsätalousalueiden vesiensuojelussa käytettävän pintavalutuskentän (Päivinen ym. 2011) tavoin.

Mikäli suppealla valuma-alueella tehdään paljon ennallistamistoimenpiteitä, on mahdollista, että ennallistamisella saatetaan merkittävästi heikentää Natura 2000 -verkostoon kuuluvan alueen vesistöjen niitä luontoarvoja, joiden perusteella alue on valittu verkostoon. Tällöin voi ylittyä luonnonsuojelulain 10 luvun 65 §:n mukainen vaikutusten arviointikyynnys (luku 6.1.2).

Joissain tapauksissa ennallistamisen aiheuttamat veden laadun muutokset voivat olla paikallisesti niin suuria, että ne aiheuttavat ympäristönsoojelulain 1 luvun 3 §:ssä tarkoitettua ympäristön pilaantumista, esimerkiksi haittaa luonnolle ja sen toiminnoille tai heikentävät ympäristön soveltuvuutta virkistyskäyttöön. Pilaantumisvaaraa aiheuttavaan toimintaan on oltava ympäristölupa (luku 6.5). Käytännössä toiminnasta kärsivä osapuoli voi olla esimerkiksi mökkiläinen suojelualueen välittömässä läheisyydessä olevan järven rannalla.

Jotta luontoarvoja tai alapuolisten vesistöjen käyttökelpoisuutta ei vaarannettaisi, haitat on pyrittävä huolellisen suunnittelun avulla ehkäisemään ennalta (luku 6). Tämä edellyttää tietoa ympäristövaikutusten syntymekanismeista ja paikallisista olosuhteista. Mahdollisissa ongelmakohteissa ennallistamisen suunnittelijan tulee konsultoida tahoja (esimerkiksi ELY-keskuksia), jotka ovat perehtyneet vesiensuojelukysymyksiin.

Haittojen täydellinen välttäminen on vaikeaa, koska syntyvä kuormitus on liukoista. Mahdollisena ratkaisuna on esitetty töiden jaksottamista siten, että ennallistettavan suoalueen alaosat ennallistettaisiin ensin ja niiden annettaisiin kehittyä ravinteita sitomaan kykeneviksi suoekosysteemeiksi ennen yläosien ennallistamista. Tätä testataan Helvetinjärvellä, ja viitteitä hyödyistä on saatu myös Mustakorvesta (ks. luku 13.9).

## 9.2 Vaikutukset retkeilyyn

Heinäkuusta lokakuulle suot ovat marjastusmaita, jolloin retkeilijät liikkuvat eniten reittien ja polkujen ulkopuolella. Pahimmillaan ennallistettu suo on pitkään vaikeakulkuinen, mutta haittoja voidaan vähentää hyvällä suunnittelulla. Liikkumisen kannalta hankalimpia ovat patoamalla tukitut ojat, joissa patojen välit ovat täynnä vettä. Riittävän kokoiset ja riittävän tiheästi sijoitetut turvepadot mahdollistavat näilläkin soilla

esteettömän kulun ja parantavat omalta osaltaan myös ennallistamisen lopputulosta. Myös kokonaan täytetyt ojat saattavat upottaa ja puuston korjuun hakkuutähteet vaikeuttaa liikkumista. Siksi toimenpiteistä tiedottaminen on tärkeää.

## 9.3 Hyönteistuhoriski

Kun suon vedenpinnan korkeus nousee ennallistamisen seurauksena, puustoa saattaa kuolla. Joillakin kohteilla puustoa saatetaan myös kaataa tai kaataa haihduttamisen vähentämiseksi (luku 7.2). Lisääntynyt kuolleiden puuaineksen määrä voi periaatteessa lisätä ns. tuhohyönteisten yksilömääriä (tietolaatikko 26). Kasvaneet yksilömäärät eivät kuitenkaan automaattisesti aiheuta hyönteistuhoja, vaan hyönteistuhojen ilmeneeseen vaikuttavat kuolleiden puiden määrä ja laatu, ympäröivien alueiden puulajikoostumus ja puuston ikä sekä sääolosuhteet (tietolaatikko 26, Komonen ym. 2011).

Iso määrä isoja kuolleita kuusia esimerkiksi ennallistetussa korvessa voi mahdollistaa kirjanpainajien (*Ips typographus*) määrän lisääntymisen. Korvet ovat kuitenkin yleensä varjoisia, eivätkä siksi optimaalisin elinympäristö kirjanpainajille (tietolaatikko 26). Kohteilla, joissa on riski isojen kuusten nopeaan ja runsaaseen kuolemiseen, kirjanpainajan runsastumisriski tulee kuitenkin ottaa huomioon toteutusta suunniteltaessa. Hoitoseurannoissa seurataan myös kirjanpainajatilannetta ja päätetään tarvittaessa toimenpiteistä.

Runsas kuolleiden mäntyjen määrä esimerkiksi rämeiden ennallistamiskohteilla saattaa mahdollistaa ytimennävertäjien (*Tomicus*) runsastumisen (tietolaatikko 26). Ytimennävertäjät eivät yleensä pysty tappamaan eläviä puita. Runsaankin ytimennävertäjämäärän aiheuttamat kasvutappiot vaimenevat yleensä alle 100 metrin sisällä paikasta, missä kuolleita mäntyjä on paljon (tietolaatikko 26).

## 9.4 Koneiden öljyvahingot

Aina kun ennallistamistöissä käytetään koneita, on olemassa öljyn ja muiden kemikaalien vuotojen riski. Jokaisessa koneessa tulee olla öljynimeytysmatto, -liina tai muuta öljyn imeyttämiseen sopivaa materiaalia. Työmaan huoltopisteessä tulee olla jättesäkkejä sekä lapio öljyisen turpeen tai imeytysmateriaalin keräämiseen. Saastunut maa ja imeytysmateriaalit tulee käsitellä ongelmajätteenä.

Erityistä huomiota koneen letkujen sekä poltto- ja voitelunesteastioiden kuntoon kiinnitetään pohjavesialueella toimittaessa. Huolto- ja korjaustöiden tekoa vältetään pohjavesialueella.

Vähäistä suuremmat ja kaikki pohjavesialueella tapahtuvat öljy- ja polttoainevahingot tulee ilmoittaa kunnan paloviranomaiselle. Vahingosta ilmoitetaan aina myös työmaan ohjajalle. Ilmoitettaessa tulee kertoa valuneen öljyn tai polttoaineen määrä ja laatu sekä paikka, jossa vahinko tapahtui. Tärkeä on esim. vesistöjen läheisyys ja maan laatu alueella. Erityisesti on ilmoitettava, onko kyse pohjavesialueesta.

Pieni letkurikko tai vastaava aiheuttaa yleensä niin pienen vahingon, ettei sitä tarvitse ilmoittaa kuin pohjavesialueilla.

## Ennallistamisen vesistövaikutukset

*Tapani Sallantaus*

### Seurantakohteet

Ennallistamisen vesistövaikutusten seuranta aloitettiin Suomessa vuonna 1997 ensimmäisessä soiden ennallistamiseen keskittyneessä Life-hankkeessa Keidassoiden, aapasoiden ja korprien ennallistaminen Natura 2000 -alueilla, Metsähallituksen Länsi-Suomen puistoalueella. Seurantakohteet keskitettiin Seitsemisen alueelle. Veden laatua seurattiin viidellä valuma-alueella, joista kahdella on järvi. Alueiden soiden ennallistaminen aloitettiin syksyllä 1997 ja työt saatiin päätökseen pääosin vuonna 2000 (ks. luku 13.16). Kaikilla valuma-alueilla seuranta aloitettiin ennen toimenpiteitä (Sallantaus 2004). Kontrollivaluma-alueita oli yksi. Seuranta päättyi pääosin vuonna 2006. Ennallistetut suot olivat etupäässä karuja rämeitä, jotka oli ojitettu 1960-luvulla ja myös lannoitettu. Ojat tukittiin kokonaan, ja puustoa poistettiin kohteilta vaihtelevia, pääosin huomattavia määriä. Tavoitteena oli Suomenselän vedentakaja-alueille tyypillinen lähes avointen soiden ja puustoisten karujen kankaiden mosaiikki.

Seitsemisen kokemusten perusteella vesistövaikutusten seuranta todettiin tärkeäksi ja sitä laajennettiin myös toisentyypisille soille. Metsähallitus jakoi seurantavastuuta siten, että kullekin silloiselle puistoalueelle, pohjoisinta lukuun ottamatta, tuli ainakin yksi seurantakohte. Evolla ja Nuuksiossa aloitettiin ennallistettujen korprien valumavesien laadun seuranta. Korvet ennallistettiin patoamalla ojat lyhyen ennakkoseurantajakson jälkeen vuonna 2001. Evon kohteella on järvi, Vähä-Ruuhijärvi, ja sen valuma-alueella on kaksi valumavesihavaintopistettä. Nuuksion Mustakorvessa on seurattu kolmea valuma-alueita (ks. luku 13.9). Kaikilla kohteilla oli runsas kuusivaltainen puusto ennen ojien tukkimista, ja puusto jätettiin pääosin koskematta (Koskinen ym. 2011, Sallantaus & Koskinen 2012).

Perniön Punassuolla seurattiin veden laatua kolmella purohavaintopaikalla, joista yksi oli kontrolli. Seuranta aloitettiin lähes kaksi vuotta ennen ennallistamista. Ennallistettu kohde oli pitkälle metsittynyttä, osin ombrotrofista, osin lähdevaikutteista laahakauhaturpeennoston muokkaamaa suoaluetta. Seuratusta valuma-alueesta vajaa puolet ennallistettiin seurannan aikana. Vedet purkautuvat Lohiojaan, jossa on luontainen purotaimenkanta.

Muut vedenlaadun seurantakohteet olivat Haapasuo Leivonmäen kansallispuistossa (ks. luku 13.14), Saarikkolammen letto Joroisilla (ks. luku 13.3 ja Ilmonen ym. 2006), Hepo-oja Pudasjärvellä (Lehtelä 2005) sekä Suuripään lettonen alue Tervolassa (Räinä 2010). Pääosin näissä hankkeissa oli yhteistyökumppanina alueellinen ympäristökeskus.

Kokemuksia ennallistamisen vesistövaikutuksista on karttunut myös vesien suojeletutarkoituksessa ennallistetuilta soilta, joita on seurattu erillisinä tutkimushankkeina (Sallantaus ym. 1998, Silvan ym. 2005, Väänänen ym. 2008, Vikman ym. 2010) sekä Oriveden Huppionvuoren letto-kohteelta (ks. luku 13.5).

Metsähallituksen nykyisessä hydrologisessa seurantaohjelmassa (Hyvärinen & Aapala 2009) on kaikkiaan yhdeksän valumavesiseurantapistettä pienillä (5–80 ha) valuma-alueilla Helvetinjärven ja Syötteen kansallispuistoissa. Alueiden ennallistaminen aloitettiin syksyllä 2010. Lisäksi Suoverkosto-Life-hankkeessa seurataan kahta keskikokoista (600 ja 1 500 ha) ennallistettavaa valuma-alueita Syötteen kansallispuistossa. Kaikista näistä seurantakohteista kolme on kontrolleja. Myös kasvillisuuskoelaverkoston (Hyvärinen & Aapala 2009) pohjavesiskaivoista otettujen vesinäytteiden avulla on mahdollista arvioida ennallistamisen aiheuttamia veden laadun muutoksia.

Ennallistamisen aiheuttamaa vesistökuormitusta arvioidaan tässä jo päättyneiden 15 vedenlaatureurantakohteen tulosten perusteella.

## Valumaveden laadun muutokset

Seitsemisessä merkittävin ennallistamisesta seurannut veden laadun muutos oli fosforin huuhtoutumisen voimakas kasvu. Kun 40 % valuma-alueesta ennallistettiin, fosforin keskipitoisuudet enimmillään noin kymmenkertaistuivat valumavesipisteillä vuoden aikana. Pitoisuudet nousivat ennallistamisen jälkeen vasta ensimmäisen lämpimän kauden jälkeen, mikä viittaa siihen, että hajotus säätelee fosforin vapautumista joko suoraan tai välillisesti saamalla aikaan turvekerroksen muuttumisen hapettomaksi.

Fosforin pitoisuudet lähtivät nopeaan laskuun jo runsaan vuoden kuluttua, ja kaikkiaan ylimäärähuuhtouma ennallistettua suohehtaaria kohden oli keskimäärin 2,6 kg seitsemän vuoden summana. Taustahuuhtouma oli vastaavana aikana noin 0,5 kg/ha (Koskinen ym. 2011). Seitsemän vuotta ennallistamisesta huuhtoumat olivat laskeneet lähelle lähtötasoa (ylimäärähuuhtouma ennallistettua hehtaaria kohden vähemmän kuin taustahuuhtouma).

Muut muutokset veden laadussa olivat suhteellisen vähäisiä. Pahimman vuosijakson aikana kokonaistypen pitoisuudet kuitenkin noin kaksinkertaistuivat, ja seitsemän vuoden summana ylimäärähuuhtouma ennallistetulta hehtaarilta oli 14 kg, joka on noin 1,5-kertainen määrä vastaavan ajan taustahuuhtoumaan verrattuna. Lisääntyneestä huuhtoumasta vain alle 10 % oli epäorgaanista, välittömästi vesieliöstölle käyttökelpoista tyyppiä.

Myös orgaanisen aineksen huuhtoutuminen lisääntyi selvästi: ylimäärähuuhtouma oli kuuden vuoden summana 700 kg ennallistetulta hehtaarilta, kun taustahuuhtouma samana aikana oli noin 600 kg/ha.

Mustakorven kohteilla fosforia vapautui lähes vastaavia määriä kuin Seitsemisessä, 1,7 kg ennallistetulta hehtaarilta, mutta huuhtoutuminen tasaantui hitaammin: vielä kuudentena vuonna ennallistamisesta ylimäärähuuhtouma oli 6-kertainen taustahuuhtoumaan verrattuna (Sallantaus & Koskinen 2012).

Typen ominaiskuormitus oli Mustakorvessa seitsemän vuoden summana lähes kaksinkertainen Seitsemiseen verrattuna, 22 kg/ha, ja tästä viidennes oli epäorgaanista tyyppiä. Samoin orgaanisen aineksen huuhtoutumisen lisääntyminen oli sekä absoluuttisesti että etenkin suhteellisesti

paljon voimakkaampaa kuin Seitsemisessä, jossa vedet olivat erityisen tummia jo lähtötilanteessa. Mustakorven kuuden ennallistamisen jälkeisen vuoden orgaanisen hiilen ylimäärähuuhtouma (TOC) oli noin 1,3-kertainen Seitsemiseen verrattuna, 900 kg/ha, vaikka taustahuuhtouma oli vain noin puolet Seitsemisen arvoista (Koskinen ym. 2011). Kohonnut TOC johti myös valumavesien pH:n alenemiseen. Mustakorvessa ojituksen seurauksena voimakkaasti muuttunut turve ja valuma-alueen suurehko koko suoalueeseen verrattuna selittävät voimakasta muutosta orgaanisen aineksen huuhtoutumisessa.

Brittein saarilla on tehty laaja selvitys peittosoiden ojien tukkimisen vaikutuksista orgaanisen hiilen pitoisuuksiin, ja pitoisuudet olivat keskimäärin 28 % alempia tukituilla alueilla kuin tukkimattomilla (Armstrong ym. 2010). Peittosoilla muutokset olosuhteissa vettymisen seurauksena jäävät paljon vähäisemmiksi kuin esim. Mustakorvessa.

Jos valuma-alue on huomattavan suuri suoalueeseen verrattuna, kuten esimerkiksi Vanneskorvenojan kohteella (Sallantaus ym. 1998), lisääntynyt orgaanisen aineksen huuhtoutuminen saattaa jäädä pysyväksi, käänteisenä ilmiönä ojituksen pitkäaikaisvaikutuksille (Sallantaus 1988) (ks. myös luku 3.6).

Perniön Punassuolla seurattua valuma-alueesta vajaa puolet oli ennallistettua suota. Tuloksissa näkyvät samat ilmiöt kuin Seitsemisessä ja korpikohteilla: lähinnä fosforin pitoisuuden kasvu sekä alivalumakausina myös orgaanisen hiilen pitoisuuden kasvu sekä valumavesien happamoituminen. Esim. fosforin pitoisuus ennallistamisalueelta purkautuvassa vedessä ylitti ajoittain 80 µg/l kaikkina kuutena ennallistamisen jälkeisenä seurantavuotena, kun vertailupuron keskipitoisuus oli 13 µg/l (Sallantaus julkaisematon). Pienten turvemaiden virtavesien luokan 'huono' alaraja, fosforia yli 90 µg/l (Aroviita ym. 2013), ylittyi neljänä vuonna.

Edellä mainitut kuormitukset ovat kaikki pääosin liukoista kuormitusta. Ojien tukkiminen ja vesien johtaminen entisille saroille estää tehokkaasti kiintoaineen huuhtoutumista, ja kaikilla seuratuilla ennallistamiskohteilla kiintoaineen pitoisuudet olivat pääsääntöisesti havaitsemisalarajaa pienempiä (alle 1 mg/l tai alle 0,5 mg/l).



Pohjoisilla ennallistamiskohteilla vedenlaatu-muutokset ovat olleet paljon vähäisempiä kuin Etelä-Suomessa (Lehtelä 2005, Räninä 2010). Lehtelän (2005) seuraamalla Hepo-ajalla Pudasjärvelä fosforin keskipitoisuuden muutokset ennallistamisen seurauksena eivät olleet tilastollisesti merkitseviä. Ennallistettua suota on valuma-alueesta vain vajaat 5 %, mikä vaikeuttaa muutosten havaitsemista. Ammoniumtypen pitoisuuden kasvu oli merkitsevää, lisäystä oli n. 15 µg/l. Karkea arvio ylimäärähuuhtoumaksi ennallistamishehtaaria kohden on suuruusluokkaa 0,5 kg vuodessa (300 mm:n vuosivaluntana). Raudan pitoisuus nelinkertaistui ennallistamisen jälkeen. Pitoisuus oli ennallistamisen jälkeen keskimäärin 5 mg/l viitaten noin 40 kg/ha ominaiskuormitukseen kahdessa vuodessa.

Räninän (2010) seuraamalla lettovaluma-alueella fosforin huuhtoutuminen oli kaiken kaikkiaan vähäistä: ennen ennallistamista luokkaa 20 g/ha vuodessa, mediaanipitoisuus 6 µg/l. Vastavasti kokonaistypen huuhtouma oli noin 1 kg/ha vuodessa ja mediaanipitoisuus 560 µg/l. Mediaanipitoisuuksien nousu ennallistamisen seurauksena oli tilastollisesti merkitsevää. Ennallistettua suota oli 8 % valuma-alueesta. Mediaanipitoisuuksien ja keskimääräisen valunnan perusteella arvioituna fosforin huuhtouma on saattanut lisääntyä noin 0,7 kg ennallistamishehtaarilta viiden vuoden summana ja typen huuhtouma noin 4 kg. Muutokset ovat selvästi vähäisempiä kuin Etelä-Suomessa.

Leivonmäen Haapasuolla fosforia lähti liikkeelle ennallistamisen seurauksena vain vähän, yhteensä luokkaa 0,1 kg ennallistetulta hehtaarilta (ks. luku 13.14). Ojitusalueita ei todennäköisesti ollut lannoitettu. Lisäksi ojien aiempi patoaminen käsityönä, vaikka olikin ennallistamisvaihtuksen kannalta heikkotehoista, on saattanut vettää aluetta sen verran, että herkästi liikkeelle lähtevä fosfori oli jo ehtynyt koneelliseen ennallistamiseen ryhdyttäessä.

Haapasuon korkea rautapitoisuus on saattanut myös vähentää fosforin huuhtoutumista. Raudan tiedetään sitovan tehokkaasti fosforia (Nieminen & Jarva 1996, Zak ym. 2010). Myöskään Konilamminsuolta (Silvan ym. 2005) fosforia ei juurikaan vapautunut ennallistamisen yhteydessä. Konilamminsuon rautapitoisuus on huomattavan korkea sitä ruokkivien hapettomien harjuvesien ansiosta, samaan tapaan kuin Haapasuolla.

Konilamminsuolla hakkutähteet poistettiin huolellisesti ennallistamisalueelta, mikä myös saattaa hillitä huuhtoumien kasvu. Myös Hepo-ajalla korkea rautapitoisuus on todennäköinen fosforin huuhtoutumista hillitsevä tekijä, samoin kuin Huppionvuoren letolla, jossa lyhytaikaisesti kohonneisiin fosforipitoisuuksiin liittyi korkeita rautapitoisuuksia (ks. luku 13.5). Tällä rehevällä ja runsaspuustoisella, pitkälle muuttuneella kohteella turvekerros meni ilmeisesti lyhytaikaisesti pintaa myöten hapettomaksi, jolloin rauta ja sen sitoma fosfori lähtivät molemmat liikkeelle. Seitsemisessä raudan huuhtoutuminen ei juurikaan lisääntynyt ennallistamisen jälkeen.

### Vaikutukset alapuolisten vesistöjen tilaan

Seitsemisen karujen, mutta aikanaan lannoitetujen, ojitetujen soiden ennallistamisen jälkeen alapuolisissa järvissä, Särki- ja Pitkäjärvessä, ei havaittu merkittävää rehevöitymistä, huolimatta suuresta fosforihuuhtouman kasvusta ja järvien fosforipitoisuuden viisinkertaistumisesta. Esimerkiksi A-klorofyllipitoisuudet jäivät alhaisiksi, korkeimmillaan ne olivat 14 µg/l, vaikka fosforin pitoisuudet kävivät yli 100 µg/l eli arvoissa, jotka veisivät järvet huonoimpaan vedenlaatuiluokkaan (Aroviita ym. 2013). Myös järvien happitilanne pysyi likimain ennallaan. Järvien happamuus sekä ennen kaikkea typen puute rajoittivat rehevöitymistä.

Särkijärven ja Pitkäjärven valuma-alueiden soiden ennallistaminen sai aikaan kaikkiaan 13 ja 11 vuoden aikana fosforilla 3,4 ja 3,9 kilon, typellä 10 ja 18 kilon sekä orgaanisella hiilellä 370 ja 760 kilon ylimäärähuuhtoutuman alapuolisiin vesistöihin laskettuna ennallistettua hehtaaria kohden. Fosforikuormat ovat hieman suuremmat kuin valumavesihavaintopisteillä, typen ja orgaanisen hiilen kuormat olivat samaa luokkaa. Järvissä fosforipitoisuus palautui likimain lähtötasolle 10 vuoden kuluttua ennallistamisesta. Pitkäjärvessä orgaanisen hiilen pitoisuus jäi pysyvästi lähtötasoa hieman korkeammaksi, koska järven valuma-alueen suoprosentti kasvoi ennallistamisen seurauksena, kun järven itäpuolisen suoalueen vedet purkautuivat laskupuron sijasta järveen. Pitkäjärven orgaanisen hiilen ylimäärähuuhtouma, 760 kg/ennallistettu hehtaari, on siten ominaiskuormaksi lievä yliarvio todellisesta.

Vaikka ennallistaminen ei aiheuttanut Seitsemisen alueen järvissä havaittavia ongelmia, ennallistaminen on mitä ilmeisimmin myötävaikuttanut Seitsemisen alapuolisessa Hulppojärvessä havaittuihin rehevöitymishaittoihin laajimpien ennallistamistöiden jälkeisinä vuosina.

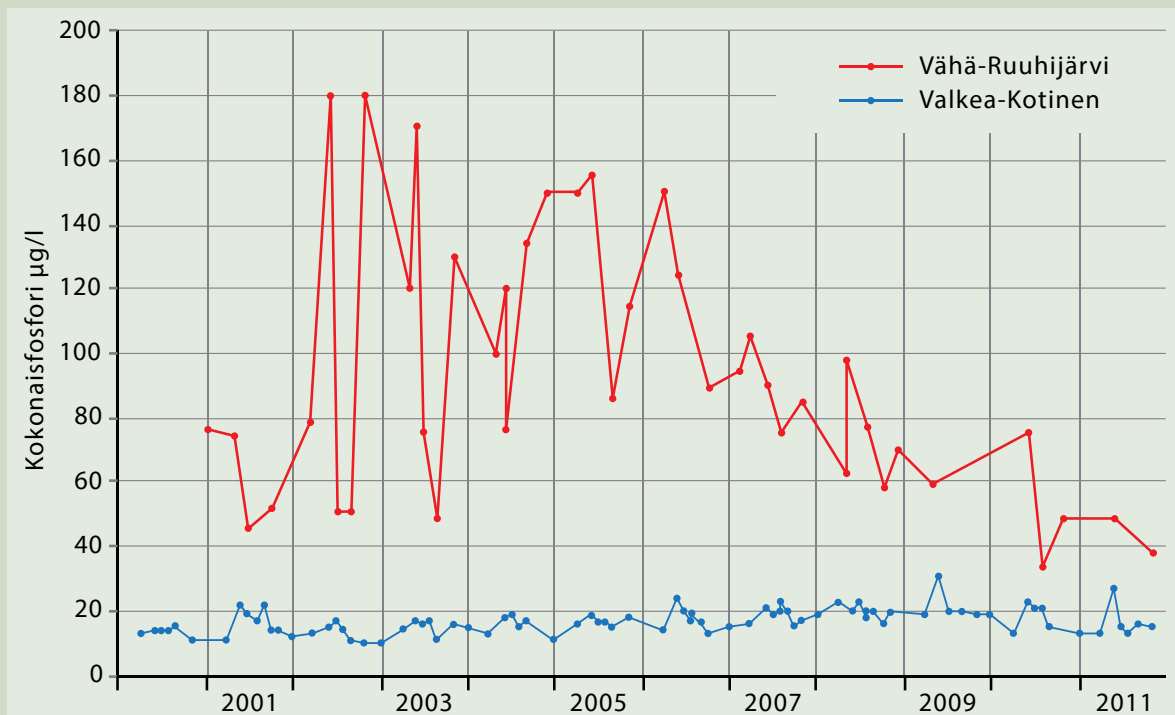
Evolla ennallistaminen sai aikaan voimakkaita muutoksia ennallistamisalueen alapuolisen Vähä-Ruuhijärven tilassa: vähähappisuutta ja korkeita A-klorofyllipitoisuuksia. Erityisen huono järven tila oli kolmen vuoden kuluttua ennallistamisesta voimakkaan kesäsateen jälkeen.

Vähä-Ruuhijärven fosforipitoisuus nousi voimakkaasti samaan tapaan kuin Seitsemisessä ja on pysytellyt korkeana useita vuosia: yli 90 µg/l pitoisuuksia (vedenlaatuluokan huono alaraja pienissä humusjärvissä, Aroviita ym. 2013) esiintyi pintavedessäkin vielä kahdeksan vuoden kuluttua ennallistamisesta. Valuma-alueesta 20 % on ennallistettua korpea. Järven fosforipitoisuus oli koholla jo lähtötilanteessa (kuva 1), koska majoja oli tehnyt laskupuroon padon, joka oli purettu vain muutamaa vuotta ennen ennallistamista. Järvi oli toipumassa tuosta häiriöstä ennallistamisen alkaessa. Läheisessä luonnontilaisessa Valkea-

Kotinen-järvessä fosforin pitoisuus on ollut Vähä-Ruuhijärven seurannan aikana keskimäärin 18 µg/l (kuva 1). Seurannan päättyessä lokaussa 2011 Vähä-Ruuhijärven fosforipitoisuus oli vielä selvästi Valkea-Kotista korkeampi, 38 µg/l, mutta selvästi lähtötasoa alhaisempi, yltaen jo vedenlaatuluokkaan tyydyttävä (Aroviita ym. 2013).

Kymmenen ennallistamisen jälkeisen vuoden ylimäärähuuhtouma Vähä-Ruuhijärven valuma-alueelta oli fosforilla 3,5 kg, typellä 8,9 kg ja orgaanisella hiilellä 340 kg ennallistetulta hehtaarilta, jos vuosien 2000–2001 keskipitoisuutta pidetään lähtötasona. Ennallistamisen ominaiskuormat olisivat huomattavasti suurempia, jos taustatasoksi otettaisiin muutoin samankaltaisen, mutta valuma-alueeltaan täysin luonnontilaisen Valkea-Kotisen pitoisuudet. Osa ennallistamisen yhteydessä mobilisoituneista ravinteista on saatanut sedimentoitua Vähä-Ruuhijärveen, mutta etenkin fosforin osalta myös lisäkuormitus hapetomasta sedimentistä on mahdollista.

Seitsemisen karuissa oloissa ei syntynyt rehevöitymishaittoja lähinnä typen puutteen vuoksi, mutta Evolla ennallistaminen sai liikkeelle myös



**Kuva 1.** Vähä-Ruuhijärven ja Valkea-Kotisen pintaveden kokonaisfosforipitoisuus vuosina 2000–2011. Vähä-Ruuhijärvi ennallistettiin vuonna 2001. Valkea-Kotinen on läheinen, valuma-alueeltaan täysin luonnontilainen järvi. Vähä-Ruuhijärven lähtöpitoisuus oli kohonnut järven pintaa aiemmin nostaneen majojanpadon vuoksi. Valkea-Kotinen: pitoisuus 1 metrissä. Vähä-Ruuhijärvi: pitoisuus joko metrissä tai järvestä lähtevässä uomassa; jos molemmat pitoisuudet olivat käytettävissä, näiden keskiarvo.

tyypeä. Tämä mahdollisti korkeat A-klorofyllipitoisuudet Vähä-Ruuhijärvessä. Vedenlaatuluokkaan huono yltyviä arvoja (Aroviita ym. 2013), yli 72 µg/l, mitattiin kahdeksan kertaa, kuutena eri vuonna. Kahdeksan vuoden kuluttua ennallistamisesta, huhtikuussa 2008, mitattiin jään alla niinkin korkea A-klorofylliarvo kuin 54 µg/l. Korkean klorofylliarvon aiheutti todennäköisesti vertailujärvessäkään esiintyvä liikkumaan kykenevä siimallinen levä *Gonyostomum semen* (ks. Keski-talo ym. 1998).

Perniön Punassuolla ennallistetun alueen vedet purkautuvat Lohiojaan, joka on Punassuon läpi virtaava lähdevaikutteinen, virtaamaltaan melko vähäinen puro. Ennallistetun alueen läpi virtaa niin ikään vettä, joka saa alkunsa lähteistä. Veden laatu vaihteli luonnontilaisessa Lohiojassa ja ennallistamisalueella ennen ennallistamista varsin yhdenmukaisesti.

Punassuon valtaojan alaosan tukkiminen sekä ennallistamistyöt yläpuolisilla noin 40 hehtaarella johtivat alueelta purkautuvan lähdevaikutteisen veden hapettomuuteen koko kasvukauden 2006 ajaksi. Uoman kivillä esiintyi myös rihmamaista *Sphaerotilus natans* -bakteeria, joka yhdistetään voimakkaaseen orgaaniseen kuormitukseen. Orgaanisen aineksen pitoisuudet valumavedessä nousivat ennen kaikkea alivirtaamakausina, jolloin vedet olisivat luontaisesti olleet kirkkaimmillaan, kun valunta suolta oli hyvin vähäistä ja pohjavesivalunta dominoi.

Punassuon vedet vastaanottavassa Lohiojassa happipitoisuus laski ennallistamisen seurauksena vain muutaman mg:n litrassa (noin 25 %). Hapettomuutta ennallistamisalueelta purkautuvassa vedessä esiintyi vielä viimeisenä seuranta-vuotena 2011, kuusi vuotta ennallistamistoimien alkamisesta. Ennallistamistyöt tehtiin kahdessa osassa, vuosina 2006 (noin 40 ha) ja 2009 (noin 15 ha), haitallisten vaikutusten lieventämiseksi. Vedet vastaanottavassa Lohiojassa mitattiin kahtena vuonna yli 60 µg/l fosforipitoisuus, joka merkitsee vedenlaatuluokkaa välttävä (Aroviita ym. 2013). Edelleen pieni ojitettu osa Punassuolla odottaa ennallistamista.

## Johtopäätökset

Seurantojen perusteella soiden ennallistamisen vakavin vedenlaatuongelma on riski fosforin huuhtoutumisen kasvusta haitallisessa määrin. Tutkituista 15 ennallistetusta valuma-alueesta yhdellätoista fosforin huuhtoutumisen lisääntyminen oli ennallistamisen jälkeen voimakasta. Yhdeksälle kohteelle on laskettu ominaiskuormitusarvot ja ne olivat 1,5–3,9 kg ennallistetulta hehtaarilta. Huuhtoutumisen kasvu oli ohimenevää. Huuhtoutumisriskiä kasvattavat ilmeisesti ainakin suon voimakas muuttuminen ojituksen seurauksena sekä aiemmat lannoitukset. Huuhtoutumisriskiä vähentää ainakin turpeen korkea rautapitoisuus. Jatkotutkimuksissa tulisi selvittää tarkemmin edellytyksiä korkeille huuhtoumille ja pyrkiä vesistökuormien ennakoitavuuteen jo suunnitteluvaiheessa.

# 10 Kulttuuriperinnön huomioiminen soiden ennallistamisessa

*Pirjo Rautiainen ja Henrik Jansson*

## 10.1 Tuhansien vuosien historia

Soiden hyödyntämisellä ja niihin liittyvillä perinteillä ja uskomuksilla on Suomessa pitkä historia. Suot ovat tarjonneet monenlaisia mahdollisuuksia hengentitimmiksi ja taloudellisen tilanteen kohentamiseksi. Tulvaniityt ja soiden saraikot olivat rehunkeräysalueita, kosteikot ja luhdat houkuttelivat riistaa ja niiden perässä ihmisiä puoleensa. Suot olivatkin – ja ovat yhä – tärkeitä metsästysalueita. Soilta myös kerättiin marjoja sekä nostettiin suomalmia ja turvetta, ja niitä pitkin matkattiin paikasta toiseen. Näistä toimista voi vieläkin havaita merkkejä soilla ja niiden ympäristöissä (kuva 41). Suot eivät ole aina olleet soita, vaan ne ovat voineet olla vaikkapa merenlahtia

tai muita vesistöjä ja soistuneet ajan myötä. Siksi turpeesta voi löytyä muitakin kuin soiden käyttöön liittyviä jäänteitä.

Soilla tehtäviä toimenpiteitä suunniteltaessa on otettava huomioon luonnonarvojen lisäksi myös suon ja sen lähialueen kulttuuriperintöarvot. Vain harvoilla soilla on kuitenkin vielä tehty kulttuuriperintökohteiden inventointia, joten niiden kulttuurihistoriaa ei tunneta. Soiden ennallistaminen ei välttämättä ole uhka kulttuuriperinnölle, sillä toimenpiteet voidaan suunnitella useimmiten niin, ettei kulttuuriperintökohteille aiheudu vaaraa.



**Kuva 41.** Kotitarveturpeen kuivatusta varten aikanaan pystytetyt, teroitettut kepit seisovat Jokioisten Peiliösuolla ainakin vielä vuonna 2009. Kuva: Helena Lundén.

## 10.2 Soiden yleisimmät kulttuuriperintökohteet

### 10.2.1 Löydöt turpeesta

Orgaaninen aines säilyy Suomen happamassa maaperässä vain lyhyen aikaa, mutta soiden turpeen kosteudessa ja hapettomissa olosuhteissa se voi säilyä vuosituhansia. Vaikka löydöt turpeesta ovat harvinaisia, on mahdollisuus niiden olemassa oloon kuitenkin huomioitava. Löydöt ovat paljastuneet useimmiten soiden ojituksessa. Esimerkiksi iso osa turpeeseen hautautuneista muinaisuuksista on löydetty ojia kaivettaessa. Varsinainen suoarkeologinen tutkimus on toistaiseksi ollut Suomessa vähäistä, mutta tehdyissä kaivauksissa soista on paljastunut ainutkertaista materiaalia. Esimerkiksi Yli-Iissä Purkajansuon turpeeseen on aikoinaan hautautunut kala-aitoja ja katiskoita (Koivisto 2010).

Soista löytyneet ihmisten jäännökset ovat esinelöytöjä paljon harvinaisempia, mutta niitäkin maastamme tunnetaan. Isonkyrön Leväludassa on haudattu lampeen rautakaudella lähes sata ihmistä ja Vöyrin Kälämäessä merenlahteen muutama. Sitten alueet ovat soistuneet. Ruuhia, veneitä ja kalastuslaitteita kerrotaan hyvin usein

löytyneen turpeen otossa tai ojien kaivuussa soista, jotka menneisyydessä ovat olleet avovesialueita. Suosta on löytynyt myös yksi maailman vanhimmista verkoista, nk. Antrean verkko. Verkko oli alun perin joutunut meren pohjalle, kun kalastajan vene kaatui.

### 10.2.2 Suoniityt ja niihin liittyvät rakenteet

Tulvaniityiltä ja soilta on koottu karjalle rehua aina 1950-luvulle asti. Ennen lannoitteiden ja rehun viljelyn yleistymistä suorehua tarvittiin lehmien ja lampaiden selviämiseksi pitkän talven yli. Kylillä ja taloilla oli omia niittypalstoja hyvillä soilla, joskus kaukanakin asutuksesta. Laajinta suoniityjen käyttö oli Pohjois-Suomessa.

Sarojen, kortteiden ja heinien kasvua edesautettiin paisuttamalla eli nostamalla vettä soille patojen avulla tai valuttamalla suolle vettä tarkoitukseen kaivettuja ojia pitkin. Vesi vähensi sammalien, pensaiden, puiden ja varpujen kasvua. Tulvien mukana tullut liete lannoitti suoniittyä. Paisutuspatojen jäännöksiä näkyy vieläkin suopuroissa, ja paikoin voi havaita valutusojiakin.

Soilta niitetty rehu kerättiin kuivumaan haasioihin ja suoviin (kuva 42). Usein soille rakennettiin myös latoja kuivan heinän säilyttämiseen



**Kuva 42.** Suova luhtaisella saranevalla Naarasaavalla Sodankylän Korvasessa vuonna 1959. Nämä sompiolaisten vanhat heinämaat ovat nykyisin Lokan tekoaltaan alla. Kuva: Rauno Ruuhijärvi.



Kuva 43. Niittyladon jäännökset Ranuan Paasonsuolla vuonna 2008. Kuva: Pirjo Rautiainen.

(kuva 43). Hyvillä soilla niitä saattoi olla useita, ja niiden eriasteisesti lahonneita jäännöksiä löytää soilta vieläkin. Suovista on yleensä näkyvissä enää puutappeja usein kehänä turpeesta pilkkottamassa.

Suoniityille saatettiin matkata kaukaakin, ja niityillä yövyttiin laavulla tai niitypirtillä. Pirtti rakennettiin kangasmaalle niityn viereen. Niittyjen laitamilta voi löytyä niittäjien puihin veistämiä pilkkoja, joihin on kaiverrettu nimikirjaimia ja vuosilukuja. Niitytpalstat merkittiin joskus pitkällä rangoilla, joita oli usein kolme peräkkäin.

Vanhoja suoniityjä on vaikea tunnistaa kasvillisuuden perusteella. Yleensä niitytpalstat löytyvät jäljellä olevien rakenteiden perusteella tai historiallisten lähteiden avulla. Esimerkiksi hyvin tuottavat, arvokkaat kosteat niityt saatettiin merkitä karttoihin Etelä-Suomessa jo 1600–1700-luvuilta lähtien.

Soita raivattiin myös pelloiksi ja niillä harjoitettiin nk. kydötystekniikkaa, jossa suo kuivattiin, tasattiin, pinta poltettiin ja tuhkaan sekoitettiin lantaa (Myllys & Soini 2008). Sadon hiipuessa pinta poltettiin uudestaan. Itä-Suomessa suoviljely oli lähellä kaskiviljelyä. Myöhemmin turpeeseen alettiin lisätä kivennäismaata. Suoviljelyyn liittyi suon kuivaaminen ojituksella, ja joskus palstoihin ojitettu suo on tunnistettavissa vanhaksi viljelysuoksi. Muuten niiden löytäminen muuten kuin historiallisten lähteiden tai paikannimistön avulla voi olla vaikeaa.

### 10.2.3 Raaka-aineita suolta

Soiden pohjassa, järvissä ja lähteiden reunoilla esiintyy suo-, järvi- tai lähdemalmiksi kutsuttuja rautaoksidisaostumia. Ennen kaivostoiminnan aloittamista ne olivat tärkein raudanvalmistuksen raaka-aine. Rautaoksidisaostumia on käytetty rautakaudelta asti, ja laajimmillaan niiden käyttö oli 1860–1880-luvuilla (Lappalainen 2008). Soilta ja järvistä kerättyä rautaa käytettiin niin ruukkien kuin pienimuotoisemmin talonpoikien tarvekalujen raaka-aineena. Nuorempien nostopaikkojen jälkeä saattaa joskus vielä näkyä soilla painanteina, ja malminhakupaikkojen muisto on säilynyt paikannimissä kuten Rautalampi tai Rautavaara (Lappalainen 2008). Kotitarpeiksi malmia saatettiin jatkojalostaa suon läheiseen mäenrinteeseen rakennetussa miilussa (Laaksonen 2008).

Soiden rakkasammalta ja heikosti maatumutta pintaturvetta on käytetty pehkuna eli kuivikkeena kotieläimille ja käymälöissä sekä rakennusten seinien ja välipohjien lämmöneristeenä. Turpeen nostaminen oli paikoin laajaa, ja sitä varten perustettiin turvepehkuosuuskuntia, jotka hoitivat turpeen leikkaamisen suosta, kuivattamisen ja silppuamisen. Soilla tai niiden laidoilla saattaa vielä olla jäljellä turpeen kuivatukseen tarkoitettujen latojen tai telineiden jäänteitä (kuva 44). Turpeennoston jäljet näkyvät vielä monin paikoin kasvillisuudeltaan poikkeavina painanteina

rahkaturpeessa (kuva 45) tai kohoumina jäänteinä vanhoista turveaumoista. 1800-luvulta saakka turvetta käytettiin myös polttoaineena masuuneissa ja jopa höyrykoneissa ja -vetureissa (Lappalainen 2008).

Paikoin soista nostettiin myös suon varhaisessa järvivaiheessa suohon kertyneiden piilevien muodostamaa piimaata (Lappalainen 2008). Piimaa oli monikäyttöistä, sillä se sopi niin hammastahnoihin kuin dynamiittiinkin.



**Kuva 44.** Karjan kuivikkeeksi nostettua rahkasammalta kuivumassa Jalasjärven Vesinevalla vuonna 1982. Kuva: Raimo Heikkilä.



**Kuva 45.** Vanha turpeenottohauta erottuu edelleen selvästi ympäristöstään. Leteensuo, Hattula vuonna 2012. Kuva: Hannu Nousiainen.

#### 10.2.4 Kulkureitit

Suot ovat olleet erinomaisia kulkureittejä etenkin talvisaikaan jäätyneinä ja lumen peittäminä. Talviaikaisesta kulkemisesta ei merkkejä ole jäänyt. Sulan ajan soiden ylitystä helpottamaan on rakennettu siltoja, kapulateitä ja pitkoksia. Pitkokset ovat useimmiten parin lankun levyisiä reittejä upottavilla suo-osuuksilla. Kapulatiet tehtiin poikittaisista rangoista tai pölleistä leveämmiksi hevospelilläkin kulkea.

Esimerkiksi Kolariin rakennettiin 1870-luvulla Kurtakon ja Venejärven kylien välinen pitkoksilla päällystetty kauppa- ja kulkutie. Reitti kunnostettiin puoli vuosisataa myöhemmin, ja viimeisin kunnostus tehtiin 2000-luvun alussa. Vaikka rakenteet ovat uusia, reitti itsessään on vanha. Joskus soilta löytyy jo unohtuneiden reitien jäänteinä lahonneita puurakenteita.

#### 10.2.5 Uhrilähteet ja tarinapaikat

Kansanperinteessä suo on ollut paha paikka – hallan tuoja, metsän takainen paha, kaiken loppu (Tanskanen 2009). Niillä nähtiin virvatulia ja uskottiin Surman hiihtävän suota myöten. Soihin liittyvistä uskomuksista ei ole jäänyt merkkejä maisemaan, mutta tarinoita kerrotaan edelleen. Koska soita pidettiin hallan alkulähteenä, niitä raivattiin 1800-luvulla ahkerasti. Toisaalta suo on ollut sodan ja vainon aikana viimeinen turvapaikka – sinne ei vainooja ole lähtenyt (Sepänmaa 1999).

Lähteet ovat aikoinaan olleet tärkeitä uhrauspaikkoja. Useimmat tunnetut uhrilähteet sijaitsevat kivennäismailla, mutta soillakin niitä on voinut olla. Lähteisiin on voitu uhrata esineitä, mutta joskus ihmisiäkin. Lähteisiin uhraamalla on haettu apua muun muassa sairauksiin. Perimätietojen perusteella joillain lähteillä on kastettu pakanoita kristinuskoon, mutta joihinkin liittyy pakanallisempia tarinoita vedenhaltijoista ja uhratuista esineistä.

### 10.3 Soiden maisema-arvot

Suot kattavat lähes 30 % maapinta-alastamme. Suomaisema kaikkine variaatioineen on siis meillä keskeinen maisematyyppi. Suomaisema-käsitteeseen sisältyy hyvin erilaisia luonnonalueita keidassoista aapasoihin, puustoisista korvista ja

rämeistä avoimiin nevoihin ja rinnesoista tasaisiin alueisiin. Raja metsän ja suon välillä on häilyvä, sillä suo saattaa vaihtua vaikkapa avoimesta letoista korven kautta lehtokorpeen ja lehtomaiseen kankaaseen. Mitä on siis suomaisema?

Soihin on perinteisesti liitetty paljon negatiivisia määreitä: ne on nähty rumina, yksitoikkoina ja torjuttavina (Kivelä 2006). Suot ovat oleellinen osa maamme luontoa, mutta siitä huolimatta Suomi mielletään metsien ja järvien maaksi. Soiden on usein katsottu muuttuvan arvokkaiksi vasta kun ne on ojitettu, muokattu pelloiksi tai valjastettu turpennostoon ja puuntuotantoon. Soiden käsittelyn lisääntyessä on noussut myös luonnontilaisten soiden arvostus (Kivelä 2006).

Valtakunnallisesti, maakunnallisesti ja paikallisesti arvokkaat maisema-alueet ovat pääosin maisemia, joissa vallitsevina elementteinä ovat kylät, pellot ja laitumet ja joihin vain satunnaisesti kuuluu myös kylien lähisoiden liepeitä. Yksikään laajoista suoalueista ei ole kelvannut kansallismaisemaksi. Perinnemaisema- ja perinnebiotooppikartoituksissa suot on otettu paremmin huomioon, joskin niissäkin painotus on kivennäismaila. Soiden maisemalliset arvot ovat siis edelleen määrittämättä.

Tuntuu ettei soita ole osattu mieltää osana ihmiselle kuuluvaa kulttuurimaisemaa, vaan suot on nähty tuotantoelementteinä, luonnonmaisemana tai virkistykseen lähteinä (Kivelä 2006). Suomaisemassa ihmisen vaikutus näkyy useimmiten ojituksina, turpeenottona ja metsitettyinä soina. Varhaisemmat käyttömuodot ovat vaikuttaneet suomaisemaan vähemmän, mutta niitäkin merkkejä suomaisemasta löytyy.

Kaikki hoitotyö, jolla muutetaan ympäristöä, on myös maisemanhoitoa. Yksi soiden ennallistamisen tavoitteista on palauttaa ihmisen muokkaamaa maisemaa lähemmäs luonnontilaista. Ennallistettaessa tulee huomioida myös varhainen maankäyttö eli historiallinen maisema. Esimerkiksi vanhan suoniityn patorakennelmat tai vanhat sammalen- ja turpennostokohdat voivat olla olennainen osa maisemaa. Jos suolta löytyy jälkiä historiallisesta maankäytöstä, hoitotoimenpiteistä kannattaa keskustella myös kulttuuriperinnön asiantuntijoiden kanssa.



## 10.4 Kulttuuriperintökohteiden huomioiminen

### 10.4.1 Tarkista tunnetut kulttuuriperintökohteet

Ennallistamistoimenpiteitä suunniteltaessa tulee tarkastaa, tunnetaanko alueelta kulttuuriperintökohteita. Kulttuuriperintökohteet voidaan karkeasti jakaa muinaismuistolain suojaamiin kiinteisiin muinaisjäännöksiin, muihin arkeologisiin kohteisiin ja rakennusperintöön. Muinaismuistolain suojaamat muinaisjäännökset löytyvät Museoviraston ylläpitämästä kaikille avoimesta muinaisjäännosrekisteristä (Museovirasto 2013) ja karttatasona Metsähallituksen järjestelmistä. Suurin osa muinaisjäännöksistä on tallennettu kohteina myös suoraan Metsähallituksen paikkatietojärjestelmiin, mutta siitä huolimatta kannattaa edelleen tarkastaa tiedot molemmista.

Metsähallituksen hallinnoimilla alueilla on myös runsaasti rakenteita, joita ei ole viranomaisrekistereissä. Tällaisia ovat esimerkiksi rakennusten jäänteet, heinäsuovat ja monet sotahistorialliset paikat. Tiedot niistä tallennetaan tällä hetkellä Metsähallituksen Reiska-tietojärjestelmään, josta ne saa karttatasona auki muihinkin Metsähallituksen järjestelmiin. Tietoja kohteista voi kuitenkin löytyä myös paikkatietojärjestelmän kuviotietojen huomautuskentästä tai luontonäytöltä, joihin esimerkiksi luontokartoittajat ovat niitä tallentaneet. Näitä ei ole välttämättä vielä ehditty tarkastaa kulttuuriperintökohteiden inventoinnissa, mutta ne tulee ottaa huomioon ennallistamista suunniteltaessa.

Suon ennallistamista suunniteltaessa käytetään usein apuna vanhoja ilmakuvia. Ne ovat erinomaisia myös vanhojen rakenteiden havainnoimiseen. Esimerkiksi niittyladot näkyvät hyvin ilmakuvilla. Joskus myös vanhat kartat voivat antaa kuvan historiallisesta maankäytöstä suolla, mutta niiden käyttö ja tulkinta voi vaatia ammattilaisen apua.

### 10.4.2 Huomioi myös soiden ympäristön kulttuuriperintökohteet

Ennallistamissuunnitelmia tehtäessä ei riitä, että otetaan huomioon vain soiden kulttuuriperintökohteet. Soita ympäröivillä kangasmailla ja soiden keskellä olevilla kivennäismaasaarekkeilla voi olla

monenlaisia kulttuuriperintökohteita esihistoriallisista asuinpaikoista pyyntikuoppiin ja sotahistoriallisiin kohteisiin. Ne on huomioitava etenkin koneiden kulkureittejä suunniteltaessa.

Alueet eivät välttämättä nykyään näytä otollisilta esimerkiksi asutukselle, mutta muinaisuuksessa maisema on ollut erilainen. Suon keskellä oleva kivennäismaakumpare on saattanut olla aikoinaan rannikon läheinen saari, johon on asetettu kalastamaan ja hyljestämään. Kivennäismaiden kulttuuriperintökohteiden yleisesittely on muun muassa Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon oppaassa (Similä & Junninen 2011).

### 10.4.3 Kaikki kohteet eivät ole tiedossa

Kulttuuriperintökohteiden inventoinnit eivät koskaan ole täydellisiä, ja etenkin soilla niitä ei ole juuri edes tehty. Inventoimattomilla alueilla, mutta myös jo inventoiduilla tulee muistaa, että aiemmin tuntemattomia kulttuuriperintökohteita voi paljastua edelleen. Metsähallituksessa alueen kulttuuriperinnön inventointitilanne tulee selvittää kulttuuriperinnön erikoissuunnittelijalta, ja kaikista havainnoista ja epäilyistä tulee ennen toimenpiteitä ilmoittaa erikoissuunnittelijalle. Muilla alueilla tulee olla yhteydessä maakuntamuseoon tai Museovirastoon.

Kun ennallistamissuunnitelmia tehdään alueille, joilla on tunnettuja kiinteitä muinaisjäännöksiä tai muita kulttuuriperintökohteita, tulee toimenpiteistä neuvotella heti suunnittelun alkuvaiheessa Museoviraston tai maakuntamuseon ja Metsähallituksessa kulttuuriperinnön erikoissuunnittelijan kanssa. Jos alueella ei ole tehty inventointia lainkaan, harkitaan yhdessä tulisiko sellainen tehdä ennen ennallistamissuunnittelun etenemistä.

Museoviraston ylläpitämässä muinaisjäännosrekisterissä muinaisjäännoskohteiden sijaintitieto voi olla puutteellinen ja joskus jopa virheellinen. Monista muinaisjäännöksistä on tiedossa vain keskikoordinaatti, vaikka kohde saattaa olla hyvin laaja. Jos tunnetun kohteen todellista laajuutta ei tiedetä tai sen laajuus ja merkittävyys sitä edellyttää, antaa Metsähallituksessa kulttuuriperinnön erikoissuunnittelija lausunnon ennallistamissuunnitelmasta tai järjestää alueelle katselmuksen. Jos alueella on muinaismuistolain suojaama kiinteä muinaisjäännos, suunnitelmasta pyydetään tarvittaessa lausunto Museovirastolta tai maakuntamu-

seolta. Kun jompi kumpi organisaatio on hyväksynyt toimenpiteet, vastuu niiden vaikutuksesta siirtyy Metsähallitukselta museoviranomaiselle. Muilla alueilla ollaan yhteydessä suoraan Museovirastoon tai maakuntamuseoon.

Jos maastossa havaitaan aiemmin tuntematon kulttuuriperintökohde, tieto siitä toimitetaan kulttuuriperinnön erikoissuunnittelijalle. Kohde tallennetaan myös Reiska-järjestelmään, jossa sen suojeluarvoksi laitetaan ”havainto”. Mahdollisen uuden kulttuuriperintökohteen määrittää ja rajaa kulttuuriperinnön erikoissuunnittelija tai museoviranomaisena. Sekä uusien että jo tunnettujen kulttuuriperintökohdeiden katselmuksia on tehtävä lumettomana aikana, mikä tulee huomioida ennallistamisen aikatauluissa.

#### 10.4.4 Toimiminen kulttuuriperintökohteen lähellä

Muinaisjäännös tai muu kulttuuriperintökohde ei ole automaattisesti esteenä ennallistamiselle, vaan yleensä asianmukaisesti suunnitellut ennallistamistoimenpiteet voidaan toteuttaa. Ennallistamisen työketoista tulee tunnistaa kulttuuriperinnön säilymiselle kriittiset vaiheet, kuten työkoneiden siirto, turpeen kaivaminen ja puiden varastointi. On tärkeä tiedostaa, että myös suon ympäristön kohteet on huomioitava.

Olellaisinta on, että tieto tunnetuista kohteista, niiden tarkasta paikasta ja huomioimisesta töiden aikana välittyy ennallistamisen suunnittelijalta käytännön työn tekijöille, niin koneenkuljettajalle kuin metsurillekin. Heillä tulee myös olla käsitys, millaisia kulttuuriperintökohdeita soilta voi yleensä löytyä ja miten tulee toimia, jos he löytävät aiemmin tuntemattoman rakenteen.

Yhden vaaratilanteen kulttuuriperintökohteille muodostaa työkoneiden siirtäminen kivennäismaiden halki ennallistettavalle suolle, mutta myös soiden kohteet ovat vaarassa koneiden reitillä. Se kuinka läheltä kohdetta ajoreitti voi kulkea, vaihtelee tapauskohtaisesti ja määritetään Metsähallituksessa yhdessä kulttuuriperinnön erikoissuunnittelijan kanssa. Koneiden kuljettajilla tulee olla tiedossa myös suunnitellulta reitiltä poikkeamisen varalta lähialueiden kohteiden tarkka sijainti ja laajuus.

Ennallistettavalta suolta kaadetut puut tulee kasata ja väliavarastoida tarpeeksi kauas kulttuuriperintökohdeista, etteivät kasat vahingoita rakenteita tai ajokone joudu ajamaan liian lähelle kohteita. Puiden poisto rakenteiden, kuten suolatojen, lähistöltä on useimmiten suositeltavaa, kunhan varmistetaan, ettei puissa ole esimerkiksi veistettyjä pilkkoja. Puiden poisto ei saa vahingoittaa rakenteita. Myös hakkuutähteet pitää poistaa kohteiden läheltä.

Mahdollisten veden virtausta ohjaavien uomien kaivaminen ja ojien täyttäminen muulla kuin ojista aikoinaan kaivetulla turpeella voi paljastaa turpeessa säilynyttä orgaanista ainesta. Jos turpeesta tulee esiin esimerkiksi selvästi ihmisen työstämää puuta tai äärimmäisessä tapauksessa ihmisen jäännöksiä, tulee kaivaminen keskeyttää välittömästi ja ottaa yhteyttä kulttuuriperinnön erikoissuunnittelijaan, maakuntamuseoon tai Museovirastoon. Esineitä tai muuta paljastuvaa ainesta ei saa nostaa esille suosta, sillä ilman kostean ja hapettoman turpeen suojaavaa vaikutusta ne kuivuvat ja tuhoutuvat hyvin nopeasti.

Suon ennallistamisen yhteydessä voidaan joskus ennallistaa myös perattuja puroja. Tällöin tulee varmistaa, ettei puroissa ole esimerkiksi paisutuspatoja tai uittorakenteita. Suolle voi myös johtaa vanhoja valutusojia. Jos ojista tai rakenteista on merkkejä, tulee asiasta ilmoittaa kulttuuriperinnön erikoissuunnittelijalle, joka arvioi mitä kohteella voidaan tehdä.

# 11 Ennallistamisen vaikutusten seuranta

*Jouni Penttinen, Kaisu Aapala ja Maarit Similä*

Jotta ennallistamistoimenpiteiden onnistumista ja ennallistamiselle asetettujen tavoitteiden saavuttamista voidaan arvioida, ennallistamisen vaikutuksia täytyy seurata. Metsähallituksen luontopalvelut on perustanut valtakunnallisen soiden ennallistamisen vaikutusten seurantaverkoston, jossa seurantaa toteutetaan kolmella toisiaan täydentävällä tasolla: hoitoseurantana, hydrologisena seurantana ja monimuotoisuusseurantana. Seurantojen tarkemmat perusteet ja menetelmät on koottu erilliseen seurantaohjeeseen (Hyvärinen & Aapala 2009, Aapala ym. 2012).

## 11.1 Hoitoseuranta

Hoitoseurantaa tehdään kaikilla ennallistetuilla soilla. Se on kuvailevaa seurantaa, eli havainnoitavat muuttujat perustuvat silmämääräisiin arvioihin. Hoitoseurannan tavoitteena on

- 1 selvittää, onko ennallistaminen onnistunut teknisesti
- 2 selvittää, onko ennallistumiskehitys käynnistynyt halutulla tavalla
- 3 havaita mahdolliset ongelmat ajoissa
- 4 kehittää ennallistamisen suunnittelua ja ennallistamismenetelmiä saatujen kokemusten pohjalta.

Hoitoseurantakäynneillä tarkastellaan suon ennallistumisen kannalta merkittäviä seikkoja, kuten suota ruokkivien vesien määrien ja kulureittien palautumista, ojien täytön ja patoamisen onnistumista (kuva 46) sekä suokasvillisuuden ja muun lajiston elpymistä tai taantumista. Hoitoseurannassa tarkistetaan myös ennallistamissuunnittelun yhteydessä suon ennallistumisen kannalta merkittäviksi osoitetut kohdat. Havainnot kirjataan hoitoseurantalomakkeelle ja hoitoseurannan perusteella päätetään myös jatkotoimenpiteistä (Hyvärinen & Aapala 2009). Toisinaan hoitoseurannassa havaitaan hyvin palautuneiden alueiden lisäksi kohteita, joilla ennallistuminen ei ole käynnistynyt tavoitteiden mukaisesti ja jotka saattavat siksi vaatia korjausta tai jatkoseurantaa (tietolaatikko 14).

Ensimmäinen hoitoseurantakäynti tehdään ensimmäisenä ennallistamisen jälkeisenä keväänä. Ellei ensimmäisellä käynnillä havaita ongelmia, hoitoseuranta toistetaan noin 10 vuoden kuluttua ennallistamisesta. Ongelmallisia kohteita voidaan joutua seuraamaan useammin ja pitempään kuin 10 vuotta.



**Kuva 46.** Ilomantsin Ristisuon hoitoseurantaa syksyllä 2010. Pato pitää. Suo on ennallistettu vuonna 2005. Kuva: Maarit Similä.

## 11.2 Hydrologinen seuranta

Suon ennallistaminen on ensisijaisesti luontaisen hydrologian palauttamista, ja hydrologinen seuranta palautumiskehityksen suoraa havainnointia. Suojelualueiden ennallistettujen ja luonnontilaisten soiden hydrologian seurantaverkoston kuuluu soita eri puolelta Suomea (Hyvärinen & Aapala 2009). Soiden hydrologiaa seurataan ennallistamisen jälkeen automaattisilla vedenpinnan korkeutta mittaavilla tiedonkeruulaitteilla touko-kuusta syyskuuhun sekä analysoimalla veden kemiallisia ominaisuuksia kolme kertaa maastokauden aikana haettavista vesinäytteistä (kuva 47).

Ennallistamisen vesistövaikutuksia seurataan Keski-Suomeen ja Pohjois-Pohjanmaalle perustetuilla valumaseurannoilla (tietolaatikko 28). Ennallistamisalueilta lähtevien valumavesien määrää seurataan automaattisilla tiedonkeruulaitteilla ja



**Kuva 47.** Vesinäytteistä kerätyn aineiston avulla voidaan selvittää mm. ennallistamiseen liittyviä hydrologisia muutoksia ja niiden eroja erityyppisten soiden välillä. Kuva: Maarit Similä.

mittapadoilta tehtävin säännöllisin manuaalisin mittauksin. Valumaveden laatua, kuten pH:ta ja ravinteiden määrää, seurataan sulan maan aikaan haettavien vesinäytteiden avulla.

## 11.3 Monimuotoisuusseurannat

Monimuotoisuusseurannoilla selvitetään, millaisia muutoksia suon lajistossa ja lajien runsaus-suhteissa tapahtuu ennallistamisen jälkeen. Jotkut lajit runsastuvat tai asuttavat ennallistetun alueen uudelleen, toiset puolestaan taantuvat tai häviävät alueelta. Kokonaisten suoekosysteemien lajiston seuranta on vaikeaa ja kallista, minkä vuoksi seurantaan on valittu muutama lajiryhmä, jotka kertovat epäsuorasti koko suoekosysteemin palautumisesta.

Kasvillisuudella, erityisesti pohjakerroksen sammalilla, on erittäin merkittävä rooli suoekosysteemin toiminnan ja ominaispiirteiden palautumisessa. Suojelualueiden ennallistettaville ja vastaaventyypisille luonnontilaisille soille on perustettu pysyvät kasvillisuusseuranta-alat (Hyvärinen & Aapala 2009). Seuranta-aloilta ennallistamisen jälkeen kerättyä kasvillisuustietoa verrataan samoilta seuranta-aloilta ennen ennallistamista kerättyyn tietoon sekä vastaavilta luonnontilaisilta soilta kerättyyn tietoon. Näin nähdään, onko ennallistamisella onnistuttu käynnistämään toivotunlainen kasvillisuuden muutos ja kuinka lähellä luonnontilaisen vastaaventyypisen suon kasvillisuuden rakennetta seurantahetkellä ollaan.

Ennallistaminen vaikuttaa myös soiden eläinlajistoon ja lajien populaatiokokoihin. Päiväperhosseurantaverkoston avulla seurataan ennallistamisen vaikutusta päiväperhosiin (Hyvärinen & Aapala 2009, kuva 48), minkä lisäksi vuosina 2010–2014 tehdään myös sudenkorento- ja linnustoseurantoja osana Suoverkosto-LIFE-hanketta (Metsähallitus 2013). Muissakin selkärangatonryhmissä, kuten pikkuperhosissa, muurahaisissa ja hämähäkeissä (tietolaatikot 15, 16 ja 18), on runsaasti pääasiassa tai jopa yksinomaan soilla eläviä lajeja, joihin seurantoja olisi resurssien salliessa tarve laajentaa. Lisäksi ennallistamisen vaikutuspiirissä sijaitsevista lähteiköistä olisi hyödyllistä seurata kasvillisuuden, pohjaeläinlajien ja -yhteisöjen vasteita ennallistamiseen.



**Kuva 48.** Soiden perhoslajistoa voidaan kartoittaa lämpimänä ja poutaisena kesäpäivänä, kun ei tuule liikaa. Pirjatanneva, Alavus 2011. Kuva: Kari-Matti Vuori.

# 12 Ennallistamisen kustannustehokkuus

Anne Tolvanen, Pekka Ollonqvist, Rauli Perkiö ja Esa Uotila

## 12.1 Miksi kustannustehokkuutta pitäisi parantaa?

Ennallistaminen on luonnon monimuotoisuutta ja ekosysteemien toimintaa turvaava taloudellinen toimenpide, jonka vaikuttavuuden mittaaminen on ongelmallista, koska rahamittaiset arvot puuttuvat ja ekologiset vaikutukset ovat hitaita. Ennallistamiskustannusten ja -toimenpiteiden vaikutusten välistä suhdetta voidaan kuitenkin arvioida laskennallisesti ja käyttää sitä perusteena toiminnan kustannustehokkuuden kehittämiseksi. Ennallistaminen on kustannustehokasta silloin, kun sille asetetut tavoitteet saavutetaan mahdollisimman pienillä taloudellisilla panoksilla.

Elinympäristöjä ennallistetaan pääasiassa valtion budjettivaroin sekä EU:n tuella (tietolaatikko 1), joten toiminnan tarpeellisuus ja kustannukset on pystyttävä perustelemaan rahoittajille. Yleinen mielipide ennallistamista kohtaan vaihtelee voimakkaasti, mikä johtuu ainakin kolmesta seikasta. Ensiksi, ekosysteemien toimivuuden säilymisen merkitystä yleiselle hyvinvoinnille ei aina tunnisteta. Toiseksi, ennallistamistoimenpiteiden vaikuttavuus ei näy välittömästi. Kolmanneksi, ennallistaminen nähdään usein ristiriitaiseksi toiminnaksi perinteisen metsänkasvatuksen kanssa – siitäkkin huolimatta että ennallistaminen painottuu suojelualueille.

Elinympäristöjä ennallistetaan ja hoidetaan valtion suojelualueiden lisäksi yksityisillä suojelualueilla sekä valtion retkeilyalueilla. Lisäksi valtion talousmetsissä ennallistetaan kunnostusojitukseen soveltumattomia, vähätuottoisia soita (tietolaatikko 7). Valtion maiden laajoilta ennallistamiskohteilta saatavat kokemukset ovat keskeisiä kehitettäessä ennallistamisen malleja myös yksityismaiden metsien luonnonhoitoon. Ennallistamisen kustannustehokkuutta kehittämällä voidaan vaikuttaa toiminnan yleiseen metsäpoliittiseen hyväksyttävyyteen ja siten koko ennallistamistoiminnan rahoitusedellytyksiin sekä päästä samalla taloudellisella panoksella ekologisesti vaikuttavampaan lopputulokseen.

## 12.2 Tehokkuustavoite – painotetaanko kustannuksia vai lopputulosta?

Kustannustehokkuuden parantaminen lisää rahankäytön tehokkuutta. Tällöin on mahdollista tehdä nykyiset toimenpiteet entistä halvemmalla ja/tai saada aikaan samalla rahamäärällä enemmän positiivisia ekologisia vaikutuksia. Ennallistamisen kustannustehokkuus sisältää kaksi näkökulmaa, jotka molemmat ovat mukana käytännön toiminnassa:

- 1 Kustannustehokkuuden (*cost efficiency*) kehittämistavoitteena ovat mahdollisimman alhaiset yksikkökustannukset toimenpiteille. Tarkastellaan konkreettisia kustannuksia, jotka aiheutuvat ennallistamisen eri vaiheista, kuten inventoinneista, suunnittelusta ja toimenpiteistä. Yksikkönä esim. €/hehtaari, €/ojakilometri, €/m<sup>3</sup> (taulukko 2). Kustannustehokkuus paranee, kun kohteen ennallistamistavoitteet toteutetaan mahdollisimman alhaisin kustannuksin.
- 2 Kustannusvaikuttavuuden (*cost effectiveness*) tavoitteena on mahdollisimman laadukas lopputulos käytettävissä olevaa rahamäärää kohti. Mittayksiköt ovat siten käänteisiä kustannustehokkuudelle, esimerkiksi uhanalaisten tai indikaattorilajien määrä tai määrän muutos/€, suokasvillisuuden tai rahkasammalen peittävyuden lisäys %/€ tai pohjavesipinnan nouseminen cm/€. Kustannusvaikuttavuuden mittarit eivät ole vakiintuneita, koska kustannuksiin vaikuttavia tekijöitä on enemmän kuin esim. talousmetsien hoidossa, vaikutusten seuranta edellyttää runsaasti resursseja ja ennallistamistoimenpiteiden lopullista vaikuttavuutta ja saatavia hyötyjä on vaikea muuttaa rahamittaisiksi. Mittareiden tarkoituksenmukaisuus ennallistamisen vaikuttavuuden arvioinnissa voi vaihdella myös mittausajankohdasta riippuen.

Jos haluttaisiin kehittää pelkkää kustannustehokkuutta, keskityttäisiin siis vähäisimmät kustannukset aiheuttaviin menetelmiin, kun taas puhtaasti kustannusvaikuttavuuteen perustuvasa ennallistamistoiminnassa keskityttäisiin vain niihin kohteisiin, joiden monimuotoisuushyödyt ovat suurimmat. Käytännössä painotus on kustannusvaikuttavuudessa, mutta myös kustannustehokkuuden näkökulmalla on merkitystä alla olevan esimerkin mukaisesti:

Sitä mukaa kuin jo toteutetuilta ennallistamiskohteilta saadaan tietoa ennallistamisen onnistumisesta tai korjaavien toimenpiteiden tarpeesta sekä toteutuneista kustannuksista, muutetaan tarvittaessa ennallistamisen käytäntöjä uusilla kohteilla. Parempien käytäntöjen avulla voidaan parantaa ennallistamisen kustannusvaikuttavuutta, koska toivottu sukkessiokehitys käynnistyy eikä korjaavia toimenpiteitä enää tarvita. Jos paremmat käytännöt ovat aiempaa edullisempia, myös kustannustehokkuus (esim. €/ha) paranee. Jos taas paremmat käytännöt ovat aiempaa kalliimpia, kustannustehokkuus (esim. €/ha) laskee, jolloin samalla rahamäärällä voidaan ennallistaa aiempaa pienempi pinta-ala. Kokemuksen karttuessa ja kustannustietoisuuden lisääntyessä myös ennallistamisen kustannustehokkuus (esim. €/ha) yleensä parantuu.

## 12.3 Arvioita soiden ennallistamisen toimenpidekustannuksista

Ennallistamisen kustannustehokkuuden mittaamisessa on tähän saakka rajoitettu ennallistamistoimenpiteiden kustannusten kirjaukseen ja laskemiseen, mikä johtuu kyseisten mittareiden helposta saatavuudesta. Alla esitetään toimenpiteistä aiheutuneita kustannuksia, jotka perustuvat eri aikoina ja eri alueilta kerättyihin aineistoihin (taulukko 2).

Koska eri toimenpiteiden kustannukset eivät ole keskenään täysin vertailukelpoisia ja koska toimenpiteiden vaikutuksia suon ennallistamiseen ja ympäristöön ei arvioida, taulukkoa 2 ei tule käyttää toimenpiteiden väliseen kustannustehokkuuden vertailuun. Vaikka esimerkiksi energia- ja ainespuun myynnistä saatava taloudellinen hyöty voidaan helposti laskea voimassa olevien markkinahintojen perusteella, erilaisten puunkorjuumenetelmien ekologiset vaikutukset suon ennallistamiseen ja ravinnehuuhtoutumaan edellyttävät kokonaisvaltaisempaa tietoa ennallistamisesta.

Toimenpidekustannukset vaihtelevat työläjien sisällä. Esimerkiksi ojitetun suon pinta-ala ja alueen saavutettavuus vaikuttavat ennallistamisen laajuuteen ja alueelle pääsyn helppouteen ja siten kone- ja kuljetuskustannuksiin. Suolta korjatta-

**Taulukko 2.** Soiden ennallistamisen toimenpidekustannukset.

Toimenpide	Kustannusten vaihteluväli
Ainespuun koneellinen korjuu soilla (sis. hakkuu ja lähikuljetus maastossa) <sup>a</sup>	11–20 €/m <sup>3</sup> , keskiarvo 14,23 €/m <sup>3</sup>
Ainespuun kaukokuljetus tehtaalle (Metsähallituksen metsätalouden kautta myytävä puu) <sup>a</sup>	6–10 €/m <sup>3</sup> , keskiarvo 8,16 €/m <sup>3</sup>
Energiapuun korjuu (sis. korjuu ja lähikuljetus) <sup>a</sup>	20–35 €/m <sup>3</sup> kiinto
Hakkuu metsurityönä (4–11 m <sup>3</sup> /päivä) <sup>b</sup>	25–63 €/m <sup>3</sup>
Metsureiden kaataman puuston lähikuljetus <sup>b</sup>	4–14 €/m <sup>3</sup>
Ojalinjojen raivaus metsurityönä (puu jää kuviolle) <sup>b</sup>	0,5–1,5 €/m
Jatkuva ojien täyttö rämeet ym. isot suot <sup>c</sup>	0,45–1,2 €/m
Jatkuva ojien täyttö, kohteet joissa useita pieniä korpisoita <sup>c</sup>	0,75–2,5 €/m
Kevyet, maa-aineksista tehdyt padot <sup>d</sup>	15–25 €/pato
Raskaat rakennepadot (puu-kangasvahvisteiset) (sis. tarvikkeet ja avustavan metsurin kulut 40 €/h) <sup>d</sup>	80–140 €/pato

a Vuosina 2010 ja 2011, ei sis. alv.  
b Vuodet 2007 ja 2008, kolme kohdetta Etelä-Suomen luontopalvelujen alueella Saimaalla.  
c Vuodet 2005–2009, kahdeksan kohdetta Etelä-Suomen luontopalvelujen alueella Saimaalla.  
d Vuodet 2008–2009, kahdeksan kohdetta Etelä-Suomen luontopalvelujen alueella Saimaalla.

van puuston määrä ja laatu (aines- tai energiapuu) vaikuttavat korjuu- ja kuljetuskustannuksiin sekä puun myynnistä saataviin tuloihin. Ojamaiden vähäinen määrä hankaloittaa ojien täyttöä, ja patojen rakentaminen lisää kustannuksia. Tiheäpuustoilla kuvioilla ojalinja, jolta puustoa ei ole poistettu tai raivattu, hidastaa merkittävästi ojan täyttöä ja saattaa myös heikentää ennallistamisen laatua verrattuna tilanteeseen, jossa ojalinja hakataan avoimeksi.

Taulukko 2 ei sisällä inventoinnin, suunnittelun tai työnjohdon kustannuksia. Vuonna 2007 kerättiin ennallistamissuunnittelun ja työnjohdon kustannukset huomioiva pilottiaineisto yhteensä 18 ennallistamishankkeesta eri puolilta Suomea. Näissä kohteissa metsiä ja soita oli ennallistettu vuosina 2004–2006. Soiden ennallistamiseen liittyvää aineistoa saatiin kahdesta työlajista, eli ojien täytöstä 11 kohteesta ja patoamisesta yhdestä kohteesta. Kustannusten jakaantuminen esitetään taulukossa 3.

Taulukon 3 pilottiaineiston mukaan suunnittelun ja työnjohdon osuus kokonaiskustannuksista on 13–19 %. Taloudellisten kustannusten luotettava määrittäminen edellyttää ajankäytön ja työlajien yhtenäistä ja riittävän tarkkaa kirjaamista, mikä ei välttämättä toteudu eri aikoina ja eri alueilla toteutetuissa ennallistamishankkeissa. Kustannustiedon tarkentuessa myös ennallistamisesta aiheutuvia kuluja voidaan arvioida tarkemmin, jolloin resursseja voidaan kohdistaa tehokkaasti jo suunnitteluvaiheessa. Tällöin vältetään kustannusten ali- ja ylibudjetoinnilta, mikä vaikuttaa myös muun toiminnan budjetointiin ja ekologisten hyötyjen saavuttamiseen käytettävissä olevalla taloudellisella panostuksella.

**Taulukko 3.** Suunnittelun, työnjohdon, toteutuksen ja ostopalveluiden kustannusten keskimääräinen osuus ennallistamisen kokonaiskustannuksista.

Työlaji	Ennallistamisen suunnittelu <sup>a</sup> , %	Työnjohto <sup>a</sup> , %	Ennallistamisen toteutus <sup>b</sup> , %	Ostopalvelut <sup>c</sup> , %
Ojien täyttö (11 kohdetta)	8	5	20	67
Ojien patoaminen (1 kohde)	12	7	5	76

a Toteutettu Metsähallituksen omana työnä. Sisältää palkkakulut sekä matkat, päivärahat ja materiaalikustannukset.

b Sisältää metsurityöt sekä toimihenkilöiden muun kuin suunnittelu- ja työnjohtotyön.

c Sisältää ulkopuoliselta ostetun urakoinnin, korvaukset työvälineiden käytöstä, konevuokrat ja muut ostopalvelut.



## 12.4 Kustannustehokkuus ennallistamisen toimenpideketjussa

Inventointi-, suunnittelu- tai toimenpidekustannusten tarkastelu erikseen ei riitä parantamaan ennallistamisen kustannustehokkuutta pitkällä tähtäimellä, vaan on tarkasteltava koko toimintaketjua. Kehittämistyössä voidaan hyödyntää tasapainotettua tulokorttia (Balanced Score Card, BSC), jolla mitataan toiminnan ohjauksen suorituskykyä (Kaplan & Norton 1992). Mittariston tasapainoa tarkastellaan vastakkaisten tavoitteiden suhteen, esimerkiksi rahalliset mittarit ja ei-rahalliset mittarit tai lyhyen ja pitkän aikavälin mittarit. Yleensä BSC-tarkastelussa erotetaan neljä kehittämistavoitetta: taloudellisuuden johtaminen, oppiminen ja kasvu, prosessin kehittäminen ja vaikuttavuus.

Metsäntutkimuslaitos ja Metsähallitus kehittivät Metsähallituksen luontopalveluiden rahoittamassa METSO BSC -hankkeessa vuosina 2008–2009 ennallistamisen kustannustehokkuuden seurannan mittarit. Kutakin neljää kehittämistavoitetta kohti kehitettiin 2–6 konkreettista, toiminnan määrää tai laatua kuvaavaa mittaria:

- 1 Taloudellisuuden johtaminen ennallistamisessa. Johtamistuloksia mitataan esimerkiksi suorilla inventointi-, suunnittelu-, toimenpide- ja seurantakustannuksilla tai ulkopuolisen rahoituksen määrällä ja osuudella kokonaiskustannuksista.
- 2 Ennallistamiseen osallistuvien työntekijöiden oppiminen ja kokemuksen karttuminen. Samalla kun tieteellisen tai kokemusperäisen tiedon määrä kasvaa, käytännön onnistumisista ja virheistä osataan ottaa opiksi, jolloin kustannuksia säästyy seuraavilla ennallistamiskohteilla. Mittaaminen on työläämpää kuin taloudellisen johtamisen mittaaminen. METSO BSC -hankkeessa mittayksiköiksi valittiin ennallistamista koskevien kehittämisaloitteiden määrä, oppimiseen ja tiedonvälitykseen käytetty työaika sekä ennallistamista koskevien ja läpikäytyjen tieteellisten tutkimusten määrä.
- 3 Ennallistamisen prosessin kehittäminen kokonaisuutena. Parannetaan ennallistamisen hyviä käytäntöjä hyödyntämällä olemassa olevaa ja kertyvää tietoa sekä käytännön kokemuksia sekä kehitetään menetelmiä siirtää tieto eteenpäin. Mittarina voidaan käyttää esimerkiksi korjaavien toimenpiteiden määrää tai pinta-alaa, jonka voidaan olettaa vähenvän prosessin kehittymisen myötä. Myös ennallistamiskäytäntöjen kuvaus ja dokumentointi on prosessin kehittämistä kuvaava mittari.
- 4 Ennallistamisen ekologinen ja yhteiskunnallinen vaikuttavuus, eli ennallistamistoiminnalla aikaansaadut ekologiset muutokset, ja kyky saada aikaan yhteiskunnallisia vaikutuksia ihmisyyhteisöissä muuttamalla esimerkiksi ennallistamisen julkisuuskuva myönteisemmäksi. Ekologisen vaikuttavuuden mittareina voidaan käyttää tietoa monimuotoisuudessa tai lahopuun määrässä tapahtuneista muutoksista sekä tavoitteiden toteutumisen astetta, esim. ennallistettujen soiden osuus prosentteina ennallistamisen tavoitepinta-alasta. Yhteiskunnallisen vaikuttavuuden mittayksikkönä toimii positiivisten ja negatiivisten palautteiden tai mediatapahutumien määrä/vuosi.

Pitkällä aikavälillä ennallistamisen kustannustehokkuutta parannetaan kehittämällä toimintaa kaikkien yllä mainittujen neljän tavoitteen suhteen. Käytännön edellytyksenä talouden seurannalle ovat riittävän tarkat laskelmat ennallistamisen eri vaiheiden kustannuksista. Sekä oppimisen että prosessin kehittämisen tavoitteet tarvitsevat toimivan järjestelmän olemassa olevan tiedon kirjaamiselle ja hyödyntämiselle. Vaikuttavuuden kehittäminen edellyttää hyvin valittuja mittareita ja niiden seuranta- ja kirjaamisjärjestelmää. Osa METSO BSC -hankkeesta kehitetyistä mittareista saadaan suoraan Metsähallituksen tietojärjestelmästä.

# 13 Ennallistamisen esimerkkikohteet

Jokainen ennallistettava suo on omanlaisensa, joten kaikkia ennallistettavilla soilla eteen tulevia erityistilanteita ei voida ennakoida, eikä niitä ole tarkoituksenmukaista yrittää kattavasti kuvata perusennallistamisoppaassa. Tähän lukuun on koottu esimerkkejä tavalla tai toisella vaativista soiden ennallistamiskohteista. Kohteiden sijainti on esitetty kuvassa 49. Esimerkkien toivotaan auttavan ennallistamisen suunnittelijoita ja toteuttajia ratkaisemaan mahdollisesti vastaan tulevia ongelmatilanteita.

Kohteet on ryhmitelty sen mukaan mitä kohteen ominaisuutta on haluttu korostaa. Moni kohde voisi olla usean otsikon alla, esimerkiksi Aatsinginhaudan rannesuo (luku 13.6) on sekä lettoinen että lähteinen. Kohdekuvauksissa on karttoja ja ilmakuvia sekä lyhyt kuvaus suosta ennen ja jälkeen ojituksen. Kartoille on rajattu ennallistettujen soiden valuma-alueet. Suunnitteluprosessi ja ennallistamistoimenpiteet kuvataan lyhyesti painottaen erityisesti esimerkkikohteen erityislaatua ja erityisratkaisuja. Osasta kohteita raportoidaan myös ennallistamiseen kulunut työaika ja toimenpiteiden kustannukset sekä havainnot toimenpiteiden vaikutuksista.

## NUORET SUOT

1. Tauvo, Siikajoki

## LETOT

2. Polvela, Juuka
3. Saarikkolampi, Joroinen
4. Vehmaansuo, Kiiminki
5. Huppionvuoren letto, Orivesi

## RINNESUOT

6. Aatsinginhauta, Salla

## LÄHTEISET SUOT

7. Talaskangas, Vieremä
8. Kismanniemi, Kannonkoski

## KORVET

9. Mustakorpi, Nuuksion kansallispuisto, Espoo
10. Hoikankorpi, Ilomantsi

## LAAJAT SUOKOKONAISUUDET

11. Hepolamminneva, Salamajärven kansallispuisto, Perho
12. Revonneva, Siikajoki
13. Hyöteikönsuo, Kuusamo
14. Haapasuo, Leivonmäki
15. Suurisuo-Sepänsuo, Pihtipudas
16. Seitsemisen kansallispuisto, Ikaalinen, Ylöjärvi
17. Olvassuo, Pudasjärvi, Puolanka, Utajärvi

## HIEKKAMAIDEN ERITYISTILANTEET

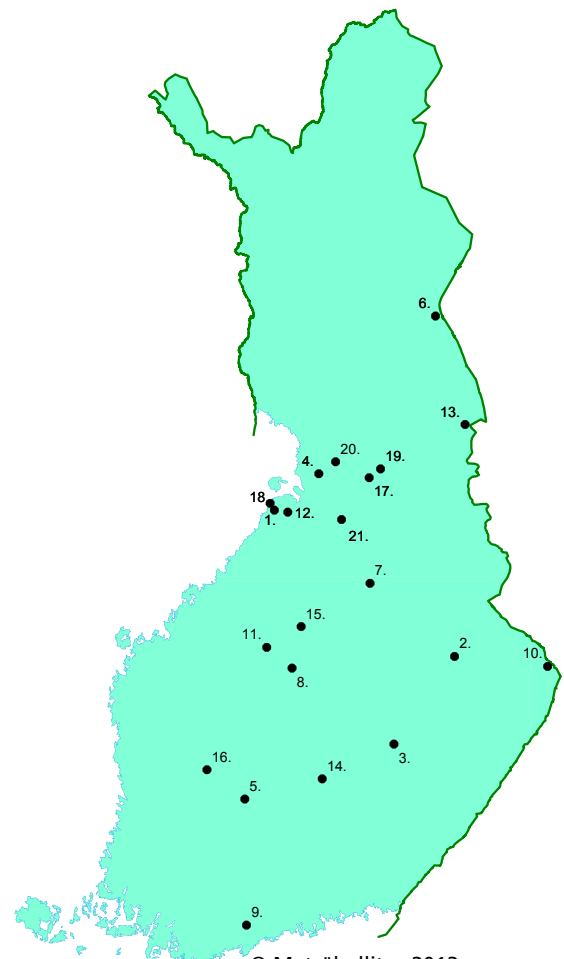
18. Isonneva, Siikajoki
19. Jäkälävaara, Pudasjärvi

## ENNALLISTAMINEN SUOJELUALUEEN RAJALLA

20. Hirvisuo, Oulu, Pudasjärvi

## POHJAVESIALUEEN METSÄTALOUSUOT

21. Rokua ja Neittävä, Vaala



© Metsähallitus 2013  
© Maanmittauslaitos 1/MML/13

Kuva 49. Ennallistamisessa on riittänyt pähkinöitä purtavaksi eri puolilla Suomea.

### 13.1 Primaarisuot: Siikajoen Tauvo

Anne Tolvanen, Juha Siekkinen,  
Sakari Rehell ja Anna Laine

#### Alueen yleiskuvaus

Perämeren maankohoamisrannikon suosukkesiosarjat ovat maailmanlaajuisesti ainutlaatuisia. Soiden korkeus merenpinnasta antaa viitteitä siitä, milloin ne ovat paljastuneet merestä. Maankohoamisrannikolla voidaan erottaa nuorten soiden kehitysvaiheista koostuvia sukkessiosarjoja, joiden nuorimmat vaiheet ovat kosteita merenrantaniittyjä tai rantaluhtia, jotka ajan myötä kehittyvät aapasoiksi tai keidassoiksi. Valuma-alueeltaan suppeissa altaissa, esimerkiksi kehittyvien aapasoisten reunaosissa suosukkesio voi edetä meso- ja oligotrofisten nevojen kautta kohti rämekasvillisuutta (Leppälä ym. 2011b).

Suurin osa nuorten soiden kasvillisuudesta on sopeutunut jatkuviin vedenpinnan vaihteluista johtuviin häiriöihin (Ecke & Rydin 2000), mistä johtuen suuretkin muutokset lajistossa ovat mahdollisia kosteusolojen muuttuessa. Myös ekosysteemin toiminta mm. yhteytyksen ja hajotuksen osalta on herkkä ympäristössä tapahtuville muutoksille (Leppälä ym. 2011a, b). Näistä syistä ojitus voi nopeasti kääntää soistumiskehityksen koh- ti kangasmetsän sukkessiokehitystä.

Maan läpäisevyydestä johtuen erityisesti hiekkamailla vedenpinnan korkeus vaihtelee suuresti siihen saakka, kunnes sammalkasvusto ja turvekerros ovat tarpeeksi kehittyneet (Van Breemen 1995, Laitinen ym. 2008). Turvekerroksen paksuuntuessa suon vedenpidätyskyky paranee. Tämä vakauttaa suon toimintaa, sillä suoekosysteemin sisäinen kyky säädellä vedenpintaa vähentää sääolojen ja sademäärän muutosten vaikutuksia (Leppälä ym. 2011a, b). Rannikon nuorten soiden on todettu olevan varsin tehokkaita turpeen kerryttäjiä vanhempiin soihiin verrattuna (Mäkilä & Toivonen 2004). Hiekkamaalle voi suon sijaan kehittyä myös arokosteikko, jossa vedenpinnan korkeus vaihtelee kausittain. Arokosteikoilla turpeen muodostuminen jää vähäiseksi (Laitinen ym. 2005).

Arviolta peräti 95 % maankohoamisrannikon primaarisukkesiosioista on kuivattu. Ojittamatta on jäänyt lähinnä pieniä, erillisiä, karuja avosoi- ta (Rehell & Heikkilä 2009).

Siikajoen Tavonniemen suot sijaitsevat 0,5–1,25 kilometrin päässä merenrannasta ja noin 1–2 metrin korkeudella merenpinnasta. Suot ovat kehittyneet rantavallien välisiin painanteisiin hiekkapohjalle. Ne ovat pieniä ja selkeära- jaisia. Korkeuden sekä lähialueen soilla tehtyjen tutkimusten (Leppälä ym. 2008) perusteella soiden arvioidaan olevan noin 200 vuotta vanhoja. Osittain ohutturpeisuudesta johtuen suot ovat puustoisia ja lehtipuuta voi esiintyä runsaasti. Rahkasammalpeite on vähäinen.

Tavonniemen suot on ojitettu 1960-luvun loppupuolella. Ojituksia on tehty useaan kertaan ilmeisesti siksi, että veden johtaminen pois tasiselta suolta tasisessa maastossa on hankalaa. Soilla näkyy epäsäännöllisiä, eri aikoina tehtyjä ja eri syvyisiä kaivinkoneojia. Monet ojat ovat tukkeutuneet niin, että puuston kasvu on jäänyt heikoksi, mutta kasvillisuus on kuitenkin osit- tain muuttunut. Soita ympäröivät talousmetsät ovat kuivia, kuivahkoja tai tuoreita kankaita, jois- sa lehtipuun osuus on merkittävä (Siekinen & Tolvanen 2008). Tavonniemessä ainoastaan me- renrantaa lähimpänä sijaitseva Tavon Ulkono- kanhietikko on luonnontilassa. Se on yksityinen suojelualue ja kuuluu Natura 2000 -verkostoon (Siikajoen lintuvedet ja suot FI1105202).

#### Ennallistamisen tausta Tavonniemessä

Metsäntutkimuslaitos (Metla) hankki Tavonniemellä sijaitsevan vajaan 400 hehtaarin kokoisen alueen hallintaansa yksityiseltä metsänomistajal- ta vuonna 2005. Yhtenä tärkeänä syynä alueen hankinnalle oli hyödyntää sen ojitettuja soita ennallistamistutkimuksessa, jonka tavoitteena on tutkia ennallistamisen ekologisia vaikutuksia ja arvioida ennallistamistoiminnan kustannus- tehokkuutta sekä yhteiskunnallista merkitystä. Pääosa tutkimussoista sijaitsee Kainuussa, mut- ta koalueet perustettiin myös Siikajoelle, koska alueen ojittamattomilla soilla oli meneillään run- saasti primaarisoiden sukkessioon liittyvää tutki- musta yhteistyössä Helsingin yliopiston kanssa. Näin Siikajoen alueelle saatiin primaarisoiden ekologian tutkimuskeskittymä.

Tavonniemen ennallistamisen suunnittelua ja toimenpiteitä on siten alusta alkaen säädellyt tutkimustoiminta, joka on toisaalta tuonut lisäre- sursseja ennallistamiseen Natura 2000 -verkoston

ulkopuolella mutta on toisaalta rajoittanut ennallistamistoimenpiteiden kattavuutta.

### Ennallistamisen suunnittelu ja toteutus

Kaikki Metlan hallinnassa olevat Tavonniemen suot käytiin läpi tutkimuksen perustamisvaiheessa vuonna 2005. Neljä samankaltaista ojitettua suota valittiin mukaan tutkimukseen puuston rakenteen, kasvillisuuden ja turpeen paksuuden perusteella. Näistä kaksi suota valittiin ennallistettavaksi. Seurantaan liitettiin vuonna 2008 vielä kaksi ojitamatonta, kolmen kilometrin päässä sijaitsevaa vertailusuota Hietaniitynlahdelta, joka sisältyy valtakunnalliseen lintuvesiensuojeluohjelmaan ja on osa samaa Natura 2000 -aluetta kuin Tavon Ulkonokan hietikko. Hietaniitynlahdelta

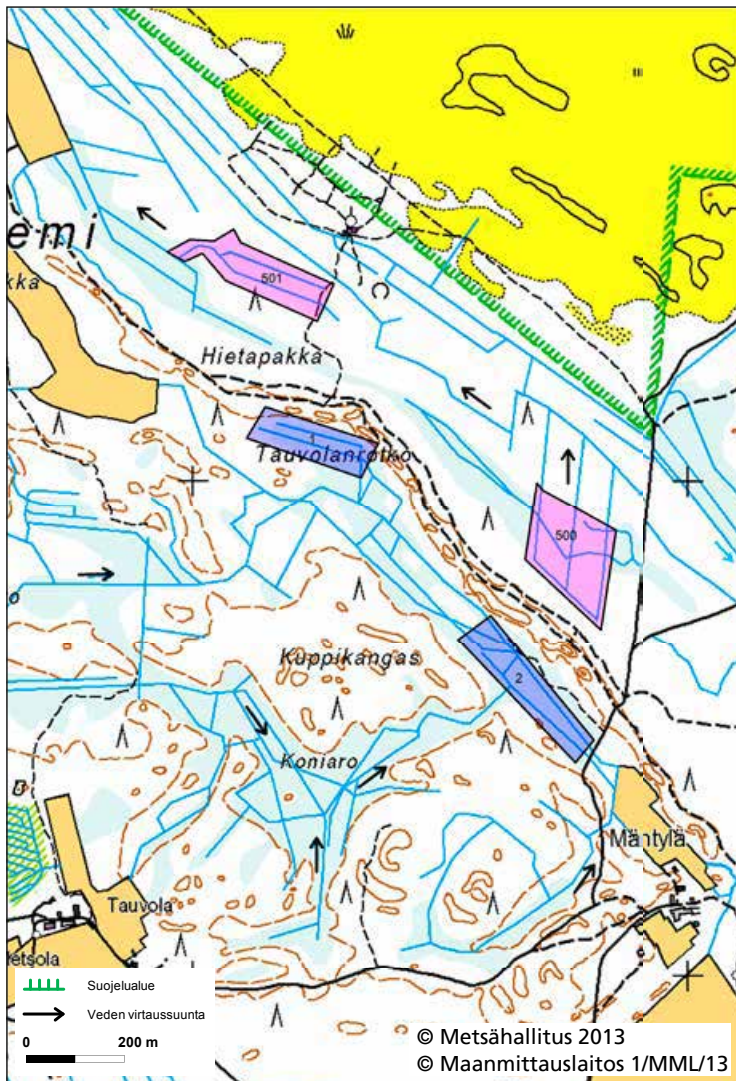
oli saatavilla runsaasti tausta-aineistoa (esim. Lepäälä ym. 2008, 2011a, Merilä ym. 2006). Alueen korkeuden sekä vallitsevan kasvillisuuden perusteella Hietaniitynlahden ojitamattomien soiden katsottiin olevan vertailukelpoisia Tavonniemen ojitettujen soiden kanssa. Kaikilla soilla mitattiin tutkimuksen alkuvaiheessa suovedenpinnan korkeutta, kasvillisuuden kehitystä sekä puuston rakennetta. Myöhemmin alettiin mitata myös ilmastomuutokseen ja kasvihuonekaasutaseisiin liittyviä muuttujia.

Valtion maiden uudelleenorganisoinnin yhteydessä Tavonniemen alue siirtyi Metlalta Metsähallituksen metsätalouden hallintaan vuonna 2008. Samalla alueesta tehtiin Metlan tutkimusmetsäalue, joten Metla määrittelee alueella tehtävät toimenpiteet. Suot ennallistettiin alkuperäisen suunnitelman mukaisesti.

Ennallistamisen toimenpidesuunnitelma ja ennallistaminen tehtiin Metsähallituksen ja Metlan yhteistyönä vuonna 2008 (Siekinen & Tolvanen 2008). Ennallistamisen tavoitteena oli vesitalouden sekä puulajikoostumuksen ja puuston määrän palauttaminen kuvioilla sellaiseksi kuin sen arvioitiin olevan ojitamattomassa tilanteessa. Ennallistamissuunnitelmassa (Siekinen & Tolvanen 2008) on mukana kaksi kuviota (500 ja 501), pinta-alaltaan yhteensä 3,4 hehtaaria (kuva 50). Ojitetut vertailusuot 1 ja 2 ovat metsäautotien lounaispuolella Tavolanrotkon alueella (kuva 50).

Kuvio 501 ja sen ojitettu vertailusuo 1 olivat vähäpuustoisia keskiravinteisia suomyrtiluhtan ja pensasluhtan tapaisia soistumia. Kuvion 501 keskiosan avoimella alueella vallitsi suomyrtti *Myrica gale*, ja muita yleisiä lajeja olivat jokapaikansara, isokarpalo ja kiiltopaju *Salix phlyicifolia*. Sammalkerroksen yleisin laji oli nevasirppisammal *Warnstorfia fluitans* (kuva 51). Vertailusuon (ojitettu suo 1) vallitsevat putkilokasvit ovat kiiltopaju, jokapaikansara ja jouhivihvilä *Juncus filiformis*. Vallitsevat sammaleet ovat viitarahkasammal ja korpikarhunsammal *Polytrichum commune*. Suon 1 ojat vetävät erittäin heikosti, joten vettä seisoo suolla alkukesällä usean viikon ajan. Turpeen paksuus on molemmilla soilla keskimäärin 5 cm.

Ennallistettava kuvio 500 ja sen vertailusuo 2 olivat lähtötilanteessa runsaspuustoisia, melko pitkälle metsittyneitä alueita, joiden puusto oli 26–50-vuotiasta. Kuvion 500 ojitus oli tutkimus-



Kuva 50. Ennallistettavat suokuviot 500 ja 501 (violetit kuviot) ja niiden ojitetut vertailusuokuviot 1 ja 2 (siniset kuviot).



Kuva 51. Kuvio 501 ennen ennallistamista heinäkuussa 2006 (A) ja kaksi vuotta ennallistamisen jälkeen elokuussa 2010 (B). Kuvat: Noora Huotari 2006 ja Sakari Rehell 2010.

ta soista kaikkein epäsäännöllisintä eikä vastannut lainkaan karttatietoa. Kartalla oli ojia, joita ei maastossa löytynyt, ja toisaalta monet pienet ojat puuttuivat kartalta kokonaan. Kuvio 500 oli alkanut kehittyä kangasmetsäksi, ja nevamaista kasvillisuutta oli jäljellä lähinnä painanteissa. Puusto oli lehtipuuvaltaista ja seassa kasvoi mäntyä (kuva 52). Aluskasvillisuuden yleisin laji oli puolukka ja muita yleisiä lajeja olivat suomyrtti, isokarpalo ja jokapaikansara. Vallitseva sammal oli seinäsammal, jonka peittävyys oli enimmillään yli 50 % koealoista. Vertailusuon (ojitettu suo 2) vallitsevat putkilokasvit ovat puolukka, juolukka ja suopursu. Vallitsevat sammalet ovat seinäsammal ja karhunsammal. Suota voidaan kutsua karhunsammalmuuttumaksi karhunsammalen osoittaessa vedenpinnan voimakasta vaihtelua. Suon ojat vetävät heikosti, joten kevätaikana ojat täyttyvät ääriään myöten ja pohjavesipinta nousee korkealle. Molemmilla soilla turpeen paksuus on keskimäärin 7 cm. Ojien varsilla kasvoi runsaasti nuorta mäntyä ja koivua.

Rantavallien sijainnin perusteella (kuva 50) voidaan arvioida, että kuvio 501 on neljästä ojitetusta suosta nuorin, kuvio 500 seuraavaksi nuorin, ja vertailusuot 1 ja 2 hieman vanhempia. Ojittamattomiksi verrokeiksi valittujen Hietaniitynlahden soiden iäksi on arvioitu noin 200 vuotta (Leppälä ym. 2008).

Tauvonniemen alueelta ei ole löydetty uhanalaisia tai silmälläpidettäviä lajeja eikä alueella ole myöskään merkittäviä maisema-arvoja, koska ojitetut suot sijaitsevat hoidettujen talousmetsien keskellä. Erityisiä virkistyskäyttöarvojakaan alueella ei ole, toisin kuin lähempänä meren ran-

taa sijaitsevilla nuoremmilla soilla, joilla on merkitystä erityisesti muuttolintujen havainnointikohteena.

Ojien täyttöä ei kustannussyistä suunniteltu ennallistettavia kuvioita laajemmille alueille, vaikka ojat jatkuivat pidemmälle. Ennallistettaessa oli tärkeä pysäyttää vedet suon alueelle, joten ojat tukittiin täydellisesti ja vedet ohjattiin virtaamaan täytetyiltä ojalinoilta kohti sarkojen keskiosaa. Kuviolla 500 myös pienimmät, lähes kuivuneet ojat päätettiin tukkia.

Puuston tavoitetilä määritettiin pääasiassa maastossa tehtyjen arviointien pohjalta. Raahen verotoimistosta löytyi mustavalkoinen ilmakuva ojitusta edeltävältä ajalta vuodelta 1967. Siitä näkyi osittain kuvio 500, mutta kuviosta 501 ei ollut ilmakuva. Kuviolta 500 päätettiin poistaa ilmakuvan ja maastohavaintojen perusteella 75 % puustosta. Vähäpuustoisemmalta kuviolta 501 suunniteltiin poistettavaksi noin 90 % puustosta, mikä toteutui käytännössä ojalinjoiden rai-vaamisella.

Koska toimittiin tutkimusalueella, kiinnitettiin erityistä huomiota siihen, etteivät alueella toimivat koneet vaurioita suolle vuonna 2005 sijoitettuja pohjavesikaivoja. Lähimmät kaivot sijaitsivat 5 metrin päässä ojista.

Puusto korjattiin kahdessa erässä kokopuuna. Rinnankorkeusläpimitaltaan yli 5 cm:n puut poistettiin konetyönä keväällä 2008, ja ainespuu ja hakkuutähteet kuljetettiin kuormatraktorilla pois suolta. Puuston poistoa täydennettiin metsurityönä loppukesällä 2008, koska sarkojen keskelle oli vielä jäänyt ylimääräistä puustoa. Nämä puut jätettiin alueelle.



**Kuva 52.** Tiheäpuustoinen kuvio 500 ennen ennallistamista heinäkuussa 2006 (A) ja kaksi vuotta ennallistamisen jälkeen elokuussa 2010 (B). Kuvat: Noora Huotari 2006 ja Sakari Rehell 2010.

Kaikki ojat täytettiin elokuussa 2008 siirtämällä kaivumaat kaivinkoneella ojauomaan. Lisäksi paikoitellen kaavittiin pintamaata muutamametrin etäisyydeltä ojasta ojien täyttömateriaaliksi. Alue, josta maata kaavittiin pois, jäi suonpintaa alemmaksi, joten veden kertyminen ja oikovirtausten estämiseksi ojan poikki tehtiin pintavalleja 15–30 metrin välein. Maa- tai puupatoja ei tehty.

Ennallistamisen epäonnistumisen riskinä oli erityisesti se, ettei soistumiskehitystä saada palautettua melko pitkälle metsittyneelle kuviolle 500. Metsätalousalueille aiheutuvan vettymisriskin arveltiin olevan vähäinen, koska alueen vesimäärät ovat vähäisiä ja ympäröivät kivennäismaat sijaitsevat ylempänä kuin ennallistamiskohteet.

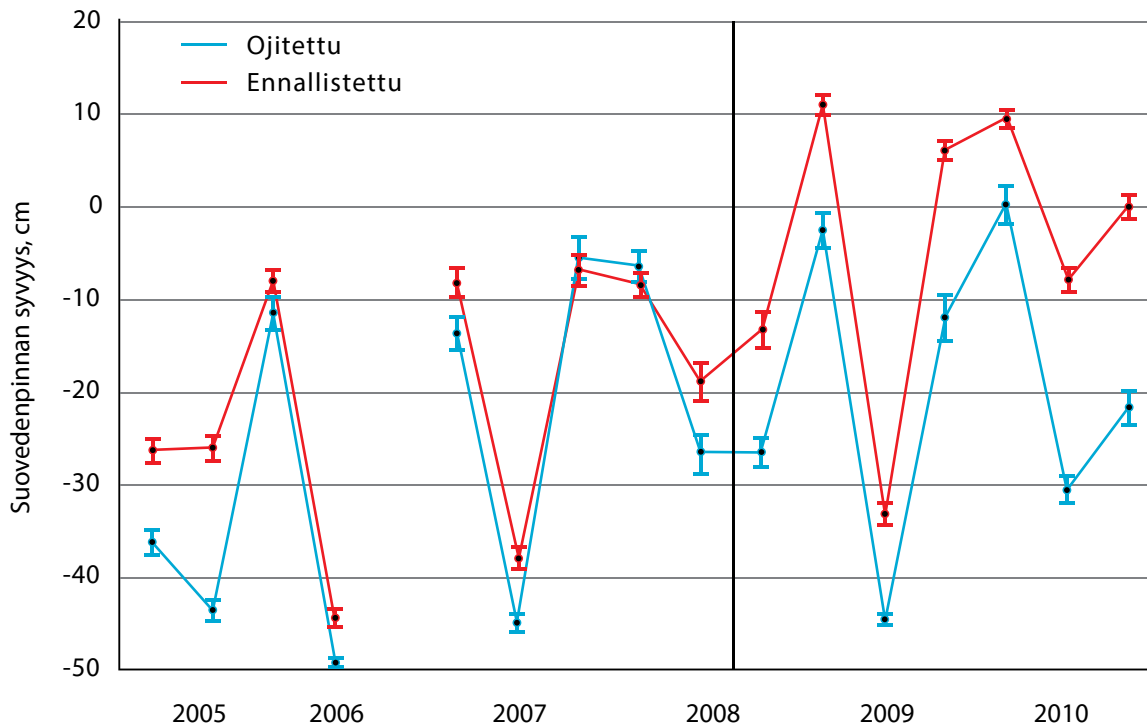
### Ennallistuminen

Tauvonniemen ennallistamiskohteiden sekä niiden vertailusoiden pohjavedenkorkeutta on seurattu vuoden 2005 loppukesästä saakka. Ennallistettujen soiden pohjavesipinta nousi ojitettuja vertailusoiden ylemmälle tasolle heti ennallistamisen jälkeisenä vuonna 2009 ja nousu oli voimakasta tulva-aikana (kuva 53). Nuorille hiekkamaan soille tyypillinen vesipinnan voimakas kausivaihtelu säilyi ennallaan. Hietaniitynlahden ojitamattomilla vertailusoidilla, joilla pohjavesipintaa on tämän tutkimuksen yhteydessä mitattu vasta kevästä 2009 lähtien, pohjavesipinta on syksyä 2010 lukuun ottamatta ollut koko ajan suonpinnan tason yläpuolella. Vaikka vedenpinta lähti

nousuun ennallistamisen jälkeen, tilanne ei siis vielä vastaa ojitamattomien soiden tilannetta. Toisaalta on mahdollista, että Hietaniitynlahden suot ovat luontaisesti Tauvonniemen soita märempiä, koska ne ovat osa laajaa luhta-alueita, jonka pohjamaa on todennäköisesti hienojakoisempaa kuin Tauvonniemessä. Lisäksi Tauvonniemen ennallistamatta jääneet suot voivat estää vedenpinnan palautumista ja ylläpitää voimakasta vedenpinnan kausivaihtelua vielä ennallistamisen jälkeen.

Ennallistetun kuvion 501 kasvillisuudessa tapahtui suon vettymistä ja luhtaisuuden lisääntymistä heijastavia muutoksia nopeasti toimenpiteiden jälkeen. Vuosien 2006 (ennen ennallistamista) ja 2009 (ennallistamisen jälkeen) inventoinnit osoittavat, että putkilokasvien valtalajien eli suomyrtilin, jokapaikansaran ja isokarpalon peittävyys pysyivät ennallaan, kun taas järviruo' on sekä kurjenjalan peittävyys kasvoivat merkittävästi samalla kun kiiltopajun määrä väheni. Myös nevasirppisammal runsastui ennallistetulla kuviolla 501.

Aiemmin runsaspuustoisella kuviolla 500 ilmeni myös suon vettymistä heijastavia kasvillisuuden muutoksia, mutta ne olivat vähäisempiä kuin kuviolla 501. Puolukan peittävyys väheni huomattavasti, kun taas jokapaikansaran peittävyys kasvoi ennallistamisen jälkeen. Sammalpeitteessä ei sen sijaan tapahtunut merkittäviä muutoksia. Silmämääräisesti tarkasteltuna kuvio 500 muuttui kuitenkin huomattavasti enemmän kuin kuvio 501, koska runsaan puuston poisto muut-



**Kuva 53.** Keskimääräinen pohjavesipinnan syvyys ( $\pm$  SE) Tavonniemen kahdella ojitetulla ja kahdella ennallistetulla suolla vuosina 2005–2010. Jokaisella suolla on 20–29 pohjavesikaivoa. Mittaukset on tehty kolmesti kesässä: touko-, elo- ja lokakuussa. Pystysuora viiva osoittaa ennallistamisajankohdan. Pohjavesipintaa pystytään seuraamaan vain noin 48 cm:n syvyydelle saakka, joten ojitetun suon pohjavesipinnan keskimääräiset minimitasot olivat vuonna 2006 todellisuudessa vielä syvemmällä.

ti suomalaisemaa ja suovesi nousi ajoittain maanpinnan yläpuolelle, mitä ei ennen ennallistamista tapahtunut.

Nopeat muutokset pohjavesipinnassa ja kasvillisuudessa heijastavat Tavonniemen primarisoiden herkkyyttä ympäristössä tapahtuville muutoksille. Ojituksen muuttama sukkessiokehitys näyttää kääntyneen takaisin kohti soiden luontaista kehityssuuntaa. Puustoisella kuviolla 500 soistuminen voi kuitenkin vielä hidastua hieskoivun vesakoitumisen seurauksena. Kohteilla jatkuvat tutkimukset kertovat jatkossa myös pitemmän aikavälin kehityksestä.

Tutkimuksen tarpeista johtuen ennallistamistoimenpiteet tehtiin hieman normaalista toimintamallista poiketen. Ennallistamisen työmaasuunnitteluun ja työn ohjaukseen käytettiin runsaasti aikaa, jotta voitiin varmistua siitä, etteivät pohjavesiputket vahingoitu töiden aikana. Jo lähes tukossa olleet pienet ojat täytettiin, jotta toimenpiteet saatiin yhtenäisiksi. Soiden puuston poistoa täydennettiin, mikä normaalitapauksessa olisi todennäköisesti jäänyt tekemättä. Toimen-

piteet rajattiin hyvin pienelle alueelle. Ennallistamisen yksikkökustannuksia ei ole syytä tässä yhteydessä raportoida, koska ne olivat huomattavasti korkeammat kuin tavanomaisemmassa ennallistamistilanteessa.

### Tavonniemen jatkosuunnitelmat

Pääosa Tavonniemen ojitetuista suokuvioista jätettiin kustannussyistä ennallistamatta, koska ne eivät täyttäneet tutkimuksellisia kriteerejä, kuten soiden keskinäistä vertailukelpoisuutta. Pitemmälle jatkuvia oja ei tukittu. Olisi järkevää ennallistaa alueen loputkin ojitetut suot, jotta valtion hallinnassa oleva Tavonniemen kohde muodostaisi ekologisen kokonaisuuden viereisen Natura-alueen kanssa. Koska Tavonniemi on Metlan tutkimusmetsäaluetta, myös tulevaisuuden ennallistamistoimintaan tulee liittää tutkimusta tukevia näkökohtia, esimerkiksi laajentamalla käynnissä olevien ennallistamiskokeiden pinta-alaa.

## 13.2 Suopellosta takaisin letoksi: Juuan Polvela

Kaija Eisto ja Hanna Kondelin

### Juuan Valkealammen alue

Pohjois-Karjalassa Juuan Polvelassa sijaitsevan Valkealammen kalkkialueen letot ja lehdot ovat olleet kasvitieteellisesti tunnettuja jo lähes sadan vuoden ajan. Mauno J. Kotilainen (1916, 1917, 1918) ja Olli Kyyhkynen (1921) dokumentoivat kasvihavaintojaan alueelta jo vuosina 1916–1919. He löysivät mm. suoneidonvaipan ja lukuisia muita harvinaisia ja vaateliaita putkilokasveja sekä sammalia. Valkealammen aluetta voidaankin pitää yhtenä kasvistoltaan arvokkaimmista kohteista Suomessa. Pellonraivauksen myötä alueelta

on ilmeisesti hävinnyt ainakin nuppisara (*Carex capitata*), joughiluikka (*Eleocharis quinqueflora*) ja kalkkijalosalammal (*Pseudo-calliargon lycopodioides*).

Valtiolle luonnonsuojelutarkoituksiin hankittu Valkealammen alueen pinta-ala on 121 ha, josta 100 ha sisältyy Polvelan luontokokonaisuus-nimiseen Natura-alueeseen (FI0700012) (kuva 54). Alueella on sekä lehtojen- että soidensuojeluohjelmaan kuuluvia osa-alueita. Siitä ei toistaiseksi ole perustettu lakisääteistä luonnonsuojelualuetta.

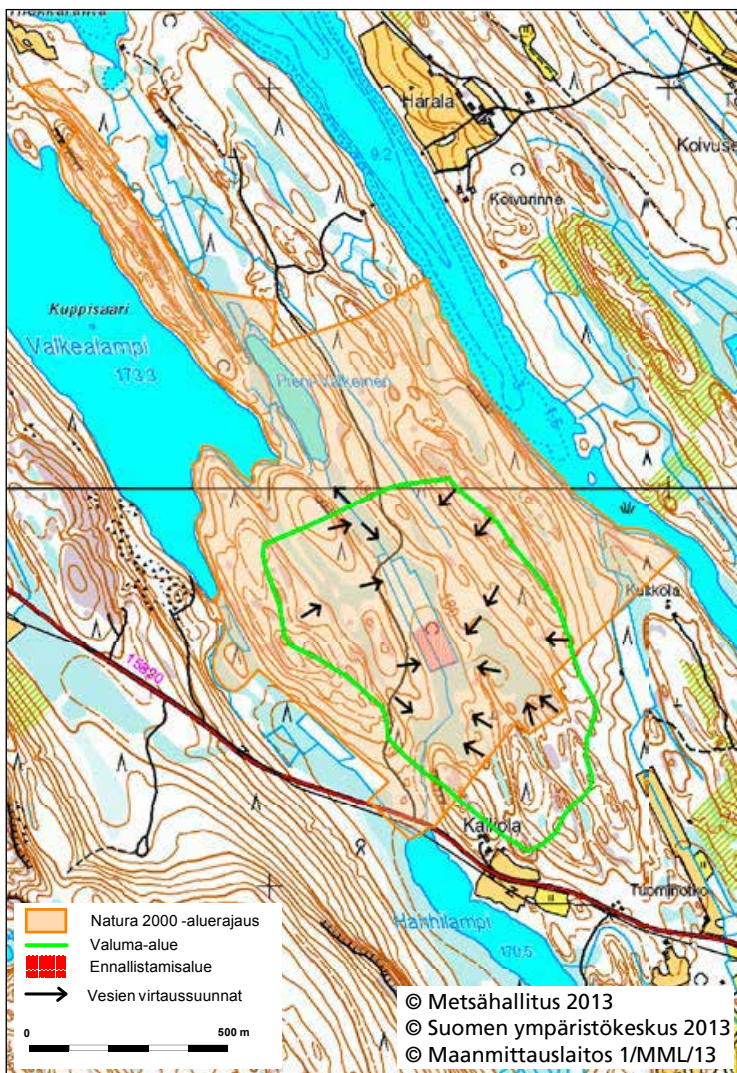
Suokasvillisuus on alueella rehevimmillään luode-kaakkosuuntaisissa notkelmissa, joissa on luonnontilaisia lettorämeitä, lehtokorpia ja muita reheviä suotyypppejä. Ravinteisia soita on aikoinaan raivattu pelloiksi ja ojitettu metsätalouden käyttöön. Valkealammen suopeltoja viljeltiin vielä 1980-luvulla, minkä jälkeen ne ovat hoitamattomina taimettuneet ja pensoittuneet. Pensoittuneita suopeltoja on Valkealammen alueella runsaat kolme hehtaaria.

Valkealammen alueella päätettiin palauttaa entistä suopeltoa takaisin letoksi Metsähallituksen luontopalvelujen ja silloisen Pohjois-Karjalan ympäristökeskuksen yhteisen Pohjois-Karjalan lehdot, tikkametsät ja luonnonmetsät Life-hankkeen yhteydessä. Suon ennallistamisen suunnittelu, työn toteutus ja seuranta rahoitettiin osittain Life-rahoilla ja osittain Metsähallituksen luontopalvelujen METSO-rahoituksella.

### Ennallistettava letto

Ennallistamisen tavoitteena oli palauttaa rehevän, pelloksi raivatun suojuotin vesitalous, laajentaa lettopinta-alaa ja lisätä lettokasveille sopivaa elinympäristöä (Kondelin & Eisto 2010). Koska kyseessä oli oletettavasti kallis työ, aloitettiin ennallistaminen varovasti. Alueen laajimmasta 2,3 hehtaarin suopellosta työn alle otettiin hehtaari pellon eteläosasta. Pellon pohjoisosaa jätettiin ennallistamatta. Ennallistamissuunnitelman laadinta vaikeutti työn ainutlaatuisuus – kustannusten arviointi etukäteen oli useiden työläjien osalta lähes mahdotonta.

Ennen ennallistamista pellolla kasvoi runsaasti kiiltopajua erityisesti ojien varsilla (kuva 55). Sarat olivat pääosin avoimia, mutta niilläkin kasvoi paikoin pajuja ja hieskoivun taimia matalana pusikkona. Suopellon kasvillisuuden valtalajeina oli-



Kuva 54. Valkealammen alue. Veden virtaussuunnat on merkitty nuolilla.





**Kuva 55.** Valkealammen umpeenkasvanut pelto toukokuussa 2003, ennen kuin sitä alettiin ennallistaa letoksi. Kuva: Auvo Sapattinen.

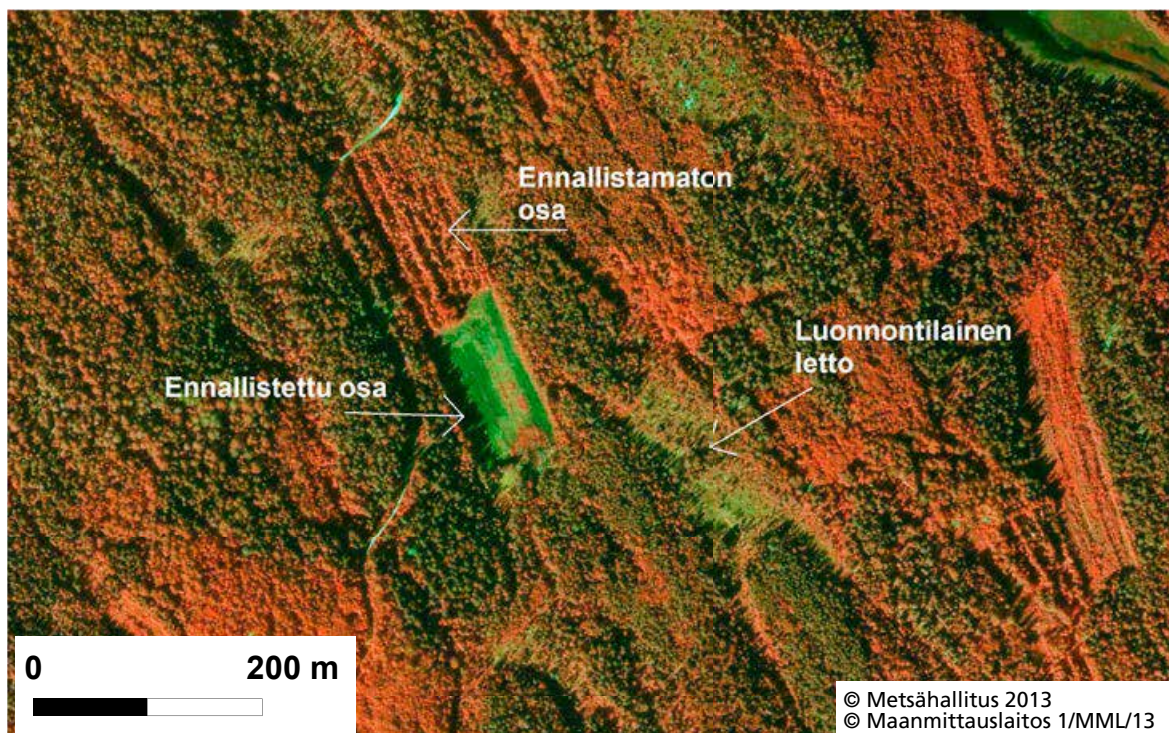
vat – ja pohjoisosassa ovat edelleen – mesiangervo (*Filipendula ulmaria*), nurmilauha ja paikoin suo-orvokki (*Viola palustris*). Seassa kasvoi myös kevätleinikkiä (*Ranunculus auricomus*), suokelttoa (*Crepis paludosa*), huopaohdaketta (*Cirsium helenioides*), rönsyleinikkiä (*Ranunculus repens*), karhunputkea (*Angelica sylvestris*) sekä maitohorsmaa ja muita kulttuurinsuosijalajeja. Varsinaista lettolajistoa pellolta ei löytynyt.

Ympäristöstä, pellon turvelajeista (sara-bryalesturvetta) ja alueen topografiasta päätellen pellon paikalla on ollut erittäin edustava ja rehevä letto. Alkuperäisistä suotyypeistä ja kasvilajistosta ei ole tietoja. Ennallistamiskohteena peltohehtääri oli ihanteellinen, sillä välittömästi sen itäpuolella on luonnontilaista lettoraametta, jolta vedet valuvat pellon kautta etelään kohti Hanhilampea osittain jopa norona (kuva 56).

### Ennallistaminen ja sen ongelmat

Työt aloitettiin syyskuussa 2003, jolloin pellolta kaadettiin puusto ja raivattiin pensaikko. Puut (noin 25 m<sup>3</sup>) kuljetettiin polttopuuksi. Hakkuutähteet, oksat ja raivatut pensaat poltettiin pellolla. Marraskuussa 2003 pellolta kuorittiin kaivinkoneella noin 25–30 cm:n kerros maatunutta pintaturvetta ja sen mukana rikkakasvien siemenet. Koivujen ja pajujen vesomisen estämiseksi niiden juurakoita poistettiin myös syvemältä. Samassa yhteydessä kaivinkone täytti suopellon ojat turpeella.

Pintaturve ja juurakot kasattiin kahteen aumaan. Jotta pintaturpeen kuljetus ja kasaaminen aumoiksi saatiin onnistumaan, jätettiin aumojen viereinen pintaturve kuorimatta. Aumojen turve ja juurakot, yhteensä noin 3 000 m<sup>3</sup>, kuljetettiin alueelta pois vasta, kun maa oli jäänyt kantavaksi helmikuussa 2004. Kuljetusta varten pellon ja sen länsipuolella sijaitsevan metsäautotien välille jäädytettiin ajoura. Turve kuljetettiin kahdelle lä-



Kuva 56. Ilmakuva alueelta vuodelta 2006.

jitysalueelle. Lopuksi suopellolta kuorittiin ja kuljetettiin pois aumojen vieressä ollut pintaturve.

Yhden lettohehtaarin ennallistaminen maksoi yhteensä noin 23 000 €. Ennallistaminen oli mahdollista Life-rahoituksen turvin, METSO-rahat eivät yksin olisi riittäneet. Kustannukset ja työajat olivat:

- puuston raivaus 14 htpv / 2 800 €
- risujen poltto 20 htpv / 3 600 €
- puuston kuljetus alueelta 160 €
- pintaturpeen kuorinta ja kasaus 40 h / 2 300 €
- ajouran tamppaus ja jäädytys 1 000 €
- turpeen kuljetus pois alueelta 10 000 €
- läjitysalueen valmistelu 700 €
- työnjohtokustannukset 10 htpv / 2 500 €

Pintaturpeen kuorinta onnistui pääsääntöisesti hyvin ja työn päätyttyä paljas turvepinta oli lähes yhtenäinen. Ongelmakohtia olivat pellon hyllyvä eteläreuna sekä viimeisenä käsitelty aumojen viereinen alue, joiden pintaturvetta ja juurakkoja ei pystytty poistamaan eikä sarkaojaa täyttämään yhtä hyvin kuin suon kantavammilta osilta, mikä näkyy kasvillisuudessa ja ilmakuvassa (kuva 56). Turpeen kuljetus pois alueelta oli kallista. Kuljetusmatka pellolta metsäautotielle oli lyhyt, mutta läjitysalueet olivat usean kilometrin päässä.

Sarkaojien täyttö onnistui pääsääntöisesti riittävän hyvin (kuva 57). Ongelmakohtaksi osoitettiin ennallistetun ja ennallistamattoman pellon raja, missä sarkaojien vesiä olisi pitänyt ohjata paremmin ennallistetun alueen entisten sarkojen kohdalle. Vesi virtaa edelleen muutamain paikoin ennallistetun osan täytetyissä sarkaojissa. Ennallistamisen tulos olisi todennäköisesti parempi, jos täytettäviin ojiin olisi tehty lisäksi puulla vahvistettuja patoja. Pellolta etelään laskevaa puroomaa ennallistettiin vuonna 2008, mikä on hidastanut veden virtausta pois alueelta. Myös pellon pohjoisosan ennallistaminen olisi suotavaa, jos rahoitus saadaan järjestettyä.

### Ennallistamisen jälkeen

Kolmelle peltosaralle perustettiin vuonna 2002 yhdeksän yhden neliömetrin kasvillisuuden seurantarua, joiden putkilokasvi- ja sammallajit ja niiden peittävyudet määritettiin ennen ennallistamista vuonna 2002 ja ennallistamisen jälkeen vuosittain vuosina 2004–2007 (Kondelin & Eisto 2010). Ennallistamisen jälkeen jouduttiin aluksi tyytymään usein sukutason määrityksiin, koska siementaimet sekä sammalten alkeisvarsikot ja hyvin pienet versot ovat hankalia määritettäviä.

Pellon itäpuolisella luonnontilaisella letolla on kolme kontrolliruutua, joilta seuranta on tehty vuosina 2002 ja 2007.

Ennen ennallistamista kenttäkerroksen runsaimmat lajit seurantaruuduilla olivat mesiangervo, nurmirölli (*Agrostis capillaris*), nurmilauha ja kastikat. Pohjakerros oli paikoin niukka: sammalien yhteispeittävyys oli keskimäärin 30 % (vaihteluväli 0–100 %). Pintaturpeen kuoriminen poisti lähes kaiken paikalla olleen kasvillisuuden ja ennallistamisen jälkeen kasvillisuus on kehittynyt paljaalle turpeelle pääasiassa muualta tulleista siemenistä ja itiöistä. Järviruoko ja leveäosmankäämi (*Typha latifolia*) ovat syväjuurisia lajeja, jotka ovat palanneet ennallistetulle alueelle kuoritun turpeen alla säilyneistä juurakoista.

Ensimmäisinä vuosina ennallistamisen jälkeen kasvillisuuden leviäminen paljaalle turpeelle oli hidasta. Varsinkin kuivina kesinä kasvien itäminen kovalla, kuivalla turpeella oli vähäistä, eivätkä monetkaan taimet ole säilyneet elossa.

Silmämääräisen havainnoinnin perusteella aidot suolajit ja erityisesti muutamattamat lettolajit ovat palanneet ennallistetulle alalle (kuva 58). Palanneita ja hiljalleen runsastuneita lajeja ovat mm. keltasara, rätvänä, lettohiirensammal (*Bryum pseudotriquetrum*), hetehiirensammal (*B. weigelii*) ja lehväsammat (Mniaceae). Vuonna 2007, jolloin seuranta viimeksi toistettiin, sammalien yhteispeittävyys seurantaruuduilla oli keskimäärin 17 % (vaihteluväli 0–46 %). Suosaroista seurantaruuduilla kasvoivat vuonna 2007 kelta- ja harmaasara (*Carex canescens*). Rätvänä, suohorsma (*Epilobium palustre*), korpikastikka ja korpiorvokki (*Viola epipsila*) ovat levinneet jo monille ruuduille. Myös järviruoko ja järvikorte ovat runsastuneet. Ennallistettu alue on silmämääräisen arvion mukaan pysynyt vuosina 2008–2010 kosteana, vaikka sademäärät ovat aika ajoin olleet vähäisiä.

Kestää varmasti kauan, ennen kuin suurin osa ympäröivien luonnontilaisten soiden lajistosta leviää ennallistetulle letolle. Jo ensimmäisten seurantavuosien perusteella vaikuttaa kuitenkin siltä, että ennallistamisen tavoitteet ovat toteutumassa



Kuva 57. Pelto ennallistamisen jälkeen kesäkuussa 2004. Kuva: Ville Vuorio.



Kuva 58. Ennallistettu letto heinäkuussa 2009. Kuva: Anna-Riikka Ihantola.

ja lettokasvit ovat palaamassa alueelle. Seuranta toistettiin vuonna 2012. Ongelmakohtia ovat ennallistetun ja ennallistamattoman alueen raja (vesi virtaa edelleen ennallistetun alueen täytettyjen sarkaojien kohdalla) sekä pellon eteläosan osin puutteellinen pintakerroksen kuorinta, mistä johtuen alueella on paikoin aika runsaasti letolle kuulumattomia rikkakasveja.

### 13.3 Letto- ja lähdelajisto ennallistetulla suolla: Joroisten Saarikkolammensuo

Tuula Kurikka ja Jari Ilmonen

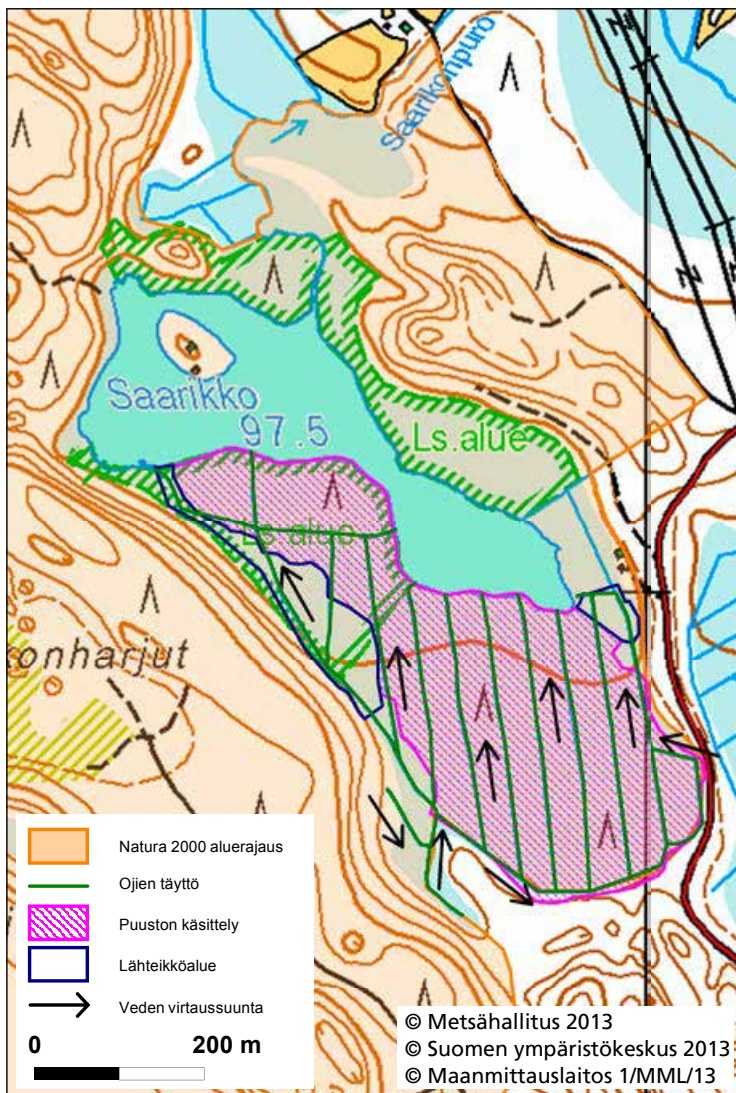
#### Suon kuvaus ja historia

Saarikkolammensuo sijaitsee Joroisissa, Etelä-Savossa Tervaruukinsalon monimuotoisella ja arvokkaalla harjualueella (Natura-alue FI0500023). Alueen kallioperässä esiintyy paikoin karbonaatti- ja dolomiittikalkkilinssejä, ja alueella tavataan kalkinsuosija- ja kalkinvaatijalajeja. Saarikkolammen pohjaan on vuosisatojen kuluessa kerrostunut pohjavesien kuljettamaa kalkkiliejua ja järven vesi on lievästi emäksistä. Alun perin Saarikko-

lampea ympäröivät suoalueet ovat olleet pääosin lettorämeitä ja -korpia, vain paikoin esiintyi avoimia lettoja. Kalkkipitoisuuden ja etenkin suon länsiosaan purkautuvien lähteiden (kuva 59) ansiosta suolle on kehittynyt monimuotoinen ja arvokas kasvillisuus. Lammen rannalla kasvaa erittäin uhanalaista (EN) taarnaa Manner-Suomen ainoalla kasvupaikallaan. Suolla tavataan myös mm. erittäin uhanalaista suoneidonvaippaa, vaarantuneita (VU) veripunakämmekkää (*Dactylophiza incarnata* ssp. *cruenta*), kaitakämmekkää (*D. traunsteineri*) ja röyhysaraa (*Carex appropinquata*), silmälläpidettävää (NT) hetesaraa (*C. acutiformis*) sekä alueellisesti uhanalaista lettovillaa. Lettorikkoakin on suolla esiintynyt, mutta sitä ei ole havaittu 1980-luvun alkupuolen jälkeen. Sammallajistoon kuuluvat mm. silmälläpidettävä pohjanhuurresammal (*Palustriella decipiens*) ja vaarantunut kiiltosirppisammal (*Hamatocaulis vernicosus*) sekä erittäin uhanalainen kalkkilähdesammal (*Philonotis calcarea*) Manner-Suomen eteläisimmällä kasvupaikallaan. Lettoisuuden ja lähteisyyden lisäksi Saarikkolammensuo on poikkeuksellinen myös siksi, että se viettää voimakkaasti kohti lampea.

Saarikkolampea ympäröivän suoalueen etelä- ja länsiosa ojitettiin vuonna 1970. Lajistoltaan arvokkaan suon kuivumisesta huolestuneet paikalliset luonnonsuojelijat patosivat ojat suon arvokkaimmalla osalla, ja alueelle perustettiin vuonna 1972 yksityismaan luonnonsuojelualue. Padot eivät kuitenkaan riittäneet estämään suota kuivumasta, ja 1990-luvulle tultaessa alue oli jo valtaosin turvekangasta tai pitkälle edennyt muuttumaa, jossa kasvoi erittäin tiheä puusto. Avointa tai harvapuustoista lettoa oli jäljellä lähinnä kapealla kaistaleella lammen rannassa. Pääosa suosta, mukaan lukien aiemmin perustettu yksityinen suojelualue, hankittiin valtiolle luonnonsuojelualueeksi vuonna 1998. Etelä-Savon ympäristökeskus aloitti ennallistamissuunnitelman tekoon tähtäävät maastotyöt vuonna 1994 ja suunnitelma valmistui vuonna 1997 (Laitinen 1997).

**Kuva 59.** Saarikkolammensuon ennallistamistoimenpiteet. Lähteisiä alueita on suon itä- ja länsiosassa.



## Ennallistaminen

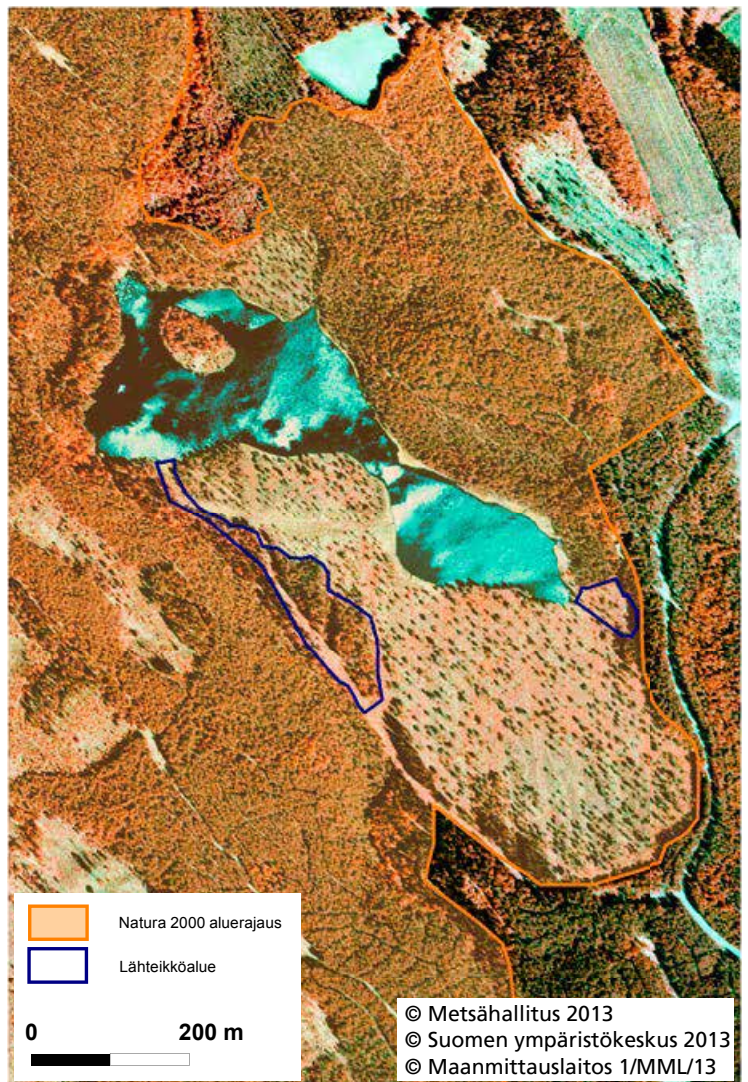
Noin 26 ha:n laajuinen alue Saarikkolammen ympärillä siirtyi Metsähallituksen hallintaan vuonna 2000, minkä jälkeen Metsähallitus aloitti suon ennallistamisen. Tällöin päätettiin ennallistaa myös alueella esiintyvät useat lähteet, joiden purkautumispaikkoja oli runsaasti ojissakin. Suunnitelmaa tarkennettiin käyttämällä ennen ojitusta otettuja ilmakuvia sekä Metsähallituksessa jo kertyneitä ennallistamiskokemuksia.

Suo ennallistettiin kahdessa vaiheessa vuosina 2000 ja 2001. Työ aloitettiin suon itäosasta. Aluksi syksyllä 2000 metsurit raivasivat ojalinjojen sekä sarkojen nuoren puuston, sen jälkeen ojat tukittiin kaivinkonetyönä (kuva 59). Lopuksi järeämpi puusto hakattiin saroilta koneellisesti joulukuussa. Suo ei jäänyt työmaan aikana, mutta pahoilta koneiden urajäljiltä kuitenkin vältyttiin. Vesi nousi heti joulukuussa 2000 suon pintaan kaakkoisosassa, jossa on itäpuolen ainoa lähteikköinen alue.

Seuraavana keväänä suon kaakkoisosassa, samoin kuin lammen rannat, olivat hyvin märkiä, mutta vetisyys tasaantui kesän mittaan. Näillä alueilla havaittiin heti ensimmäisenä kesänä rätvänän ja ojakellukan (*Geum rivale*) runsastuminen. Keski-osassa vettyminen ei kuitenkaan levinnyt ojalinjojen ulkopuolelle ja koivu alkoi vesoa voimakkaasti.

Suon länsiosassa oli vaikeampi ennallistaa: siellä on runsaasti lähteitä, joten suo pysyy talvisinkin sulana. Alikasvospuusto poistettiin metsuri- ja konetyönä syksyllä 2001, sarkavälien järeä puusto hakattiin helmi-maaliskuussa 2002 metsurityönä. Lokakuussa 2001, ennen järeän puuston hakkaamista, ojat tukittiin kaivinkoneella, mutta ojissa sijaitsevat lähteiden purkautumiskohdat jätettiin tukkimatta. Työkoneet upposivat paikoin märmissä kohdissa pehmeään turpeeseen ja jättivät jälkeensä syvät urat. Kaikkia lammen rannan tuntumassa sijaitsevia ojia ei voitu tukkia, koska siellä kaivinkone ei olisi pysynyt pinnalla. Kohteen märkyiden ja runsaan lähteisyyden huomioon ottaen maastovauriot ja koneiden urat jäivät silti vähäisiksi.

Runsaslähteinen alue Saarikonharjun juurella, suon lounaisosassa, alkoi vettyä voimakkaasti heti ojien tukkimisen jälkeen (kuva 60). Lähteiden purkautumiskohtien ympärille muodostui laajo-



Kuva 60. Saarikkolammensuo ennallistamisen jälkeen. Ilmakuva on otettu kesäkuussa 2006.

ja lammikoita lähdeveden levitessä suon pinnalle (kuva 61A). Parin vuoden kuluessa lammikot vähitellen kutistuivat, kun vesi löysi vanhat lähdepuroumat (kuva 61B).

Lähes kaikki suon ennallistamisen kustannukset katettiin puunmyyntituloilla. Järeämmän puun lisäksi suolta kertyi runsaasti hakepuuta myytäväksi. Metsurityöaikaa kohteella kului kahdena vuonna yhteensä noin neljän työkuukauden verran. Järeän puuston kaatamiseen motolla kului yhteensä muutama päivä. Kaadetun puuston lähikuljetus vei aikaa yhteensä lähes kuukauden, koska kuljetettavaa – erityisesti hakepuuta – kertyi paljon ja koska hyllyvällä suolla ei voinut kuljettaa täysiä kuormia. Ojien tukkiminen kaivinkonetyönä vei yhteensä vajaan viikon.



**Kuva 61.** Länsiosan ennallistamisalueen ojassa sijaitseva lähde 26.5.2003, vuosi ennallistamisen jälkeen (A) ja 16.5.2010, kahdeksan vuotta ennallistamisen jälkeen (B). Kuvat: Jari Ilmonen.



**Kuva 62.** Täytettyyn ojaan ennallistamisen jälkeen syntyneessä lähdenorossa lähdesammalet alkoivat elpyä nopeasti. Kahdeksan vuotta ennallistamisen jälkeen valtalajina oli kuvassa vihreänä näkyvä korpilehväsammal (*Plagiomnium ellipticum*), seassa kasvoi runsaana myös punaista hetehiirensammalta sekä niukempänä pohjanhuuresammalta. Kuva: Jari Ilmonen 2010.

### Ennallistamisen vaikutukset letto- ja lähdekasvillisuuteen

Suon kasvillisuuden muutoksia on seurattu neljällä lammen rannasta suon halki kulkevalla linjalla, joiden varrelle on sijoitettu tasavälein koelohjoja. Seurannat on tehty ennen ennallistamista ja ennallistamisen jälkeen vuosina 2002, 2003 ja 2004. Uhanalaisten kasvien esiintymiä on samoin seurattu ennen ja jälkeen ennallistamisen (Vauhkonen 2000, 2002, 2003, 2004, 2005, 2007).

Seurantaruuutujen aineistoa ei ole toistaiseksi analysoitu, mutta silmämääräisesti suosammalten ja monien lettolajien, esimerkiksi lettovillan ja röyhysaran, runsaus on lisääntynyt. Taarnakasvustokin on ennallaan, joskin sen fertiilien yksilöiden määrä vaihtelee vuosittain voimakkaasti.

Länsiosan täytettyyn ojaan syntyneessä uudessa lähdenorossa silmälläpidettävän pohjanhuuresammalten kasvustot ovat runsastuneet voimakkaasti muiden lähdesammalten (mm. hetehiirensammal) ohella vuoden 2001 jälkeen (kuva 62), ja läntisessä korpilaitteessa vaarantuneen harsosammalten kasvustot voivat hyvin (Ilmonen, julkaisematon).

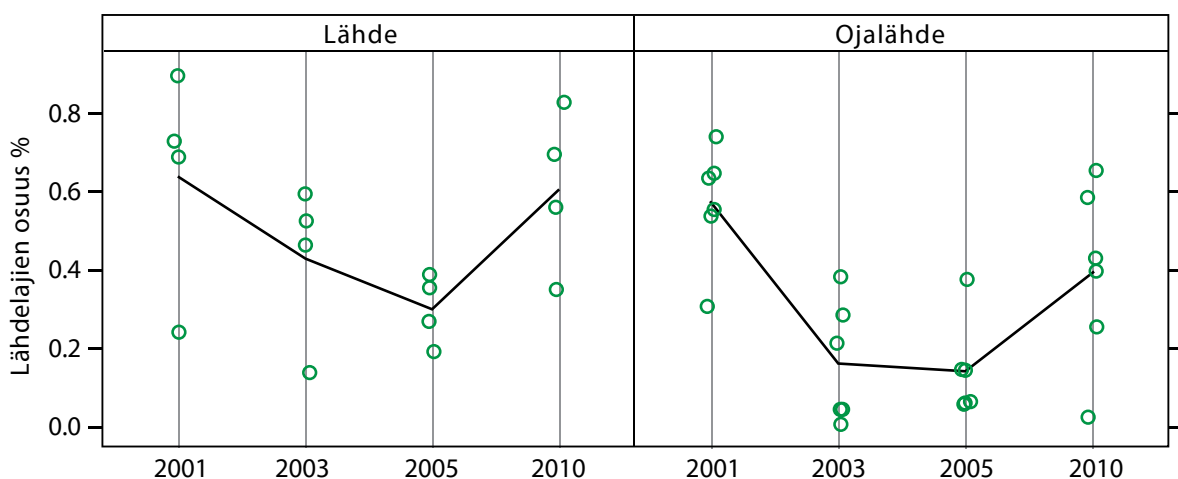
## Ennallistamisen vaikutukset lähteikköjen pohjaeläimiin

Ennallistamisen lähteikköjen pohjaeläinyhteisöihin kohdistuvien vaikutusten seuraamiseksi länsiosan lähdepurkaumissa tehtiin pohjaeläinseelvitys vuonna 2001, ennen ennallistamista, ja ennallistamisen vaikutuksia on seurattu vuosina 2003, 2005 ja 2010 (Ilmonen ym. 2006, Ilmonen ym. 2013). Pohjaeläinseuranta on tehty vakioidulla menetelmällä, ja Saarikkolammensuon ennallistamisalueen ojiin purkautuvien ja luonnontilaisen kaltaisten lähteiden lisäksi samaan aikaan ja samalla menetelmällä on seurattu neljää luonnontilaisen kaltaista lähteikköä Lounais-Suomessa. Pohjaeläinten näytteenottoaikoilta ja itse lamesta otettiin vesinäytteet ennen ennallistamista, ja veden laatua (pH, sähkönjohtokyky) ja lämpötilaa on seurattu myös ennallistamisen jälkeen maastokäyntien yhteydessä. Saarikkolammensuon pohjaeläinseuranta on tietävästi maailman ensimmäinen lähteissä tehty toistettu ja kontrolloitu ennen-jälkeen-seuranta.

Ennen ennallistamista pohjaeläinyhteisöt olivat keskenään samankaltaiset Saarikkolammensuon ojalähteissä ja luonnontilaisen kaltaisissa lähteissä. Kaikissa oli luonnontilaisille lähteiköille tyypillistä lajistoa. Ennallistamisen jälkeen lähdelajit, esim. lähdekorri (*Nemurella pictetii*), taantuivat lähes kaikissa alueen lähteissä ja eräät pintavesille tyypillisemmät lajit, kuten *Psectrota-*

*nypus varius* -surviaissääski, runsastuivat räjähdysmäisesti. Lähdelajien osuuden taantuminen oli havaittavissa vielä vuonna 2005, mutta vuonna 2010 lähdelajien osuus koko yhteisöistä oli lähempänä alkutilaa (kuva 63) ja pintavesilajit olivat taantuneet.

Ennallistaminen aiheutti lähteiden kannalta voimakkaita ympäristömuutoksia: ennen kaikkea veden laadun muutoksia, mutta myös valoisuus lisääntyi. Sekä ojissa oleviin että luonnontilaisiin lähteisiin tuli huomattavasti kiintoaineita, mikä johti mm. veden humuoksisuuden ja kemiallisen hapenkulutuksen kasvamiseen ja sen seurauksena veden happipitoisuuden voimakkaaseen laskuun sekä metallien pitoisuuksien kasvuun ennallistamista seuraavan vuoden aikana. Muutokset lammen veden laadussa olivat samansuuntaisia, mutta vähäisempiä. Tämä fysikaalis-kemiallinen stressi oli syynä pohjaeläinyhteisöjen muutoksiin. Lisäksi ensimmäisen vuoden aikana suolle syntyneissä lammikoissa lisääntyneet pintavesilajit voivat levittäytyä tehokkaasti myös ennallistamisalueen lähteisiin muuttaen lajiston runsaussuhteita. Saarikkolammensuolla lähteiköt ovat lähelläkin ja mahdollisesti osin maanlaisessa yhteydessä, minkä vuoksi voimakkaita muutoksia tapahtui myös ennallistamisalueen luonnontilaisen kaltaisissa lähteissä. Yhteisömuutokset olivat kuitenkin vähäisiä kontrollialueella Lounais-Suomessa, mistä voidaan päätellä yhteisömuutosten johtuneen ennallistamisesta. Tulevien seurantahankkeiden



**Kuva 63.** Lähdelajien osuus kokonaisyksilömäärästä Saarikkolammensuon ennallistamisalueen luonnontilaisen kaltaisissa lähteissä (n = 4) ja ojalähteissä (n = 6), joiden vierestä ojat tukittiin. Kuvassa esitetään havainnot (ympyrät) sekä vuosittaiset keskiarvot (viiva) seurantavuosina 2001, ennen ennallistamista, ja ennallistamisen jälkeisinä vuosina 2003, 2005 ja 2010.

kannalta tärkeä havainto olikin se, että vaikutusten havaitsemiseksi käsittelemättömiä ja aidosti riippumattomia kontrollikohteita on oltava riittävän kaukana ennallistamisalueelta. Ilman ennallistamisalueen ulkopuolisia kontrollikohteita vaikutuksia ei olisi voitu erottaa luontaisesta vaihtelusta.

### Johtopäätökset

Suon ennallistamisen näkökulmasta Saarikkolammensuon ennallistaminen on onnistunut kohtuullisen hyvin. Ennallistetulla suolla tehtiin hoitoseuranta kesäkuussa 2010, jolloin ensimmäisistä toimenpiteistä oli kulunut 10 vuotta. Suon vesitalouden arvioitiin ennallistuneen län-siosassa keskimäärin hyvin, mutta itäosa ei ole vettynyt riittävästi: vesi ei ole levinnyt ojalinjoilta tasaisesti saroille. Ilmeisesti suon voimakas kaltevuus osin estää veden tasaisen leviämisen. Tiedossa olevin korjaustoimenpitein ei tilannetta voi kuitenkaan auttaa. Kuivemmiksi jääneillä osilla koivun vesominen on ollut voimakasta ja vesakkoa tulee jatkossa raivata.

Monet lettojen putkilokasvi- ja sammallajit, samoin kuin vähemmän vaateliaas suokasvillisuus, näyttävät runsastuneen ennallistamisen jälkeen.

Lähteikköjen pohjaeläinten kannalta Saarikkolammensuon tapaus on varoittava esimerkki voimakkaiden ennallistamistoimien aiheuttamista riskeistä. Ennallistamisen seurauksena syntyvä vesistökuormitus on vakava häirtatekijä lähteikköjen lähiympäristössä toimittaessa. Äkillistä ja voimakasta ennallistamista ei siten voida suositella sellaisten lähteiden läheisyydessä, joissa elää harvinaisia ja vaateliaita lähdelajeja, vaan veden pintaa on suositeltavampaa nostaa vähän kerrallaan. Perusteellinen lajistoseelvitys olisi syytä tehdä aina ennen ennallistamista, jottei harvinaisten tai uhanalaisten lähdelajien esiintymistä vaaranneta. Toisaalta seuranta osoittaa myös lähteikköjen pohjaeläinyhteisöjen toipumiskykyä. On ilmeistä, että Saarikkolammensuon lähteikköjen pohjaeläinyhteisöt olivat ennallistamiseen mennessä palautuneet vuoden 1970 ojituksesta luonnon-tilaisten lähteikköjen kaltaisiksi, ja vuoteen 2010 mennessä ne ovat alkaneet palautua vuoden 2001 tilanteen suuntaan.



### 13.4 Kasvillisuuden kehitys ilman pintavalleja ennallistetulla letolla: Kiimingin Vehmaansuo

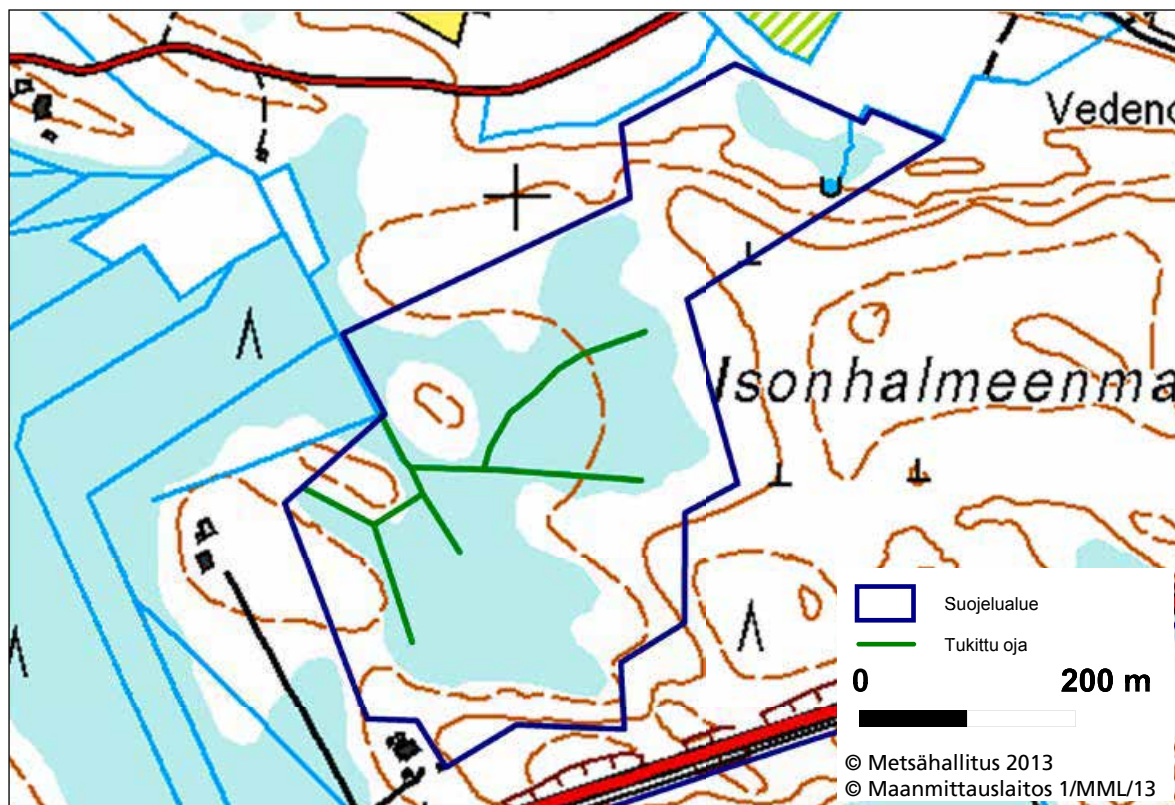
Sakari Rehell

Kiimingin Vehmaansuo on noin 12 hehtaarin laajuinen, voimakkaasti kalkkivaikutteinen lettosuo, joka kuuluu erillisenä osana Kiimingin lettoalueen suojelukokonaisuuteen. Se on keskiosistaan ruoppaista rimpilettoa, reunamilla on lettorämeitä ja kankaan reunoilla letto- ja lehtokorpia. Suon länsi- ja keskiosat ojitetiin noin vuonna 1990. Pian tämän jälkeen suo hankittiin valtiolle suojelutarkoituksiin.

Suon ennallistaminen aloitettiin vuonna 1992, kun ojiin rakennettiin muutamia lautapatoja. Lautapadot osoittautuivat kuitenkin riittämättömiksi ja ennallistamista jatkettiin tukkimalla ojia konetyönä vuonna 1994 (kuva 64). Ojamaat siirrettiin penkoilta takaisin ojiin. Koska ennallistaminen aloitettiin pian ojien kaivamisen jälkeen, ei suon kasvillisuus ollut ehtinyt paljon muuttua ennen ennallistamistoimien toteuttamista.

Suon kasvillisuusmuutosten seuraamiseksi ennallistamisen jälkeen perustettiin suon keskiosien poikki kulkeva seurantalinja kesällä 1995. Linjalta on tutkimuspisteitä kymmenen metrin välein. Tutkimuspisteillä on 0,5 x 0,5 m seurantaruuutuja siten, että jokaisella pisteellä ovat edustettuina kaikki suopinnan tasot (jos paikalla on sekä mätäs-, väli- että rimpipintaa, pisteellä on kolme seurantaruuutua). Yhteensä seurantaruuutuja on 77, näistä 64 on ns. normaaliruutuja ja 13 edustaa ns. tuhoaluetta, eli ennallistamisessa rikottua pintaa.

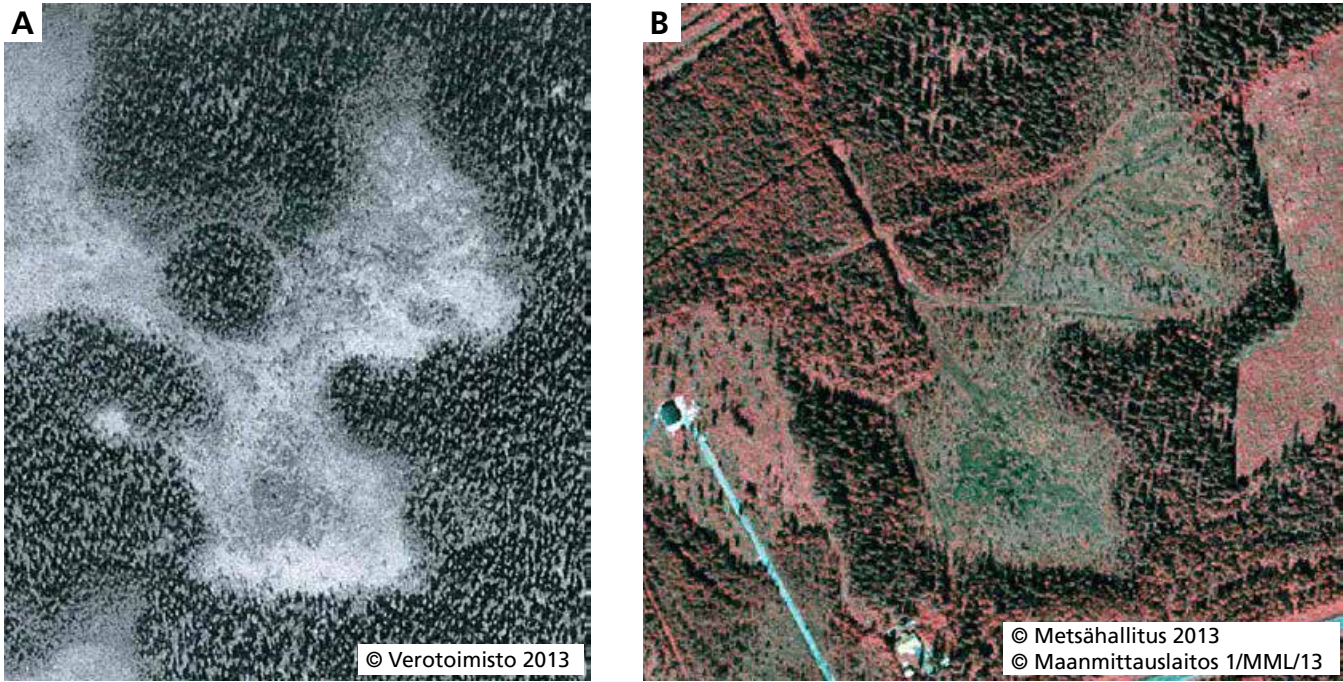
Kasvillisuusseuranta toistettiin kesällä 2005 ja syksyllä 2010. Lähes kaikki seurantaruuutujen merkkikepit löytyivät vielä vuonna 2005, mutta vuonna 2010 erityisesti linjan alkupäässä ennallistamisalueen ulkopuolella olevalla märällä rimpipinnalla osa merkeistä oli hävinnyt. Vuonna 2010 seuranta toistettiin vain niillä 52 ruudulla, joiden sijainnista oltiin varmoja. Kuvissa, joissa vertailaan kaikkia kolmea seurantakertaa, on mukana kunkin vuoden 52 ruutua. Lajitaulukoissa, joissa on vertailtu vuosien 1995 ja 2005 tuloksia, ruutuja on 64 + 13. Vuonna 2010 arvioitiin myöhäisen ajankohdan vuoksi vain pohjakerroksen lajien peittävyys.



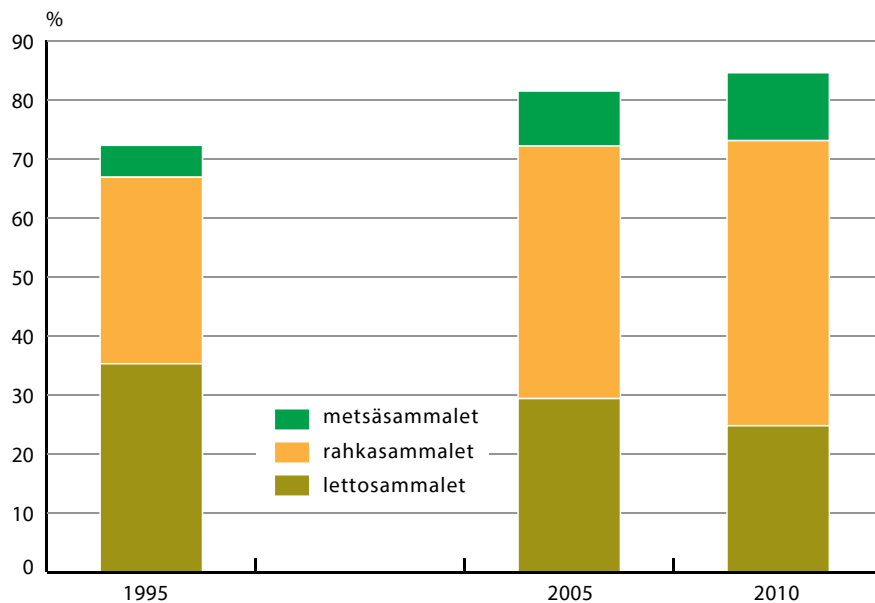
Kuva 64. Vehmaansuolla tehdyt ennallistamistoimenpiteet.

Täytetyt ojat peittyivät kasvillisuudella varsin nopeasti ja maisemallisesti suo näyttää jo jokseenkin luonnontilaiselta. Monin paikoin, etenkin suon länsiosissa, vanhat ojauomat kuitenkin erottuvat ympäristöönsä alemmaksi jääneinä saraisina uomina, jotka johtavat vettä pois suolta. Niiden ympärillä mätäspinnan kasvillisuus ja puuntai-

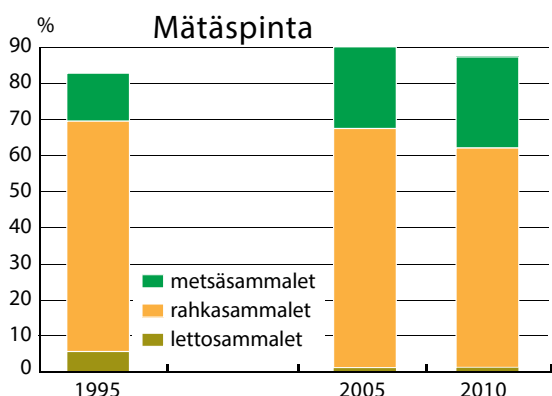
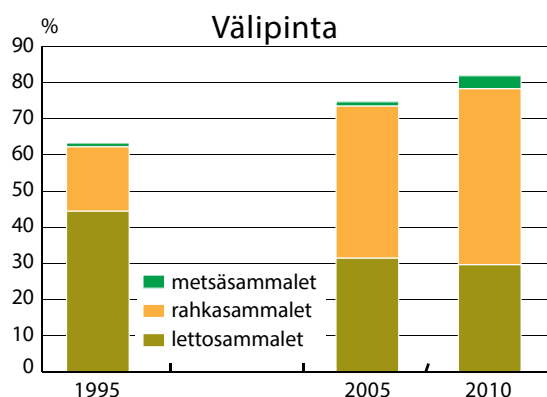
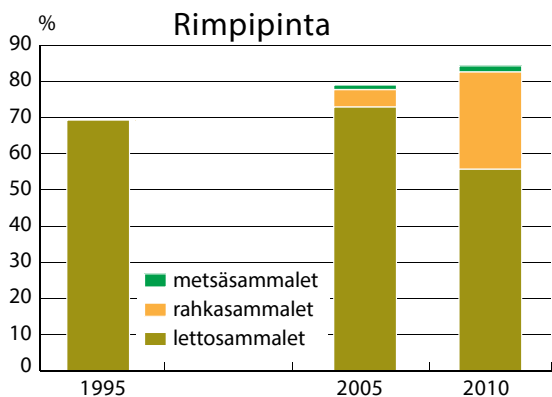
met näyttävät leviävän melko voimakkaasti (kuva 65). Kasvillisuuden seurantalinjalla voimakkaasti taimettuneita aloja ei ole, mutta seurantaruu-ten kasvillisuusmuutosten perusteella suolla on tapahtunut selvää muutosta kuivempaan suuntaan kaikilla pinnoilla (kuvat 66 ja 67). Rimpi- pintojen avoimet ruoppapinnat ovat vähentyneet



Kuva 65. Vehmaansuo ennen ojitusta vuonna 1960 (A) ja 13 vuotta ennallistamisen jälkeen vuonna 2007 (B).



Kuva 66. Pohjakerroksen lajiryhmien (lettojen ruskosammalet, rahkasammalet sekä metsäsammalet + jäkälät) peittävyys Vehmaansuon seurantaruuuilla vuosina 1995, 2005 ja 2010.



Kuva 67. Pohjakerroksen lajiryhmien (lettojen ruskosammalet, rahkasammalet, metsäsammalet + jäkälät) peittävydet ennallistamisen jälkeen rimpipinnoilla, välipinnoilla ja mätäspinnoilla vuosina 1995, 2005 ja 2010.

erittäin voimakkaasti, mikä näkyy pohjakerroksen kasvillisuuden kokonaispeittävyden kasvuna. Mätäs- ja välipinnan rahkasammalet ovat levinneet voimakkaasti väli- ja rimpipinnoille. Lettojen väli-rimpipinnan ruskosammalten peittävyys on vähentynyt välipinnoilla mutta osin kasvanut entisillä märimmillä ruoppapinnoilla. Mätäspinnoilla muutokset olivat selvästi vähäisempiä kuin väli- ja rimpipinnoilla, mutta kuivien pintojen lehtisammalet (seinäsammalet, suonihuopasammalet *Aulacomnium palustre*) ja jäkälät olivat levinneet jossain määrin mätäspinnoille rahkasammalten kustannuksella.

Yksittäisten lajien muutoksia niillä seurantaruuuduilla, joilla suon pintaa ei rikottu ennallistamisen yhteydessä, on vertailtu kattavimmin vuosien 1995 ja 2005 välillä (taulukko 4). Mätäspintaruuduilla muutokset jäivät vähäisimmiksi. Selvimmin runsastuneita lajeja olivat kuiviin oloihin sopeutuneet ”metsälajit”, kuten seinäsammalet ja kanerva. Mätäspintojen ruskorahkasammalet on paikoin lievästi taantunut.

Välipinnoilla tapahtuneen voimakkaan muutoksen suurin yksittäinen syy on heterarahkasammalet, joka on tullut uutena lajina yli puolelle tutkituista välipintaruuduista ja runsastunut voi-

makkaasti. Lettojen välipintojen tyypilliset lehtisammalet (lettoväkäsammalet ja lettosirppisammalet) ovat yleisesti vähentyneet, vaikka yksittäisillä ruuduilla on saattanut tapahtua runsastumistakin esimerkiksi ruoppapinnan kustannuksella. Märempien lettojen lettolierosammalet on hävinnyt useimmilta välipintakasvupaikoiltaan, mutta se on myös levinnyt joillekin aiemmille ruoppapinnoille.

Muutokset ovat selviä myös rimpipinnoilla. Rahkasammalet, heterarahkasammalet ja paikoin jopa ruskorahkasammalet, ovat levinneet rimpipinnoille. Myös välipintojen lettoväkäsammalet ja lettosirppisammalet ovat levinneet ruoppapinnoille. Märempiä oloja suosiva lettolierosammalet on puolestaan hävinnyt kokonaan useilta ruuduilta.

Vuoden 2010 tuloksia ei ole tarkasteltu taulukossa 4, mutta tehtyjen havaintojen mukaan sama kehitys näyttää jatkuvan, erityisesti heterarahkasammalkasvustot laajenevat ja *Scorpidium*-lajit häviävät. Kenttäkerroksesta vuonna 2010 muistiinmerkityt havainnot viittaavat siihen, että varpujen ja taimien määrä olisi edelleen lisääntymässä ja sarojen ja esimerkiksi raatteen määrä pienenevässä.

**Taulukko 4.** Eräiden sammallajien runsauden muutokset vuosien 1995 ja 2005 välillä niillä seurantaruuuilla, joilla suon pintaa ei rikottu ennallistamisen yhteydessä. Numerot viittaavat siihen, kuinka monella kunkin pinnan ruuduista minkilainen muutos on havaittu. (++) = laji ilmestynyt ja runsastunut selvästi, (+) = laji runsastunut selvästi, (+/-) = ei kovin selvää muutosta, (-) = laji vähentynyt selvästi, (--) = laji ollut runsas, mutta hävinnyt tai lähes hävinnyt) (subjektiivinen arvio).

	Mätäspintavaltaiset ruudut (22 kpl)					Välipintavaltaiset ruudut (25 kpl)					Rimpipintavaltaiset ruudut (17 kpl)				
	++	+	+/-	-	--	++	+	+/-	-	--	++	+	+/-	-	--
Lettoväkäsammal			3			5	4	7	4		2	3	4		
Kultasirppisammal		3				2	6	1			4		2		
Seinäsammas	2	2	6		1			1							
Rämekekarhunsammal			3					3							
Lettosirppisammal			1			3	6	4	4		3	3	3		
Lettolierosammal						1	2		4		2	2	6	2	5
Ruskorahkasammal			9	3	1	1	2	1			2		1		
Heterahkasammal	1		11					4			3	1	2		
Kultasammal		2	3	2		1	1								

**Taulukko 5.** Eräiden sammallajien runsauden muutokset vuosien 1995 ja 2005 välillä niillä seurantaruuuilla, joilla suon pintaa on rikottu ennallistamisen yhteydessä.

	Mätäspintavaltaiset ruudut (7 kpl)					Välipintavaltaiset ruudut (3 kpl)					Rimpipintavaltaiset ruudut (3 kpl)				
	++	+	+/-	-	--	++	+	+/-	-	--	++	+	+/-	-	--
Lettoväkäsammal	1		1				1					1			
Kultasirppisammal	1		1								1		1		
Seinäsammas	1							1							
Rämekekarhunsammal	2		2					1							
Lettosirppisammal			1								1		1		
Lettolierosammal		1													1
Ruskorahkasammal			3	1			1								
Heterahkasammal	2		2				2				2				
Kultasammal		1	1												

Niilläkään ruuduilla, joilla sukkessio on lähtenyt liikkeelle ojauoman lähellä rikotusta turpeesta, ei vaativin märkäpintojen lettolajisto näytä menestyneen (taulukko 5). Heterahkasammal on se pohjakerroksen laji, joka useimmin on peittänyt paljaan turpeen. Joillakin paikoilla myös esimerkiksi rämekekarhunsammal (*Polytrichum strictum*), kultasirppisammal, lettoväkäsammal, lettosirppisammal sekä kuivimmilla paikoilla myös seinäsammal ovat voineet levitä paljaalle turpeelle. Kenttäkerroksessa monet ympäristön tavalliset lajit ovat tulleet paljaalle turpeelle, puuntaimet ja tällaisella letolla yleensä hyvin niukka tupasvilla keskittyvät selvimmän juuri tällaisille paikoille.

Suon alueellisesti uhanalaisista sammalista ruuduille osui mustapääsammal (*Catoscopium nigritum*), lettokilpisammal ja matosammal. Näistä mustapääsammal kasvoi edelleen suon keskiosan avoimena säilyneellä, ojitusalueen ulkopuolisella ruoppapinnalla. Lettokilpisammal oli vähentynyt voimakkaasti. Ensimmäisellä tutkimuskerralla 1995 sitä havaittiin seitsemällä ruudulla (peittävydet 0,5–15 %). Vuonna 2005 laji tavattiin hyvin niukkana kahdella paikalla ja 2010 hyvin niukkana yhdellä paikalla suon keskiosassa. Matosammal tavattiin 1995 kahdella vierekkäisellä väli- ja rimpipintaruudulla hyvin niukkana, ja se tavattiin niukkana vielä 2005, mutta ei enää 2010.

Todennäköisimpänä syynä havaituille kasvillisuusmuutoksille voidaan pitää sitä, että ojien tukkiminen ei ole täysin pystynyt estämään vesien virtausta ojien paikalla. Ojat ovat ympäristöään alempana olevia uomia, joissa ei ole pintavalleja tai muita kynnyksiä, jotka patoaisivat vettä (kuva 68). Suon vedenpinta on asettunut ilmeisen pysyvästi jonkin verran alkuperäistä alemmalle tasolle, ja ojien välit ovat jääneet suurelta osin veden virtauksen ulkopuolelle. Voimakkaimmin näyttää muuttuneen suon luoteispuoliskon lettorämealue, jonka läpi ojat on vedetty virtaamaan kohti luodetta. Muutoskehitys näyttää jatkuneen vielä

vuoden 2005 jälkeenkin hyvin selvänä, rimpipinoilla jopa kiihtyen. Suon kasvillisuudeltaan arvokkain osa, keskiosan ruopparimpiletto on kuitenkin jäänyt pääosin ojitusalueen ulkopuolelle ja siellä kasvillisuusmuutokset näyttävät vähäisemmiltä kuin muualla. Sinne keskittyykin nykyisin suon märimpiä lettopintoja vaativa lajisto, joka lettorämeellä näyttää taantuvan.

Vehmaansuolla on tarpeen selvittää, miten täytettyihin ojauomiin voidaan vielä tehdä riittävät padot ja pintavallit, jotka pidättäisivät veden tehokkaammin suolla ja levittäisivät vettä laajemmalle.



**Kuva 68.** Vehmaansuolla oleva tukittu oja 16 vuotta tukkimisen jälkeen. Kuva: Ulla Ahola, syyskuu 2010.

### 13.5 Leton ennallistaminen: Oriveden Huppionvuori

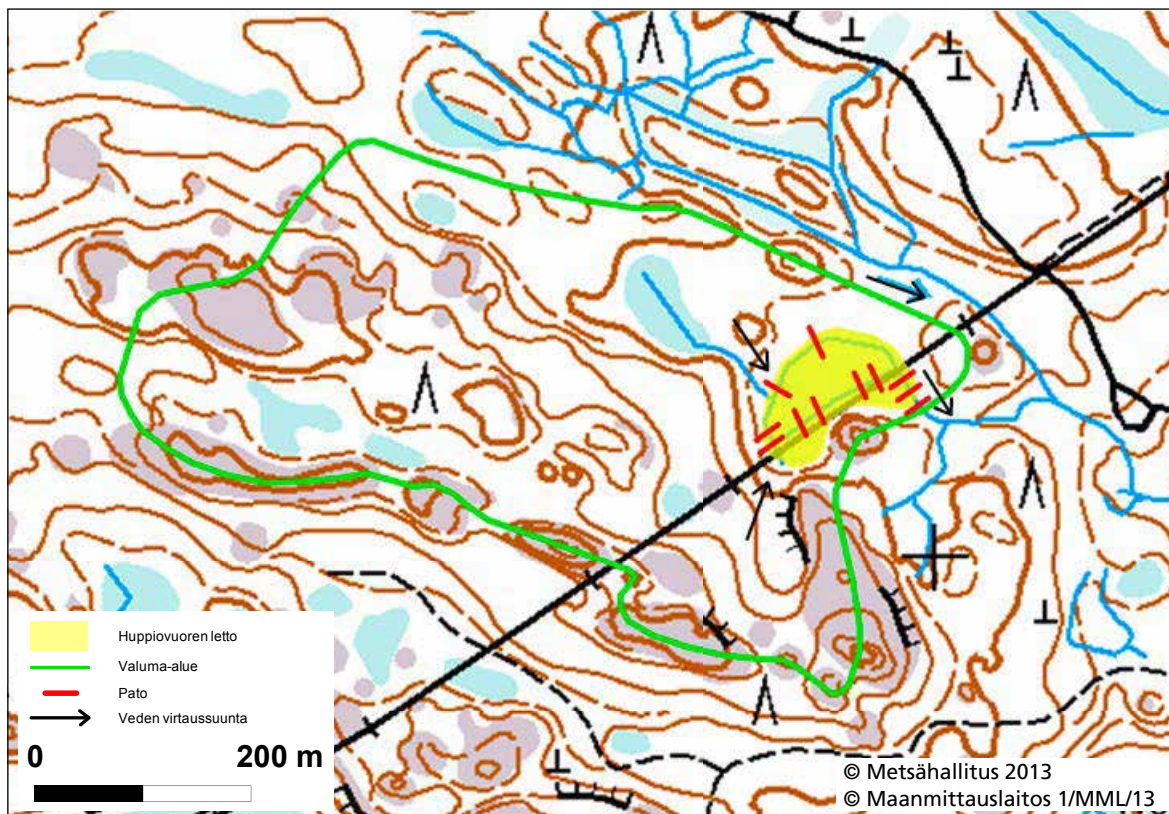
Tapani Sallantaus ja Harri Vasander

Oriveden keskustan lounaispuolella, vajaa kilometri Huppionvuorelta luoteeseen, suurjännitelinjan alla, on Huppionvuoren letoksi kutsuttu suo (kuva 69), joka tunnetaan arvokkaasta letto-kasvillisuudestaan. Kun suo 1960-luvulla ojitettiin, eteläinen ja lounaisnurkan oja jäivät todennäköisesti sähkölinjan vuoksi hieman normaalia kauemmaksi kivennäismaan reunasta. Kun juuri tuolle alueelle tihkuu kalkkipitoisia pohjavesiä ja sähkölinjan puusto raivataan säännöllisesti, on pienelle alueelle jäänyt merkittävää lettolajistoa. Suolla kasvavat mm. keltasara ja hernesara (*Carex viridula*) sekä näiden risteymä, äimäsara (*C. dioica*), runsaasti lettovillaa, vilukko, sykeröpiippo (*Luzula sudetica*) ja villapääluiikka. Myös sammallajisto on edustava: alueellisesti uhanalaisia lajeja ovat mm. lettokilpisammal, rassisammal, punasirppisammal (*Warnstorfia sarmentosa*), lettolierosammal, lettosirppisammal ja kultasammal.

Luontoarvoja osoittavista lajeista (Ulvinen ym. 2002) suolla kasvavat lettokuirisammal (*Calliergon richardsonii*), hetekuirisammal, lettoväkäsammal, lettorahkasammal ja heterahkasammal. On kuitenkin huomattava, että erityisen paljon kalkkia vaativat lajit, esim. matokuirisammal, lettohammassammal tai lettosiipisammal, puuttuvat kokonaan, ja keskivaateliaita lajeja, kuten kultasammalta ja lettokilpisammalta, löytyy vain vähän.

Suon ennallistaminen aloitettiin vuonna 1994, kun Helsingin yliopiston opiskelijoita Hyytiälän metsäasemalta houkuteltiin talkoötöihin, tukkimaan oja käsityönä ja raivaamaan vesakkoa. Suon pohjoisreunaa kiertävään ojaan ei tässä vaiheessa tehty patoja; luonnontilaistetun leton ja metsäojitusalueen arveltiin voivan elää sopuisaa rinnakkaiseloa.

Alueen kaltevuus on vähäinen lounaisnurkan lähdetihkuisia osia lukuun ottamatta ja valuma-alue on suuri suhteessa suon pinta-alaan (kuva 69). Sateiden tultua ojitusalue tulvi ennallistamisen jälkeen, joten lähtöuoman patoa jouduttiin madaltamaan. Alueen yläosissa, ylimmän padon



Kuva 69. Huppionvuoren letto (keltaisella) valuma-alueineen. Vesien pääasialliset tulevat purkukohdat ja lähtevä uoma on merkitty nuolin. Vuonna 1999 tehtyjen patojen paikat on merkitty punaisella.

kohdalla sähkölinjan alla, ennallistamisen hyvät vaikutukset näkyivät nopeasti. Ojan pää keräsi tehokkaasti vesiä lähdetihkuista, ja kun se tukittiin padolla sekä ohjattiin vedet kuivahtaneelle lettopinnalle, elpyi kituva lettokasvillisuus hyvin pian. Esimerkiksi lettolierosammal, jota oli löydetty aiemmin vain muutama kituva verso, röyhähti kasvuun runsaan kymmenen neliömetrin alalla, seuralaisinaan mm. rimpisirppisammal ja lettoväkäsammal. Myös reunavaikutteiset lajit, kuten rassisammal, levisivät laajemmalle. Vastavasti kuivahkon kalkkipitoisen maan lajit taantuivat, esimerkkinä niittyhavusammal (*Thuidium recognitum*). Putkilokasveista keltasara ja villapääluikka näyttivät elpyvän nopeimmin (kuva 70).

Maanomistajan, Oriveden seurakunnan, kanssa sovittiin koko suokuvion, (noin 1,3 hehtaaria, kuvassa 70 keltaisella) ennallistamisesta. Ennallistamisen yhteydessä hakattiin melko järeä, koivuvaltainen puusto pääosin pois. Aluskasvillisuus oli hyvin niukkaa – ruohoturvekankaan lajistoa oli siellä täällä. Etenkään sammalet eivät viihtyneet runsaasta lehtikarikkeesta johtuen. Pääosalla suoaltaasta alkuperäisen suotyypin arveltiin olleen pikemminkin ruohoista sarakorpea tai lehtokorpea kuin lettoa. Puuston poistoa seuraavana kesänä tehtiin lisää patoja, joiden avulla luoteisosan pääasiallinen tulouoma (kuva 69) alkoi vettää aiemmin kokonaan oijen ympäröimää suon keskustaa.

Kasvillisuus reagoi nopeasti, osin hakkuun tuomaan valoisuuteen, osin vettymiseen. Kohteelle jätettiin melko paljon pientä puuta ja muutamia suuria koivujakin, sillä tavoitteena oli palauttaa nevakorville ominainen puustoisten osien ja aukkopaikkojen mosaiikkimaisuus.

Valitettavasti käsin tehdyt padot pettivät yksi toisensa jälkeen ja suo kuivui jälleen. Vuonna 1999 sähkölinjan alla oli niin tiheä vesakko, että suon vaaitus, jota suunniteltiin ennallistamistoimien optimaaliseksi kohdentamiseksi, ei olisi onnistunut ilman raivausta.

Tuolloin tehtiin Ålandsbankenin luontorahastolle raha-anomus suon koneelliseksi ennallistamiseksi. Raha myönnettiin yliopistolle ja kaivuri kävi patoamassa ojastoa kesällä 1999. Myös vesakkoa raivattiin.

Kohteen ennallistamisesta on kulunut sen verran aikaa, että ennallistamisen vaikutuksista voidaan tehdä johtopäätöksiä. Eniten muuttunut, aikanaan oijen kokonaan ympäröimän alueen kasvillisuus on nykyisellään suurruohoista, suur-



**Kuva 70.** Keltasara ja villapääluikka hyötyivät selvimmin ennallistamisesta suon vain vähän muuttuneella reunaosalla, joka on lisäksi pysynyt avoimena sähkölinjan ansiosta. Kuva: Tapani Sallantaus 2010.

saraista ja luhtaista sarakorpea (kuva 71). Suon niukasta kaltevuudesta johtuen vesakoituminen on pysynyt kurissa ja vedenpinnan nouseminen on harventanut puustoa. Aluskasvillisuudessa esiintyy runsaana korpikastikkaa, mätässaratupaita (*Carex cespitosa*), samoin pitkäpääsaraa (*C. elongata*), pullosaraa ja luhtavillaa. Suoruohoista tavataan mm. kurjenjalka, rentukka (*Caltha palustris*), suo-orvokki, terttualpi (*Lysimachia thyrsoflora*), ranta-alpi (*L. vulgaris*), ojakellukka, luhtakuusio (*Pedicularis palustris*), luhtamatara (*Galium uliginosum*), mesiangervo ja lehtovirmajuuri (*Valeriana sambucifolia*).

Sammallajisto on luhtaiselle ruohoiselle korvelle tyyppillistä: luhtakuirisammal on runsas, samoin kiiltolehväsammal (*Pseudobryum cinclidi-*



**Kuva 71.** Suon pitkälle muuttuneen keskiosan valtasi ennallistamisen jälkeen rehevä, luhtaisuutta ilmentävä ruoho-, heinä- ja sarakasvillisuus. Kuva: Tapani Sallantaus 2010.

*oides*). Alueellisesti uhanalaista kampakasammalta (*Helodium blandowii*) tavataan, metsäkamppisammal (*Sanionia uncinata*) on runsas vielä jäljellä olevilla hakkuutähteillä, hetesirppisammalta (*Warnstorfia exannulata*) on myös paljon ja otaluhtasammalta, korpilehväksammalta ja lettohiirensammalta löytyy myös. Rahkasammalista tavataan mm. heterahkasammal, okarahkasammal ja vaalearahkasammal (*Sphagnum centrale*). Tukitussa ojassa viihtyy hetekuirisammal.

On merkille pantavaa, että pääosa leton sammalista ei ole ylittänyt padottua ojaa. Vain vähän kuivahtaneella reunaosalla lettolierosammal, rimpisirppisammal ja lettoväkäsammal röyhähtivät kasvuun aivan ojan tuntumassakin, mutta ojan toiselle puolelle ne eivät ole siirtyneet. Ojien keskellä olleella alueella kasvillisuus on vaateliasta luhtakorven lajistoa, puhtaista lettolajeista lähinnä jokunen lettokynsisammalen (*Dicranum bonjeanii*) verso kasvaa suon valoisalla osalla. Mahdollisia syitä ovat mm. pitkäaikaisen kuivatuksen aiheuttama turpeen happamuuden lisääntyminen tai ennallistamisen vapauttamien liukoisten ravinteiden lisääntyminen, jotka eivät suosi leton peruslajistoa mutta suosivat mm. otaluhtasam-

malta, luhtakuirisammalta, metsäkamppisammalta, kampakasammalta ja luhtakorven rahkasammalia. Vastaavia havaintoja on Hollannista, missä ilmaperäisen rehevöittävän kuormituksen ja happaman laskeuman seurauksena lettosammalet ovat korvautuneet em. lajeilla (Kooijman 1992, 1993).

Suon valumaveden orgaanisen aineksen pitoisuus (CODMn) oli korkeimmillaan kesällä 2000 noin kaksinkertainen nykyiseen verrattuna, mutta se on edelleen selvästi korkeampi kuin vastaavien luonnontilaisten tai metsäojitettujen soiden valumavesissä. Tämä alentaa veden pH-arvoa ja huuhtoo jossain määrin myös suon kalsiumvaroja (taulukko 6). Lähtevän veden kalsiumpitoisuudet ovat edelleen hieman korkeampia kuin tulevien vesien. Typen tai fosforin pitoisuudet sen sijaan eivät ole enää juuri koholla. Esimerkiksi kokonaisfosforin pitoisuus lähenteli 100 µg/l kesällä 2000, vuosina 2010–2011 pitoisuudet olivat alle 20 µg/l.

Johtopäätöksenä voidaan todeta, että ennallistaminen on onnistunut hyvin. Suon lettoisuus on alun perinkin ollut melko niukkaa. Leton perussammallajisto hyötyi veden pinnan nostosta



välittömästi vain vähän muuttuneella suon reunaosalla, mutta pitkälle muuttuneen suon keskiosan vallannut lajisto on luhtaisen rehevän korven lajistoa, eivätkä leton perussammalet ole levinneet sinne lainkaan.

Lajisto on kuitenkin suon keskiosissakin arvokasta ja ilmentää myös lettoisuutta. Ajan kuluessa varsinaiset lettolajitkin laajentanevat esiintymisaluettaan, kun ojituksen ja ennallistamisen

aiheuttamat kemialliset muutokset laantuvat. Suon niukkakalkkisuus saattaa hidastaa palautumisprosessia. Esimerkiksi useimmille pohjoisille lettojen ennallistamiskohteille on levinnyt uhanalaisiakin lettosammalia nopeasti, kun kohteet ovat usein olleet runsaskalkkisia ja ojituksen aiheuttamat muutokset ovat olleet vähäisempiä kuin Huppionvuoren letolla.

**Taulukko 6.** Veden laadun tunnusten keskiarvoja vuosilta 2000–2011 kahdessa tulevan veden pisteessä ja lähteessä uomassa.

	pH	alkaliteetti mmol/l	kalsium mg/l	CODMn mg/l O <sub>2</sub>	n
Letto tuleva lähdetihku	6,6	0,40	8,4	9	3
Letto tuleva uoma	6,3	0,27	7,6	17	5
Letto lähtevä uoma	6,1	0,30	9,4	50	10

## 13.6 Rinnesuo: Sallan Aatsinginhausta

*Mika Puustinen ja Tiina Laitinen*

Aatsinginhaustan rinneletto sijaitsee Aatsingin-Onkamon Natura-alueella Sallassa (kuva 72), noin 10 kilometriä Sallan kirkonkylältä itään. Ennallistamisalue sijaitsee Aatsinginhaustan suot-nimisellä soidensuojeluohjelman alueella. Suo ennallistettiin vuonna 2004 Tikankontti-Lettorikko-Life-hankkeessa (Kulmala 2003, 2004).

Ennallistettu rinnesuo sijaitsee Koutoiva-vaaran länteen viettävässä rinteessä. Ennallistamisalue laskee 800 metrin matkalla keskimäärin 50 metriä. Alueella on ohutturpeisia suopainanteita, paikoin paksumpiturpeisia suoaltaita sekä aikanaan hakattuja kivennäismaita. Rinnesuo saa vettä Koutoivan vaaran rinteestä, joka on ennallistamisalueen yläpuolelta nuorta kasvatusmetsää ja taimikkoa. Ennallistamisalueen yläpuolella ei

ole tehty maanmuokkausta eikä ojituksia. Alueella on runsaasti pohjavesivaikutteisuutta sekä purkautuvia lähteitä ja tihkupintoja. Alueen letoilla ja lähteissä kasvaa edelleen monia uhanalaisiakin lajeja.

Aatsinginhaustan rinnesuot on ojitettu kolmessa vaiheessa. Suurin osa ojista on kaivettu vuosien 1963 ja 1974 välisenä aikana. Vuosina 1974 ja 1980 aluetta on täydennysojitettu ja muutama oja on kaivettu vielä 1980- ja 1990-lukujen vaihteessa. Ojat olivat ennallistettaessa kivennäismaahan syöpyneitä ja toimivia (kuva 73).

Ojitusalueen vedet laskivat Koutoivan rinnettä alas kuutta eri pääväylää pitkin. Eteläisin pääväylä on luonnontilainen puro. Laskuojien liepeillä on ollut jonkinlaisia puroja tai noroja ennen ojitustakin, mutta niiden uomia on perattu ja oiottu kaivinkoneella. Kolmea keskimmäistä ojaa ei ole kaivettu Aatsinginjokeen asti, vaan ne päättyvät joenvarren soille.



Kuva 72. Ennallistamisalueen ilmapäättyvät joenvarren soille.



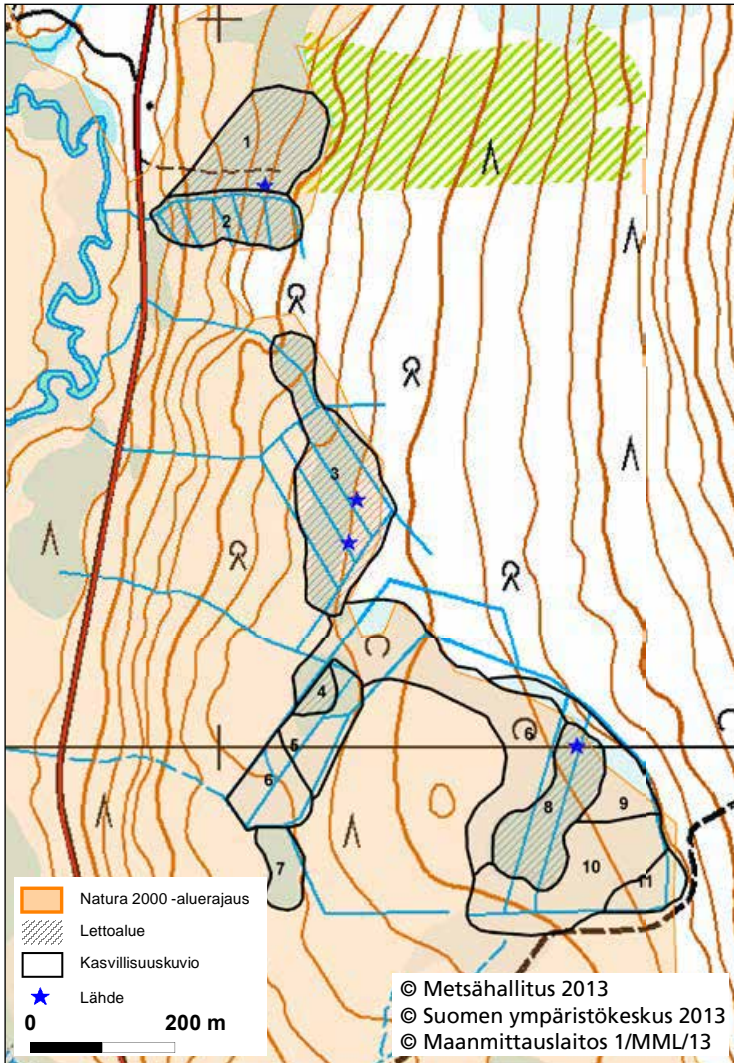
Kuva 73. Ennallistamisalueen ilmakuva vuodelta 2008. Ennallistamisalue on rajattu mustalla.

### Aatsinginhaudan rинnesuot ennen ennallistamista

Ennallistamisalue ja siellä sijaitsevat lähteet näkyvät kuvassa 74. Lettoalueet näkyvät kuvassa tummennettuina ja lähteet sinisinä tähtinä (Kulmala 2003).

1 Lettorämettä ja etelälaidalla pienialaisesti lähdelettoa. Kuviolla on syvä metsäkoneura länsipuoliselta tieltä ylärinteen kivennäismaalle. Suon puusto on hakattu. Kuviolla on edustavaa lettolajistoa, mm. lettovilla, hentokorte (*Equisetum scirpoides*), siperian-

- kirjosara (*Carex norvegica* ssp. *inrferralpina*), hapsisara (*C. capillaris*) ja vuorolehtihorsma (*Epilobium davuricum*).
- 2 Lyhyet poikkiojat on vedetty lettorämeelle. Letto ei vielä ole ehtinyt kuivua kovin pahoin, sillä ojat ovat vain noin kymmenkunta vuotta vanhoja. Siniheinä ja pajut (*Salix* spp.) ovat runsastuneet kuviolla. Lähdevetisissä ojissa kasvaa silmälläpidettävää (NT) sirppihuurresammalta (*Palustriella falcata*).
- 3 Lettorämemuuttuma, jolla lähteisyys on runsasta. Pohjavesivaikutuksen ansiosta suon lettolajisto on säilynyt melko hyvin siihen näh-



Kuva 74. Ennallistamisalueen kasvillisuuskuviot. Numerot viittaavat vieressä olevaan ennallistamissuunnitelman tekstiin.

den, että eteläosan ojat ovat noin 30 vuotta vanhoja ja vetävät hyvin. Ojat ovat monin paikoin kivisiä ja kirkasvetisiä ja niissä kasvaa lähde- ja lettosammalia, harvinaisimpana isohuurresammal (*Palustriella commutata*), joka on uhanalainen (VU) kalkinvaatijalaji. Ojien reunoilla kasvaa tiheä lehtipuusto, muutoin lettoräme on säilynyt melko avoimena. Alueella on luonnontilaisena säilynyt eutrofinen lähde, jonka vedet valuvat ojaan.

- 4 Pahoin kuivunut lettorämemuuttuma, jonka pohjakerroksessa ei kultasirppisammalen (*Loeskympnum badium*) lisäksi juuri kasva lettosammalia.
- 5 Kuviolla on karuja pallosara- ja isovarpurämemuuttumia sekä keskiravinteisia rämemuuttumia.

- 6 Tiheäpuustoisia ruoho- ja heinäkorpimuuttumia, joissa kuusen ja männyn seassa kasvaa runsaasti koivua ja harmaaleppää. Paikoin suo on kuivunut turvekankaaksi, paikoin ojat halkovat kivennäismaita ja soistuneita kankaita.
- 7 Isovarpuräme.
- 8 Lähteinen lettoräme- ja paikoin välipintalettomuuttuma. Kuvion pohjoisosan runsaan lähteisyyden ansiosta tiheästi ojitettu suo on säilyttänyt leton ominaispiirteet. Mäntyjen kasvu on jonkin verran elpynyt, mutta kuvio on säilynyt puoliavoimena. Kataja on hyvin runsas ja paikoitellen lähes peittävä, myös kiilto- ja lettopaju (*Salix phylicifolia*, *S. myrsinites*) ovat runsaita. Avolähde on varsin poikkeuksellinen: lautaskokoisien pohjaveden purkautumisaukon ympärillä on halkaisijaltaan noin kaksimetrinen pyöreä, kasvuston, kova- ja hiesupohjainen alue. Lähteestä alkunsa saava runsasvetinen lähdepuro laskee lounaaseen. Lähteen ympärillä kasvaa mm. purolähdesammalta, otaluhtasammalta ja luhtakuirisammalta. Lähetyvillä on lukuisia muitakin hetepintoja.
- 9 Niskaoja on kaivettu kivennäismaan ja suon rajalle
- 10 Runsas- ja paikoin järeäpuustoisia kuivuneita mustikka-, metsäkorte- sekä ruoho- ja heinäkorpimuuttumia. Lähteestä alkunsa saanut lähdepuro on aikaisemmin virrannut sarkojen poikki länsilounaaseen. Kuusivaltainen, noin satavuotias puusto on paikoin komeakin, ja vanhaa ja pötkelöitynyttä lehtipuuta on siellä täällä.
- 11 Runsaspuustoinen rämemuuttuma–turvekangas, puusto on tiheää nuorta kasvatusmännikköä.

### Ennallistamisen toteutus ja ennallistamisen onnistuminen

Aatsinginhaudan rinesuot ennallistettiin syksyllä 2004. Alueen ojalinjolla oli runsas puusto, joka poistettiin raivaamalla. Kaadettu puusto jätettiin suolle. Lisäksi metsurit kaatoivat patopuut sekä auttoivat patojen rakentamisessa. Metsuritöissä alueella meni 34 työpäivää. Kaivinkone täytti alueen ojat ja teki niihin 5 puuvahvisteista patoa. Konetöitä alueella tehtiin 63 tuntia. Konetöiden kustannuksia lisäsi kohteelle menevän tien huono

kunto, jonka takia kone ajoi 7 kilometriä tienpohjaa pitkin kohteelle. Myös kohteen pitkulainen ja kapea muoto sekä rinteiden jyrkkyys hankaloivat kaivinkonetyötä. Suon ja tien välissä oli vain muutama kulkureitti koneelle.

Kohteen kokonaiskustannukset olivat 8 650 €. Kustannukset sisältävät metsurityön, konetyön ja työnjohdon kohteella. Hehtaarikohtaiset kustannukset olivat 432 €/ha (Kulmala 2004).

Rinteiden jyrkän vieton ja ojien paikoitellen runsaan pohjavesivirtauksen takia ojien täyttämiseen ja patoamiseen kiinnitettiin erityistä huomiota. Täyttämässä edettiin osa-alue kerrallaan ja siten, että ylempänä rinteessä olevat ojat täytettiin ensimmäisenä.

Ennallistamista on vaikea saada onnistumaan rinnesuolla, mikäli käytetään pelkkiä patoja, joten kaikki ojat tukittiin. Vastaavalla Riisitunturin rinnesuokohteella, jolla käytettiin täyttömaan niukkuuden takia monin paikoin pelkkiä patoja, vesi virtaa edelleen lähes 10 vuoden jälkeen patoväleissä ja ojien umpeenkasvu on hyvin hidasta.

Pintavalleista tehtiin erityisesti viettävimmillä ojaosuuksilla riittävän pitkiä ja massiivisia, ja niitä rakennettiin melko tiuhaan. Vettä johtavien ajourien muodostuminen saattaa olla ongelma rinnesuolla. Aatsingissa tätä ei juuri tapahtunut, koska ennallistettu alue on melko puustoinen ja suhteellisen tiivisturpeinen. Pintapadot estävät myös osaltaan veden virtailua mahdollisissa ajourissa. Kaadettuja puita ei piilotettu ojien pohjille, koska ne olisivat jättäneet täyttömaan löyhäksi, mutta niitä vedettiin jälkikäteen poikittain täytettyjen ojien päälle.

Ennallistamisalueen huurresammallahteissa kasvoi vaateliaita sammallajeja. Näistä uhanalaisinta, vaarantunutta isohuurresammalta, löytyi muutaman verson verran myös erään ojan pohjalta. Tässä tapauksessa oja kuitenkin tukittiin, koska lajia esiintyy alueella myös luonnontilaisella kasvupaikallaan. Ojan tukkimatta jättäminen olisi heikentänyt lettomuuttuman ennallistamista ja myös isohuurresammalen säilymistä alueella pidemmällä tähtäimellä. Alueen muut uhanalaisesiintymät huomioitiin huolellisesti. Esimerkiksi erään niskaojan penkalta löytynyt metsänemän (*Epipogium aphyllum*) kasvusto merkittiin ja kohta jätettiin pistemäisesti ennallistamatta.

Ennallistuminen on lähtenyt kokonaisuutena hyvin käyntiin (kuva 75). Myös sarat ovat vettyneet hyvin, vaikka suhteellisen ohutturpeiset rinnesuot ovat luontaisestikin herkkiä kuivahta-

maan. Alueella sijaitsevat lähteet toimivat yhtä luukuun ottamatta hyvin. Toimimaton lähde oli kuivunut ojituksen jälkeen eikä ole siitä palautunut (kuva 77). Alueen kasvillisuuden muutosta ennallistamisen jälkeen ei ole seurattu tarkemmin. Ennallistamisalueen laidan tikankontin (*Cyripedium calceolus*) kasvustoon ennallistaminen ei juuri vaikuta. Tikankonttiesiintymään vaikuttavat eniten sen läpi kulkevat syöpyneet metsäkoneen urat, jotka kuivattavat aluetta.

Merkittävin tekijä, jonka ansiosta Aatsinginhaudan rinnesuon ennallistaminen onnistui mutta vastaava Riisitunturin rinnesuokohde osittain epäonnistui, on se, että Aatsinginhaudassa suon on ojitettu vinosti suon vieton suuntaisesti, Riisitunturilla kohtisuoraan suon vieton suuntaisesti; lisäksi Aatsingissa kaikki ojat täytettiin, Riisitunturilla vain padottiin. Rinnesoiden kaikki ojat tulisi täyttää.

## Rinnesuolla tehty korjaustoimenpide

Kuvan 76 kohdassa lähdepuro ohjattiin pois ojalinjalta, mutta lähteestä tuleva vesi pääsi ojassa olevan padon läpi, koska patoon oli jäänyt noin nelimetrinen kuusi. Vesi virtasi rinnettä alas vanhaa ojalinjaa pitkin, johon se oli muodostanut kulkuväylän. Syyskuussa 2010 padottiin käsityönä kuokalla ja lapiolla lähteen alapuolinen oja ja ohjattiin vesi luontaiselle väylälleen saralle (kuva 76). Pato tehtiin noin neljä metriä vuotavan padon alapuolelle kohtaan, josta vedellä oli luontainen kulkuväylä saralle. Pato saatiin pitäväksi, jolloin vesi ohjautui saralle ja siitä luontaista reittiä rinnettä alas.

## Vielä tarvittavat korjaustoimet

### Laskuojat

Ennallistamisalueelta pois laskevaa kolmea itälänsi-suuntaista ojaa ei ole tukittu kuin kivennäismaan rajan lähetyville (kuva 77). Ojien paikalla on ollut luontaiset vesiuomat, mutta kaivetut ojat ovat syöpyneitä ja kuivattavat edelleen patojen alapuolisia alueita.

Ojat kannattaisi tukkia myös patojen alapuolelta pidemmälle ja maisemoida noroiksi tai puroiksi. Ennallistetun alueen vesitaloudelle norojen ennallistamisen merkitys on pieni. Tavoite on enemmänkin maisemallinen.



Kuva 75. Rinnesus kuusi vuotta ojien täyttämisen jälkeen. Kuva: Mika Puustinen 2010.



Kuva 76. Vesi ohjautuu saralle ja ojalinjalle tehty pato pitää. Kuva: Mika Puustinen 2010.

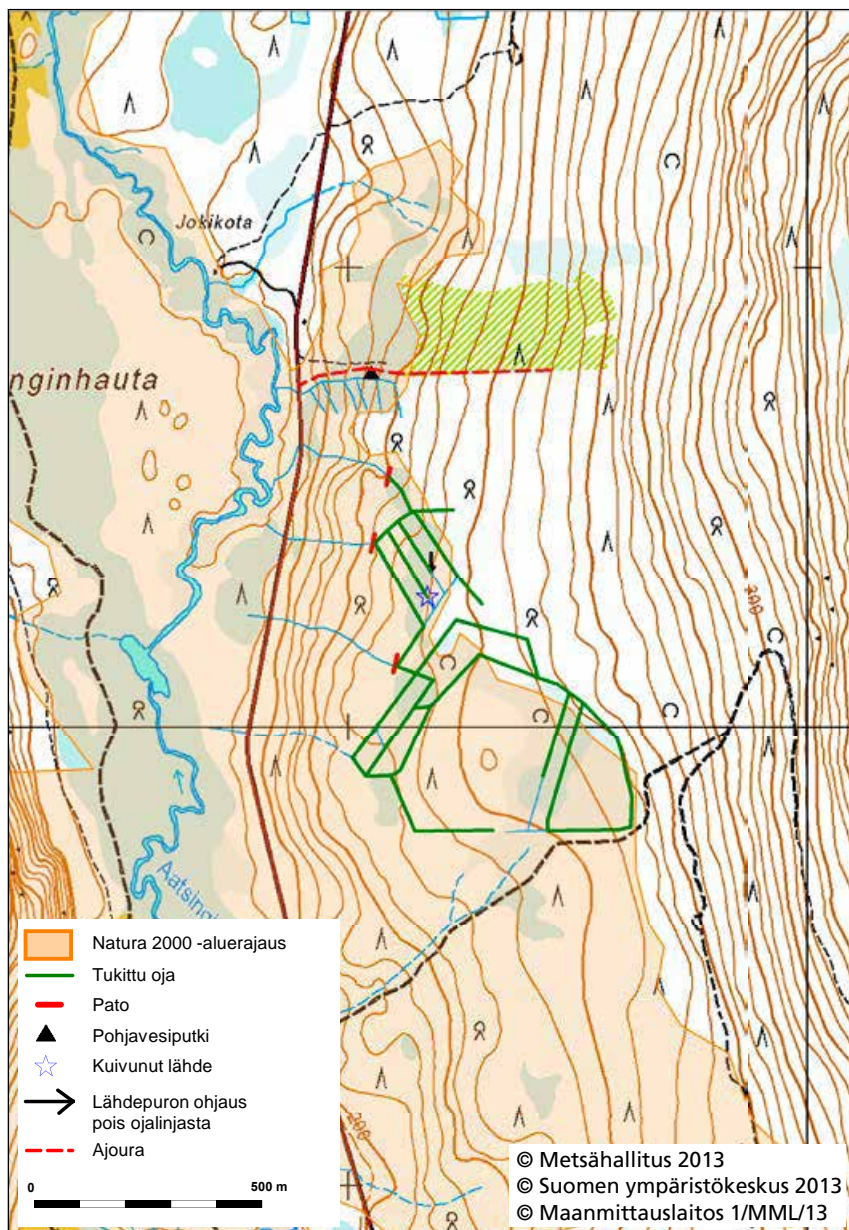
## Lähdepuro-oja

Ennallistamisvaiheessa alueen eteläosassa jätettiin raivaamatta ja täyttämättä oja (kuva 77), johon yläpuolisen lähteen vesi laskee. Ojalinjan kohdalla ei löytynyt lähdepuron luontaista uomaa ja veden ohjaus ojalinjan yli oli hankalasti toteutettavissa, joten ojaa ei tukittu. Auki jätetty oja kuivattaa edelleen ojalinjan läntistä puolta, joka rajoittuu kivennäismaahan, sekä ojan itäpuolista sarkaa.

Oja tulisi tukkia kokonaan ojamailla, joita alueelta vielä löytyy hyvin. Lähdepuro pitäisi ohjata ojan yli takaisin vanhaan uomaan, josta se on luontaisesti lähtenyt laskemaan alas rinnettä.

## Auki jätetyt ojat lähteiden yläpuolella

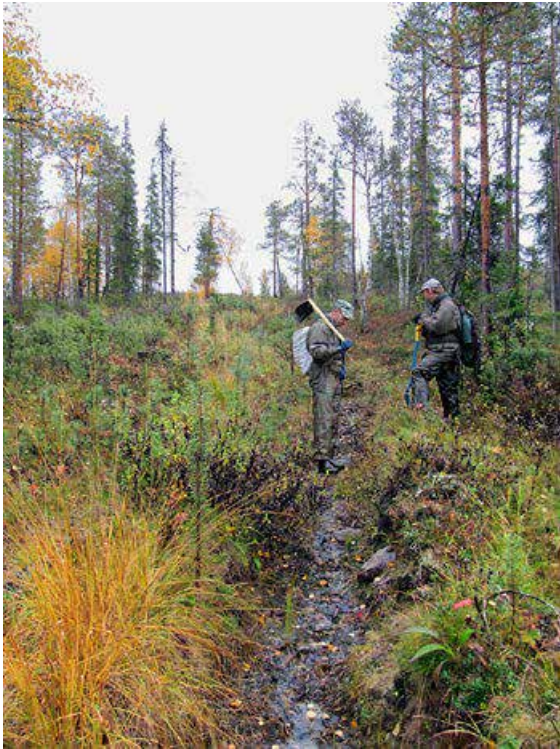
Rinnesuota ennallistettaessa oltiin turhan varovaisia lähteiden ja lähdepurojen kohdilla. Oja jätettiin auki aina lähteen kohdalla ja siitä ylöspäin siltä varalta, että tukkiminen vaikuttaisi lähteen virtaamaan (kuva 77). Jälkikäteen arvioiden voi olla, että ojien tukkimatta jättäminen on vaikuttanut lähteiden tilaan enemmän. Lisäksi avoimet ojat ovat maisemallinen haitta.



Kuva 77. Korjattu paikka, korjausta vaativat kohteet sekä pohjavesiputken paikka.

## Ajourat

Ennallistamisalueen vieressä Natura-alueella on metsäkoneen ajourat (kuvat 77 ja 78), jotka keräävät vaaran rinteeltä tulevan veden uriin ja muodostavat rinteeseen kaksi ojaa. Ojat ovat syöpyneet kivennäismaahan asti. Noin 550 m pitkä ajoura kulkee läpi lettorämeen, jossa kasvaa tikankonttia. Urasta 260 metriä on yläpuolisilla yksityismailla. Ajourassa kulkeva vesi pitäisi saada ohjattua pois urasta useammasta kohtaa rinteessä. Yksityismaan puoli olisi hyvä saada korjattua samaan aikaan, ettei sieltä uria pitkin juokseva vesi tule liian pistemäisesti suojelualan puolelle. Koska kyseessä on ajoura, ojamaita ei ole, joten urien täyttö kokonaan ei onnistu. Työ on tehtävä pienellä koneella tai käsityönä, ettei aiheutettaisi ohutturpeiseen rinteeseen uusia koneuria, jotka toimisivat ojina.



**Kuva 78.** Vaaran rinteessä olevat ajourat toimivat ojan tapaisina uomina. Kuva: Mika Puustinen 2010.

## Pohjavesiputki

Aatsinginhaudan rinteeseen yhtenä erikoisuutena on maahan upotettu rautaputki, josta pulppuaa pohjavettä (kuva 79). Putken alkuperä ei ole tiedossa, mutta todennäköisesti se on peräisin geologisista kairauksista. ”Lähde” sijaitsee edellä mainitun ajouran läheisyydessä ja siitä muodostuu lähdepuro, joka virtaa rinnettä alas tieojaan ja sitä kautta alapuoliseen Aatsinkijokeen. Puron ympäristöön on muodostunut lähdepuroille luontainen lajisto. Putki on päätetty jättää paikalleen ja antaa jo muodostuneen lähdepuron kulkea nykyisessä uomassaan.



**Kuva 79.** Pohjavesi pulppuaa maahan upotetusta putkesta. Kuva: Mika Puustinen 2010.



### 13.7 Lähteikköjen kunnostaminen käsitöinä: Talaskangas

Sari Kaartinen ja Sakari Rehell

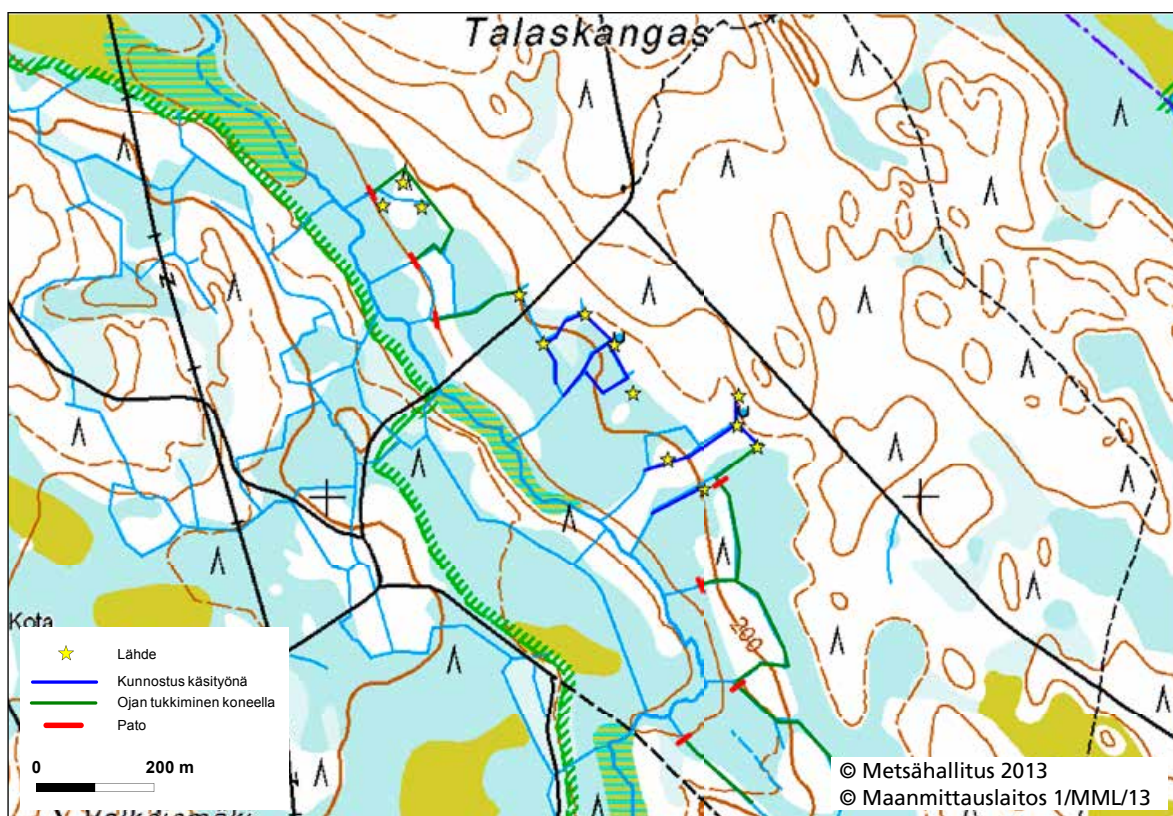
Talaskankaan luonnonsuojelualue sijaitsee Kainuun ja Pohjois-Savon rajalla, Sonkajärven, Viemän ja Vuolijoen kuntien alueella, vedenjakajaseudulla. Alueella on loivapiirteisiä moreeniselänteitä ja niiden välisiä painanteita. Talaskangas on tunnettu erämaisena vanhojen metsien suojelu-kohteena, mutta aapasuot ja kankaiden reunojen puustoiset suot peittävät noin puolet alueen pinta-alasta. Pääosa soista on luonnontilaisia, mutta paikoin niiden reunaosissa on laajojakin ojitus-alueita, joita on ennallistettu vuosina 2006–2008 tukkimalla ojia ja poistamalla ojituksen seurauksena kasvanutta puustoa.

Suojelualueen keskellä on sen huomattavin kangasmaa, Talaskangas. Se on reilun neljän kilometrin pituinen ja 700 metrin levyinen moreeniselänne. Moreenimaille tyypillisesti kankaalla muodostuvaa pohjavettä purkautuu useista pienköistä lähteistä kankaan reunoilla (kuva 80). Merkittävin lähteikköalue on selänteen lounais-

laidalla, missä muutaman sadan metrin matkalta on kartoitettu kolmesta erillisestä lähteikkökuusikkoisten korprien keskellä. Korpialueella lähteikköjen vedet ovat virranneet pieniä norjoja myöten kohti läheistä pikkujokea. Selviä luontaisia purouomia ei ole havaittu.

Korpialueelle on tehty kaivamalla ja paikoin kiviä räjäyttämällä yksittäisiä ojia ilmeisesti 1960–1970-luvuilla siten, että ojat läpäisevät tai sivuavat yhdeksää lähettä. Ojitusten jälkeen pohjavettä purkautuu kaivettujen ojien pohjille. Mesotrofisten lähteikköjen tyypillistä sammalajistoa on säilynyt monin paikoin pieninä kasvustoina ojien pohjilla. Ympäröivät korvet ovat kuivuneet, mutta puustoltaan ja lahopuustoltaan ne ovat edelleen edustavia. Ojitusten suoran vaikutuksen ulkopuolelle jääneet kolme lähettä ovat säilyneet hyvin, suurin niistä sammalajistoltaan tyypillisenä meso-eutrofisena avolähteenä.

Lähteikköaluetta ympäröivien rämeiden ojia täytettiin koneellisesti vuonna 2008 (kuva 80). Tällöin jätettiin lähteikköinen korpialue toimenpiteiden ulkopuolelle. Alueen laidoilla ojien täyttäminen ulotettiin lähimmillään muutaman metrin päähän purkautumiskohdasta. Tämän jäl-



Kuva 80. Toimenpiteet Talaskankaan lähteikköalueella ja ympäristössä.

keen alue jätettiin ”lepäämään” vuodeksi, koska haluttiin nähdä, olisiko läheisten ojien täytöllä vaikutuksia lähteikköalueeseen.

Syksyllä 2009 ja 2010 keskityttiin ennallistamaan metsäojitusten muuttamien lähteiköiden vesitaloutta käsitin ja varovaisuusperiaatteella (kuva 80). Vuonna 2009 lähteiden yläpuolella olevat ojat tukittiin puulla vahvistetuin turvepadoin. Näin lähteeseen ei pääse vesiä, jotka eivät sinne kuulu. Itse lähteensilmille ei ole tehty mitään, mutta kauemmas lähteestä tehdyin pohjapadoin on pyritty palauttamaan lähteille lähdeallasta.

Vuonna 2010 keskityttiin veden virtauksen hidastamiseen ojissa sekä lähdevesivaikutteisen pinta-alan laajentamiseen. Kivistä, puun rungoista ja joskus turpeella täytetyistä juuttisäkeistäkin rakennetuilla pohjapadoilla saatiin veden pintaa nostettua ja vesi leviämään hieman laajemmalle.

Ojiin on syntynyt peilaavaa vesipintaa ja pieniä ”koskipaikkoja”. Samalla ojat ovat muuttuneet puromaisemmiksi. Pohjapatojen teon ajaksi nostettiin lähdevaikutteiset sammalet turvaan, ojista aikoinaan nostettuja kiviä vyöryteltiin takaisin ojiin ja lähdesammalet palautettiin sopivan korkuisille kivi- ja puupinnoille kasvamaan (kuva 81). Tavoitteena ei ollut ojien täydellinen täyttäminen, vaan vedenpinnan varovainen nostaminen korpialueella sekä pohjaveden virtausuoman saaminen monimuotoisemmaksi (kuvat 82 ja 83).

Vuoden 2012 seurantakäynnin perusteella varovainen ennallistaminen on onnistunut hyvin. Lähteiden ja runsaasti lähdevettä valuttavien ennallistettujen ojien sammalajisto on melko niukkaa mutta alueen karuhkoille, hapanvetisille (pH 5,2–5,9) lähteille tyypillistä ja edustavaa. Ennallistetuissa lähteissä kasvaa runsaana mm. hete-sirppisammalta, hetealvesammalta (*Chiloscyphus*



**Kuva 81.** Lähteensilmän veden pintaa nostetaan pohjapadolla noin 2 metrin päässä varsinaisesta silmäkkeestä. Lähdesammalet on nostettu pressun päälle odottamaan takaisin istuttamista. Veden pinnan taso nousi noin 5 cm. Kuva: Sari Kaartinen, elokuu 2009.

*polyanthos*) ja purokinnassammalta (*Scapania undulata*). Joidenkin lähteiden läheisyydessä näkyy vanhoja, kuivuneita lähdepainanteita, joten alueen pohjaveden pinnan taso ei ole varovaisen toiminnan seurauksena noussut aivan luontaiselle tasolleen. Ennallistaminen on kuitenkin edistänyt lähteiden palautumista, ja ojien välissä säilyneet, edustavat luonnontilaiset lähteet edesauttavat lajiston palautumista. Alueella seurataan lähdesammalten leviämistä ja tarvittaessa jatketaan kunnostustyötä esimerkiksi pohjapatoja korottamalla.

Lähteitä kunnostettiin vuosina 2009 ja 2010 yhteensä 16 metsurityöpäivää (noin 4 000 €). Työkaluina olivat moottorisaha, lapiot, rautakanget, juuttisäkkejä sekä käsivinski ja kuormaliinoja. Kunnostettavia lähteitä oli 9 kpl ja ojia maisemointiin kaikkiaan noin 650 metrin matkalta. Suunnittelu ja työnjohto veivät neljä työpäivää.



**Kuva 82.** Pohjavettä virtaavassa ojassa vedenpintaa on nostettu ja uomaa tehty monimuotoisemmaksi. Aiemmin suorassa ojassa vesi kulki syvällä ojan pohjalla, eikä sitä juuri näkynyt. Pohjapadoilla on hillitty veden virtausta ja saatu aikaan suvantoja ja pieniä koskipaikkoja. Suvantopaikoissa sammalilla on mahdollisuus levittäytyä kivien ja puiden pinnoille. Kuva: Sari Kaartinen, syyskuu 2009.



**Kuva 83.** Parhaimmillaan tulos muistuttaa jo pientä lähdepuroa. Kuva on otettu heti hoitotoimien jälkeen. Kuva: Sari Kaartinen, elokuu 2009.

## 13.8 Lähteinen korpi: Kannonkosken Kismanniemi

Reijo Hokkanen ja Tuomas Haapalehto

### Johdanto

Kismanniemen virkistysmetsä sijaitsee Keski-Suomessa, noin 10 km Kannonkosken kuntakeskuksesta pohjoiseen. Metsähallituksen omalla päätöksellään perustamassa virkistysmetsässä harjoitetaan metsätaloutta niin, että virkistyskäyttöä ja luontomatkailua tukevat luonnonpiirteet säilyvät. Alue on Metsähallituksen metsätalouden hallinnassa, eikä se kuulu mihinkään suojeluohjelmaan.

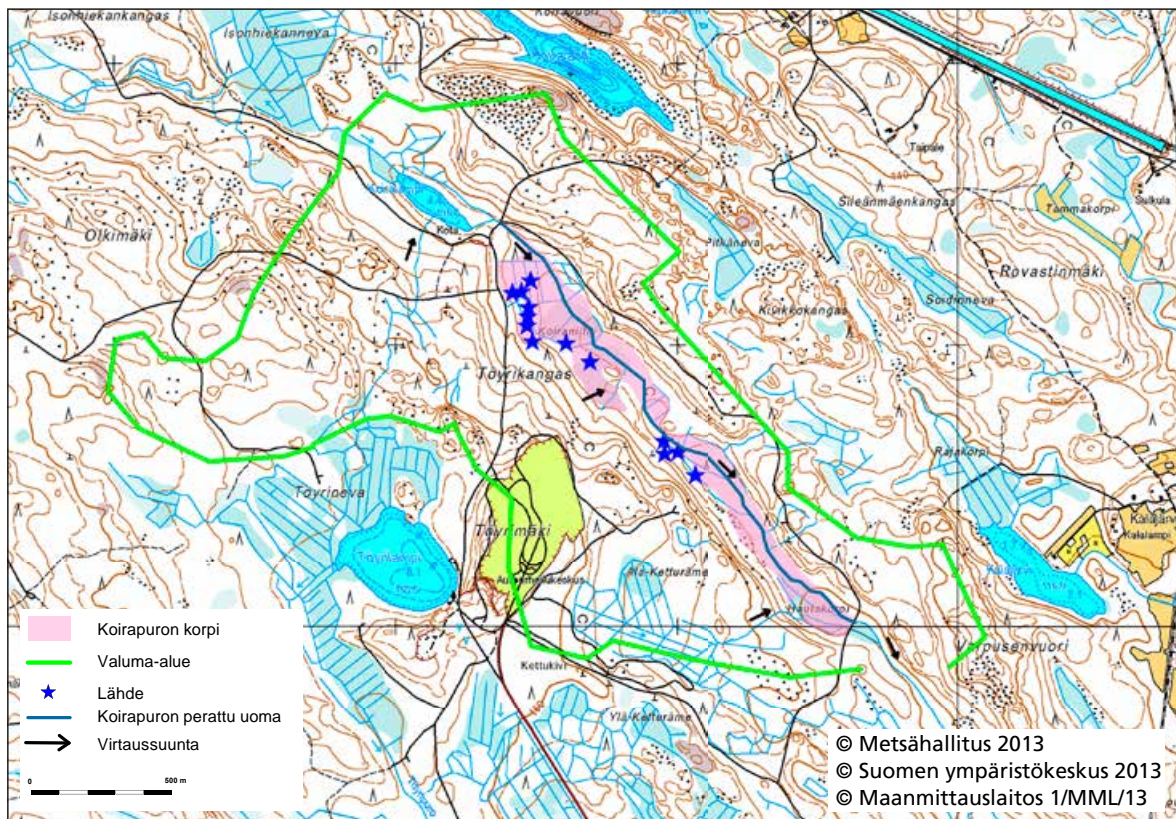
Kismanniemen virkistysmetsässä Koiralamesta laskevan puron ympärillä on noin kaksi kilometriä pitkä ja 200–300 m leveä Koirapuron korpi (kuva 84). Korven pinta-ala on 25 ha, ja se on luokiteltu Metsähallituksessa luontokohteeksi, joka on jätetty metsätaloustyön ulkopuolelle. Korpi sijaitsee painanteessa, jossa varsinkin lounaispuolen rinne on jyrkkä. Korven lounaispuolella on korven suuntainen harjujakso. Korven vieressä olevasta harjun osasta, Töyrikankaasta,

on otettu soraa. Alueen erikoisuus ovat lukuisat Töyrikankaan rinteessä sijaitsevat lähteet. Alueella on yhteensä noin 15 lähdettä tai tihkupintaa, joiden lajisto kärsii korven ojituksesta.

### Alueen tilanne ennen ojitusta ja ojituksen jälkeen

Vanhassa ilmakuvassa alue näyttää lähes samantyyppiseltä puustoiselta korvelta kuin nykyisin. Nykyisen kasvillisuuden perusteella voi kuitenkin päätellä, että puronotkon yläosa (luoteinen puolisko) on ollut valtaosin melko rehevää ruohoista korpea. Rehevyyden perusteella voi kuitenkin päätellä, että puronotkon yläosa (luoteinen puolisko) on ollut valtaosin melko rehevää ruohoista korpea. Rehevyyden perusteella voi kuitenkin päätellä, että puronotkon yläosa (luoteinen puolisko) on ollut valtaosin melko rehevää ruohoista korpea. Rehevyyden perusteella voi kuitenkin päätellä, että puronotkon yläosa (luoteinen puolisko) on ollut valtaosin melko rehevää ruohoista korpea.

Koko korpialue on ojitettu kaivinkoneella ilmeisesti 1970-luvulla. Sitä on myös lannoitettu, sillä alueelta löytyi useita tyhjiä lannoitesäkke-



Kuva 84. Koirapuron korpi valuma-alueineen.

jä. Koirapuro on oikaistu ojituksen yhteydessä, ja todennäköisesti oja on kaivettu aika tarkasti puron kohdalle. Vanha purouomaa näkyi vain muutamissa kohdin, lähinnä Koiraniityn kohdalla. Vanha uoma on noin puoli metriä leveä ja 40 cm syvä. Alempana Hautakorven alueella vanhaa purouomaa ei voinut erottaa maastossa. Koiraniityn alueella oli myös muutamia pienempiä ojia, jotka on ilmeisesti kaivettu kuokalla alueen kuivattamiseksi heinän niittoa varten. Runsaan veden virtauksen ja hienojakoisen maalajin takia sarkaojat olivat paikoin pahasti syöpyneet, varsinkin Koiraniityn luona. Suurimmat ojat olivat 2 metriä syviä ja leveitä. Kaikki korpialueen lähteet oli ojitettu. Useissa kohdin oja oli kaivettu suoraan lähteen läpi, jolloin lähteen vedenpinta oli laskenut (kuva 85). Osa nykyisin erottuvista veden purkauspaikoista on mahdollisesti syntynyt ojan kaivamisen yhteydessä ojan pohjalle. Aiemman laaja-alaisen leviämisen sijaan lähdevai- kuttaisen veden virtaus keskittyi pääasiassa ojiin. Lähteet olivat pyöreitä monttuja, syvyys noin 1,5 m ja leveys keskimäärin pari metriä. Muutaman

lähteen pohjassa runsas pohjaveden purkautuminen näkyi hiekan ”pulppuamisena”.

Ennen ennallistamista korpialue oli turvekangasta. Rehevimmät kohdat ja koko Koiraniityn alue olivat ruohoturvekankaita. Karuimmat alueet eteläosassa olivat mustikkaturvekankaita. Korven puuston ikä oli 40–100 vuotta. Puusto on kuusivaltaista, sekapuuna on paikoin paljon koivua ja mäntyä mutta myös haapaa. Muutamalle kuviolle oli istutettu kuusta ja mäntyä. Nämä kuviot olivat hyvin tiheitä, eikä aluskasvillisuutta juurikaan ollut. Muut kuviot olivat harvempia ja ilmeeltään enemmän luonnontilaisen kaltaisia. Lahopuuta oli niukasti, keskimäärin alle 5 m<sup>3</sup>/ha.

Ennallistamisen suunnittelua varten korvessa tehtiin sammal- ja putkilokasvikartoitukset. Inventoinnissa havaittuja sammallajeja olivat mm. harsosammal (VU), kantopaanusammal *Calypogeia suecica* (VU), kantoraippasammal *Anastrophyllum hellerianum* (NT) ja pikkulovisammal *Lophozia ascendens* (VU). Putkilokasveista merkittävimmät lajit olivat korpipurmikka *Poa remota* (NT), lehtopalsami *Impatiens noli-tangere*,



Kuva 85. Pohjavesi purkautui keskelle ojaa. Kuva: Reijo Hokkanen 2007.

lehtokuusama *Lonicera xylosteum* ja mustakonnanmarja *Actaea spicata*. Lajistollisesti tärkeimmiksi alueiksi osoittautuivat Koiraniityn tihkupinta-alue ja eteläosan Hautakorpeen laskevan puron varsi. Myös kaivetuissa, lähdeveden huuhtomisissa ojissa esiintyi yleisiä lähdesammalleja. Samaa lajistoa oli pienialaisesti ojien ulkopuolella etenkin joillakin ojittamattomilla tihkupinnoilla.

### Ennallistamisen tavoitteet

Ennallistamistavoitteeksi asetettiin korven vesitalouden palauttaminen ja siitä seuraava arvokkaan, etenkin lähdevaikutteisen lajiston elinolosuhteiden parantuminen. Lähteistä laskevan veden virtaus pyrittiin palauttamaan syvältä ojien pohjilta takaisin luontaisille kulkureiteille. Arvioitiin, että itse lähteiden tilan parantamiseksi ei olisi paljon tehtävissä. Vaikka niiden vedenpinta oli laskeutunut ojituksen ja syöpymisen myötä, useimmat lähteet toimivat edelleen veden purkupisteinä ja pienialaisina lähdelajiston elinympäristöinä, eikä niiden veden pinnan nostamisella todennäköisesti saavutettaisi erityistä lajistollista hyötyä. Vesitalouden palauttamiseen kuului myös suoraksi kaivetun Koirapuron virtauksen palauttaminen luonnollisemmaksi, hitaasti virtaavaksi ja mutkitteluksi puroksi. Korven puustorakenne oli ojituksen ja istutusten takia luonnottoman tiheä ja liian mänty- ja kuusivoittoinen. Puuston harventamisen lisäksi lehtipuuston osuutta haluttiin kasvattaa ja koko puuston ikärakennetta monipuolistaa. Puunmyyntitulot käytettiin ennallistamistoimenpiteiden kustannusten kattamiseen.

Korven luontaisen vieton ja runsaan kumpuvan pohjaveden takia ennallistaminen oli suunniteltava ja toteutettava huolella. Pahoin syöpyneiden ojien perusteella varauduttiin siihen, että ennallistaminen voi aiheuttaa kiintoaineksen huuhtoutumista alapuolisiin vesistöihin. Suunnitteluvaiheessa arvioitiin kuitenkin, että epäsäännöllisesti täytettäviin ojiin syntyvät vesikuopat ja painanteet toimisivat ”lietekuoppina”, joihin kiintoaines pääosin kertyisi. Matka vastaanottavaan vesistöön on myös useita kilometrejä, mikä vähentää kuormitusta merkittävästi. Toisen haasteen muodostivat lähteet, jotka purkautuivat ojien pohjalle ja joiden vesi virtasi syvällä ojissa, usein vanhan lasku-uoman paikalla. Kuinka tällaiset ojat pitäisi täyttää? Laskuojan tukkimisen jälkeen lähdevedet virtaisivat joka tapauksessa ny-

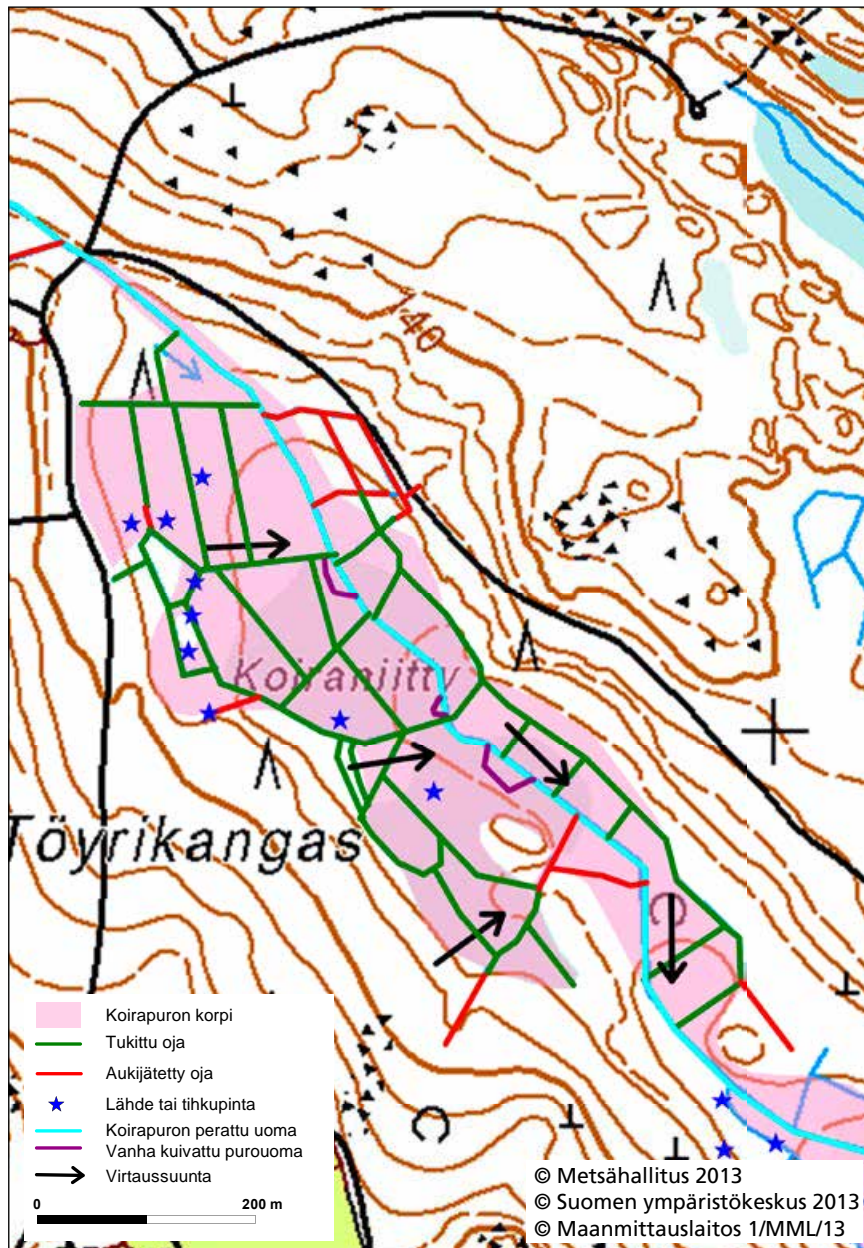
kyisen ojan kohdalla. Ennallistamisen tavoitteita mietittäessä päädyttiin siihen, että ojat tukitaan kokonaan ja paikoin veden virtausta ohjataan pois ojalinjolilta. Tällöin vaateliakasvillisuus saa uusia kasvupaikkoja ja virtauksen ohjaaminen pois ojalinjolilta vähentää riskiä kiintoaineksen huuhtoutumiseen.

Kasviasiantuntijoiden lausuntojen mukaan ennallistaminen oli suositeltavaa eikä sillä pitäisi olla haittavaikutuksia arvokkaaseen lajistoon. Kartoitusten yhteydessä tutkittiin tarkasti myös ojien lajistoa. Ojissa ei todettu olevan sellaista lajistoa, joka estäisi niiden tukkimisen. Varotoimenpiteenä tärkeimmiltä tihkupinta-alueilta päätettiin jättää puusto hakkaamatta.

### Ennallistaminen

Koirapuron korven ennallistaminen aloitettiin talvella 2009 puuston käsittelyllä. Kaikilta ojalinjolilta poistettiin tukkimista haittaava puusto. Lisäksi puustorakenteeltaan yksipuolisimmilla kuvioilla (yhteensä 8 ha) tehtiin erirakenteistava hakkuu. Hakkuussa poistettiin kuusta ja muutamia istutettuja mäntyjä. Lehtipuihin ei koskettu, vaan niiden kasvutilaa lisättiin poistamalla kuusia niiden vierestä. Hakkuun tavoitteena oli luoda alueelle erirakenteista, puulajistoltaan monipuolista metsää. Hakkuu tehtiin monitoimikoneella, ja yhteensä puustoa poistettiin noin 500 m<sup>3</sup>.

Lähteiden ja runsaan veden virtauksen takia ojien tukkiminen päätettiin jakaa kahdelle vuodelle. Syksyllä 2009 täytettiin noin 3 kilometriä ojia kaivinkoneella alueen pohjoisosassa (kuva 86). Ojat täytettiin kokonaan ja lisäksi kaivinkoneella tehtiin patoja 20–40 metrin välein. Patojen avulla vettä pyrittiin ohjaamaan saroille. Isoja syöpyneitä ojia ei pystytty ojamaiden niukkuuden takia tukkimaan kokonaan, joten ne padottiin 5 metrin välein kaivinkoneen nostamalla turpeella ja kivennäismaalla. Tukkimisessa ei käytetty puuta tai muuta ainesta. Parin tihkupinnan kohdalla vesi ohjattiin lähteestä vanhaan noroon täyttämällä oja ja poistamalla noron alkupäähän kasatut ojamaat. Lähteillä, joilla vanhaa uomaa ei ollut näkyvässä, ojan täyttö aloitettiin yleensä noin 10 metrin päästä lähteen alapuolelta. Koirapuron uomaa ei tukittu, vaan siihen kaadettiin muutamia kuusia. Tavoitteena oli aiheuttaa veden virtaukseen epäsäännöllisyyttä ja tarjota kasveille kiinnittymisalustoja. Muutamassa kohdassa purovesi



Kuva 86. Vuonna 2009 tukittiin Koirapuron korven pohjoisosan ojat.

ohjattiin vanhaan uomaan tukkimalla turpeella perattu purouoma ja avaamalla vanhan uoman alkupää. Suorien linjojen maisemoimiseksi ojalinjoille kaadettiin kuusia kaivinkoneella. Koska kyseessä oli lajistoltaan arvokas kohde, täytyi kaivinkoneen liikkumista alueella ohjata tarkasti. Tihkupinnat ja lähteiköt nauhoitettiin, jotta kone ei liikkuisi niillä. Koirapuron perattu puro ylitettiin koneella vain yhdestä kohtaa. Koneen uppoamisesta ei ollut vaaraa, sillä alue oli hyvin runsaspuustoista. Koirapuron korven eteläosan ojat tukitaan lähitulevaisuudessa.

### Ennallistamisen jälkeen

Syksyllä 2010 (vuosi ennallistamisen jälkeen) alue oli vettynyt epätasaisesti. Eniten olivat vettyneet lähteikköjen alapuoliset alueet. Lähteiden alapuolisissa täytetyissä ojissa suurimmat lammikot olivat yleensä muutaman neliömetrin laajuisia. Luontaisen vieton takia laajoja yhtenäisiä veden peittämiä alueita ei ollut muodostunut. Siellä, missä vanhoja norouomia oli ollut olemassa, vesi oli saatu ohjattua niihin. Yhtä lähdenoroa jouduttiin tosin avaamaan lapiotyönä jälkeinpäin, jotta vesi ei nousisi lähteessä liikaa. Itse lähteissä ei ollut tapahtunut suuria muutoksia. Vedenpinta

oli noussut parissa lähteessä muutamia senttejä. Isoissa syöpyneissä ojissa patojen välit olivat täynnä vettä. Vesi virtasi padon yli seuraavaan patoväliin, mutta kiintoainesta ei toistaiseksi näyttänyt lähteneen liikkeelle. Paikoin vesi ohjautui täytetyn ojan sivulle. Epätasainen täyttöjälki näyttäisi estävän kiintoaineksen liikkeelle lähdön, sillä täytetyssä ojassa veden liikkuminen oli hyvin mutkittelevaa. Koiraniityn alueella vesi oli ohjautunut kuokalla kaivettuihin mataliin ojiin. Tämä tuskin kuitenkaan haittaa ennallistamiskehitystä, sillä ojat ovat osin puromaisia ja hyvin pieniä. Lehtopalsami oli runsastunut ensimmäisen kesän jälkeen selvästi valon määrän lisääntyttyä ja vallannut hakatut ja ojan täytössä paljastuneet maat (kuva 87).

Luonto puuttui Koirapuron korven kehitykseen aamuyöllä 30.7.2010, kun Asta-myrsky puhalsi koko Suomen yli Etelä-Karjalasta Keski-Pohjanmaalle. Myrsky kaatoi Koirapuron korvessa runsaasti puita varsinkin harvennetuilta alueilta (kuva 87). Ojalinjat ja ennallistamisen jäljet peittyivät rytöjen alle, joista laajin oli noin 200 m pitkä ja 40 m leveä. Lähteet ovat kuitenkin säästyneet pahimmilta tuhoilta.



Kuva 87. Lehtopalsami valtasi ojalinjat ennallistamisen jälkeen, ja Asta-myrsky kaatoi puita. Kuva: Reijo Hokkanen 2010.



### 13.9 Nuuksion kansallispuiston Mustakorpi

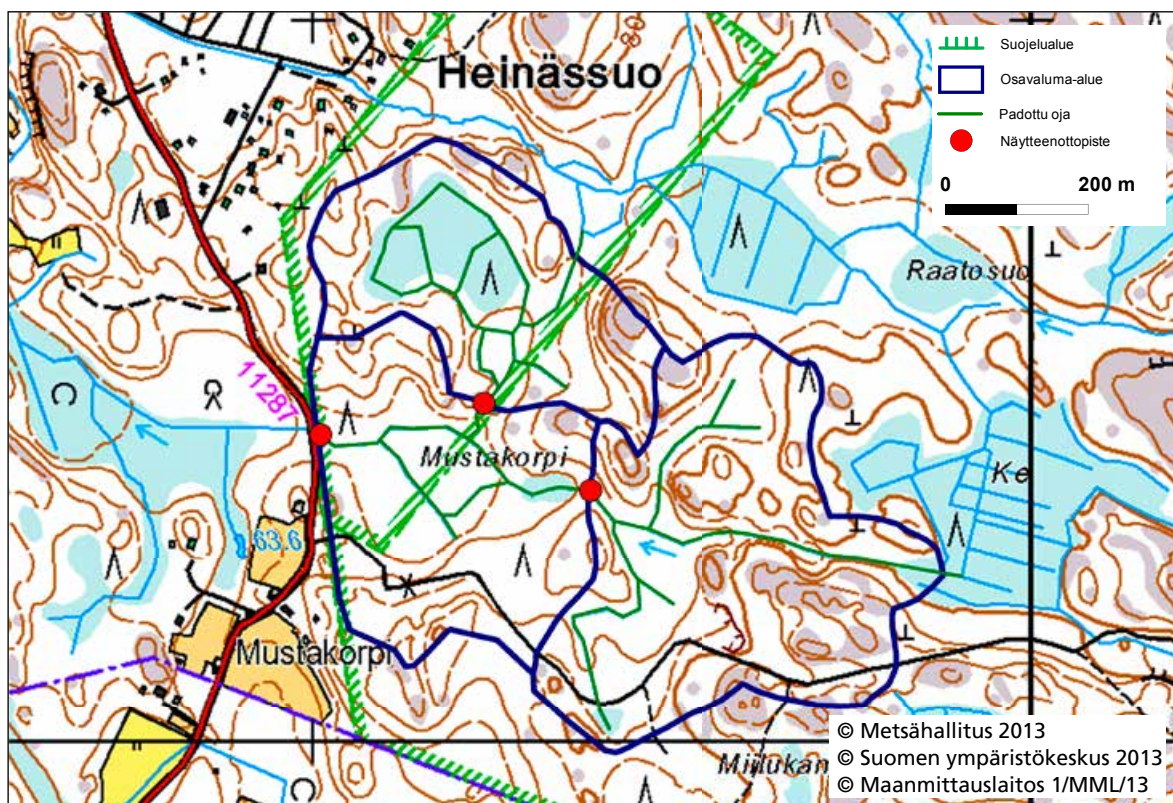
Markku Koskinen ja Tapani Sallantaus

#### Nuuksion Mustakorven kuvaus ja historia

Nuuksion kansallispuiston länsiosassa, Vihdin ja Kirkkonummen rajalla sijaitseva Mustakorpi on 49-hehtaarisella valuma-alueella sijaitseva noin 14 hehtaarin suokokonaisuus, joka koostuu keskirehevistä korvista ja pienestä isovarpurämeestä. Suokokonaisuudessa on kolme osavaluma-alueita: itäinen, pohjoinen ja läntinen (kuva 88). Itäisen ja pohjoisen osavaluma-alueen vedet virtaavat ojituksen yhteydessä perattuja puroja pitkin läntiselle osavaluma-alueelle ja siitä edelleen pois Mustakorven alueelta. Läntisellä osavaluma-alueella on laakson pohjalle muodostunut korpi, joka peittää osavaluma-alueesta yli 40 %. Pohjoi-

sella osavaluma-alueella korpi on pienen kohosuon laiteella. Suurimmalla, itäisellä osavaluma-alueella suo on epäyhtenäinen, ohutturpeinen korpi.

Mustakorpi ojitettiin osittain 1930-luvulla ja kokonaan 1950-luvulla. Ojaverkosto ei ollut kovin tiheä, mutta sen vaikutukset alueen korpiin olivat huomattavat. Suurin puuston tilavuus ennen ennallistamista oli yli 300 m<sup>3</sup>/ha, ja kaikki korvet oli ennallistamissuunnitelmassa luokiteltu turvekankaiksi (kuva 89). Pohjoisen osavaluma-alueen rämeiset osat eivät olleet muuttuneet ojituksen seurauksena juuri lainkaan. Läntisen osavaluma-alueen läntisin nurkka oli ennallistunut itseksensä, koska sitä kuivattavat ojat olivat tukkeutuneet yläpuolelta tulleen kiintoaineskuormituksen vuoksi. Itsekseen ennallistuneen osan arvioitiin toimivan ravinnepuskurina yläpuolella tehtäville ennallistamistoimenpiteille.



Kuva 88. Mustakorven ennallistamisalue. Karttaan on rajattu sinisellä osavaluma-alueiden rajat ja punaisilla pisteillä on merkitty vesinäytteenottopisteet. Kaikki ojat on padottu noin 30 metrin välein.



**Kuva 89.** Ojituksen seurauksena Mustakorpi oli muuttunut järeäpuustoiseksi ruohoturvekankaaksi. Kuva: Markku Koskinen, 2009.

### Ennallistamistoimenpiteet ja ennallistumisen eteneminen

Mustakorpi ennallistettiin loppusyksystä 2001. Ennallistamistoimenpiteinä suon pääojat tukittiin suurilla turvepadoilla, mutta puustoon ei koskettu.

Ennallistamisen vaikutusta veden laatuun seurattiin kolmella mittapisteellä suon kolmen osavaluma-alueen alareunoilla (kuva 88). Vesinäytteiden keruu aloitettiin ennen ennallistamistoimia huhtikuussa 2001, ja kalibrointikauden pituudeksi muodostui noin kuusi kuukautta. Kalibrointikauteen sisältyivät kevät- ja syyslivalumat. Vedenlaadun seuranta jatkettiin vuoteen 2007 asti. Ennallistamisen aiheuttama lisähuuhtouma laskettiin vertaamalla toteutunutta huuhtoumaa laskennalliseen taustahuuhtoumaan. Laskennallinen taustahuuhtouma laskettiin käyttäen kalibrointikauden virtaamapainotettuja pitoisuuskeskiarvoja sulan maan kaudelle (kesä-marraskuu) ja routaiselle ajalle (joulou-toukokuu). Päivittäiset valunnat saatiin läheiseltä Suomen ympäristökes-

kuksen simuloitujen pienten valuma-alueiden ohjelmassa olevalta valuma-alueelta.

Mustakorvessa ei ole systemaattisesti seurattu kasvillisuuden muutoksia. Vuonna 2007 soiden korpisille osille tehtiin kuitenkin pohjakasvillisuuslinjat, joilta arvioitiin kahden metrin välein halkaisijaltaan 30 cm:n ympyränäytealalta rahkasammalten ja muiden suosammalten, metsäsammalten sekä karikkeen peittävyys. Läntisellä osavaluma-alueella suosammalten peittävyys oli suuri, kun taas pohjoisen osavaluma-alueen korpireunuksella paljaan karikkeen osuus oli huomattava, paikoin 100 prosenttia. Samalla mitattiin relaskooppikoealoilla kuolleen puuston osuus, joka oli paikoin jopa kolmannes kaikesta puustosta. Ennallistaminen oli siis onnistunut eriasteisesti eri osavaluma-alueilla.

Kasvillisuusseurannan puuttumisen vuoksi ennallistumisen etenemisestä ei ole tarkkaa aineistoa, mutta ennallistuminen käynnistyi ripeästi vuoden 2004 loppukesän rankkasateiden aiheuttaman voimakkaan vettymisen jälkeen. Tällöin puita kuoli runsaasti ja kasvillisuus alkoi palautua takaisin korpikasvillisuudeksi (kuva 90).



**Kuva 90.** Ennallistamisen jälkeen rehevä suokasvillisuus on vallannut alaa ja järeät puut ovat kuolleet. Kuva: Markku Koskinen 2009.

## Ennallistamisen vesistökuorma

Mustakorven ennallistaminen aiheutti toimenpidepinta-alaa kohden huomattavan ravinne- ja hiilipäästön valumavesissä. Kuuden ennallistamisen jälkeisen vuoden aikana ylimääräinen huuhtouma oli 900 kiloa orgaanista hiiltä, 22 kiloa typpeä (0,4 kiloa nitraatti–nitriittityppeä ja 4,7 kiloa ammoniumtyppeä) ja 1,7 kiloa fosforia (1,2 kiloa fosfaattifosforia) ennallistettua hehtaaria kohden.

Ennallistamisen aiheuttama vesistökuormitus tapahtui kahdessa vaiheessa. Pitoisuudet nousivat voimakkaasti maksimiin noin vuosi ennallistamisesta, minkä jälkeen kuormitus alkoi nopeasti laskea. Kolmannen vuoden loppukesälle osunut hyvin voimakas sade aiheutti neljäntenä vuonna uuden kuormituspiikin, joka ei ollut täysin ohi vielä viimeisenäkään seurantavuotena (vuonna 2007). Puustoisien korven ennallistuminen lienee käynnistynyt todenteolla vasta sulan maan aikaan sattuneen voimakkaan vettymisen jälkeen. Tätä ennen puusto todennäköisesti pystyi haihdunnallaan torjumaan vettymistä. Vastaavia havaintoja on myös Liesjärven kansallispuiston Soukonkorvesta, jossa märkä vuosi 1998 käynnisti ennallistamisen toden teolla.

Itsekseen ennallistunut, noin hehtaarin suuruisen osa läntisestä osavaluma-alueesta (2 % valuma-alueesta) sitoi ensimmäisinä vuosina ennallistamisen jälkeen jonkin verran fosforia ja typpeä, mutta vaikutus fosforihuuhtoumaan loppui parin vuoden jälkeen ja typenkin sitominen heikkeni selvästi kolmen vuoden jälkeen. Kaikkiaan typpeä sitoutui tähän itseksenne ennallistuneeseen puskurivyöhykkeeseen noin 100 kiloa ja fosforia noin 8 kiloa, eli noin neljännes ennallistamisen mobilisoimista määristä.

## Johtopäätökset

Mustakorven ennallistamisen voidaan katsoa onnistuneen, koska pohjakasvillisuus on jo muuttunut luonnontilaista korpikasvillisuutta vastaavaksi. Myös alueella kasvanut järeä kuusikko on monin paikoin harventunut, ja puustorakenne on alkanut muuttua aukkoiseksi. Kunhan nyt pysyyn kuolleet puut alkavat kaatua, aukkoisuus lisääntyy ja korvelle ominainen vaihteleva valoilmasto valtaa alaa. Ennallistumisprosessi on vettymisen jälkeen edennyt vauhdilla, ja suo lähestyy luonnontilaisen kaltaista, vaikka se oli ojituksen seurauksena hyvin voimakkaasti muuttunut. Korpien ennallistaminen vaikuttaa siis olevan melko helppoa niiden laajan valuma-alueen vuoksi. On vain saatava vedet virtaamaan reunaojien yli suolle, ja muita toimenpiteitä ei välttämättä tarvita.

Mustakorven esimerkki osoittaa, että korven ennallistaminen voi aiheuttaa huomattavan ravinne- ja hiilikuormituksen toimenpidehehtaaria kohden. Korvet ovat kuitenkin tyypillisesti sen verran pienialaisia, että vesistövaikutukset jäävät pieniksi.

Puuston osittainen poisto luonnontilaisen korven puustorakennetta tavoitellen ennallistamisen yhteydessä voisi vähentää kuormitusta, etenkin jos myös hakkuutähteet poistetaan suolta. Runkoja voisi kuitenkin jättää lojumaan maastoon lahoppuiksi, ja pötkelöitä seisomaan sopiviin paikkoihin. Puskurivyöhykkeen käyttöä ennallistamistoimenpiteiden vesistökuormituksen vähentäjänä on esitetty keinoksi vähentää kuormitusta. Mustakorvenkin tapauksessa noin neljäsosa ennallistamisen mobilisoimista ravinteista pidättyi itseksenne syntyneelle puskurivyöhykkeelle. Pidätymisen tehostamiseksi oikovirtaukset, kuten vedenvirtaus vanhoja ojauomia pitkin, tulisi välttää ja vesi pitäisi saada virtaamaan tasaisesti suon yli. Viättävissä korpintokelmissa tämä saattaa olla vaikeaa.

### 13.10 Viettävä, lähteinen puronvarsi- korpi: Ilomantsin Hoikka

*Maarit Similä ja Suvi Haapalehto*

Monesta osa-alueesta koostuvan Ilomantsin Koitajoen Natura-alueen pohjoisin osa on metsä-, maankäyttö- ja rakennus- sekä maa-aineslaeilla toteutettava Hoikan alue, joka on pääosin Metsähallituksen metsätalouden hallinnassa. Vajaan kilometrin mittainen ja noin 130 metrin levyinen, maastonmuodoiltaan selvärajainen ojitettu korpinotko on metsätalouden luontokohde. Korven maanpinnan korkeus laskee etelästä pohjoiseen kilometrin matkalla noin 15 m (kuva 91). Korpi on ohutturpeisen mustikkakangaskorven ja korpirämeen mosaiikkia. Koitajoen Natura-alueen hoitoa ja käyttöä suunniteltaessa luontopalvelut

sai metsätaloudelta luvan ennallistaa luontokohde. Työ tehtiin osana Helmi-Life-hanketta.

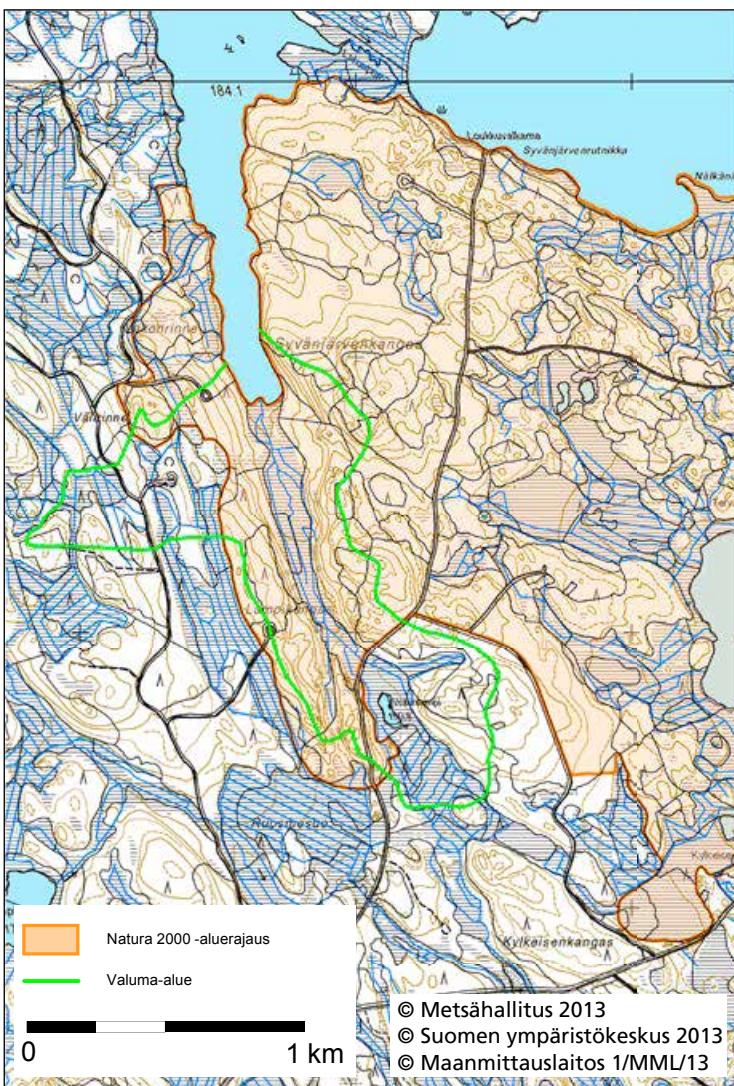
Korvessa virtaa puro, joka laskee suoraan alapuolella (pohjoispuolella) olevaan Lakonjärveen. Puro saa vetensä valuma-alueen yläosien ojitetuilta soilta, korven yläosan tiikkupintaisesta lähteestä ja ympäröivien rinteiden alaosien tiikkupinnoista sekä rinteiden valumavesistä. Puron alaosa oli ojituksen yhteydessä perattu ja oiottu. Oikaisu uoma oli syöpynyt voimakkaasti 150 metrin matkalta, ja vesi oli kuljettanut puron pohjalta hiekkaa Lakonjärveen. Syöpynen puron pohja oli hiekkainen eikä siinä ollut merkittävässä määrin vakiintunutta purokasvillisuutta. Alkuperäistä puron uomaa oli peratulla osalla näkyvissä enää muutama lyhyt ja matala mutka. Syöpynyttä osaa reunustava puusto on lähes 100-vuotiaista korpi-kuusikkoa, jossa kasvaa myös mäntyjä ja koivuja.

Vuonna 2003 tehdyssä ennallistamissuunnitelmassa ehdotettiin ojien patoamista ja täyttämistä sen mukaan kuin ojamaat ja ohutturpeisilta saroilta kaavittava turve riittäisivät täyttöön. Puron syöpynneet osat aiottiin jättää pääosin koskematta.

Kohteella vieraili suoasiantuntijaryhmä syyskuun 2004. Maastokeskusteluissa tultiin tulokseen, että pelkkä ojien patoaminen ei riitä, vaan ojat on täytettävä tavalla tai toisella kokonaan. Myös syöpynneen purouoman täyttämistä suositeltiin.

Korpi ennallistettiin elokuussa 2006 kolmen päivän aikana. Kaksi kaivinkonetta täytti ja patosi oja, toinen kahdessa vuorossa. Purossa oli kuivan kesän seurauksena vähän vettä, joten vesi ei hankaloittanut ennallistamista. Koska korpi viettää paikoin voimakkaasti ja vettä liikkuu korven kautta runsaasti Lakonjärveen, ojiin päätettiin tehdä 18 puulla ja suodatinkankaalla (kuva 36 s. 148) vahvistettua patoa (kuva 92). Kolme metsuria teki ojan penkoilla kasvavista puista patopuita ja avusti kaivinkoneen kuljettajaa patojen teossa. Patoja tehtäessä kaivinkoneen kuljettaja tiivisti ojaan ensin viiston turvevallin, jonka päälle laitettiin suodatinkangas ja patopuut. Lopuksi rakennelma peitettiin turpeella. Muuten ojalintoja ei raivattu, eikä sarkojen puustoon kajottu. Muutamia puita kaivinkoneiden kuljettajat kaatelivat täytetyille ojalinoille.

Kaivinkoneen kuljettajat pystyvät tekemään padot valmiista patopuista myös omatoimisesti. Silloin on käytännöllisintä laittaa suodatinkangas puiden päälle. Hoikan korpea ennallistettaessa



Kuva 91. Hoikan korven valuma-alue on noin 100 ha.

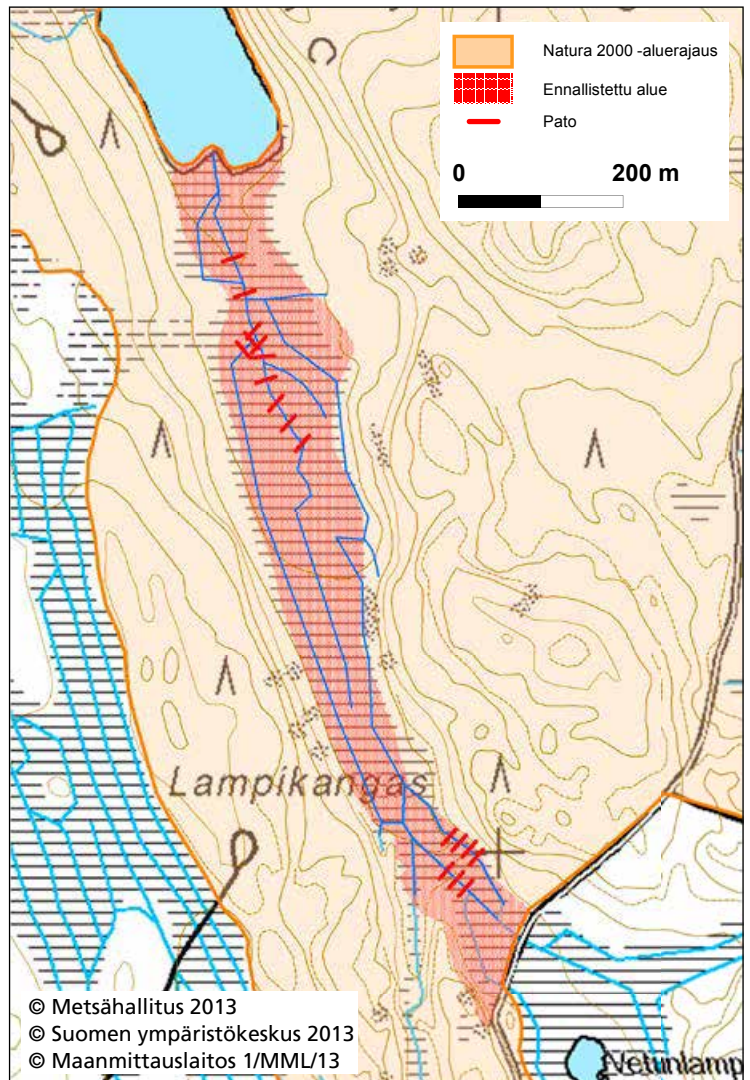
työnjohdon oli välttämätöntä olla paikalla koko ajan puroa ja viettävimpiä kohtia ennallistettaessa, koska pulmia (mm. täyttömaiden puute) ratkottiin sitä mukaa kuin niitä tuli eteen.

Ojien täyttö aloitettiin alueen yläosasta ja ojat täytettiin veden laskusuuntaan. Kaivinkoneen kuljettajat täyttivät niskaojat korven keskustaa kohti viettäväksi, jotta kivennäismaalta valuva pintavesi pääsee luontaiselle reitilleen niskaojien ylitse. Lähteisyyttä ja tihkupintaa on ojien välisellä saralla. Korven yläosassa myös itäisempään ojaan tihkui 10 metrin matkalle rinteestä pohjavettä. Ojan täyttö lopetettiin tihkupinnan yläosaan. Tihkupinnan yläpuolella on viettävä kohta, johon rakennettiin kolme puuvahvisteista patoa varmistamaan vesien ohjautuminen täytetyn ojalinjan ylitse sen sijaan, että pintavedet valuisivat täytettyä ojaa pitkin tihkupinnalle. Myös muut puuvahvisteiset padot rakennettiin eniten viettäviin kohtiin sekä syöpyneeseen purouomaan.

Kun ojien täytössä ehdittiin syöpyneen peratun puron kohdalle, täyttö hankaloitui. Uoma oli syvä, vaikkakaan ei kovin leveä. Ojamaita ei ollut paikoin lainkaan ja kangaskorpi oli niin ohutturpeinen, ettei saroilta saatu merkittävästi lisää täyttömaata. Täytön jälkeen puron kohta jäikin laakeaksi painanteeksi. Tällä osalla korostuu puu- ja suodatinkangasvahvisteisten patojen tärkeys, jotta helposti huuhtoutuva maa-aines ei jatka huuhtoutumistaan. Kun vesi muutaman viikon kuluessa nousi takaisin purouomaan, se ohjautui patojen ansiosta jäljellä oleviin alkuperäisiin uoman pätkiin ja muuten luontevasti mutkaiseksi purouomaksi. Puron kohdalla vesi yleensä kiertää puuvahvisteisen padon matalamman pään kohdalta, mutta muuten padot ovat pysyneet ehjinä ja toimivat hyvin.

Hoitoseurannoissa on huomattu, että korven keskustaa kohti viettävä niskaojien täyttötapa on tarkoituksenmukainen ja puuvahvisteisten patojen käyttäminen on ollut tarpeen. Padot ovat pysyneet hyvin paikoillaan ja hoitavat tehtävänsä. Käytetty patorakenne on käytännöllinen kohteella, missä patopuita on tarjolla paikan päällä. Lähellä Lakonjärven rantaa vesi ohjautuu ojien täytön ja patoamisen myötä laajalle alueelle ja osin pintavaluntaan, mikä vähentänee järveen joutuvan kiintoaineen määrää.

Puustoa on ensimmäisen viiden vuoden aikana kuollut 30 x 50 metrin alalla Lakonjärven rannassa, missä puron vesi leviää ennallistami-



Kuva 92. Kaikki ennallistettavan alueen ojat täytettiin. Tarvittavien puuvahvisteisten patojen paikat merkittiin korpeen etukäteen kuitunauhalla. Patojen paikkoja hienosäädettiin työn edetessä.

sen jälkeen aiempaa laajemmalle alueelle. Tähän mennessä on kuollut kuusia, ja osa männyistä voi silminnähdä huonosti. Puustoa on kuollut myös kohdassa, jossa purouoma muistutti luontaista eikä sille tehty ennallistamisen yhteydessä mitään. Ennallistamisen myötä veden pinta on tällä kohtaa aiempaa korkeammalla, minkä seurauksena on kuollut kymmenkunta nuorta kuusta. Kaiken kaikkiaan puustoa on kuollut ennallistamisen intensiteettiin nähden vähän, mikä johtuu korven optimaalisista korkeuseroista: puroille ja tulvavesille on tilaa korven matalimmissa kohdissa ja vesi liikkuu viettävän korven kautta Lakonjärveen. Ojalinjat ovat maisemoitumassa hyvää vauhtia, kun niille on kasvanut koivun ja kuusen taimia.

### 13.11 Laaja aapasuokokonaisuus: Salamajärven kansallispuisto, Perho

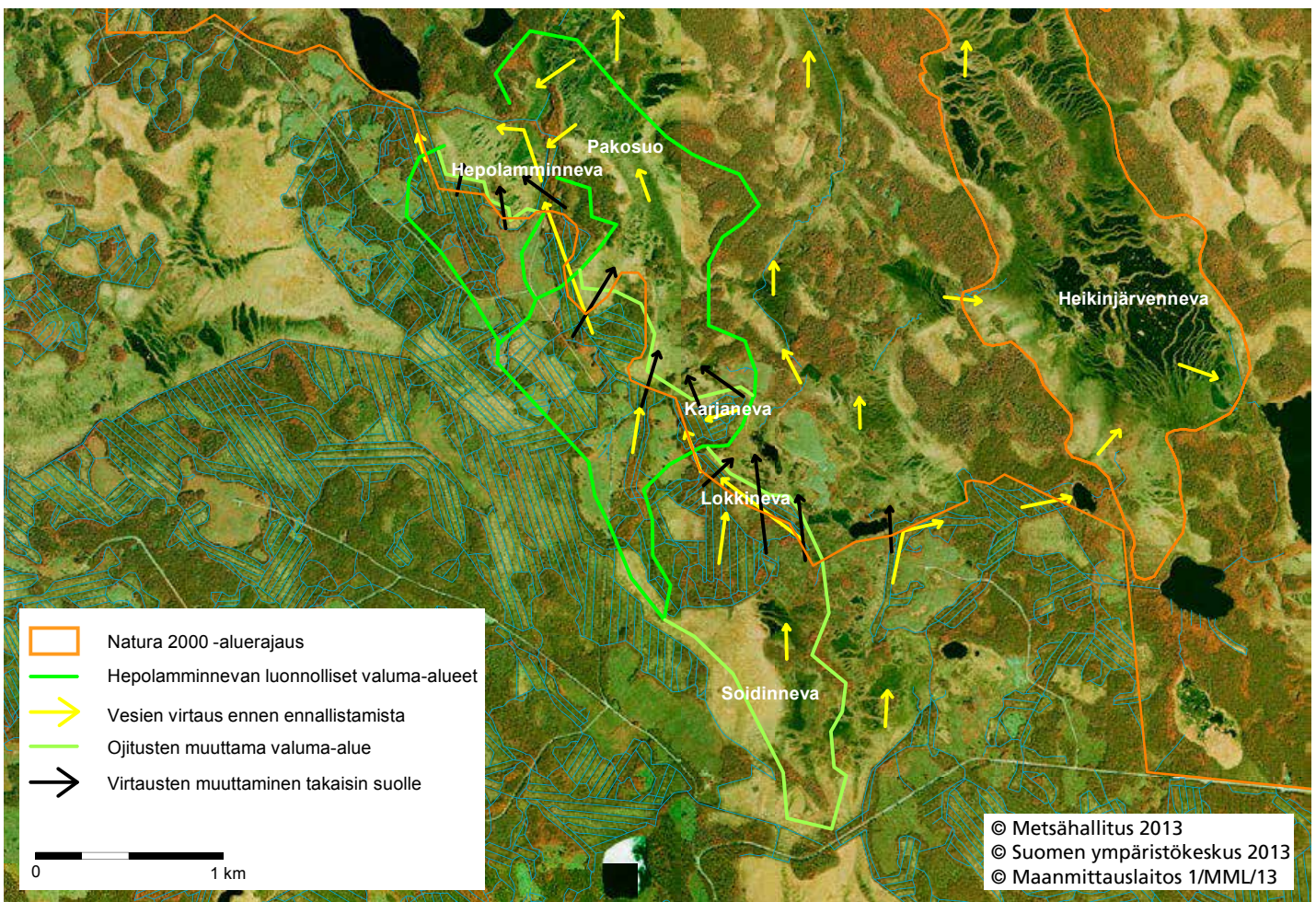
Reijo Hokkanen ja Tuomas Haapalehto

#### Hepolamminnevan soiden kuvaus ja historia

Heikinjärvennevan–Soidinsuon–Hepolamminnevan alueen suot muodostavat noin 1 200 hehtaarin laajuisen hydrologisesti yhtenäisen aapasoiden kokonaisuuden (kuva 93) Salamajärven kansallispuistossa, Perhossa. Rimpinevat alkavat etelästä Soidinnevalta, mistä yhtenäiset rimpinevajuotit leviävät viuhkamaisesti pohjoiseen. Vallitsevia putkilokasvilajeja ovat siniheinä ja suursarat. Myös äimäsara ja vaaleasara (*Carex livida*) ovat tavallisia. Alueen kasvillisuudessa merkittävimpiä lajeja ovat mm. mähkä (*Selaginella selaginoides*) ja punakämmekkä. Kangasmetsäsaarekkeet pirstovat nevat välillä kapeisiin salmiin, joissa veden

virtaus tiivistyy rimpijuottiin ja usein puroonkin. Salmien jälkeen nevat taas avautuvat ja vedet leviävät laajemmalle luoden paikoin poikkeuksellisen vetisiä soita (Lokkineva, Karjaneva, Pakosuo Hepolamminneva, Heikinjärvenneva). Lopulta vedet laskevat vesistöihin 4–5 km:n päässä Soidinnevasta.

Hepolamminneva on mainitussa aapasuoverkostossa valumasuunnassa alimpana (kuva 93). Se on ollut luonnontilassa märkä, reunoille asti puuton rimpineva (kuva 94). Hepolamminevalla on ollut suuri, noin 5 hehtaarin avorimpi, jonka länteen liikkuvia vesiä on padonnut pitkä jänne. Nevan kaltevuus kasvaa Hepolampeen päin, ja rimmet ovat siellä pienempiä ja kapeampia. Hepolamminneva on saanut vesiä ainakin neljästä eri suunnasta (kuva 94). Pakosuolta on tullut vesiä saarekkeiden välisistä salmista. Myös kaakosta on tullut vesiä rimpinevajuottia pitkin. Nevan eteläpuolella on kangasmetsäalue, jonka reunassa on todennäköisesti ollut lähteisyttä.



Kuva 93. Hepolamminneva 2000-luvun alussa, ennen ennallistamista.

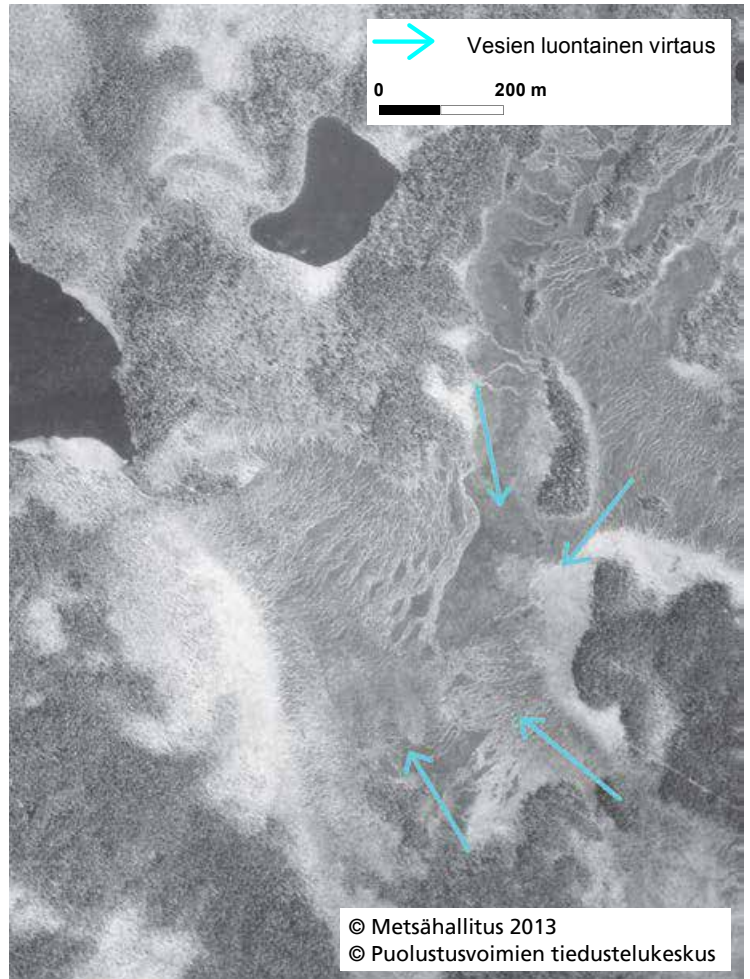
Aluetta on ojitettu 1960-luvulta lähtien ja viimeisimmät ojitukset ovat 1990-luvulla tehtyjä kunnostusojituksia. Kansallispuiston soista on ojitettu vain kapeita reunaosia. Nämä ja kansallispuiston ulkopuoliset ojitukset (mm. Lokkinevan ja Karjanevan länsireunat) katkaisevat kuitenkin vesien luontaisen liikkumisen rimpisiä soita pitkin (kuva 93). Tällä on ollut vaikutusta soiden hydrologiaan myös kansallispuiston keskiosissa, todennäköisesti aina Heikinjärvennevalle saakka. Rimpinevat, joita ei ole ojitettu mutta jonne vettä ei enää tule yläpuolella olevien ojitusten takia, ovat taimettuneet ja osa rimmistä on kuivunut. Tämä näkyy selvimmin Pakosuon eteläosassa ja Lokkinevalla.

Hepolamminnevaa ovat kuivattaneet suon länsi-lounais- ja eteläpuolelle kaivetut sarkaojat sekä suon itälaidalle kaivettu oja, joka estää Pakosuon eteläosasta valuvien vesien pääsyn Hepolamminnevan rimmikkoon (kuva 93). Lisäksi Hepolamminnevan pohjoisosaa on kuivattanut rimmikon halkaiseva laskuoja. Vesien liikkeisiin vaikuttaa lisäksi Sysilammen tie, joka halkoo Pakosuolta Hepolamminnevalle ulottuvaa rimmikkoa kolmessa paikassa (kuva 93). Ojituksen jälkeen varsinkin jänteille ja suon reunoille on kasvanut puustoa. Avosuon maisema on kuitenkin säilynyt. Ennen ennallistamista Hepolamminnevan suurimmalla kuivuneella rimmellä valtalajeja olivat suursarat ja raate, mutta siellä oli myös laajoja kuivuneita ja kasvittomia mutapintoja. Entisille rimpipinnoille on paikoin kasvanut kanervaa. Nevan keskiosan märimmillä alueilla kasvaa edelleen vaateliaita lajeja, mm. siniheinää, punakämmekkää ja vaaleasaraa. Varvut ovat valtalajeja jänteillä ja suon reunoilla. Laajimman rimmen halkaisevan ojan varrelle on kasvanut tiheä hieskoivikko.

### Ennallistamisen tavoitteet

Ennallistamisen tärkein tavoite oli palauttaa vesien luontainen liikkuminen Hepolamminnevan ja ympäristön rimpineverkostossa. Ilman ennallistamista alueen minerotrofiset nevat kuivuisivat ja karuuntuisivat edelleen, koska ojitukset johtaisivat ravinteikkaammat vedet pois nevoilta. Myös puuston kasvu jatkuisi normaalia nopeampana.

Koska valuma-alue on laaja, vesien liikkumisen selvittäminen oli haasteellista. Peruskartan ja ilmakuvien avulla hahmoteltiin kuva sekä nyky-



Kuva 94. Hepolamminneva 1950-luvulla.

sestä että ennen ojitusta vallinneesta tilanteesta. Maastossa tarkistettiin veden virtaussuuntia ojissa ja rimpinevoilla, joilla veden liike näkyy etenkin tulva-aikaan selvinä virtauksina. Näin muodostui kuva alueen luontaisesta ja nykyisestä hydrologiasta eli hydrologinen analyysi.

Ennallistamistoimenpiteitä suunniteltaessa paikannettiin 11 kohtaa, joissa vedet tulisi saada ohjattua ojista takaisin kuivuneelle rimpinevalle (kuva 93, mustat nuolet). Näistä kahdeksan pystyttiin ennallistamaan, mutta kolme kohtaa jouduttiin jättämään ennallistamatta, koska kansallispuiston ulkopuolisia alueita olisi vettänyt ennallistamisen seurauksena. Suunnitteluvaiheessa kävi selväksi, että Hepolamminnevan hydrologian ennallistaminen täysin luontaiseksi ei onnistuisi senkään vuoksi, että kansallispuiston Sysilammen tuvalle vievää tietä ei voi hävittää. Tie vaikuttaa vesien liikkeisiin suon itä- ja kaakkoisreunalla.

Ennallistamisella pyrittiin ohjaamaan vesi kansallispuistossa oleville kuivahtaneille rimpine-

voille vesien luontaisia reittejä pitkin. Tämä olisi tarpeen myös, jotta saatiin pienennettyä ojituksen jälkeen kasvanutta Hepolamminnevan valuma-aluetta (kuva 93). Hepolamminnevan läpi kaivettuun ojaan ohjautui nimittäin ojaverkostoa pitkin huomattava osa Soidinnevan vesistä, ja jos ojat olisi tukittu pelkästään Hepolamminnevalle, olisi neva todennäköisesti vettynyt liikaa. Luonnontilassa Soidinnevan vesiä ei ole ainakaan suuressa määrin ohjautunut Hepolamminnevalle. Aivan kokonaan Hepolamminnevan valuma-aluetta ei



**Kuva 95.** Kaivinkone kaivamassa yhtä neljästä uomasta, joilla vedet ohjataan Hepolamminnevan itäreunan ojasta suolle. Hepolamminneva hämöttää koneen takana. Kuva: Reijo Hokkanen, 2008.



**Kuva 96.** Edellisen kuvan uomia seuraavana keväänä. Virtaus oli ojassa vasemmalta oikealle. Uoma on kaivettu taustalla näkyvään Hepolamminnevan rimpeen ja pato on kasattu jätteen kohdalle. Kuva: Reijo Hokkanen, 2009.

voitaisi palauttaa luontaiseen tilaan, sillä muutoin ympäröivät talousmetsäalueet uhkaisivat vettyä. Hepolamminnevalle tulisi ennallistamisen jälkeen edelleen hieman liikaa vettä, mutta lisäyksen vaikutukset arvioitiin vähäisiksi. Vesien määrää arvioitaisiin ennallistamisen jälkeen uudelleen hoitoseurannan yhteydessä, ja tarvittaessa ryhdyttäisiin toimenpiteisiin, joilla alue saataisiin kokonaan hydrologisesti luontaiseen tilaan.

## Ennallistaminen

Koska suojelualueella oli ojitettu vain kapealti suon reunaosia, joille ei ollut kasvanut merkittävästi lisäpuustoa, puuston poistolle ei ollut tarvetta. Ojalinjot raivattiin metsurityönä kuitenkin sen verran, että kaivinkone pystyi täyttämään ojat. Hepolamminnevan suuren rimmen keskelle kasvanut hieskoivikko jätettiin pääosin pystyyn, koska se todennäköisesti kuolisi vetty-misen myötä.

Ojat tukittiin kaivinkoneella syksyllä 2008. Tukkiminen aloitettiin valuma-alueen yläosasta Lokkinevan suunnalta, jotta Hepolamminnevalle oja pitkin tuleva vesimäärä vähenisi. Pakosuon eteläosassa vettä ei ohjattu takaisin nevalle, koska kuivattavat ojat olivat osin suojelualueen ulkopuolella. Vesi ohjailtiin kuivuneille rimpinevoille tekemällä pitkiä patoja täytettävään ojaan ja avaamalla tarvittaessa pieniä uomia vanhaan virtaus-suuntaan päin. Padot tehtiin kohtiin, joissa rimpineva muuttuu ombrotrofiseksi suoksi, hieman karumman suotyypin puolelle. Usein maastossa oli havaittavissa selvä suon pinnan nousu rimpinevan jälkeen, koska rimpipinnat ovat luontaisesti alempana kuin karummat rahkaiset suotyypit.

Hepolamminnevalle suon itäreunan läpi kulkevaan laskuojaan kaivettiin alkupäähän neljä uomaa, joiden tavoitteena oli ohjata veden virtaus keskeemmälle nevaa (kuva 98). Uomat kaivettiin niin, että ne purkivat vetensä rimpeen tai muuhun alavampaan paikkaan. Uomasta nostettu turve kasattiin yhtenäiseksi padoksi uoman alapuolelle tai jänteen kohdalle, jos sellainen oli olemassa (kuvat 95 ja 96). Nevan ympärillä olevat ojat tukittiin. Hepolampeen laskevaan ojaan tehtiin lisäksi pitkiä patoja, joiden tarkoitus oli levittää vettä mahdollisimman laajalle (kuva 98). Ilman patoja vesi liikkuu täytetyllä ojalinjalla eikä leviä tarpeeksi sivulle. Odotettavissa oli, että vesi kiertää padot, sillä nevalle tuleva vesimäärä oli-



si edelleen suuri valuma-alueen latvoilla tehtyjen vesien ohjailujen jälkeenkin. Patojen pituus arvioitiin silmämääräisesti. Hepolamminnevala oli edelleen näkyvässä suon pienmuodot, joiden mukaan padot tehtiin jänteiden kohdalle korkeimpaan kohtaan. Pisin pato oli noin 50 m suurimman rimmen laidassa (kuvat 97 ja 98). Padot kasattiin kaivinkoneella turpeesta, puuta tai muuta kiinteää ainesta ei käytetty. Erityisesti ojan kohdalla padosta pyrittiin tekemään vahva kasaamalla siihen paksusti turvetta.

### Soiden tilanne ennallistamisen jälkeen

Ennallistamisen jälkeen hoitoseurannan yhteydessä havainnoitiin mm. vesien liikettä vuosina 2009 ja 2010. Lokkinevan alueella vesi ohjautui onnistuneesti takaisin rimpinevoille kolmesta kohdasta. Karjanevan kohdalla pato oli liian lyhyt, ja vesi kiersi sen ohitse takaisin ojaan. Hepolamminnevan laskuojaan kaivetuissa uomissa vesi liikkui nevan keskiosiin. Hepolamminnevan suu-

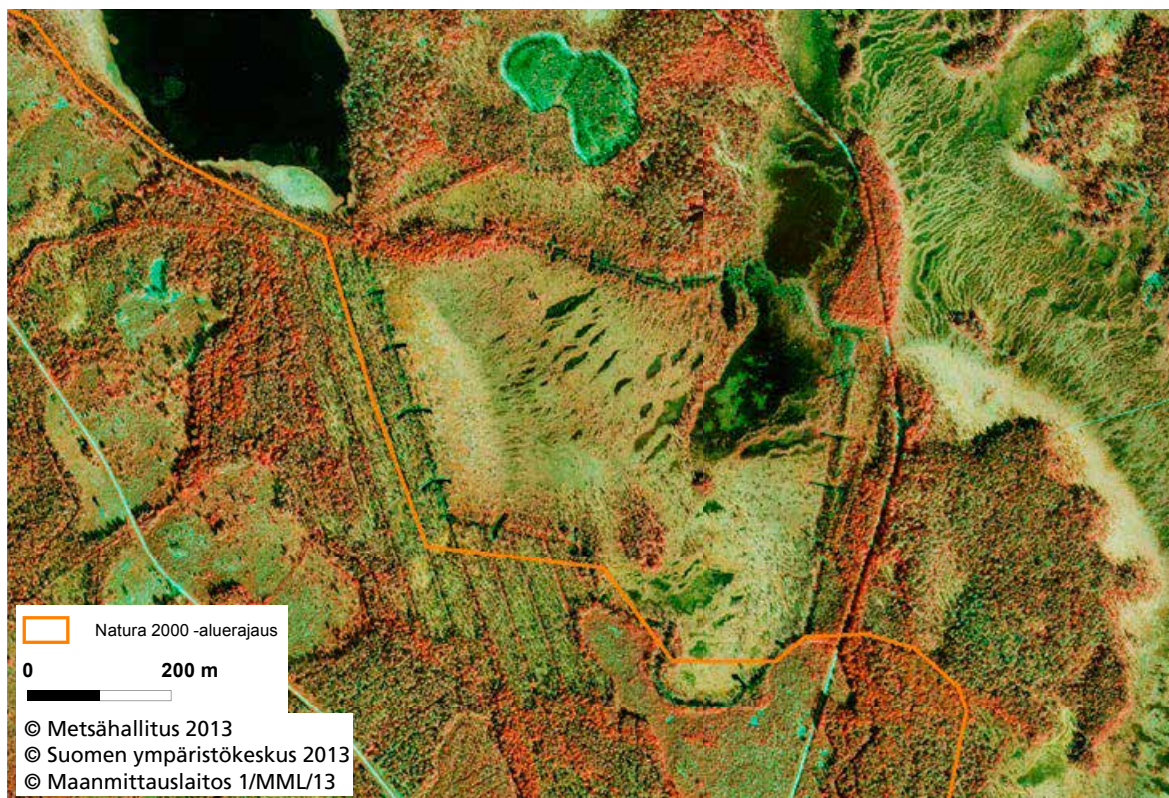
ri rimpi oli kokonaan veden peitossa 5 ha:n alalta (kuvat 97 ja 98). Jänteille tehdyt padot pitivät. Vesi kiersi ne sivuilta, mutta veden leviäminen nevalle oli silmämääräisesti arvioituna riittävää, sillä nevan keskellä oleva rimpineva oli vettänyt. Myös Hepolamminnevan etelälaidalla vesi ohjautui ojista vanhoihin rimpijuotteihin.

Vesien ohjaaminen takaisin kuivuneille rimpinevoille näyttää onnistuvan yleensä melko helposti, koska ne ovat ympäristöönsä alempana ja suolle tulevan veden määrä on suuri.

Kaivinkoneella tehdyt turvepadot näyttäisivät olevan hyvin kestäviä. Vesi ei murra niitä, jos ne tehdään tiiviiksi kauhalla tamppaamalla ja pitämällä turvepaakut mahdollisimman ehjinä. Ojien täyttömaa otetaan kaivinkoneella sieltä täältä ojan sivuilta. Vanhat ojamaat eivät yleensä riitä täyttämään koko ojaa. Tällöin turvetta voidaan ottaa niin kaukaa kuin kauhalla ylittää, sillä ennallistamisen jälkeen montut täyttyvät vedellä ja maisemoituvat. Ojien ”tikapuutäyttö” näyttäisi pysäyttävän vesien liikkumisen täytetyllä ojalin-



**Kuva 97.** Hepolamminnevan jänteelle tehtiin noin 50 m pitkä pato. Nevan suurin rimpi (5 ha) on kuvassa vasemmalla, veden laskusuunta vasemmalta oikealle Hepolampeen päin. Kuva: Reijo Hokkanen, 2009.



Kuva 98. Hepolamminneva ilmakuvalla vuonna 2010, kaksi vuotta ennallistamisen jälkeen.

jalla säännöllisten patojen lisäksi: ojan sivuille ei raavita yhtenäistä paljasta pintaa, vaan välillä jätetään koskematon kasvillisuuden peittämä kaisla ojan penkkaan asti kiinni. Näin täytetyn ojan sivuille ei muodostu uutta vettä johtavaa uomaa.

Alueen ennallistamista on tarkoitus vielä jatkaa. Tärkeimpänä tavoitteena on Pakosuon eteläosan virtausten muuttaminen niin, että vesi ohjautuu takaisin nevalle. Tällä hetkellä Hepolamminnevalle tulee vielä hieman liikaa vettä luonnontilaan verrattuna, kun Pakosuon eteläosan vedet tulevat suoraan Hepolamminnevalle. Myös Soidinnevan ja Lokkinevan itäpuolisten ojitusten vaikutusta Heikinjärvennevan hydrologiaan on syytä tarkastella.

Soita ennallistamalla voidaan edistää myös vesiensuojelua. Tällä esimerkkialueella suojelualan ulkopuolelta tulevia vesiä on ohjattu kulkemaan useita kilometrejä soita pitkin ennen va-

lumista alapuoliseen vesistöön. Kiintoaineiden liikkuminen vesistöihin on pysäytetty kokonaan ja todennäköisesti myös ravinteiden huuhtoutuminen on vähentynyt merkittävästi. Ennallistamisessa ensisijainen tavoite on toki suojelualan luonnontilan parantaminen, mutta usein luonnonsuojelun ja vesiensuojelun hyödyt ovat yhteiset.

#### Kustannukset ja työaika

Ennallistamisessa täytettiin noin 6 km oja. Lisäksi muutamiin kohtiin tehtiin normaalin täytön lisäksi pitkiä patoja. Metsurit raivasivat puustoa ojalinjoilta noin kymmenen työpäivän ajan, minkä kustannukset olivat noin 3 000 €. Kaivinkonetyöhön kului aikaa 70 tuntia, ja sen kustannukset olivat noin 3 500 €.

### 13.12 Märän, luhtaisen aapasuon kuivatuskanavan tukkiminen: Siikajoen Revonneva

Sakari Rehell

#### Revonnevan ominaispiirteet ja ennallistamistarve

Revonneva on sekakompleksi, jossa ruskorahkeita ja aapasuo-osat peittävät suunnilleen yhtä suuren osan suoalasta (kuva 99). Revonneva, mukaan lukien avosuon keskellä oleva kuivatuskanava ympäristöineen, on nykyisin osa Revonnevan–Ruonnevan Natura-aluetta. Revonneva kuuluu myös soidensuojelun perusohjelmaan.

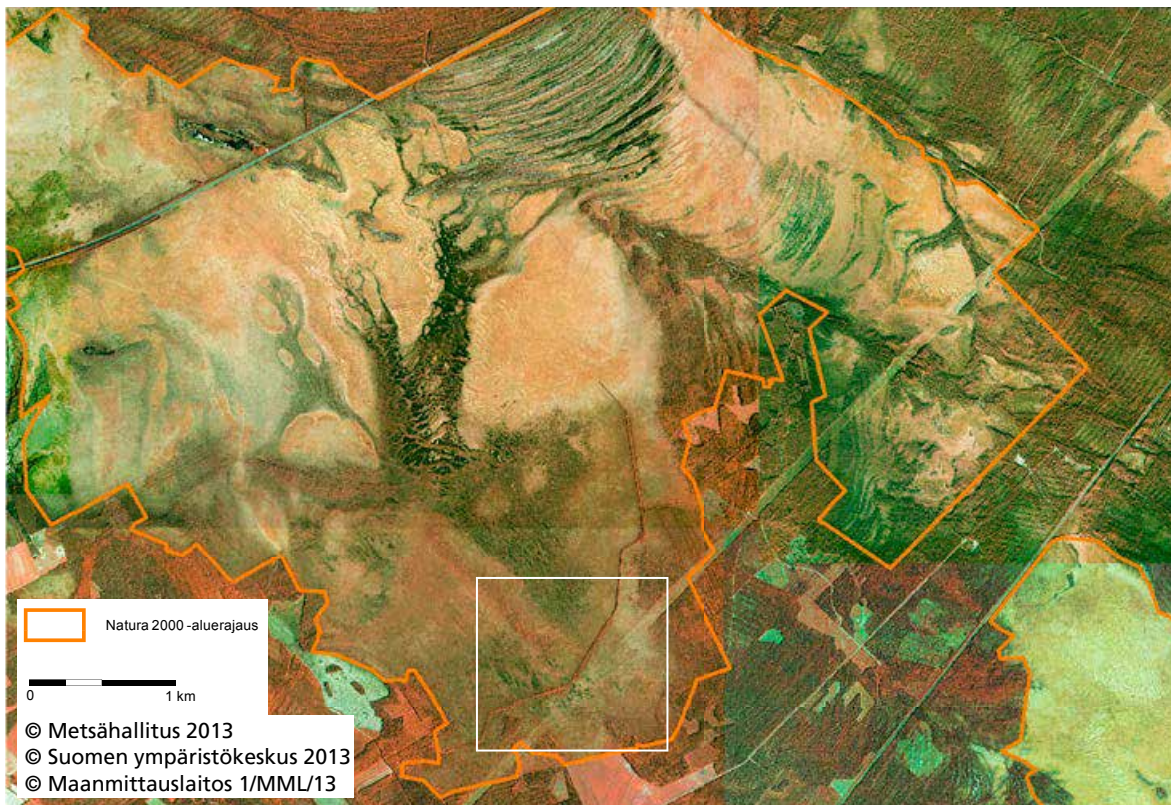
Suon itäpuolinen valuma-alue on suurelta osin ojitettu, pääosin 1960-luvulla. Ojitusalueiden vedet oli johdettu märän aapasuo-osan läpi kaivettua kuivatuskanavaa pitkin suoraan lounaispuolella olevaan Siikajokeen.

Kuivatuskanava oli kuivattanut erittäin laajasti myös kanavan länsipuolista ojittamatonta aapasuota. Vielä noin 500 metrin päässä kanavasta,

sen länsipuolella, entinen märkä rimpisuo kasvoi männyntaimia ja vaivaiskoivua (kuva 100). Rimmet olivat kuivia, niiden kasvillisuus oli yksipuolistunut ja koko suon merkitys lintujen pesimä- ja levähtämisalueena oli kärsinyt.

Luonnontilassa vesi on kerääntynyt laajalta alueelta aapasuon keskiosiin (kuva 101), missä vallitsevana suotyyppinä on ollut rehevä, luhtainen rimpineva. Jännerakenne on ollut heikosti kehittynyt ja turvekerroksen paksuus paikoin yli 2 m. Sen alueen laajuus, jolta vedet luonnontilassa ovat valuneet aapasuon keskiosiin mutta jolta vedet ojituksen vuoksi virtasivat kuivatuskanavaa myöten, oli noin 800 ha. Tämän vuoksi kanavassa virtaavat vesimäärät olivat hyvin suuria.

Kuivatuskanava oli 1–2 m leveä ja ulottui monin paikoin kivennäismaahan asti. Kuivatus oli aiheuttanut kanavan varren pintaturpeen voimakasta painumista (kuva 102), ja kanavan ympärille oli muodostunut noin 50 m leveä uoma. Ennallistamissuunnittelun yhteydessä syksyllä 2005 suon pinnan korkeuseroja vaaittiin painumisen mittasuhteiden selvittämiseksi.



**Kuva 99.** Ilmakuva Revonnevan alueesta ennen ennallistamista. Sitten tukittu kuivatuskanava on kuvan keskiosassa, alaosiltaan valkoisen laatikon keskellä. Valkoinen laatikko osoittaa vinoalvarjosteen ottokohtaa kuvassa 106.

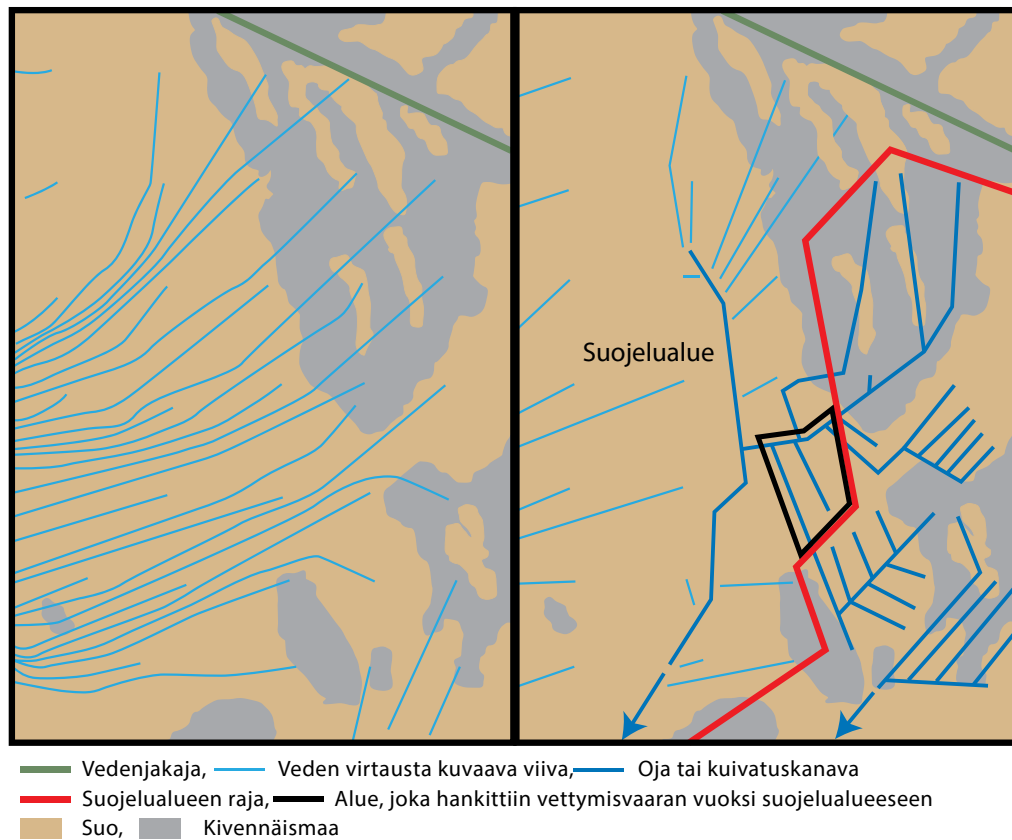


**Kuva 100.** Maisema ojittamattomalta, mutta pahoin kuivuneelta entiseltä rimpinevalta noin 200 metriä kuivatuskanavan länsipuolelta. Kuva: Päivi Virnes elokuu 2006.

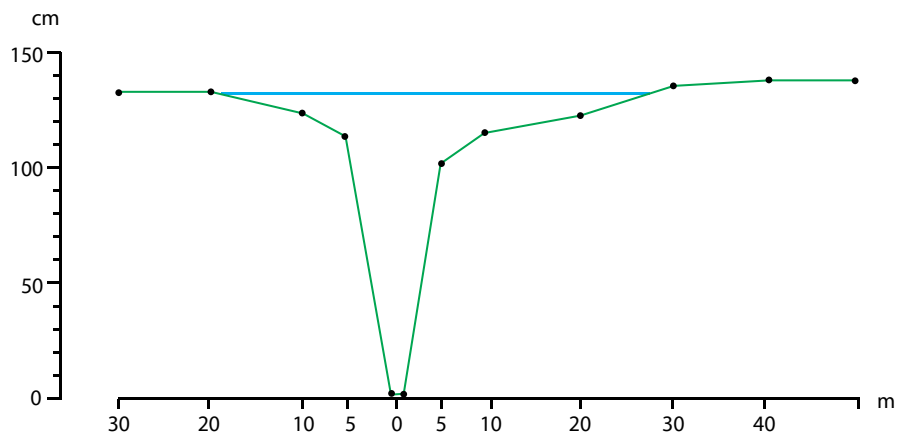
Kanavan varren laajan painumisen vuoksi ennallistaminen päätettiin toteuttaa tekemällä oja-uoman poikki niin mittavia turvevalleja, että ne ulottuisivat koko painuneen alan poikki. Pelkän uoman tukkiminen olisi jättänyt ennallistamistuloksen puolitiheen.

Revonnevan suojelualue on lähes kauttaaltaan yksityismaiden ympäröimä. Suunnittelun aikana oltiin tiiviissä neuvotteluyhteydessä naapurimaanomistajiin. Suunnittelun yhteydessä järjestettiin mm. laaja tiedotus- ja neuvottelutilaisuus, johon kutsuttiin ennallistamisalueen lähiseudun maanomistajat sekä muun muassa viranomaisia. Tilaisuudessa maanomistajat saivat kommentoida alustavia suunnitelmavaihtoehtoja ja kommentit otettiin suunnittelussa huomioon.

Ennen töiden aloittamista valtiolle jouduttiin hankkimaan noin 10 ha vettymisuhan alaista yksityismaan ojitettua suota (kuva 101). Kyseinen ala kuului Natura-rajaukseen, mutta alueiden hankinnasta vastaavat olivat jo ehtineet päättää jättää kyseisen alan hankkimatta. Alue saatiin kuitenkin hankittua ja liitettyä suojelualueeseen.



**Kuva 101.** Veden virtaus Revonnevalla ennen ojitusta (vasemmalla) ja sen jälkeen (oikealla). © Metsähallitus 2013, © Maanmittauslaitos 1/MML/13.



**Kuva 102.** Kuivatuskanavan keskiosista vaaittu poikkaisprofiili, joka ulottuu kanavasta noin 30 m länteen ja 50 m itään. Nollatasona on kanavan veden pinta, joka tällä kohdalla on ollut noin 130 cm ympäröivien soiden pinnan alapuolella. Sininen viiva kuvaa tasoa, jolle veden pinta pitäisi nostaa, jotta se pääsisi virtaamaan länteen kohti suon keskiosia.

## Ennallistaminen

Ennallistamistyöt aloitettiin puuston hakkuulla kevättalvella 2006. Silloin korjattiin ojien varrelle kasvanut puusto kokopuuna energiapuuksi. Kanavan vartta hakattiin lähes kolmen kilometrin matkalta 10–20 m leveästi aukeaksi (kuva 103). Myös ostetulta ojitusalalta hakattiin ojien varret aukeaksi. Energiapuuta saatiin kanavan varsilta noin 500 m<sup>3</sup> ja pienempien ojien varsilta noin 280 m<sup>3</sup>. Ojien tukkimisen jälkeen puustoa harvennettiin vielä maisemallisista syistä noin 100 m<sup>3</sup> metsurityönä avohakattujen ojalinjosten väleistä.

Elokuussa 2007 kuivatuskanava tukittiin tekeväällä noin 70 m:n välein noin 50 m:n levyisiä turvemaleja (kuva 104). Samassa yhteydessä tukittiin pienempiä metsäojia kanavaan laskevilta ojitusalueilta. Yläpuolisten yksityismaiden kuivatuksen vuoksi osa sivuoista jouduttiin jättämään auki ja joitakin ojia jouduttiin perkaamaan.

Kanava saatiin padottua suunnitelmien mukaisesti sateisesta kesästä huolimatta. Vaikeinta oli työn aloittaminen, sillä kanava oli lähes täynnä vettä. Patoaminen aloitettiin kanavan yläpäästä. Päästäkseen siirtymään aloituskohtaan ojan yläpäähän, kaivuri joutui loppuvaiheessa koko ajan kasaamaan itselleen turpeista ja juurakoista ”saarta” pysyäkseen pinnalla. Heti kun ensimmäinen pato oli saatu tehtyä, veden virtaus ohjautui pois ojuomasta kohti avosuon keskiosia ja alapuolinen oja alkoi kuivua. Kanavan loppuosan patoaminen olikin sitten huomattavasti helpompaa. Lopputuloksena on noin 2,5 km pitkä, peräkkäisistä lammista muodostunut helminauha.



**Kuva 103.** Maisema hakatun kanavan varrelta kuivana kesänä 2006 ennen ojan tukkimista. Kuva: Päivi Virnes, elokuu 2006.



**Kuva 104.** Patovalli pari viikkoa työn tekemisen jälkeen. Kaivettu lammikko ei ole vielä täyttynyt vedellä. Kuva: Päivi Virnes, elokuu 2007.

Tämä lisää avovesiosan pinta-alaa koko suolla merkittävästi. Altaiden täytyttyä veden pinnan nousu alkoi vaikuttaa koko kanavan länsipuolille alueelle.

### Ennallistamisen vaikutukset

Kaksi vuotta kanavan tukkimisen jälkeen tehdystä hoitoseurannassa havaittiin veden nousseen koko kuivahtaneella länsipuolen alueella niin, että vettymisen vuoksi ruskettuneiden ja kuolleiden männyn taimien alue ulottui noin 500 metrin päähän entisestä kanavasta. Yksityismaalle ei missään tullut vettymishaittoja. Niiden välttämiseksi tehdyt toimenpiteet heikensivät kuitenkin jonkin verran ennallistamisen tulosta paikoin suojelualueen reunaosissa. Vesiä purkautuu suolle auki jätettyjen ojien päistä paikoin pistemäisesti ja muualla suo pysyy paikallisesti kuivana. Myös kanavan alaosasta jouduttiin alapuolisten peltojen kuivatuksen vuoksi jättämään muutama sata metriä auki (kuva 106). Näin lähes parikymmentä hehtaaria suojelusuoita jäi ennallistetun suokokoisuuden ulkopuolelle ainakin toistaiseksi. Jatkossa on tavoitteena neuvotella maanomistajien kanssa ratkaisusta, jossa saataisiin tältäkin osalta vesitalous palautettua pellonojien perkaamisen ja uusien rumpujen avulla.

Suon keskiosiin pääsee ennallistamisen jälkeen vesiä noin 4/5 luonnontilaisesta määrästä. Kaikkiaan noin 200 ha:n alue kuivunutta suota saatiin palautettua vesitaloudeltaan luontaisen kaltaiseksi (kuva 105). Kanavan varressa maisema ja luonnolot ovat muuttuneet hyvin erilaisiksi kuin alkuperäisellä suolla. Laajat kuivahtaneet rimpinevat alkavat kuitenkin jo muistuttaa luonnontilaista. Kasvillisuusseurantojen tulosten perusteella suokasvilajisto on kahden ensimmäisen vuoden aikana alkanut palautua varsin nopeasti luontaisen rimpinevan suuntaan.

### Ennallistamisen kustannukset

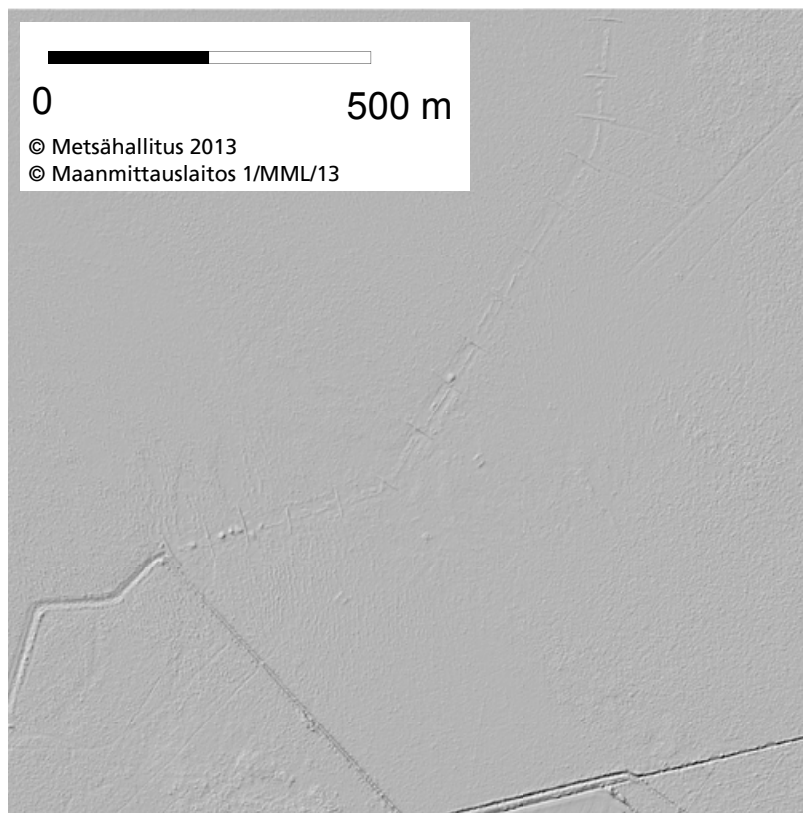
Patoamis- ja tukkimistoimenpiteet vaativat noin 11 työpäivää kaivuritöitä. Myydystä energiapuusta saadut tulot kattoivat alle puolet hakkuiden ja hakattujen puiden kuljetuskustannuksista. Tulosta heikensi osaltaan se, että osa puista hakattiin valtion omistamalta maapalstalta, jonka käyttöoikeus on läheisellä maatalousalan oppilaitoksella, jolle puut luovutettiin korvauksetta. Pienehkö osa puista oli lisäksi tätä kirjoitettaessa edelleen kasassa kuivumassa. Vaikka kaikki puut olisi saatu myytyä täyteen hintaan, olisivat myyntitulot kuitenkin olleet vain vähän yli puolet hakkuukustannuksista.

Kaikkiaan toimenpidekustannukset olivat noin 17 500 €, josta noin 2/3 hakkuiden nettokustannuksia. Kaivinkonetyöt sujuivat jokseenkin arvioidulla hinnalla, mutta hakkuiden kustannukset nousivat reilusti arvioitua suuremmiksi. Suunnittelun ja työnjohdon kustannuksia ei ole sisällytetty toimenpidekustannuksiin.

Kustannukset olivat toimenpidealaa kohti noin 800 €/ha. Vaikutusalue Revonnevalla on kuitenkin lähes kymmenkertainen toimenpidealaa verrattuna, joten vaikutusaluetta kohti laskettuna kustannukset olivat noin 90 €/ha.



**Kuva 105.** Maisema ennallistetun kanavan yli kohti länsipuolista avosuokeskustaa noin vuosi toimenpiteiden jälkeen. Kuva: Sakari Rehell, heinäkuu 2008.



**Kuva 106.** Korkeussuhteita kuvaava laserkeilauksen vinovalovarjostuskuva Revonnevan padotun kanavan alapäästä vuodelta 2010. Auki jätetyt ojat (kanavan alaosa aivan kuvan vasemmassa reunassa sekä pellon kuivatusojat kuvan alaosassa) erottuvat hyvin syvinä. Kanavan poikki n. 70 m:n välein tehdyt, noin 50 m pitkät turvevallit erottuvat jo melko hämärästi eikä entinen kanava muodosta enää yhtenäistä uomaa.

### 13.13 Jänteisen aapasuon kuivatuskanavien tukkiminen: Kuusamon Hyöteikönsuo

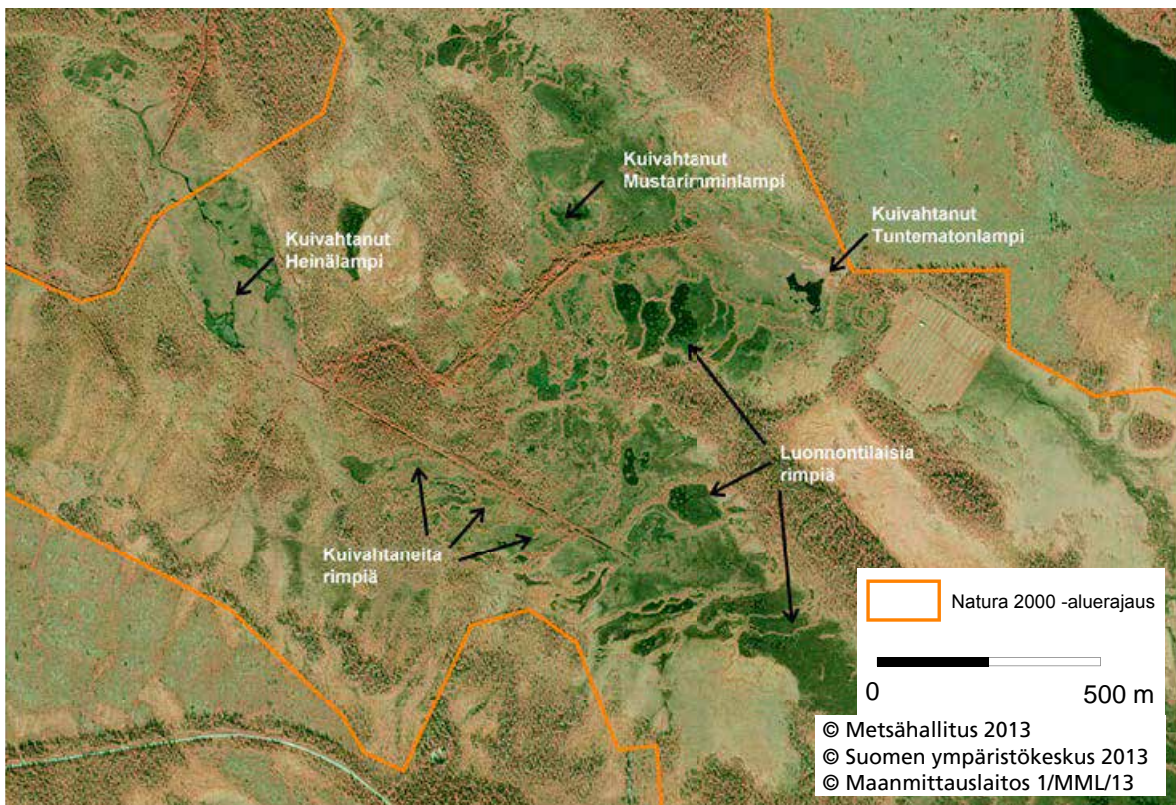
*Pekka Veteläinen ja Sakari Rehell*

Hyöteikönsuon lähes 1 000 hehtaarin laajuinen suoalue sijaitsee eteläisessä Kuusamossa komean Närängänvaaran juurella. Suon keskiosille ovat tyypillisiä laajat ruopparimmet ja niitä patoavat korkeat jänteet. Hyöteikönsuo on hyvin tyyppillinen peräpohjalainen aapasuo. Ravinteisuudeltaan se on pääosin keskiravinteinen tai karu, vain paikoin on pieniä lettokuviota. Suoalueelle kaavailtiin 1950-luvulla rintamamiestiloja ja asutusaluetta, ja suon luoteisosaan kaivettiin syviä kuivatuskanavia. Suo jäi kuitenkin vaille suunniteltua käyttöä ja luontoarvoiltaan merkittävänä perustettiin soidensuojelualueeksi vuonna 1988. Nykyisin se on osa Etelä-Kuusamon vanhojen metsien Natura-aluetta.

Kuivatuskanavia oli suojelualueen sisällä noin 2,6 km, ja ne olivat leveydeltään 3–5 metriä ja syvyydeltään noin 2 metriä. Pohjoisempi pääkanava oli kaivettu Tuntematonlammeista Mustan-

rimminlammen kautta Heinälammen alapuolelle. Tähän liittyi kaakosta toinen avosuon läpi kaivettu kanava. Kaivettujen kanavien alueella turvekerroksen paksuus oli pääosin 1–2 metriä. Jänteisen rimpinevan läpi kaivetut kanavat olivat kuivattaneet suota voimakkaasti, paikoin jopa 400 metrin päässä kanavista. Edellä mainitut kolme lampea olivat kuivuneet lähes kokonaan ja muuttuneet pääosin saraa kasvaviksi luhtaisiksi nevoiksi (kuva 107). Kanavien varsilla puusto oli kasvanut varsin tiheäksi, mutta kauempana suon kuivuminen näkyi lähinnä karhunsammalten, siniheinän, vaivaiskoivun ja muiden kuivuutta kestävien lajien leviämisenä kuivuneille ruopparimpipinnoille. Aikoinaan hyvinkin märät rimmet olivat kuivahaneet täysin ja painuneet kokoon, ja mätäspintaist jänteet olivat jääneet voimakkaasti koholle. Tuntemattomanlammen ja Heinälammen välillä ollut Heinäkorvenpuro oli kuivunut täysin ja osa purouomasta oli hävinnyt kanavan kaivun yhteydessä. Kaikkiaan suojelualueella oli reilu sata hehtaaria kuivunutta suota ja kuivuneita lampia.

Ennallistamista suunniteltaessa selvitettiin veden virtaussuunnat koko ennallistamisalueella. Samalla muodostui käsitys siitä, millä tavalla



Kuva 107. Ilmakuva Hyöteikönsuolta ennen toimenpiteitä.



suo tulisi ennallistaa. Suolla oli aikoinaan – ja on edelleen – vahva jännerakenne, joka oli pitänyt suon vesitalouden hyvin stabiilina. Esimerkiksi tulvavedet ovat viipyneet suolla pitkään. Kanavoituksella jännerakenne oli rikottu, joten kuivatusvaikutus oli hyvin voimakas.

Suon ennallistamisen lähtökohdaksi otettiin jännerakenteen korjaaminen alkuperäisen kaltaiseksi ja vesien johtaminen alkuperäiseen lasku-uomaan eli Heinäkorvenpuroon.

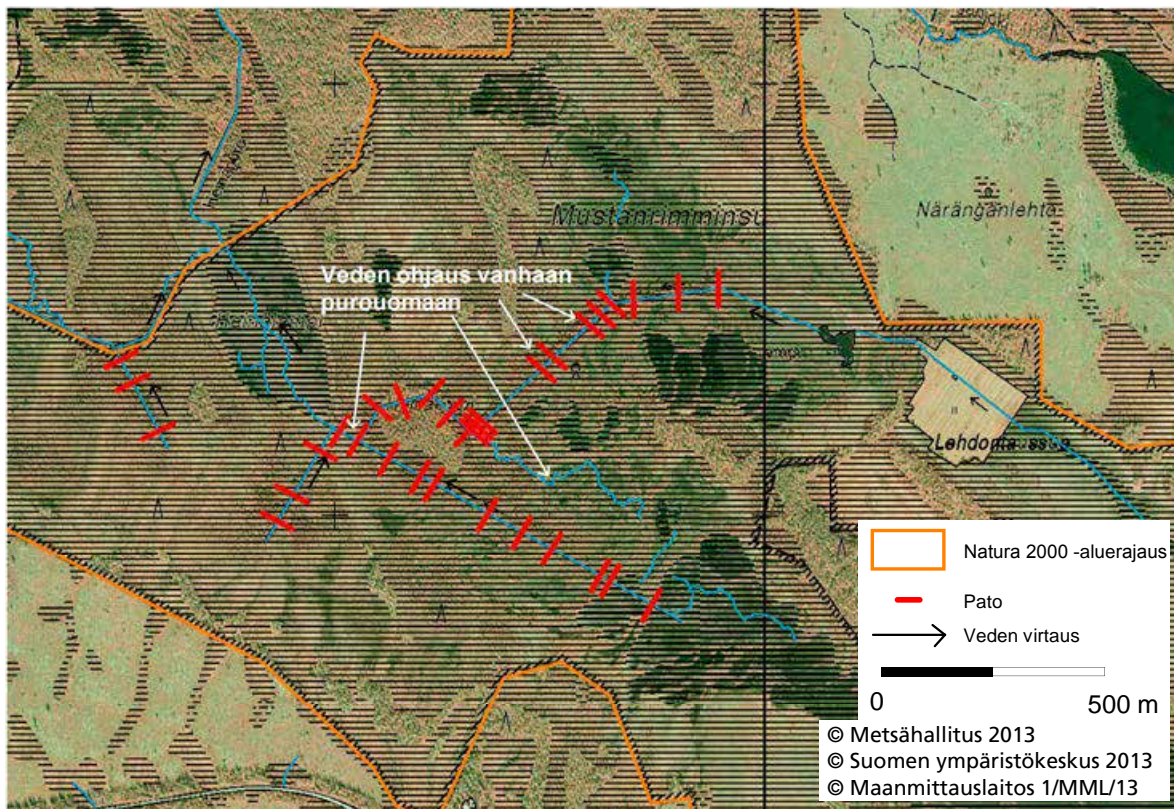
Ennallistamissuunnitelmaan ei määritelty patojen paikkoja, koska se olisi ollut käytännössä mahdotonta. Pääpadot tehtiin jokaiselle rikotulle jännteelle, ja padoista tehtiin niin suuria, että ne kestävät suurenkin tulvan paineen. Lisäpatoja tehtiin tarpeen mukaan jänneiden välisille osuiksille, erityisesti Heinäkorvenpuron palautuksen yhteydessä (kuva 108). Suunnittelija oli kaivutöiden aikana paikalla päivittäin ohjaamassa työtä ja määrittämässä patojen paikat.

Ennallistaminen aloitettiin poistamalla puus- toa miestyönä kanavavalleilta yhteensä noin 4 hehtaarin alalta ja muilta suon osilta noin 2 hehtaarin alueelta. Patojen rakentamiseen tarvittava

puuaines saatiin kanavavalleilta poistetusta puus- tosta. Loppu hakattu puutavara ajettiin talvella kelkoilla pois suolta. Osa latvuksista ja oksista pantiin tukittaviin ojiin patojen väleihin, osa pol- tettiin ja osa jäi kasoina lahoamaan.

Kanavat padottiin ja tukittiin kesällä 2005 kaivinkoneella. Kanavien tukkimiseen käytettiin reunoilla olleita vanhoja kanavamaita. Kanavat pyrittiin täyttämään kokonaan, mutta kanava- maat eivät kaikin paikoin riittäneet. Kanaviin tehtiin 33 kpl puurakenteista, suodatinkankaal- la vahvistettua patoa (kuva 109). Patojen tarkat paikat määräytyivät jännerakenteen ja alkuperäis- ten purouomien mukaan. Puupatojen sydämet rakennettiin miehen ja koneen yhteistyönä paina- malla koneella puunrungot kiinni maahan. Padon pintaan pyrittiin saamaan kanavamailta kuorittua kuntaa, jotta se kestäisi paremmin mahdollista veden kulutusta ja olisi luonnollisemman näköi- nen.

Puro ennallistettiin ohjaamalla vesi kanavasta padon avulla kanavan varrella säilyneisiin vanhoi- hin purouomiin. Vanha uoma oli voimakkaasti karhunsammaloitunut, mutta sitä ei perattu, jot-



**Kuva 108.** Kuivatuskanavien massiivisuuden ja suolla tulva-aikaan liikkuvien vesimäärien suuruuden vuoksi jänneiden kohdille rakennettiin patoja melko tiheään.



**Kuva 109.** Koska kanava oli hyvin syvä, jouduttiin puupadoistakin tekemään poikkeuksellisen korkeita. Kuva: Pekka Veteläinen, elokuu 2005.

ta se keräisi paremmin kiintoainesta. Niissä paikoissa, missä kanava oli kaivettu vanhan puron kohdalle ja purouoma oli hävinnyt, kaivettiin padotun kanavan viereen ehjään turpeeseen matalahkoa, puromaista uomaa, jotta vesi ei murtaisi patoja.

Tuntematonlampi ja Mustanrimminlampi (kuva 110) täyttyivät muutamassa päivässä syksyn sateiden alkaessa. Kaikki suolle tehdyt padot ovat pitäneet. Kuivuneet, voimakkaasti painuneet rimmet ovat tällä hetkellä vedenpeittämiä. Kanavien kohdalle muotoiltu purouoma on pysynyt hyvin kuosissaan, koska puron virtaama on vähäinen ja voimakkaimman tulvan aikana vesi virtaa muuallakin kuin purouomassa. Itse kanavassa vesi ei enää virtaa, koska padot estävät sen.

Turpeen painuminen aiheutti sen, että kun vesi alkoi nousta, se peitti laajemman alueen kuin oli osattu ennakoida. Loppujen lopuksi tämä oli

vain hyvä, sillä vesi peitti myös suurimman osan mustalle muralle kuorituista kanavanreunusmaista. Suon pintavesien viipymän ja valunnan arvioidaan palautuneen ennen toimenpiteitä vallinneelle tasolle. Seurantakäynnillä tehdyt epäviralliset lintulaskennat ovat osoittaneet kahlaajien ja vesilintujen yksilömäärien moninkertaistuneen ennallistamisen myötä.

Heinälammen pintaa ei voitu nostaa, koska sen luoteispää sijaitsee yksityismaalla. Kuitenkin tarkastuskäynnillä vuonna 2010 huomattiin yllättäen Heinälammen saaneen vetensä takaisin. Asiaa selvittäessä todettiin majavan rakentaneen padon Heinälammesta laskevaan kanavaan syksyllä 2009. Pato on nostanut vesipintaa noin metrillä ja saanut matalan järven täyttymään.

Ennallistamisen kustannukset olivat noin 40 000 €, joten hinta palautettua hehtaaria kohti oli noin 245 €.

**A****B**

**Kuva 110.** Maisema Mustarimminsuolta kanavan varrelta töiden aikana, jolloin vesi ei vielä ollut päässyt nousemaan (A), koska yläpuolelkin oli padottu, sekä muutamaa viikkoa myöhemmin (B). Kuvat: Pekka Veteläinen, elo- ja syyskuu 2005.

### 13.14 Kasvilajiston ja hydrologian muutoksia vaihteittain ennallistetulla laajalla suoyhdistymällä: Leivonmäen kansallispuiston Haapasuo

*Tuomas Haapalehto ja Tapani Sallantaus*

#### Suoluonto ennen ojitusta

Haapasuo sijaitsee Joutsan kunnassa Sisä-Suomen vietto- ja rahkakeidasvyöhykkeellä. Keski-Suomen oloissa poikkeuksellisen laaja suokokonaisuus (alkuperäinen pinta-ala 1 600 ha) jakautuu itäosan aapasuokompleksiin ja länsiosan viettokaidasalueeseen. Haapasuon itäosassa on käynnistetty turpeennosto 1970-luvulla, minkä jälkeen suon länsiosa varattiin suojeluun (kuva 111). Nykyisin suojelualue kuuluu Leivonmäen kansallispuistoon.

Haapasuon suojeluosan etelä- ja itäosissa on aapasuo, joka on saanut vetensä Haapajärven eteläpuolelta kivennäismaan reunasta kumpuavista pohjavesistä sekä toisaalta Soidensalonlampien pohjoispuolisen kankaan valuvesistä ja kankaan reunasta kumpuavista pohjavesistä (kuvat 111 ja 112). Haapasuon pohjois- ja länsiosiin on kehittynyt edustava viettokaidas (kuva 112). Vallitsevat suotyypit suojelualueen keidassuo-osalla ovat rahkaräme, tupasvillaräme, lyhytkorsinevaräme, keidasräme ja suon reunaosissa isovarpuräme (Halonen 1990, Seppä ym. 1993). Aapasuoalueella on myös saranevoja ja rimpinevoja. Kirveslammien seudulta suon poikki ulottuvan vedenjakajan pohjoispuolelta vedet laskevat Haapajärven sekä Pieni- ja Iso-Valkeisen kautta Rutajärveen. Eteläpuolelta vedet laskevat kolme kilometriä Natura-alueen eteläpuolella sijaitsevaan Kostamonjärveen (kuva 111).

#### Ojituksen aiheuttamat muutokset

Haapasuota on ojitettu pääasiassa 1960-luvulla. Haapajärven laskuoja kaivettiin vuosina 1958–1960, minkä seurauksena Haapajärven vedenpinta aleni noin metrillä (Kärki 1990). Luonnontilassa Haapajärveen ei ole laskenut eikä siitä ole lähtenyt vesiuomaa. Haapasuon eteläosan ojitukset (kuva 111, osa-alueet 2, 3, 4) on aloitettu vuonna 1962. Samoihin aikoihin on kaivettu myös Haapajärven pohjoispuolen ojat (kuva 111, osa-alue 1). Viimeisimmät ojat on tehty nykyisen

suojelualueen itäosaan Haapajärven eteläpuolelle 1970-luvulla.

Ojitus on vaikuttanut Haapasuon suojeltuun aapasuo-osaan merkittävästi. Haapajärven eteläpuolella kaivettiin oja alun perin märälle rimpinevalle (kuva 111, osa-alue 3). Tämä kuivatti ojitusaluetta, mutta vaikutti myös ojikon alapuolisen aapasuon vesitalouteen. Myös aapasuon eteläosa on tiheästi ojitettu (kuva 111, osa-alue 4). Lisäksi viettokaitaan pohjoispuolelle pohjavesien kumpuamisalueelle kaivettiin oja, jotka keräsivät vettä myös keidassuo-osalta (kuva 111, osa-alue 2). Ojituksen seurauksena suoveden ja lampien pinnan taso laski ja puuston kasvu lisääntyi merkittävästi (vrt. kuvat 111 ja 113).

#### Ennallistamistoimenpiteet

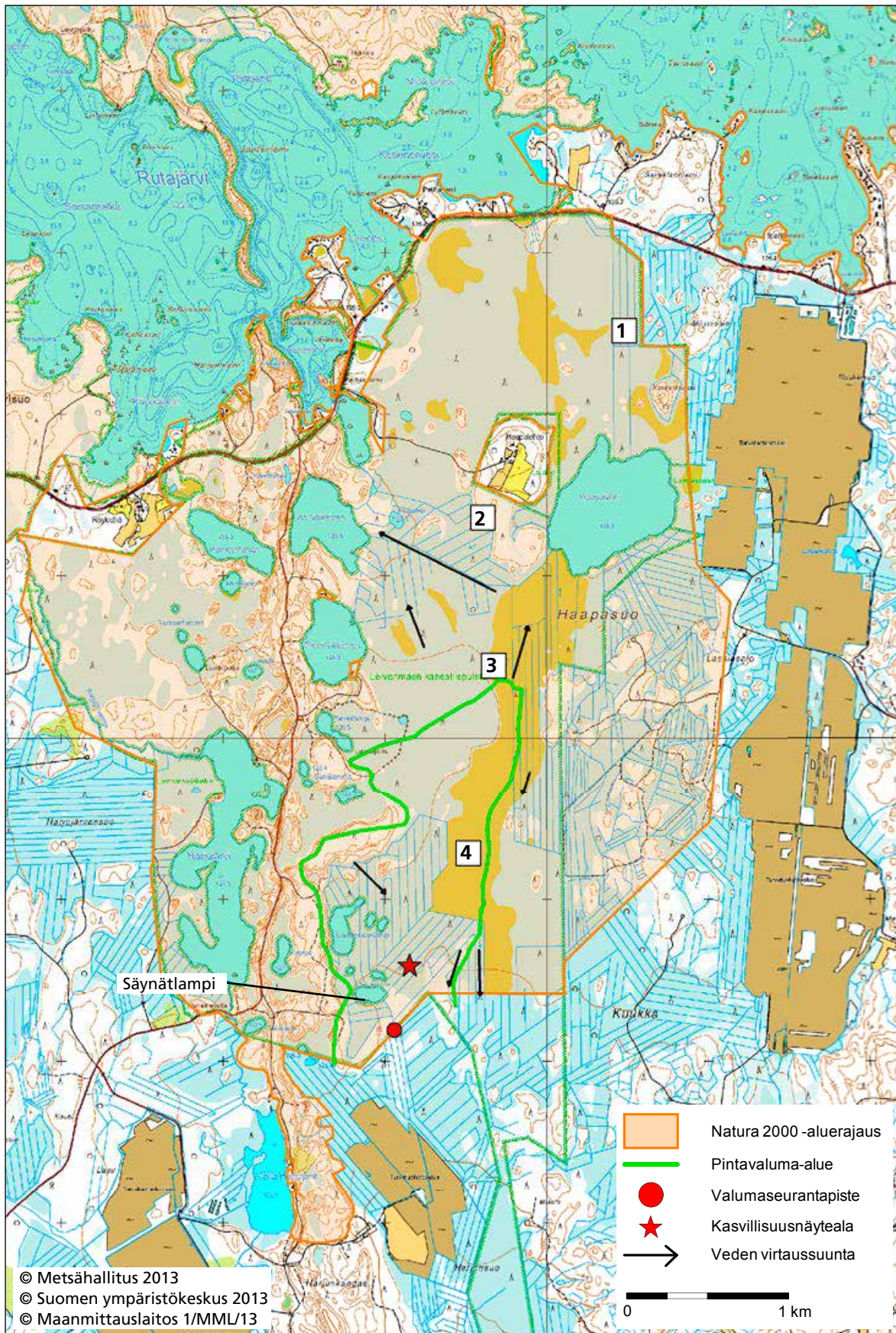
Haapasuon ennallistaminen aloitettiin vuonna 1990, joten se on Suomen ensimmäisiä soiden ennallistamiskohteita. Ojat tukittiin suon neljällä osa-alueella patoamalla käsityönä (Kärki 1990, kuva 111). Osalla alueesta käytettiin pääosin puusta tehtyjä patoja. Paikoin tehtiin myös enintään 200 metrin välein sijoiteltuja turvepatoja, joiden korkeus oli 20 cm ympäröivää suota ylempänä (Kärki 1990). Suon eteläosassa Säynätlammien ja Soidensalonlammien koillispuolelta poistettiin lisäksi osa puustosta.

Syksyllä 1999 tehdyn inventoinnin perusteella Haapasuon ennallistamista ehdotettiin täydennettäväksi. Turve- ja puupadot pitivät vettä, mutta patoja oli niin harvassa, ettei vesi ollut noussut saroille (Suikki 2001). Lisäksi ojien varsilla olevat ojamaat estivät veden leviämisen saroille. Ojitukselta hyötynyttä puustoakaan ei ollut poistettu riittävästi.

Ennallistamista täydennettiin eri puolilla Haapasuota vuosina 2003–2008 täyttämällä ojat turpeella ja poistamalla ojituksesta hyötynyt puusto.

#### Kasvilajiston muutokset

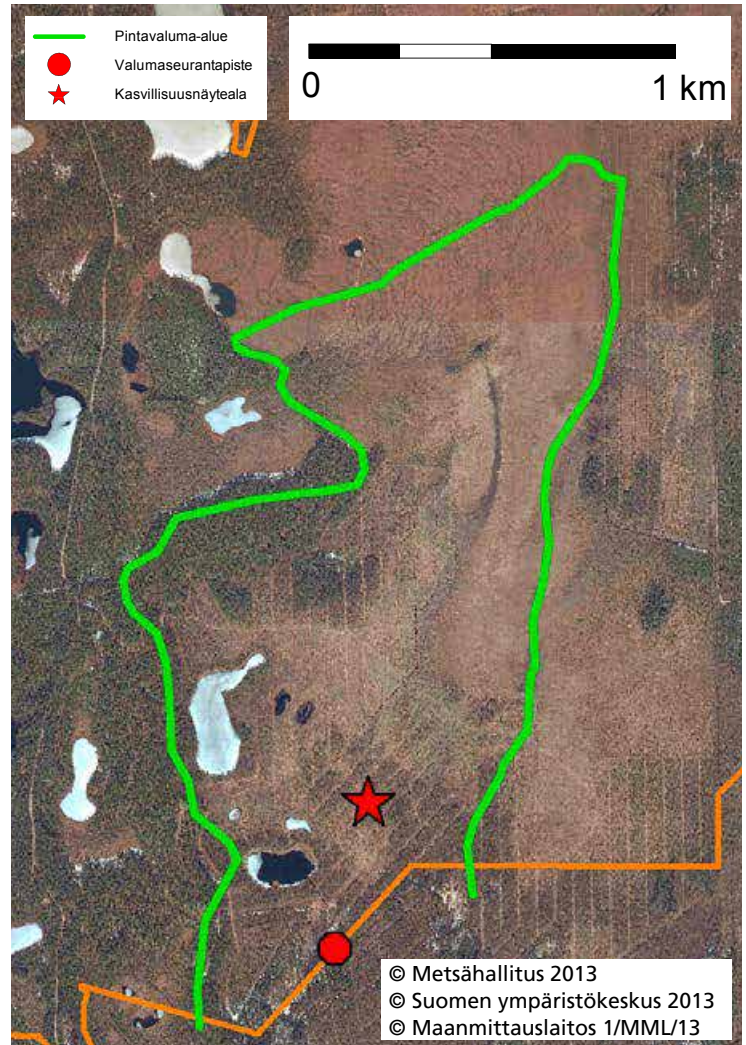
Vuosi ojien patoamisen jälkeen (vuonna 1991) Haapasuon osa-alueelle 4 perustettiin 24 neliömetrin laajuista kasvinäytealaa, joilla seurattiin kasvilajistossa tapahtuvia muutoksia (Seppä ym. 1993). Näytealat sijoitettiin muuttumalle, jonka alkuperäiset suotyypit olivat olleet lyhytkorsinevaa ja isovarpurämettä (kuva 112). Seurannat tehtiin patoamista seuraavana vuonna sekä 10 ja



**Kuva 111.** Leivonmäen kansallispuiston Haapasuo. Turpeennostoalueet näkyvät ruskeina. Vihreä viiva rajaa seurattavan pintavaluma-alueen, jossa on yksi valumaseurantapiste. Seurantavaluma-alueen pohjoisraja on samalla myös osa Haapasuon halkaisevan valuma-alueen rajaa. Mustat nuolet osoittavat seuranta-alueen luontaisia ja ennallistamisen jälkeisiä valumasuuntia. Numerot viittaavat tekstissä mainittaviin ojituksen ja ennallistamisen osa-alueisiin.



Kuva 112. Haapasuon ilmakuva vuodelta 1953. Ennen ojitusta pääosa vesistä ohjautui seurantapisteen ohitse.



Kuva 113. Ilmakuva vuodelta 2004, jolloin valtaosa täydentävistä ennallistamistoimista oli vielä toteuttamatta. Oranssi viiva kuvaa Natura-alueen rajaa.

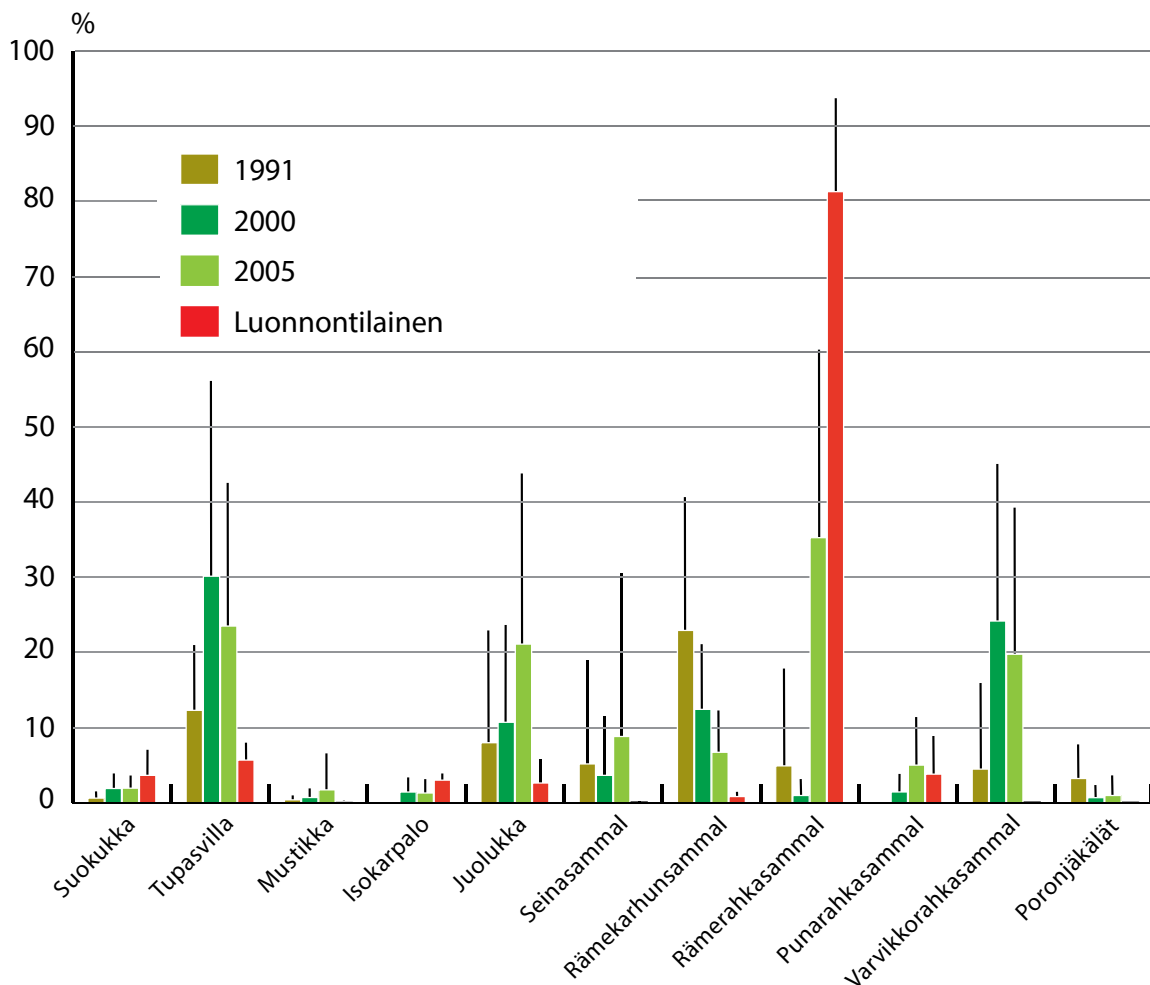
15 vuotta patoamisen jälkeen. Viimeisellä seurantalokerralla oli kulunut vuosi osa-alueen ennallistamisen täydentämisestä eli ojien täyttämisestä. Näyteala sijaitsee ojien välissä alueella, jolta oli patoamisen yhteydessä poistettu osa puustosta. Ennallistamista täydennettäessä puustoa poistettiin lisää, mutta näyteala jätettiin käsittelemättä.

Koska Haapasuolla ei seurattu kasvillisuuden muutoksia luonnontilaisella kontrollialalla, vertailuaineistona käytettiin kymmeneltä vastaavan tyyppiseltä luonnontilaiselta suolta Seitsemisen kansallispuistosta kerättyä aineistoa (Haapalehto, julkaisematon, kerätty vuonna 2007). Tuloksia tulkittaessa on huomioitava, että luonnontilaisen ja ojitetun kontrollin puuttumisen vuoksi ennallistamisen vaikutusta Haapasuolla havaittuihin lajistomuutoksiin ei varmuudella voi osoittaa. Tul-

kintaa vaikeuttaa myös ennallistamisen täydennysvuosi ennen viimeistä inventointia.

Kasvilajistossa on merkkejä kehityksestä kohti tavoitetta eli märemmän paikan kasviyhteisöä. Ennallistamisen jälkeen näytealalla esiintyneiden rahkasammalten (rämerahkasammal, varvikko-rahkasammal ja punarahkasammal) peittävyys on kasvanut (kuva 114). Ojituksesta yleensä hyötyvien poronjäkälien (*Cladina*) ja rämekekarhunsammalten peittävyys on puolestaan vähentynyt merkittävästi ennallistamisen jälkeen. Marjastajia kiinnostaa varmasti tieto isokarpalon runsastumisesta ennallistamisen jälkeen.

Tärkeimpien turpeen muodostajien eli rahkasammalten yhteispeittävyys oli kasvanut seuranta-aikana 11:stä 60 prosenttiin. Yhteispeittävyys oli kuitenkin selvästi pienempi kuin rahkasammalten



**Kuva 114.** Kasvilajien peittävyyskeskiarvo (n = 24) ja keskihajonta 1 (1991), 10 (2000) ja 15 vuotta (2005) ojien patoamisen jälkeen Haapasuolla. Neljäs pylväs osoittaa saman lajin keskimääräisen peittävyyskeskiarvon keskihajonnan kymmenellä vastaavalla luonnontilaisella suolla Pirkanmaalla.

peittävyys vastaavilla luonnontilaisilla soilla (96 %) (Haapalehto, julkaisematon, kerätty 2007). Ojituksen hyötyvä seinäsammal, joka puuttuu luonnontilaisilta soilta lähes kokonaan, ei myöskään ollut taantunut ennallistamisen jälkeen. Myös toisen ojituksen hyötyvän lajin, mustikan, peittävyys näytti ennemminkin olevan kasvussa kuin laskussa 15 vuotta ennallistamisen jälkeen (kuva 114).

Ennallistaminen on tarpeellista, mikäli tavoitteena on palauttaa suolajisto metsäojitetulle suolle (Haapalehto ym. 2010). Haapasuon kasvilajistossa tapahtuneiden muutosten vähäisyys viittaa siihen, että luontaisen kasvivyhteisön palauttamiseksi tarvitaan patoamisen sijasta tehokkaampia ennallistamismenetelmiä, kuten ojien täyttöä turpeella ja veden ohjaamista pintavalleilla pois täytetyltä ojalinjalta.

### Valumaveden muutokset

Valumaveden laatua seurattiin vuosina 2002–2007 Säynätlammin luusuassa. Luusuahan tehtiin mittapato, josta saatiin mitattua näytteenottohetken virtaama. Havaintopisteen luontainen valuma-alue on noin 1,5 neliökilometrin laajuinen. Se rajoittuu lännessä ja luoteessa harjualueeseen, koillisessa ja idässä luonnontilaiseen suohon ja etelässä ennallistamisalueisiin (kuvat 111 ja 112). Kaksi kolmasosaa valuma-alueesta on ennallistettua suota, jossa ojat padottiin vuonna 1990 ja jossa ennallistamista täydennettiin vuosina 2003–2004. Valuma-alueella on myös viisi lampea, joista ainoastaan suurin, Säynätlampi, vaikuttaa merkittävästi valumaveden laatuun. Valuma-alueen rajausta on jossain määrin epävarma, koska hyvin onnistunut ennallistaminen johtaisi osan ojitusvaiheen valuma-alueen vesistä havaintopisteen

ohitse (ks. kuvat 111 ja 112). Inventointitietoa veden liikkeistä ei kuitenkaan ole.

Säynätlammen vesitase on poikkeuksellinen tavanomaisiin suolampiin nähden. Valuma-alueen länsireunan harjualue, jäätikköjokimuodostuma, on lajittunutta, hyvin vettä johtavaa harjuainesta, jossa muodostuu runsaasti pohjavettä. Sateet ja lumensulamisedet suotaautuvat harjun ja paksujen maakerrosten ansiosta tasaiseksi pohjavesivalunnaksi. Luusuan virtaama on poikkeuksellisen kuivinaikin jaksoina, kuten vuosina 2002 ja 2006, ollut yli 3 l/s eli yli 0,2 mm/vrk. Samaan aikaan valunta moreenimaiden puroissa tyrehtyi lähes kokonaan (luokkaa 0,001 mm/vrk). Harjualueiden ohella valuma-alueesta huomattava osa on karua suota. Tästä syystä vesi on runsaan veden aikaan hapanta (pH alimmillaan 4,4), ruskeaa ja tyyppillistä karuille soille. Vähän veden aikaan pääosa vedestä on pohjavettä, jolloin vesi on kirkasta ja pH sekä alkaliniteetti ovat korkeita. Korkeimmillaan alkaliniteetti on yli 0,2 mmol/l, mikä on tavaomainen arvo harjupohjavesissä. Soilla tuollaiset arvot ilmentävät mesotrofiaa tai lettonevaisuutta. Valumaveden pH on yli 6 suuren osan kasvukaudesta.

Ennallistamisen täydentämistä edeltäväksi seuranta-ajaksi katsotaan vuodet 2002 ja 2003, vaikka jälkimmäisenä vuonna puuston poisto oli jo alkanut. Ensimmäinen vesinäyte otettiin 6.5.2002, jolloin kevätvalunta oli lopuillaan. Ojat tukittiin syksyllä 2004. Ennallistamisen jälkeisiltä vuosilta 2005–2007 on käytettävissä kaikkiaan 33 vesinäytteen tulokset.

Veden laadun muutokset jäivät ennallistamisen täydentämisen jälkeen suhteellisen pieniksi. Kokonaisfosforipitoisuus nousi hyvin alhaisesta noin 12 µg/l arvosta enimmillään vuonna 2005 noin kaksinkertaiseksi ja laski siitä tasaisesti päätyen arvoon 16 µg/l vuonna 2007. Kokonaistypen lisäys jäi niin ikään muutama kymmenen prosenttiin: lähtötilanne oli 0,5–0,6 mg/l, ennallistamisen jälkeen noin 0,7 mg/l. Ammoniumtypeistä on havaintoja vain viimeiseltä vuodelta. Arvot olivat hieman luonnontilaisia arvoja (yleensä alle 0,01 mg/l) korkeampia kasvukauden ulkopuolella: keväällä 0,07 mg/l ja syksyllä 0,10 mg/l.

Myös orgaanisen aineksen pitoisuus lisääntyi ennallistamisen täydentämisen jälkeen jonkin verran. Vertailua hankaloittaa sääolojen vaikutus pitoisuuteen. Pitoisuudet olivat kuitenkin jonkin verran korkeampia kuivana jaksona vuonna 2006 kuin vastaavissa oloissa vuonna 2002. Tämä voitaneen tulkita niin, että ennallistamisen täydentämisen seurauksena harjun pohjavedet levisivät aiempaa paremmin suoalueelle. Orgaanisen aineksen määrää kuvaavan CODMn:n keskipitoisuus, 29 mg/l vuonna 2002, on minerotrofisen suon vedeksi hyvin tavanomainen (vastaa noin 21 mg/l orgaanista hiiltä) – ombrotrofiasa arvot ovat yleensä tätä korkeampia. Rautaa Säynätlammissa on melko runsaasti, keskimäärin runsaat 2 mg/l sekä ennen täydentäviä toimenpiteitä että niiden jälkeen, mikä viittaa suota ruokkivan harjun pohjavesien vähähappisuuteen. Esimerkiksi Oriveden Lakkasuolla valumaveden raudan keskipitoisuus Vatiharjun hapekkaasta osasta pohjavettä saavalla suonosalla oli noin 0,5 mg/l, ombrotrofisella osalla alle 0,1 mg/l (Laine ym. 2004).

Havaitut ilmiöt ovat samansuuntaisia kuin muilla ennallistettujen soiden alapuolisilla veden laadun seurantakohteilla, mutta huomattavasti lievempiä. Esimerkiksi fosforia ennallistamisen täydentäminen mobilisoi kaikkiaan noin 0,1 kg ennallistetulta hehtaarilta, mikä on vain muutama prosentti suurimmista ennallistamisalueilla havaituista ominaiskuormitusarvoista. Valumavesien korkea rautapitoisuus merkitsee sitä, että myös turpeessa on runsaasti rautaa, ja tämä on omiaan vähentämään fosforin huuhtoutumista. Fosforin alhaiset pitoisuudet viittaavat myös siihen, ettei suota ole aikanaan lannoitettu. On myös mahdollista, että ojien patoaminen vuonna 1990 on jo saattanut saada pääosan herkkäliikkeisestä fosforista mobilisoitua, eikä sitä näin ollen ole enää ennallistamisen täydentämisen yhteydessä ollut paljoa jäljellä. Tarkat tiedot kohdealueen ominaisuuksista ja vesien liikkeistä olisivat tarpeen tulosten kokonaisarvioinnin kannalta.



### 13.15 Soiden ja pienvesien muodostama kokonaisuus: Pihtiputaan Suurisuo

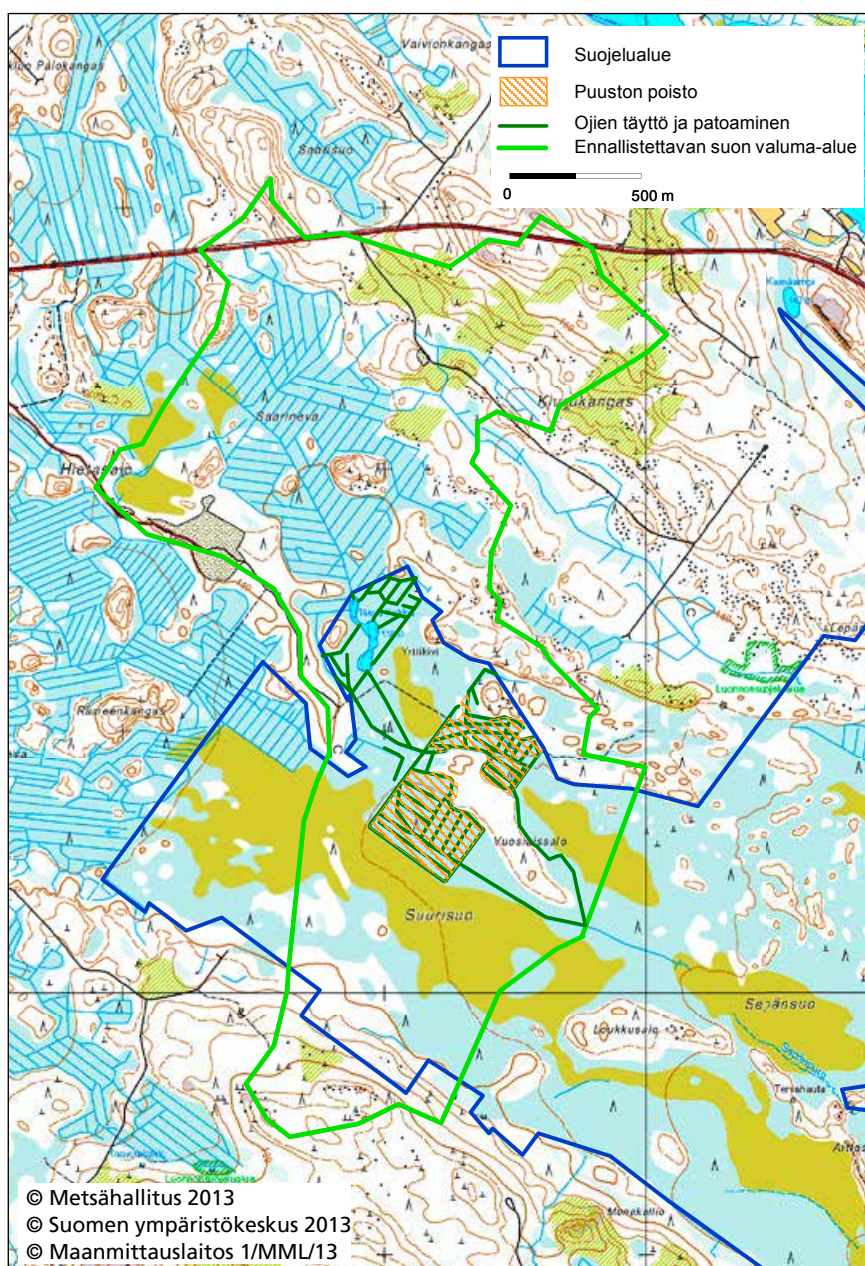
Reijo Hokkanen

Pihtiputaan Suurisuo on esimerkki laajasta ennallistettavasta kokonaisuudesta, jossa on useita erilaisia toisiinsa liittyviä hydrologisia ympäristöjä. Ennallistettavana oli laskettu lampi, kuivunut puro, ojittettuja nevoja ja ojittamattomia – mutta kuivuneita – nevoja.

Suurisuo kuuluu Pohjanmaan aapasoihin ja Suurisuo-Sepänsuon soidensuojelualueeseen.

Suurisuon pinnanmuodot ovat melko heikosti kehittyneet, eikä suuria avovesirimpä ole. Aapasoiden keskiosat ovat pääosin mesotrofisia rimpinevoja. Suurisuo keidassuo-osat ovat melko pienialaisia ja karuja lyhytkortisia rämeitä. Suojelualueen läpi kulkee lähes kaksi kilometriä pitkä, soiden ympäröimä harju. Ennallistettavan alueen keskellä sijaitseva Vuosiaissalo on samaan harjujaksioon kuuluva 8 ha:n laajuinen saari.

Ennallistettava suoalue on Neva-Kukko-lammen ja Vuosiaissalon saaren ympäristössä oleva noin 39 ha:n ojikko (kuva 115). Suurisuo alueella ennallistettiin samaan aikaan myös muita osia, mutta ne eivät liittyneet hydrologisesti tä-



Kuva 115. Ennallistettava alue Vuosiaissalon metsäsaaren ja Neva-Kukko-lammen ympäristössä.

hän kokonaisuuteen. Ennallistettava alue on kokonaan Metsähallituksen hallinnassa. Ennallistaminen toteutettiin vuoden 2009 aikana.

### Tilanne ennen ojitusta

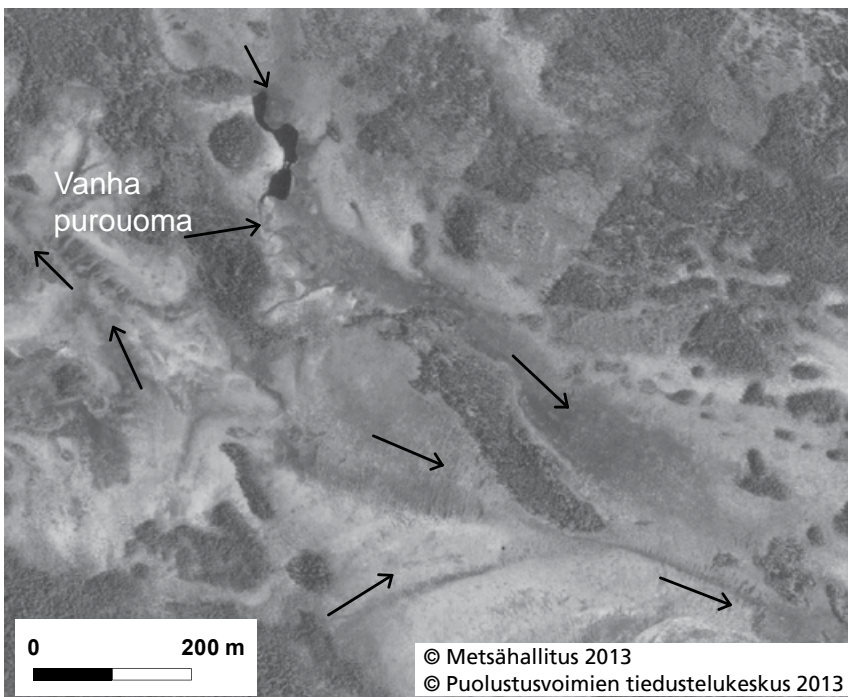
Alueen tila ja vesien liikkuminen ennen ojitusta selvitettiin vanhojen ilmakuvien avulla sekä vertaamalla niitä uusiin ilmakuviin. Maastohavainnoilla saatiin lisätietoa. Esimerkiksi minerotrofisille kuivuneille rimpinevoille on kasvanut hieskoivua, kun taas karummat nevat ovat puhtaita männiköitä. Myös suon pienmuodot ovat säilyneet vuosikymmeniä ojituksen jälkeen.

Vesien kulun selvittämiseksi alueen ojat kierrettiin läpi ja tarkistettiin vesien virtaussuunnat. Lisäksi vesien liikkumissuunnat avosoilla päätettiin ilmakuvista. Suurisuolla on rimpinevajuotteja, joita seuraamalla voitiin selvittää vesien alkuperä esimerkiksi Isomäen lähteisiin (kuva 117). Myös sillä on merkitystä, missä kohdin nämä juotit tulevat ennallistettavalle suolle. Näihin kohtiin suunniteltiin patoja, jotta veden kulku jatkuisi täytetyn ojan yli. Suojelualan ulkopuolisen suon valuma-alueen tila arvioitiin karttojen perusteella. Ennallistettavien soiden valuma-alueen kaikki suot on ojitettu suojelualan ulkopuolisilta osilta. Tämä voi vaikuttaa ennallistettaville soille valuvien vesien määrään ja laatuun.

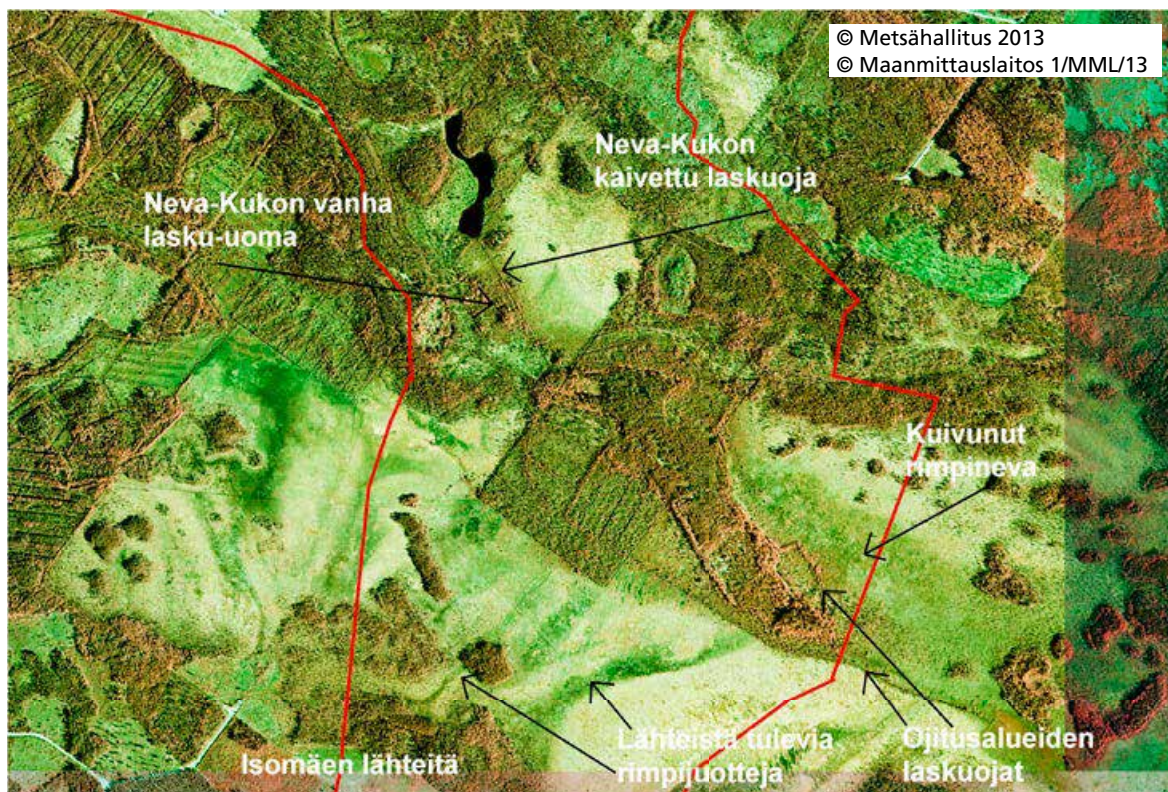
Valuma-alueella ei kuitenkaan ole ohjattu vesiä niin, että ne ohjautuisivat jonnekin muualle kuin Suurisuolle.

Ennallistettavalle alueelle on tullut vesiä pääosin kahdesta suunnasta: luoteesta (Neva-Kukon valuma-alue, kuva 115) ja lounaasta (Isomäen lähteiden valuma-alue, kuva 115). Vuosiaissalo pitää nämä vedet erillään, kunnes ne osin yhtyvät metsäsaarekkeen itäpuolella. Koska alueella on harjuja, on todennäköistä, että suolle purkautuu jossain määrin myös pohjavesiä. Selkeitä purkautumispaikkoja ei kuitenkaan löytenyt, mutta ilmeisesti Vuosiaissalon länsi-lounaispuolella oleva rimpineva on pohjavesivaikutteinen. Neva-Kukko on vanhan ilmakuvan perusteella ollut nevarantainen lampi (kuva 116). Lammesta on laskenut purojuotti, joka näkyy vanhassa kuvassa aina Vuosiaissalon metsäsaarekkeen luoteispäähän asti, noin 500 metrin matkalla. Tästä vedet ovat pääosin kääntyneet kulkemaan Vuosiaissalon koillispuolelle rimpinevajuottia pitkin. Vedet ovat lopulta levittäytyneet laajalle rimpinevalle Vuosiaissalon koillis-itäpuolelle.

Vuosiaissalon eteläpuoliselle nevalle ei ole vanhan ilmakuvan mukaan tullut merkittäviä määriä vesiä Neva-Kukosta vaan lounaasta Isomäen suunnasta sekä osin myös pohjavedestä. Isomäki on Suurisuon eteläpuolella oleva korkea mäki, jonka kupeessa Suurisuon reunassa on useita lähteitä. Ne purkavat vetensä Suurisuolle, missä vesien liike näkyy kosteina rimpinevajuotteina. Juotit tulevat Vuosiaissalon lounaispuolelle, missä ne ovat muodostaneet hieman laajemman mesotrofisen rimpinevan. Tällä rimpinevalla vedet kääntyvät kulkemaan kaakkoon Vuosiaissalon suuntaisesti. Vuosiaissalon jälkeen vedet ovat kulkeutuneet hyvin kapeassa rimpinevapainanteessa itään päin.



**Kuva 116.** Vanhassa ilmakuvassa näkyy Neva-Kukosta laskeva purouoma, jonka vedet levittäytyvät lopulta Vuosiaissalon koillispuolen rimpinevalle.



**Kuva 117.** Ennen ennallistamista otetussa ilmakuvassa Neva-Kukon vanhan lasku-uoman varrelle kasvaneet hieskoivut erottuvat punertavina. Myös Vuosiaissalon molemmin puolin olevat suorakaiteen muotoiset ojitusalueet erottuvat selvästi.

## Tilanne ojituksen jälkeen

Suurisuo on ojitettu 1970-luvulla. Neva-Kukosta on kaivettu oja ennallistettavalle alueelle ja edelleen koko Suurisuo läpi, jolloin lammen pinta on laskenut (kuva 117). Lammen rantanevalle on istutettu mäntyä ja puusto oli ennallistamisen aikaan noin 40-vuotias. Vanha purouoma oli kuivunut ja näkyi maastossa lähinnä painanteena ja ympäristöstään poikkeavana kasvillisuutena. Uomassa ei liikkunut enää vettä, ja sen reunoille oli kasvanut paikoin tiheää hieskoivuvesaikkoa. Vuosiaissalon pohjois- ja eteläpuolelle oli kaivettu suorakaiteen muotoiset, selvästi maisemassa erottuvat ojitusalueet. Näille ojitusalueille oli istutettu mäntyä, joka oli ehtinyt ensiharvennusvaiheeseen. Vuosiaissalon pohjoispuolella entisellä rimpinevalla oli myös hieskoivua sekapuuna. Alueella oli myös yksittäisiä kontortamäntyjä. Lammen laskuvedet oli ohjattu Vuosiaissalon eteläpuoleisiin ojiin, kun ne luonnontilassa olivat liikkuneet Vuosiaissalon pohjoispuolelta. Ojat oli kaivettu Vuosiaissalon ympäri, ja saaren kaakkoispuolella ojat yhtyivät. Ojaa oli kaivettu vielä muutama sata metriä, jonka jälkeen kaivu oli lopetettu keskelle nevaa, johon on muodostunut luhtaisuutta. Ojitukset kuivattivat suota myös ojitamattomal-

la osalla, varsinkin Vuosiaissalon koillispuolella, missä ojat katkaisivat vesien kulun rimpinevalle. Vuosiaissalon eteläpuolella kuivatuksen vaikutus ojituksen ulkopuolella ei ole yhtä laaja, koska ojat on kaivettu rimpinevan keskelle luontaisen valumissuunnan mukaisesti.

## Toimenpiteet tavoitteen saavuttamiseksi

Tärkeimmäksi tavoitteeksi tuli palauttaa vesien luontainen liikkuminen alueella, mikä vaatii seuraavat toimenpiteet:

- Vedet olisi ohjattava vanhaan Neva-Kukon lammen lasku-uomaan. Tällöin myös lammen pinta nousisi.
- Neva-Kukon laskuvedet olisi ohjattava Vuosiaissalon pohjoispuolelle, ja ne olisi levitettävä entisen rimpinevan laajuiselle alueelle.
- Vedet olisi ohjattava ojitamattomalle rimpinevalle, erityisesti Vuosiaissalon koillispuolella.
- Vuosiaissalon molemmin puolin olevat yhtenäiset ojitusalueet olisi palautettava avosuoksi, jolloin puuston haihdunta vähentyisi.

Neva-Kukon vedenpinnan nousun seurantaan varten lammen rannoille upotettiin 3 merkkiä.

## Ennallistaminen

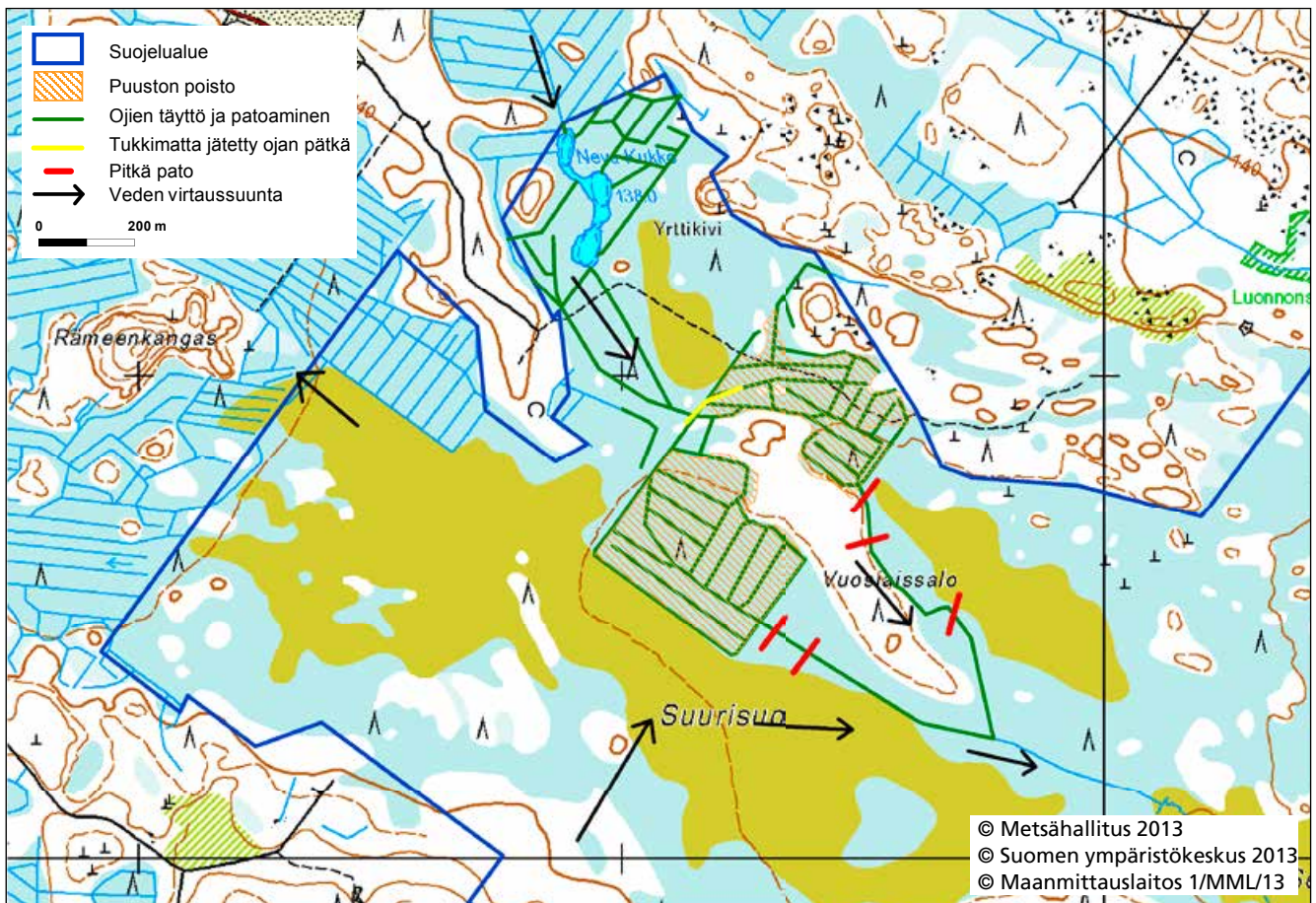
Ennallistaminen aloitettiin helmikuussa 2009 puuston poistolla (kuva 118). Vuosiaissalon molemmin puolin poistettiin 17 ha:n alalta kaikki ojituksen jälkeen kasvaneet männyt kuitu- ja energiapuuksi (kuva 119). Hakkuu toteutettiin pääasiassa monitoimikoneella, mutta osin myös metsurityönä. Kivennäismaasaarekkeiden puusto jätettiin pystyyn. Alkuperäistä suopuustoa ei ollut, koska alueet olivat olleet puuttomia. Kaikki koivut jätettiin pystyyn vesakoitumisen ehkäisemiseksi.

Ojien täyttäminen aloitettiin syyskuussa 2009 kaivinkoneella. Ojien täyttöjärjestys mietittiin tarkkaan, sillä alueen läpi laskeva vesimäärä oli suuri, ja täyttäminen väärässä järjestyksessä olisi hankaloittanut kaivinkoneen työtä. Ensin täytettiin Neva-Kukon ranta-alueiden ojat. Tämän jälkeen täytettiin Neva-Kukon laskuoja, jolloin lammen pinta alkoi välittömästi nousta. Sitten tukittiin Vuosiaissalon eteläpuoleiset ojat, jol-

loin vesi ohjautui Vuosiaissalon pohjoispuolelle. Tämän jälkeen tukittiin Vuosiaissalon pohjoispuolen ojat, ja lopulta täytettiin Vuosiaissalon kaakkoispään ympäri kaivetut laskuojat. Tukkimistyön aikana (2 viikkoa) vesi ei vielä ehtinyt nousta lammessa niin paljon, että se olisi alkanut virrata vanhassa Neva-Kukon lasku-uomassa. Vesimäärä ei siten myöskään haitannut tukkimistytä lammen alapuolisilla soilla. Vanhaa purouomaa ei perattu, vaikka se olikin todennäköisesti hie-man kasvanut umpeen, kun virtaus oli loppunut.

Vuosiaissalon luoteispäähän jätettiin noin 50 metriä ojaa auki siihen kohtaan, mihin purouoma loppuu (kuva 118). Tarkoitus oli varmistaa, että purovedet ohjautuvat Vuosiaissalon pohjoispuolelle. Muutoin olisi ollut mahdollista, että vedet olisivat edelleen kulkeutuneet eteläpuolelle. Vesian ohjailu pelkkien patojen avulla tässä kohdassa olisi ollut vaikeaa, sillä puron suu levittäytyy laajalle.

Tärkeimpien patojen paikat nauhoitettiin, jotta kaivinkoneen kuljettaja osaisi tehdä ne oi-



**Kuva 118.** Puusto poistettiin Vuosiaissalon molemmin puolin olevilta ojitusalueilta. Muualle puustoa oli kasvanut vain vähän. Pitkillä padoilla vesi pyrittiin ohjaamaan ojittamattomille neville, ja Vuosiaissalon luoteiskulmasta jätettiin tukkimatta pätkä ojaa, jotta vesi saatiin ohjattua kulkemaan salon pohjoispuolelle.



**Kuva 119.** Vuosiaissalon eteläpuolinen ojikko syyskuussa 2009. Puut on poistettu edellisenä talvena ja ojat ovat vielä tukkimatta. Kuva: Reijo Hokkanen.

keaan paikkaan. Padot tehtiin jätteiden tai muiden ympäristöä korkeampien mättäiden kohdalle. Suurimmat padot (noin 20–50 m pitkät) tehtiin molempien ojikkoalueiden laskuojaan (kuvat 118 ja 120). Vuosiaissalon pohjoispuolella niiden tavoitteena oli ohjata vesi keskemälle suota, entisen rimpinevan laajuiselle alueelle. Vuosiaissalon eteläpuolella laskuoja oli kaivettu keskelle rimpinevaa. Myös täällä tavoitteena oli levittää vettä entiselle rimpinevalle. Muualla ojiin tehtiin lyhyempiä (noin 8 m) patoja.

#### Tilanne ennallistamisen jälkeen

Ennallistamisen jälkeen keväällä 2010 Neva-Kukko-lammen pinta oli merkkikeppien mukaan noussut noin puoli metriä. Vesi oli ohjautunut vanhaan lasku-uomaan (kuva 121), joka oli korkeammalla kuin kaivettu oja oli. Uoma ja sen ympäristö oli vettynyt noin parin metrin leveydeltä ja uoman varrelle kasvaneet puut kuolevat. Vesi oli noussut myös lammen rantasoille, missä kuolee jonkin verran puustoa (kuva 122).

Vuosiaissalon luoteispäässä purovedet ohjautuvat valtaosin saaren pohjois-koillispuolelle. Pieni osa vedestä näyttäisi kuitenkin ohjautuvan ainakin tulva-aikana myös Vuosiaissalon eteläpuolelle. Vuosiaissalon pohjoispuolella vesi virtaa hakatun alueen pinnalla kiertäen padot, mutta leviää suunnilleen entisen rimpinevan laajuiselle alueelle.

Vuosiaissalon koillispuolella ojikkoalueen laskuojan suulle tehty pitkä pato ohjaa kaikki vedet suon reunan vanhasta niskaojasta keskemälle suota. Myös alempana vesi ohjautuu pois ojalinjalta entiselle kuivuneelle nevalle.

Vuosiaissalon eteläpuoleinen alue näyttää vettyneen tasaisesti. Märimät kohdat ovat ojikon laskuojan suulla, missä pitkät padot levittävät veden rimpinevalle. Tänne on myös syntynyt laajoja avovesipintoja.

Kaiken kaikkiaan ennallistamisen tavoitteet näyttävät toteutuneen vesien liikkumisen suhteen. Mikäli tilanne pysyy jatkossa samana, alue saa kehittyä ilman muita toimenpiteitä.



**Kuva 120.** Kaivinkone tekemässä pitkää patoa Vuosiaissalon pohjoispuolen ojikon laskuojaan lokakuussa 2009. Oja on kaivinkoneen kohdalla lähellä kankaan reunaa. Veden virtaus kuvassa oikealta vasemmalle, Vuosiaissalon metsäsaareke näkyy koneen takana. Kuva: Reijo Hokkanen.



**Kuva 121.** Veden virtaus palautui Neva-Kukko-lammen lasku-uomaan. Kuva: Reijo Hokkanen 2009.



**Kuva 122.** Neva-Kukko-lammen vedenpinta nousi noin 50 cm ennallistamisen jälkeen. Kuva: Reijo Hokkanen 2009.

### 13.16 Seitsemisen kansallispuiston suot

*Pekka Vesterinen ja Tapio Lindholm*

Seitsemisen kansallispuisto perustettiin monivaiheisen prosessin jälkeen vuonna 1982 Kurun ja Ikaalisten kuntien alueelle. Nykyisin Kuru on osa Ylöjärven kaupunkia. Puiston tämänhetkinen pinta-ala on noin 4 500 ha. Perustettaessa puistoon sisällytettiin arvokkaiden alueiden lisäksi alueita, joihin metsätalous oli vaikuttanut voimakkaasti. Kansallispuiston pinta-alasta yli puolet on soita. Niistä 60 % on ojitettu, ja valtaosa metsistä on ollut metsätalouksikäytössä. Vuonna 1989 puiston kaakkoisosaan liitettiin luonnontilainen Soljosten suoalue.

Seitsemisen luonnontilaisina säilyneet suot ovat pääasiassa pieniä, kuivahkoja metsäkeitaita. Ojitetut suot ovat olleet vanhojen ilmakuviensa perusteella suurelta osin märkiä, vähäpuustoisia tai avoimia minerotrofisia nevoja tai nevarämeitä. Korpia on noin 10 % pinta-alasta. Ne ovat lähinnä kangaskorpia ja suurimmaksi osaksi ojitettuja.

Seitsemisessä alettiin opetella ennallistamista vuonna 1987 (Seppä ym. 1993), ja työn mittavuuden vuoksi tarvittiin kokonaisvaltainen suunnitelma. Silloiselta Vesi- ja ympäristöhallituksen Luonnonsuojelututkimusyksiköltä tilattiin Seitsemisen kansallispuiston soiden ennallistamissuunnitelma vuonna 1993. Tavoitteena oli tehdä samalla malli muiden suojelualueiden soiden ennallistamissuunnitelmille. Samanaikaisesti Seitsemisen ennallistamissuunnitelman kanssa tehtiin enimmäistä soiden ennallistamisopasta (Heikkilä & Lindholm 1995a), joten näitä kahta edistettiin tiiviissä vuorovaikutuksessa.

Kattava Seitsemisen kansallispuiston soiden ennallistamissuunnitelma valmistui vuonna 1993 (Heikkilä & Lindholm 1994). Suunnitelmassa esitetyt noin 1 250 hehtaaria ennallistettiin lähes kokonaisuudessaan vuosina 1993–2005. Lisäksi puiston laajennusalueelta ennallistettiin noin 100 ha soita. Suunnitelma ja sen toteuttaminen olivat ensimmäinen laaja luonnonsuojelualueen soiden ennallistamishanke Suomessa. Tavoitteena oli tehdä Seitsemisestä todellisuudessaakin Suomen Helmi (Lindholm 1995a, b). Seitsemisestä aloitettiin myös ennallistamisen vesistövaikutusten seuranta tutkimukset (tietolaatikko 28).

Ainutlaatuisuutensa vuoksi hanke herätti laajaa mielenkiintoa ja siitä saatuja kokemuksia on hyödynnetty niin Suomessa kuin ulkomailla. Seitsemisen ennallistettuja soita on käyty katso-massa ainakin Karjalan tasavallasta, Liettuasta, Latviasta, Virosta ja Ruotsista. Kansainvälinen IMCG:n retkikunta vieraili alueella kesällä 2006. Työn alussa tavoitteita ja tuloksia esiteltiin myös tiedeyhteisölle (Heikkilä & Lindholm 1995b ja Heikkilä & Lindholm 1995c).

#### Ennallistamisen suunnittelu

Suunnitelman rungoksi laadittiin valuma-alueisiin perustuva aluejako. Valitulla tarkastelutasolla alueita oli 28. Nämä muunnettiin 17:ksi toteutuksen kannalta mielekkääksi käsittelyalueeksi: pieniä valuma-alueita yhdisteltiin ja suurempia jaettiin.

Ennallistamissuunnitelma tehtiin vanhojen, ojitusta edeltävän ajan, ja uusien, ojitusten jälkeisten, ilmakuviensa avulla (kuvat 123 ja 124). Ilmakuvatulkinta varmennettiin maastossa.

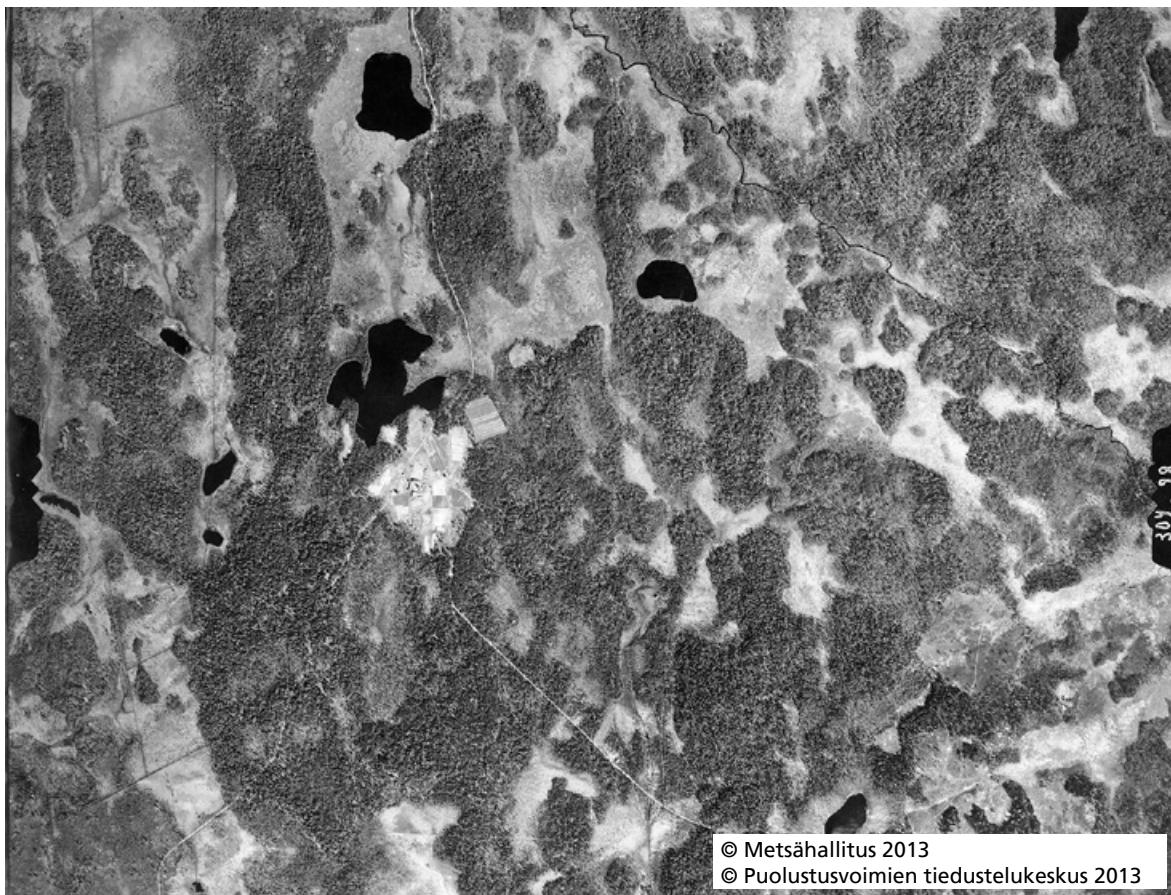
Ennallistamisessa oli kaksi peruseriaa. Ekologinen tavoite oli palauttaa soille luontaisen kaltainen hydrologia. Maisemallinen tavoite oli palauttaa Seitsemisen alueelle ominainen suon ja metsän mosaiikki.

Hydrologisen tavoitteen saavuttamiseksi päädyttiin ojien täyttämiseen ja vain poikkeustapauksessa niiden patoamiseen. Tavoitteena oli, että vesi kulkisi alkuperäisiä reittejään eikä ojia myöten. Tämä on periaate, jota ei ymmärretä useimmissa muissa soita ennallistavissa maissa vieläkään.

Erityisen tärkeänä pidettiin niskaojien poistamista täyttämällä ojat. Ojituksen jälkeen kasvanutta puustoa poistettiin toisaalta alkuperäisen avoimuuden saavuttamiseksi, toisaalta puuston aiheuttaman haihduttamisen vähentämiseksi. Lisäksi suunnitelmassa kiinnitettiin erityistä huomiota märkien avointen soiden reunojen, korpijuottien, lähteiden ja purojen ennallistamiseen.

Suunnitelmassa ei puututtu soiden metsätaloudellisen lannoittamisen vaikutuksiin. Tiedettiin, että suot oli ojituksen yhteydessä lannoitettu PK-lannoittein, ehkä paikoin myös NPK-lannoittein. Lannoitushistoriasta ei kuitenkaan ollut tarkkoja tietoja. Myöhemmin on todettu, että lannoittamisella on selviä kasvistövaikutuksia ennallistetullakin suolla, mm. tupasvillan voimakas runsastuminen muutaman vuoden kuluessa





Kuva 123. Ilmakuva ennen Seitsemisen alueen laajamittaisia ojituksia vuodelta 1941.



Kuva 124. Ilmakuva vuodelta 1995, kolme vuotta ennallistamisen jälkeen. Nuoli osoittaa Kirkkaanlamminnevan sijainnin.

ennallistamistoimista. Lannoituksella on vaikutusta myös puuston määrään ja laatuun, minkä lisäksi se vaikuttaa ennallistamiskohteilta valuvien vesien ravinnepitoisuuksiin. Tarkkaa tutkimusta lannoitusten vaikutuksesta ennallistamistoimien jälkeiseen sukkessioon ei ole edelleenkaan tehty, eikä vielääkään ole keinoja eliminoida lannoituksen vaikutuksia.

## Ennallistaminen

### *Ojien täyttö*

Ensimmäiset ojat täytettiin Kirkkaanlamminnevalalla (kuva 124) kaivinkonetyönä loka-marraskuussa 1992. Täytettäviin ojiin laitettiin turpeen lisäksi ojanvarsilla kasvanutta pieniläpimittaista puustoa. Pintavalleja ei tehty.

Pian havaittiin, että Kirkkaanlamminnevalalla ojiin laitettu puutavara toimi salaojituksen tavoin ja vettä kulki edelleen ojalinjoihin pitkin. Ojien huolellinen täyttö pelkällä turpeella todettiin tehokkaammaksi veden kulun hidastajaksi. Pintavallien puuttumisen takia vesiä liikkui ojien suuntaisesti myös turpeen pinnalla.

Toisesta toteutusvuodesta lähtien ojat täytettiin ojamailla ja saroilta otetulla turpeella. Kivennäismaata käytettiin ainoastaan joidenkin niskaojien ja kivennäismaiden ojien täyttöön. Ensimmäisten hoitoseurantojen johtopäätösten perusteella alettiin tehdä myös pintavalleja, jotka hidastavat pintavesin virtausta. Pintavallien paikka ja koko ratkaistiin tapauskohtaisesti.

Pelkkää patoamista tehtiin vain paikoitellen mm. pitkälle umpeutuneilla ojilla, polkujen lähellä ja hyvin märillä paikoilla. Joidenkin ojituksen yhteydessä laskettujen suolampien veden pintaa nostettiin patojen avulla, jotta turvattiin lampia ympäröivien soiden ennallistuminen.

Ojia täyttäneet kaivinkoneet olivat 12–19 tonnin painoisia ja niiden telaleveys oli 900–1 200 mm.

### *Puuston käsittely*

Ennallistamisen alkuvuosina puustoa poistettiin miestyönä ojien täytön jälkeisenä talvena. Ainespuu kuljetettiin tien varteen metsätraktorilla. Kustannusten kohoamisen ja hakkuun hitauden vuoksi myöhemmin siirryttiin konehakuuseen, mutta ojalinjapuusto raivattiin lähes kaikilla alueilla edelleen miestyönä. Viimeisinä vuosina myös ojalinjoihin ainespuusto poistettiin konehakualueilla koneellisesti. Parin poikkeuksellisen lauhan talven jälkeen puusto alettiin korjata ennen ojien tukkimista.

Pieniläpimittainen puusto ja ainespuun hakkuutähteet kasattiin suolle. Kasat poltettiin yleensä ojien tukkimisen jälkeisenä syyskesänä. Viimeisinä vuosina pieniläpimittaista puustoa kerättiin teiden läheisiltä alueilta myös energiapuuksi. Jonkin verran sitä korjattiin myös puiston nuotio- paikkojen polttopuuksi.

Ainespuun autokuljetusta varten rakennettiin useita talviteitä. Niiden sijainti ratkaistiin toteutuksen yhteydessä. Talviteitä käyttämällä korjuukustannuksia saatiin alennettua huomattavasti.

Korjuukalustona käytettiin keskiraskasta hakkuukonetta ja metsätraktoria. Poikkeustilanteissa, esim. upottavuuden takia, käytettiin myös kevyempää kalustoa. Puusto korjattiin tammi-maaliskuulla. Talviteiden varsille ajatut puut pyrittiin kuljettamaan tehtaille heti, kun talvitiet alkoivat kantaa autoja. Näin saatiin käytettyä suotuisimpien talvien olosuhteet tehokkaasti hyväksi. Joskus kevät koitti kuitenkin niin nopeasti, että puutavara jouduttiin kuljettamaan talvitieverastoista kesäajokelpoisen tien varteen välivarastoon.

### **Kustannukset ja puunmyyntitulot**

Seitsemisen ennallistamistöiden kokonaiskustannukset ovat noin 1,2 milj. euroa (sisältäen henkilöstökulut ja yrittäjämaksut). Keskimääräinen hehtaarikustannus oli 888 euroa. Yksittäisten soiden välillä oli kuitenkin isoja kustannuseroja johtuen lähinnä poistettavan puuston määrästä. Yksi merkittävimmistä kustannuksista lisäävistä työvaiheista oli hakkuutähteiden kasaaminen ja polttaminen.

Myytävää ainespuuta kertyi noin 17 000 m<sup>3</sup>, ja siitä saatiin tuloa noin 0,75 miljoonaa euroa.

## Keskeiset tulokset ja johtopäätökset

Ennallistumiskehityksen voidaan katsoa alkaneen pääosin tavoitteiden mukaisesti. Paras tilanne näyttää olevan alueilla, joihin merkittävä määrä vesistä ohjautuu yläpuolisilta luonnontilaisilta soilta. Myös mahdollisuus ennallistaa valuma-aluekokonaisuuksia näyttää tuottavan hyviä tuloksia (kuva 125).

Ennallistamistyöstä kertyvää kokemukseräistä tietoa ojien tukkimisen menetelmistä, ajanmene- kistä ja kustannuksista hyödynnettiin sitä mukaa kuin kokemusta kertyi. Ennallistamismenetelmät kehittivätkin selvästi hankkeen aikana. Koneeliseen puunkorjuuseen siirtyminen mahdollis- ti kunnollisen työpöjäljen ja kustannustehokkaan toteutuksen. Ojien tukkimisessa alettiin kiinnit- tää huomiota pintavallien tekemiseen, ja puiden käyttäminen ojien tukkimisessa lopetettiin.

Merkittävimmät ongelmat liittyivät alkuvai- heen toteutukseen, taimettumiseen ja ravinteiden vapautumiseen: Kirkkaanlamminnevalle ve- siä liikkuu tukituissa ojissa edelleen, taimettumi- nen on ollut monin paikoin runsasta ja joiden- kin järvien ja lampien veden laatu on tilapäisesti heikentynyt.

Kasvillisuuden muutokset ovat olleet vaihte- levia: joillain soilla muutokset ovat olleet nopeita ja tavoitteen mukaisia, joillain hitaita ja paikoit- taisia. Valtaosin suolajisto on kuitenkin elpynyt ja metsälajisto taantunut.

Suoperhosten osalta tilanne on parantunut (tietolaatikko 18). Linnuston muutoksen arvi- ointi on vaikeaa, koska lähtötilannetta ei ollut kartoitettu ennallistamisseurantaa ajatellen vaan yleispiirteisesti. Yksittäisiä havaintoja on mm. kurjen pesinnöistä. Seitsemisen riekkokanta on taantunut ennallistamisesta huolimatta, mutta syy voi olla myös alueen eristyneisyydessä. Talvi- sin riekkoja on tavattu myös ennallistetuilla soilla (tietolaatikko 20).

Täydentävinä toimina harkitaan taimikoiden raivaamista joillain alueilla ja kunnollisten pato- jen tekemistä Kirkkaanlamminnevalle.



Kuva 125. Ilmakuva vuodelta 2011.

© Metsähallitus 2013  
© Maanmittauslaitos 1/MML/13

### 13.17 Laaja pohjavesivaikutteinen aapasuokokonaisuus: Olvassuo

*Sakari Rehell*

Olvassuo on laaja aapasuokokonaisuus Pohjois-Pohjanmaalla, Pudasjärven, Puolangan ja Utajärven kuntien alueella. Olvassuo muodostaa keskeisen osan noin 26 000 hehtaarin laajuisesta Olvassuon Natura-alueesta. Suon hydrologiaan vaikuttaa voimakkaasti sen eteläpuolella sijaitseva laaja, paksuista hiekka-, sora- ja moreenikerrokista muodostunut saumamuodostuma, Kälvsvaara, jolla muodostuvat valtavat pohjavesimäärät purkautuvat Olvassuolle eri kerroksista lähteinä ja tihkuvyöhykkeinä (kuvat 126 ja 127).

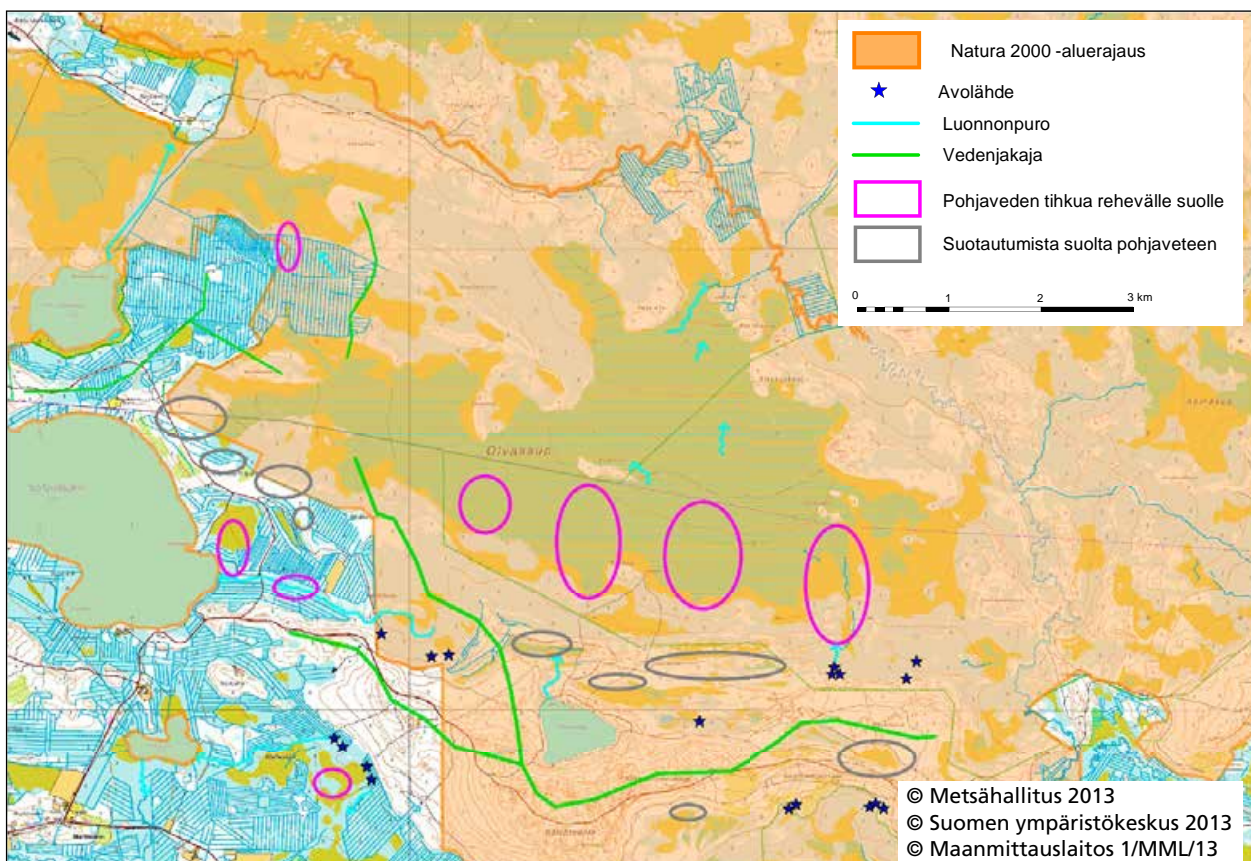
Olvassuon kasvillisuus on erittäin monipuolinen. Uhanalaista lajistoa esiintyy erityisesti suon keskiosassa pohjaveden purkautumisvyöhykkeen laajoilla koivulettomaisilla osilla, mutta myös reunan kausivaihtelevien altaiden kasvisto on mielenkiintoista.

Olvassuon kokonaisuutta voidaan pitää ehkä parhaiten hydrologisen luonnontilansa säilyttäneenä kokonaisuutena koko Pohjanmaan aapa-

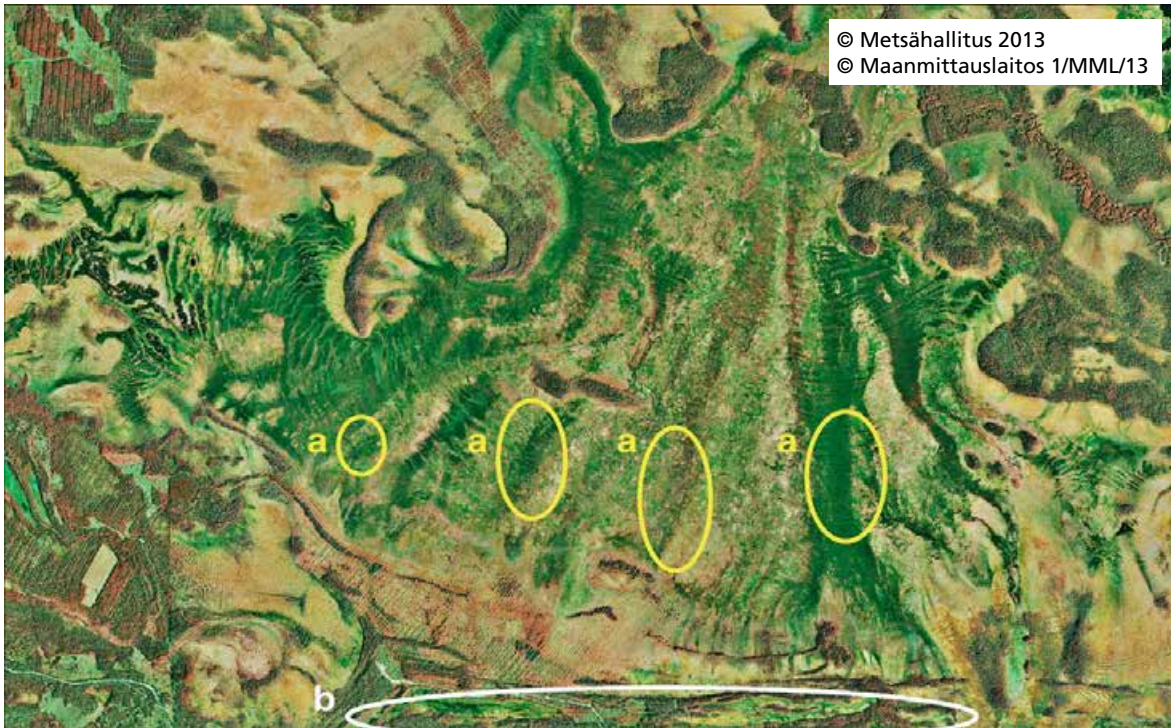
suovyöhykkeellä. Olvassuon alueella on monia laajojakin valuma-aluekokonaisuuksia lähes ilman ojituksia tai muita hydrologisia muutoksia. Joitakin alueen keskeisiä osia on kuitenkin ojitettu 1970-luvun puolivälissä. Näitä on lähdetty ennallistamaan.

Olvassuon eteläreunalla on 140 hehtaarin ojitusalue, joka on ennallistettu (kuva 128). Ojitusalueen yläosa on Kälvsvaaran reunan rantavallimaastossa, missä ojat on kaivettu suoraan hiekkasten rantavallien läpi. Tämä osa on ollut karuhkoa mutta hyvin vaihtelevaa, sillä suotyypit vaihtelevat pienipiirteisesti ohutturpeisista avorimpinevoista puustosiin rämeisiin ja nevakorpiin. Ojitusalueen alareuna ulottuu yhtenäisen avosuon reunaan, vyöhykkeelle, jonka ravinteisuus on purkautuvien pohjavesien ansiosta mesoeutrofista osittain koivulettomaisista nevakorpea ja luhtanevaa.

Ojitus on toteutettu hyvin kapealla (12 metriä) sarkavälillä. Ennallistamisen aikaan suo oli hyvin pitkälle muuttunutta ja tiheäpuustoista. Ojitusalueen vedet purkautuivat paria syöttöojaa myöten keskustan luhtanevalle, mihin oli muodostunut lajistoltaan yksipuolisempaa erot-



Kuva 126. Olvassuon–Kälvsvaaran vedenvirtaussysteemit.



**Kuva 127.** Olvassuon keskiosissa on pohjaveden purkautumisalueita (a), joissa kasvillisuus on rehevää ja rimpi-jännetopografia puuttuu. Vesi virtaa osittain perkolaatiosuon tapaan: pintakerros on paksu ja huokoinen. Karuimmat pintavedet virtaavat pinnalla ja pohjavedet sen alapuolella. Eteläreunalla on rantavallimaastoa (b), jossa on erilaisia kausivaihtelevia altaita.

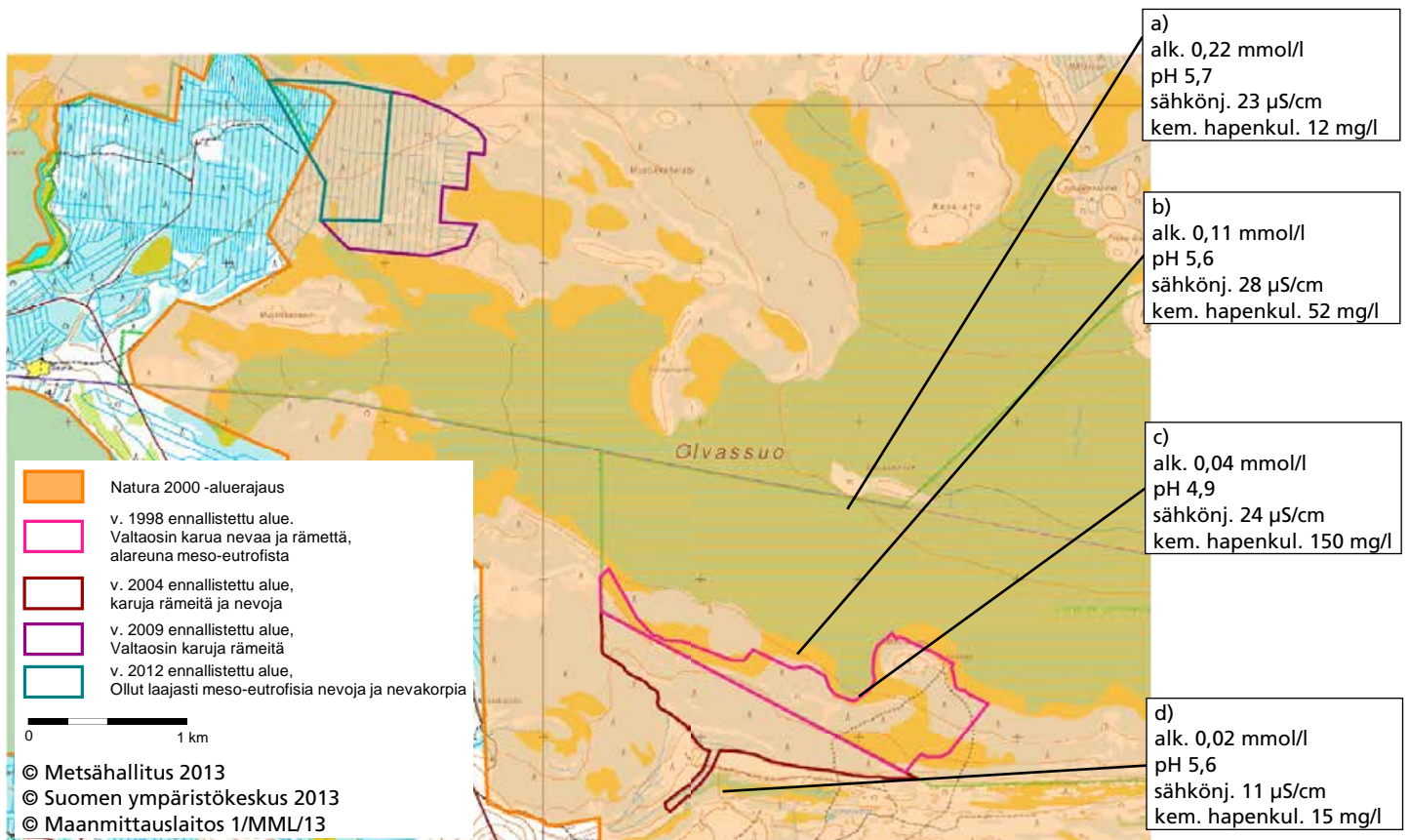
tuva vettynyt saraikko. Suon puusto oli avohakattu ojituksen yhteydessä, ja pääosa ojitusalueesta lienee lannoitettu. Ennallistamisvaiheessa puusto oli tasaikäistä nuorta männikköä. Alue ennallistettiin kahdessa vaiheessa. Alareunan 70 hehtaaria ennallistettiin syksyllä 1998 (kuva 128). Männyt poistettiin kokopuukorjuuna ja ojat täytettiin kaurilla. Korjattu puusto haketettiin. Ojitusalueen ylempi puolisko ennallistettiin vastaavalla tavalla vuonna 2004 (kuva 128).

Alueen ensimmäiselle ennallistamisalueelle perustettiin koaloja, joilla seurattiin kasvillisuuden kehittymistä. Karummilla räme- ja neva-alueilla kasvillisuuden muutokset ovat olleet ennallistamisen jälkeen yllättävän vähäisiä, mutta jonkin verran rahkasammalet ovat levinneet. Ennallistamisalueen alareunan meso-eutrofisella alalla kaksi rahkasammallajia (sirorahkasammal *Sphagnum flexuosum* ja etenkin haprarahkasammal *S. riparium*) ovat ennallistamisen jälkeisinä viitenä vuotena runsastuneet hyvin voimakkaasti, ja ennen ennallistamista alueella esiintynyt pohjaveden virtausta indikoiva lehtisammallajisto (kampasammal ja kiiltolehvasammal) on taantunut (kuva 129). Tämä voi johtua veden laadun heikkeneemisestä ennallistamisen jälkeen. Reilu vuosi en-

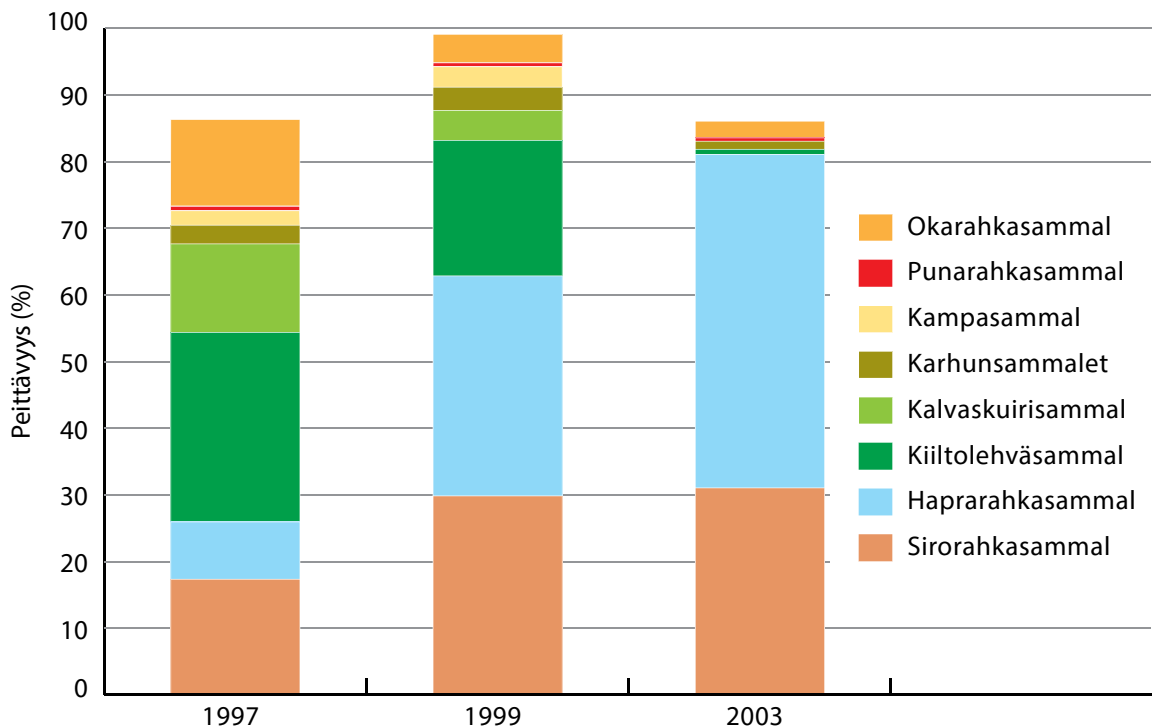
nallistamisen jälkeen, kesällä 1999 ennallistamisalueen ympäristöstä otettiin vesinäytteitä, joista mitattiin pH, alkaliniteetti, sähkönjohtavuus ja kemiallinen hapenkulutus (kuva 128).

Alueen hoitoseurannoissa on todettu, ettei Olvassuon eteläreunan ennallistaminen ole sujunut aivan tavoitteiden mukaisesti. Keskiosien nevoilla ja nevarämeillä kasvaa voimakas mäntytaimikko. Tämä johtunee siitä, että oja tukittaessa tehtiin vain lyhyet ja matalat pintavallit, jotka ovat muutamassa vuodessa hävinneet. Entiset ojat erottuvat edelleen selvästi ympäristöään alempana olevina uomina (kuva 130), jotka kuljettavat ylhäältä tulevia pintavesiä suoraan kohti alareunaa, joten vesi ei pääse virtaamaan saroilla. Ennallistetun alueen alareunassa on laaja yksitoikkoinen rahkasammalmatto, mutta heti sen alapuolisella ojittamattomalla nevalle kasvaa pohjavettä indikoivaa lajistoa.

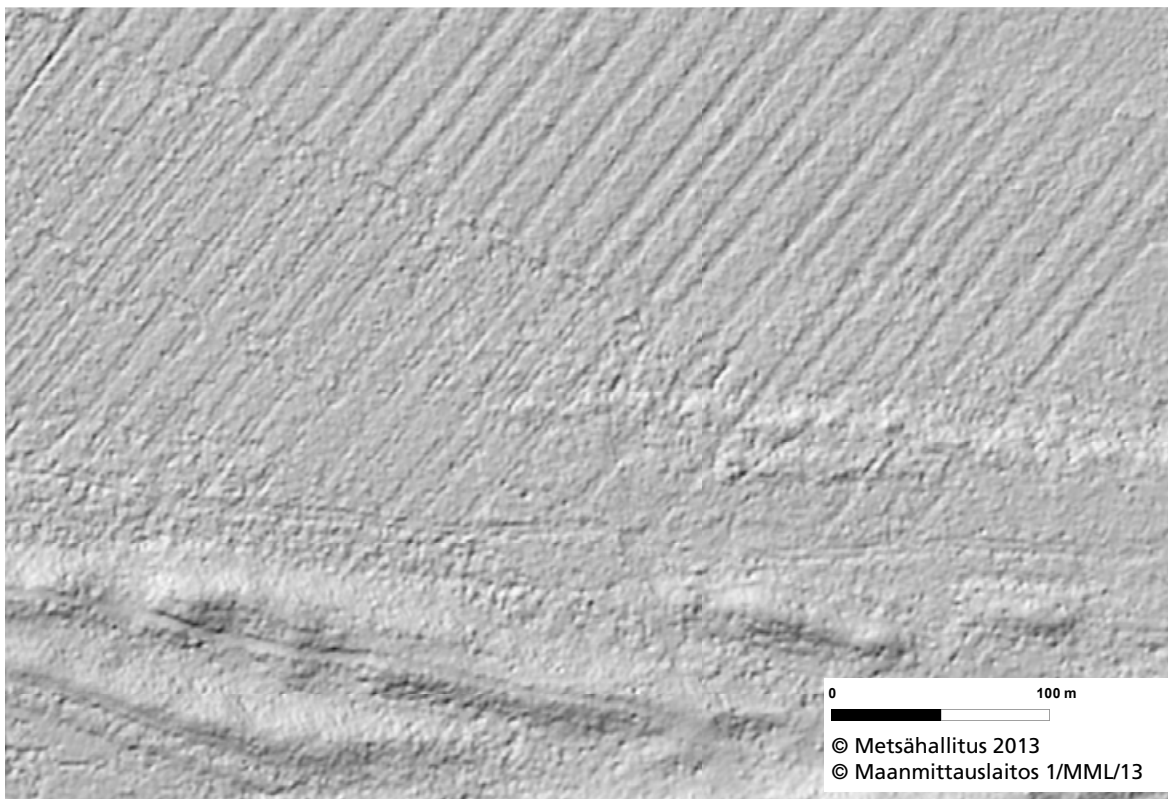
Olvassuolla ennallistettu alue on vain pieni osa laajasta kokonaisuudesta, eikä ennallistetulla alueella ollut esimerkiksi uhanalaista lajistoa. Näin jälkikäteen kannattaa kuitenkin miettiä millaisilla toimenpiteillä olisi saatu parempi ennallistamistulos. Ensimmäiseksi kannattaa kiinnittää huomiota eri osien toteutusjärjestykseen. Pohjavesi-



**Kuva 128.** Olvassuon ennallistamistoimenpiteet sekä tuloksia suolla ensimmäisen ojien tukkimisen jälkeen tehdyistä veden laadun mittauksista (a–d) vuonna 1999. Vesianalyysien tuloksista näkyy, että ennallistamisalueen alaosan vesi on erittäin humuspitoista ja suhteellisen hapanta (c), alapuolen vedet ovat kirkkaampia ja vähemmän happamia (a ja b) ja yläpuolen vesi sadevesimäisistä (d).



**Kuva 129.** Olvassuon ensimmäisen ennallistamisalueen alareunan rehevän saranevan pohjakerroksen sammallajien peittävydet (%) ennen toimenpiteitä (1997) sekä 2 ja 6 vuotta toimenpiteiden jälkeen. Loppuosa peittävydestä (100 %:iin asti) on erilaista sammaletonta pintaa.



**Kuva 130.** Laserkeilausvinovalokuva Olvassuon ennallistamisalueelta. Keilauksen aikaan pohjoisosan ennallistamisesta oli noin 12 vuotta ja eteläosan ennallistamisesta noin 8 vuotta. Pohjoisosaan tehtiin heikot pintavallit, joten ne ovat hävinneet täysin, ja ojat näkyvät edelleen selvinä uomina. Eteläosan ennallistaminen on onnistunut paremmin, koska pintavalleista tehtiin riittävän suuret. Siellä ojaverkosto on alkanut hävitä näkyvistä.

vaikutteinen alareuna ennallistettiin ensin, jolloin karumman yläosan vielä auki olevat ojat toivat ennallistetulle alueelle happamia pintavesiä. Alareunan ojien tukkiminen nosti veden pinnan nopeasti lähelle pintaa, jolloin tumma, humuspitoinen ja hapan vesi levisi alueelle, jossa pohjaveden purkautuminen oli vielä pitänyt hengissä joitakin meso-eutrofisia lajeja. Äkillinen veden laadun muutos tarjosi rahkasammalille voimakkaan kilpailuedun suhteessa vaativampiin lehtisammaliin.

Ehkä tärkein syy heikkoon tulokseen on kuitenkin pintavallien riittämättömyys. Karumman yläosan ennallistamisen yhteydessä uusi hapan ja humuspitoinen piikki on todennäköisesti päässyt tulemaan ojauomia myöten jokseenkin suoraan alapuolisen ennallistetun alan rehevimmille osille, sillä yläosassa pintavallit olivat liian pienet ohjaamaan veden pois ojauomista. Myös suolle jäävään puustoon olisi voinut jättää enemmän vaihtelevuutta. Nyt puustoltaan luontaisesti vaihtelevia soita on laajalti lähes puuttomina, mutta tasaisesti taimettuneina.

Ensimmäistä ennallistettua aluetta voidaan pitää poikkeuksellisen vaikeasti toteutettavana monessakin mielessä. Vastaavia ojitusalueita myöhemmin ennallistettaessa, esimerkiksi Olvassuon länsiosassa, on toimenpidejärjestystä muutettu. Ensin ennallistettiin karut yläosat ja vasta myöhemmin pohjavesivaikutteiset alaosat. On vielä ennenaikaista sanoa, missä määrin tälläkään saadaan säilytettyä kasvillisuuden monimuotoisuutta ennallistamisalueella.

Vanhaa ennallistamisaluetta on vaikea korjata, koska oja on niin paljon. Tarkoin sijoitellut riittävän korkeat pintavallit ojauomien poikki voisivat levittää virtausta saroille ja vähentää taimettumisongelmaa paikallisesti sekä parantaa veden laatua alareunalla. Alueen monimuotoisuuden perustana oleva pohjaveden purkautuminen Kälväsvaaralta jatkuu kuitenkin luontaisessa laajuudessa ja tämä antaa toivoa, että vaateliias lajisto voisi ajan myötä palautua ennallistetulle alueelle sen alapuolella leviävältä ojittamattomalta suolta. Uhkana tälle on kuitenkin alueelle suunniteltu laaja pohjavedenottohanke.

### 13.18 Ison syöpyneen ojan patoaminen: Siikajoen Isoneva

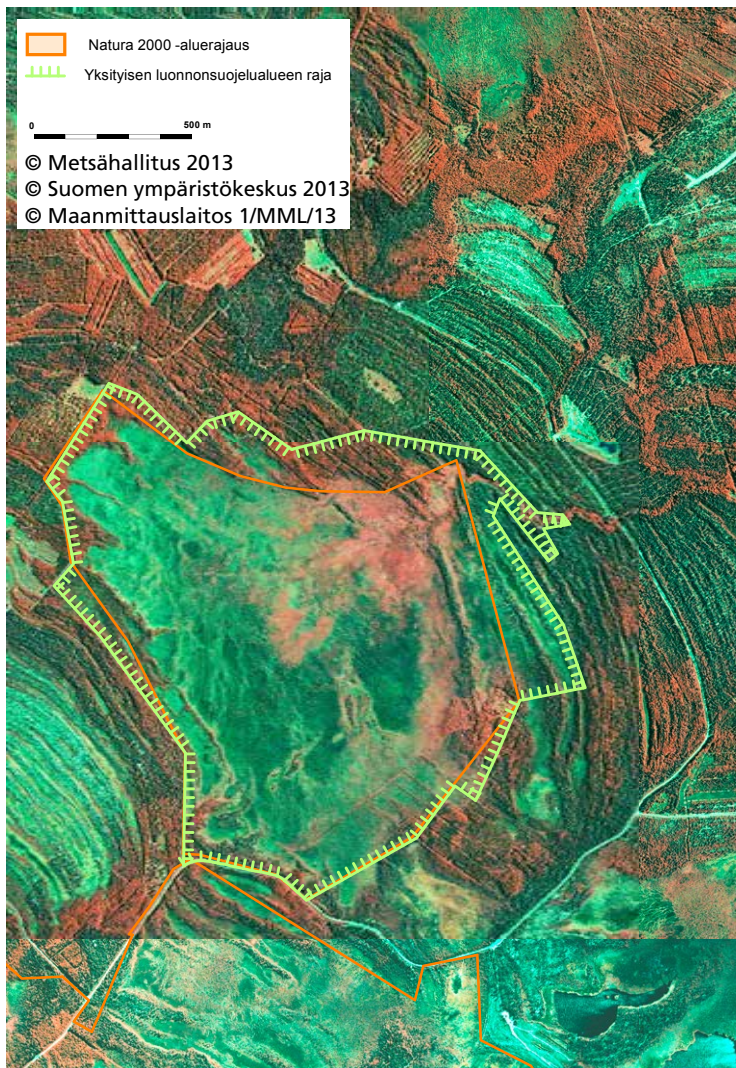
*Sakari Rehell*

Siikajoen Isoneva on rehevä luhta- ja lettoaue, joka kuuluu Siikajoen lintuvedet ja suot -nimiseen Natura-alueeseen. Isonevan kaakkoiskulmaan laskeva Iso-oja on suurehko puro tai pieni joki (kuva 133), jonka valuma-alue käsittää noin 1 400 hehtaaria pääosin soistuneita hiekkamaita. Alajuoksullaan se on levinnyt Isonevalle, jonne on muodostunut rehevää metsä- ja pensasluhtaa. Näiden alapuolella aukeavat luhtaiset rimpiletot, joita myöten vedet ovat virranneet kohti suon länsi- ja pohjoislaitoja (kuva 131).

Isonevan valuma-alueella on tehty runsaasti ojituksia ja kunnostusojituksia. Kunnostusojituksiin liittyen oli Isonevan itälaidalla kaivet-

tu 1990-luvun lopulla suunnitelmien vastaisesti pieni, kaksi ojanpäättä yhdistävä oja. Tämä oja muutti koko Iso-ojan alajuoksun virtausta niin, että vedet siirtyivät pois luontaisesta uomastaan ja virtasivat Isonevan ohi pohjoispuoliseen Majavaojaan (kuva 132).

Oja oli syöpynyt erittäin voimakkaasti muutama vuoden aikana siten, että vuonna 1999 pääosa virtauksesta tuli vielä luontaista uomaa myöten Isonevalle mutta vuonna 2005 enää hyvin niukasti. Yhdysoja oli syöpynyt yli kolme metriä syväksi ja seitsemän metriä leveäksi rotkoksi, ja reunojen sortuessa puustoa oli kaatunut melkoisesti. Kesällä 2007 syöpymisen huomattiin jatkuneen niin, että luontaiseen uomaan ei tullut enää lainkaan vettä edes tulva-aikoina. Hiekkamaahan kaivetun ojan syöpymisen lisäksi Iso-ojan latvoilla oli toteutettu laaja kunnostusojitushanke, jolloin virran mukana tuli hiekkaa ja muuta kiintoainetta. Ne sedimentoituiivat paksuksi kerrokseksi vanhan uoman kohdalle. Iso-ojan vesien virtauksen siirtyminen kokonaan Isonevan ulkopuolelle oli vaikuttanut erittäin voimakkaasti koko suon vesitalouteen. Muutos oli kuitenkin niin tuore, ettei

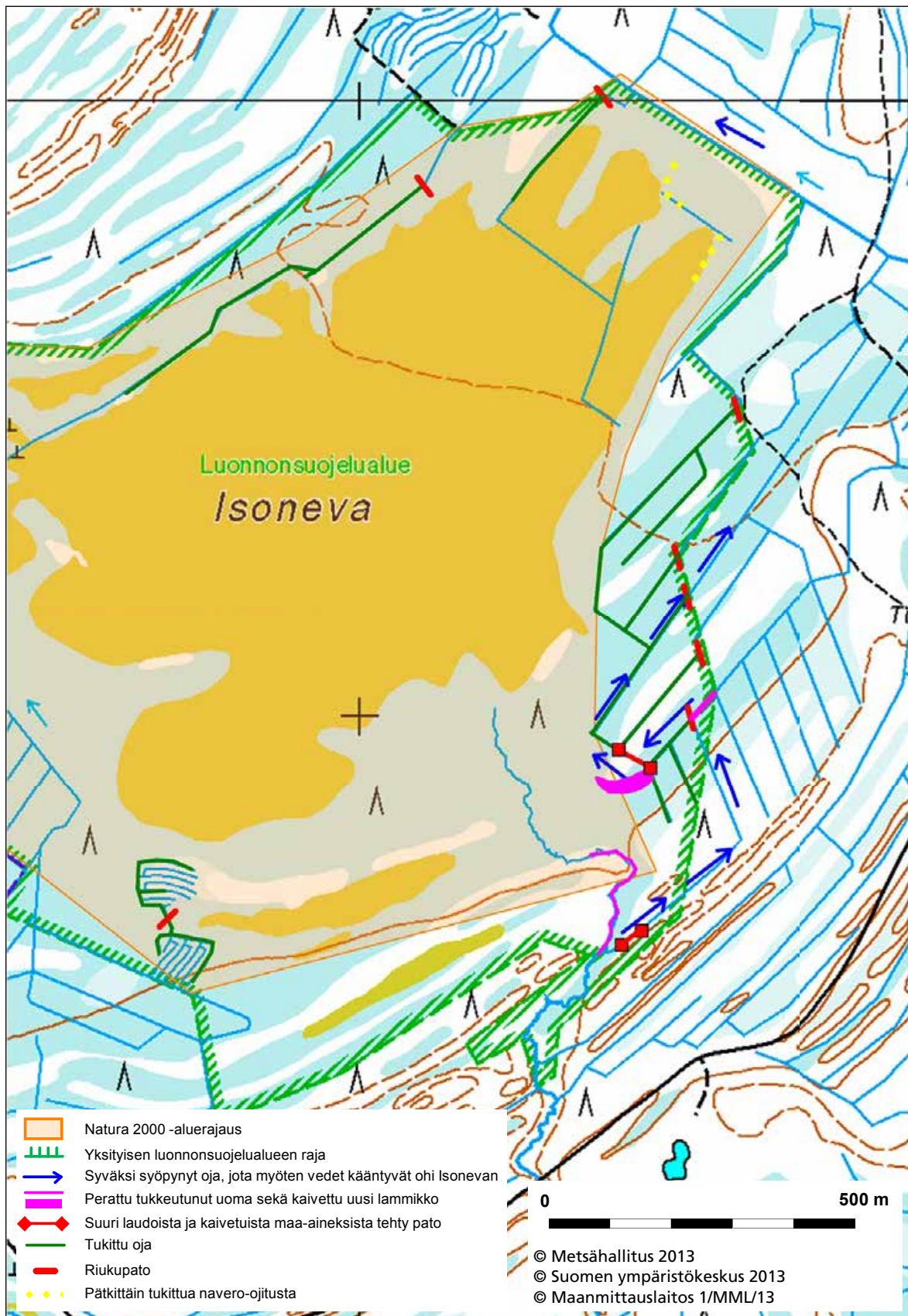


Kuva 131. Ilmakuva hiekkakaartojen luonnehtimalta Isonevan alueelta.



Kuva 132. Metsäoja, jota myöten koko Iso-ojan vesimäärä oli siirtynyt virtaamaan Isonevan ohi. Suuri virtaava vesimäärä oli kuluttanut uoman syväksi ja leveäksi. Kuva on otettu ennen toimenpiteitä. Kuva: Sakari Rehell, toukokuu 2005.





**Kuva 133.** Isonnevalla toteutetut ennallistamistoimenpiteet. Siniset nuolet osoittavat virtaussuuntaa syväksi syöpynneissä ojassa, jota myöten vedet ennen ennallistamista kääntyivät Isonnevan ohi.

kasvillisuus ollut ehtinyt merkittävästi muuttua. Uhattuja luontotyypppejä olivat ainakin aapasuot, metsäluhdat, letot sekä puustoiset suot. Vuonna 2007 Isoneva perustettiin yksityiseksi luonnonsuojelualueeksi. Alueellinen ympäristökeskus neuvotteli maanomistajan kanssa, ja suojelualue perustettiin jonkin verran Natura-rajasta laajempaan (ks. kuva 131), mikä mahdollisti tarvittavien ennallistamistoimien toteuttamisen.

Metsähallituksen Pohjanmaan luontopalveluissa laadittiin Isonevalle ennallistamissuunnitelma, johon kuului olennaisena osana patojen rakentaminen syöpyneen ojan kynnyškohtiin sekä uoman aukaisu, jotta vedet pääsisivät taas virtaamaan luontaiseen suuntaansa (kuva 133). Isoneva ennallistettiin sateisena kesänä 2008. Aluksi perattiin hiekalla ja siltillä tukkeutunut vanha uoma auki noin 150 metrin matkalta. Työ aloitettiin alaosasta, ja samalla, kun kone perkasi tukkiutunutta uomaa, se siirsi kasvavaa maakasaa edellään ylöspäin kohti padottavaa kohtaa. Tällä välin metsurit rakensivat filmivanerista ja lankuisista kaksi riittävän isoa ja tukevaa seinää valmiiksi odottamaan asennusta.

Kun kone pääsi ensimmäisen rakennettavan padon kohdalle, se aukaisi vedelle reitin perattuun alkuperäiseen uomaan. Padottavaan ojaan pystytettiin kaksi ”seinää” noin 20 metrin päähän toisistaan. Kaivinkoneella kaivettiin seinälevyjä varten kuoppa, jonka reunat ulottuivat syöpymättömään maahan. Levyjen reunat ylsivät joka puolelta vähintään puoli metriä syöpymättömään maahan. Levyt peitettiin suodatinkankaalla ja avatusta uomasta kaivettu maamassa siirrettiin patojen väliin. Lopputuloksena oli reilun parinkymmenen metrin pituinen, ympäröivän kangasmaan pinnan tasalle ulottuva tiivis maapato, jonka ansiosta pienen joen luokkaa oleva veden virtaus saatiin ohjattua alkuperäiseen uomaan.

Syväksi syöpynyt oja jäi lähes kuivaksi, jonkin verran pohjavettä sinne jäi virtaamaan. Muutama sadan metrin päässä tästä, alavirran puolella syöpynyt oja sivusi seuraavan kerran Isonevan luhta-alueetta, johon Iso-ojan vedet nyt taas pääsivät leviämään. Syöpynneeseen ojaan tehtiin hiekkakäärön kohdalle toinen massiivinen maapato. Tämä paikka ei ollut aivan vanhan uoman lähellä, vaan lähimpään luontaiseen purouomaan oli lähes sata metriä matkaa. Jotta padon taakse kertyvä vesimäärä saatiin ohjattua luontaiseen uomaan, väliin kaivettiin pitkä, kapea lampi (kuva 134).

Lammen kaivamisesta kertyneet maa-ainekset käytettiin padon rakentamiseen. Kun tärkein ongelma oli ratkaistu, eli puron valtava vesimäärä oli saatu ohjattua luontaiseen suuntaan Isonevan keskiosiin, voitiin tukkia muita suon reunan oja.

Myöhemmin huomattiin, että vanha uoma oli peratun uoman alapuolellakin niin liettynyt, ettei se pystynyt vetämään kaikkea Iso-ojan vettä, vaan osa vedestä kulkeutui kaartojen välistä tasaista rimpinevaa myöten suon eteläosan lahdekkeeseen, mihin uhkasi kertyä liikaa vettä. Uomaa perattiin seuraavana talvena vielä noin sadan metrin matkalta (kuva 135), minkä jälkeen vesi näytti ohjautuvan tavoitteiden mukaisesti luhta-alueella oleviin vanhoihin uomiin. Lisäperkaus ei juuri lisännyt kokonaistyömäärää, sillä Isonevan länsilaidan märkien rimpinevojen keskellä oleva pienempi ojitusalue oli joka tapauksessa ennallistettava talvityönä.

Yhden suuren, maansiirtotöitä vaatineen maapadon tekemiseen kului kaivinkoneelta aikaa noin kahdeksan tuntia. Lisäksi kumpaankin patoon tarvittiin kahden miehen päivän työpanos. Hoitoseurannassa havaittiin, että työ oli onnistunut kaikin puolin tavoitteiden mukaisesti: Iso-ojan vedet pääsevät taas leviämään Isonevalle, ja suon reunan muuttuneet korvet ja letot ovat palautuneet hyvin. Kaivettu uoma ja lammikko sopivat maisemaan suhteellisen hyvin, varsinkin lampi on muuttunut kauniiksi ja merkittäväksi lintujen elinympäristöksi. Syöpynyt kanava on useiden satojen metrien mittainen uoma talouskäytössä olevalla hiekkakankaalla. Pohjois-Pohjanmaan metsäkeskuksen kanssa on alustavasti sovittu, että se ajattaa jossain vaiheessa uomaan maata läheisestä vanhasta maa-ainesten ottokuopasta, jotta pohjaveden purkautuminen saataisiin vähenemään ja siitä aiheutuva uhka padon pysyvyydelle poistettua.



**Kuva 134.** Alemman suuren padon yläpuolinen lammikko, josta saatiin ainekset taustalla vasemmalla olevan suuren maapadon rakentamiseen. Kuva on otettu kaksi vuotta toimenpiteiden jälkeen. Samalla lammikko ohjaa vedet alueelta katsojan suuntaan kohti Isonvalle johtavaa purouomaa. Kuva: Sakari Rehell, toukokuu 2010.



**Kuva 135.** Ylemmän suuren padon alapuolelle kaivettu uoma, jota myöten Iso-ojan vedet pääsevät virtaamaan kohti Isonvan keskiosia. Kuva on otettu syöpyneen ojan alkupäähän tehdyn padon laidalta kaksi vuotta toimenpiteiden jälkeen. Uoma noudattelee alkuperäistä uomaa, joka oli jäänyt joen tuoman sedimenttikerroksen alle. Taustalla näkyvät kuolleet männyt olivat kuolleet tulvien tuomien lietteiden tukittua alkuperäiset uomat. Kuva: Sakari Rehell, toukokuu 2010.

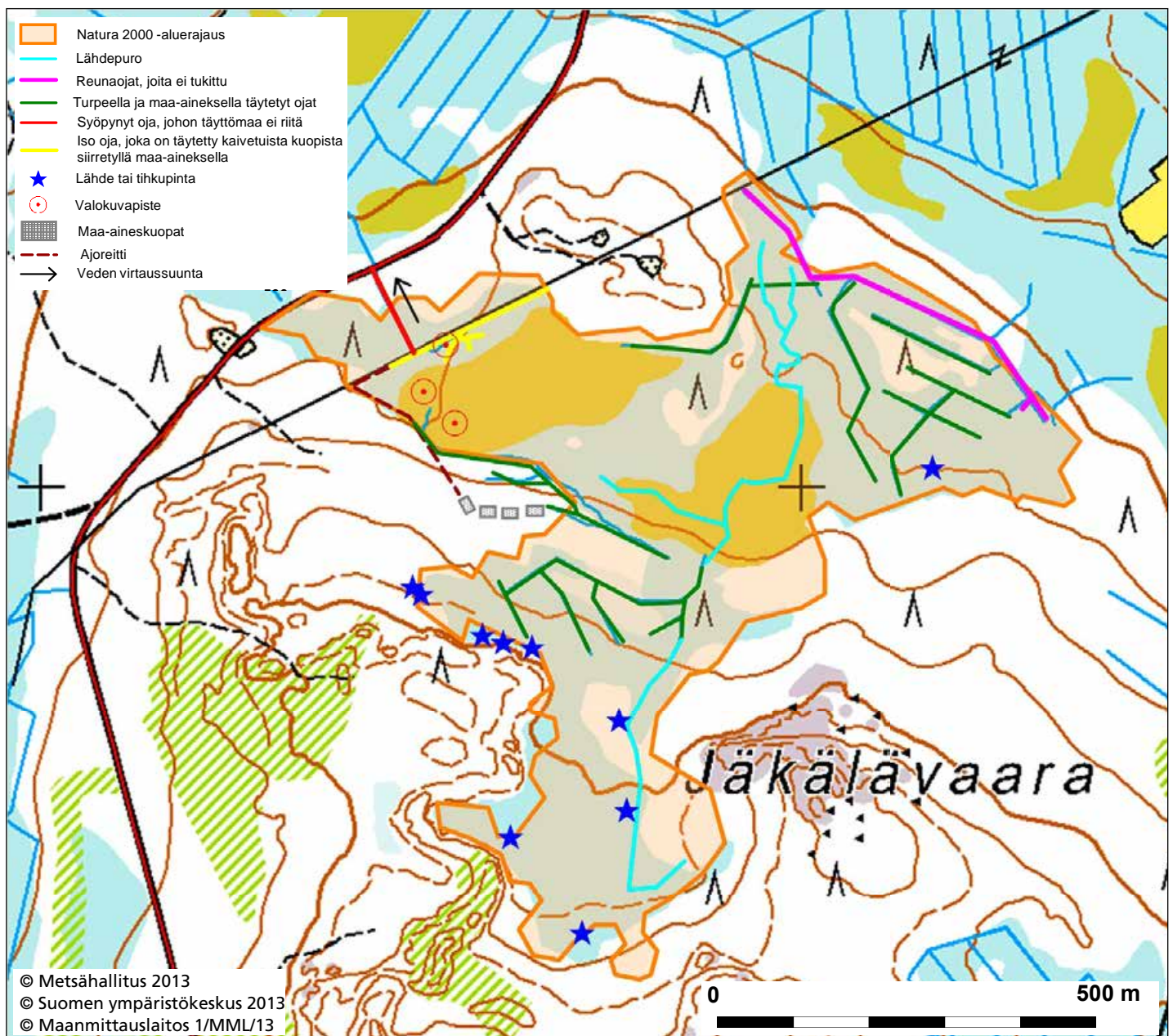
### 13.19 Hiekkamaan rinnesuon syöpyneen ojan patoaminen: Pudasjärven Jäkälävaara

Sari Kaartinen

Pudasjärven Jäkälävaaran rinnesuo sijaitsee alueella, missä tasainen Pohjanmaan suolakeus vaihtuu Kainuun vaaramaastoksi. Suo on osa Jäkälävaaran rinnesuot ja Rytisuo -Natura-alueita. Jäkälävaaran laki on noin 175 metriä merenpinnan yläpuolella, suhteellinen korkeusero vaaran ja alapuolisten tasaisempien soiden välillä on noin 50 metriä. Vaaran lakialueen itälaita on kallioista ja kivistä

moreenimaastoa, mutta vaaran länsirinteelle on kerrostunut jäätikkökielekkeiden reuna-asemaan liittyen paksultti lajittuneita hiekka- ja sorakeroksia. Rantavoimat ovat muotoilleet hiekkvoja korkeuskäyrien suuntaisiksi valleiksi ja dyneiksi.

Jäkälävaaran rinnesuo (noin 40 ha) sijoittuu vaaran pohjoisrinteelle (kuva 138). Suolla on korkeuseroa vajaan kilometrin matkalla yli 20 metriä. Suon yläosiin purkautuu vaaralta tulevia pohjavesiä useina lähteinä ja tihkupintoina, joiden yhteydessä on pienialaisia lettokuviota (kuva 136). Suon laaja alaosa viettää porrasmaisesti hiekkaisen rantakaartojen patoamana rimpinevana. Ala-



Kuva 136. Jäkälävaaran rinnesuon ennallistamisalue.

osassa on paikoin ohutturpeisia, kausivaihtelevia rimpipintoja, joissa ylempää tulevia vesiä pääsee suotautumaan hiekkakerrosten läpi.

Rinnesuon ylä- ja keskiosissa on joitakin pienialaisia vanhempia ojituksia. Voimakkaimmin suon luonnontilaa ovat muuttaneet kuitenkin 1990-luvulla hiekkakaartojen läpi kaivetut yksittäiset, syöpyneet ojat suon alalaidassa (kuva 137). Suolta tulva-aikaan purkautuvat suuret vesimäärät ovat syövyttäneet yksittäiset ojat lyhyessä ajassa hyvin syviksi ja leveiksi. Ennen ennallistamistoimia eroosio eteni jatkuvasti, ja syvälle hiekkaan syöpyneitä uomia oli ilmestynyt jo ojien yläpuolisiin ohutturpeisiin rimpiin. Etenkin suon alaosat olivat laajalti muuttuneet: alun perin avoimet rimmet olivat kuivuneet ja taimettuneet vielä usean sadan metrin päässä hiekkakaartoja puhkaisevista ojista (kuva 138).

Jäkälävaaran rinnesuon ennallistaminen aloitettiin vuonna 2008. Suon ylä- ja keskiosien vanhemmat ojat tukittiin normaalisti turpeella ja maa-aineksella kesäaikaisena metsuri- ja kaurityönä. Kustannukset olivat yhteensä noin 4 400 €.



**Kuva 137.** Jäkälävaaran rinnesuon syvälle syöpyneitä ojia ennen ennallistamista. Oikealle kääntyvään haarakohtaan tehtiin tukeva puuvahvisteinen ja suodatinkankaalla vahvistettu pato sekä sen yläpuolelle noin 5–10 metrin päähän lisäksi kangasvahvisteinen maapato. Kuva: Sari Kaartinen 2007.



**Kuva 138.** Rinnesuon tasaisemmalla alalaidalla rimpisuot olivat kuivuneet aivan rutikuiviksi kaukana varsinaisista ojistakin. Kuva on otettu hyvin sateisena kesänä 2007. Kuva: Sari Kaartinen 2007.

Ennallistamisen suurin ongelma oli suon alareunan syviksi syöpyneiden ojien patoaminen (kuva 136). Tätä varten ajettiin jäädytettyä talvitietä pitkin noin 400 m<sup>3</sup> hiekkaista ja soraista maa-ainesta tukittavan kynnyksen viereen kevättalvella 2008. Kesällä maa-aineksella täytettiin oja niin pitkälle kuin materiaalia riitti. Alimmaksi ojaan tehtiin puuvahvisteinen suodatinkankaalla vuorattu pato ja siitä noin 5 metriä ylemmäksi lisäksi yksi suodatinkankaalla vuorattu maapato. Maa-aines ei riittänyt koko ojan ja syöpyneiden uomien tukkimiseen, joten vain alaosa täytettiin kokonaisuudessaan. Yläosaan tehtiin lisää maa- ja kangasvahvisteisiä patoja tärkeiksi katsottuihin kohtiin. Kevättalvella 2009 ajettiin lisää maa-ainesta – suunnilleen saman verran kuin edellistalvena – suoraan patojen väliin jääneisiin täyttämättömiin kohtiin ja tasoitettiin talvityönä.

Kaiken kaikkiaan talvitien tekoon kahtena talvena ja maa-ainesten kuljettamiseen ja levittämiseen tehtiin 72 tuntia traktoritöitä (kustannukset yhteensä noin 3 500 €). Maa-aineksia otettiin 300 metrin päästä täytettävistä ojista, valtionmaan taimikkokuvioilta neljästä peräkkäisestä kaivannosta, joiden koko on keskimäärin 15 x 15 x 1 metriä. Ne näyttävät muuttuvan kolmiolaiseksi matalaksi lammeksi.

Kevään 2009 hoitoseurannoissa havaittiin, että ennallistaminen oli onnistunut pääpiirteissään tavoitteiden mukaisesti. Kuivuneet rimpipinnat olivat taas kauttaaltaan veden peitossa (kuva 139) ja vesien virtaus oli saatu pääosin ohjattua luontaisen kaltaiseksi.



**Kuva 139.** Kuivuneen rimpinevan alapuolisen syöpyneen kynnyksen patoaminen nosti vedenpinnan hyvin laajalla alalla taas luontaiselle tasolle. Kuvassa näkyy mm. pieniä koivun taimia vedessä. Kuva: Sari Kaartinen 2009.

### 13.20 Talousmetsän kunnostus- ojituksen ja suojelualueen ennallista- misen yhteensovittaminen Oulun ja Pudasjärven Hirvisuolla

Sakari Rehell

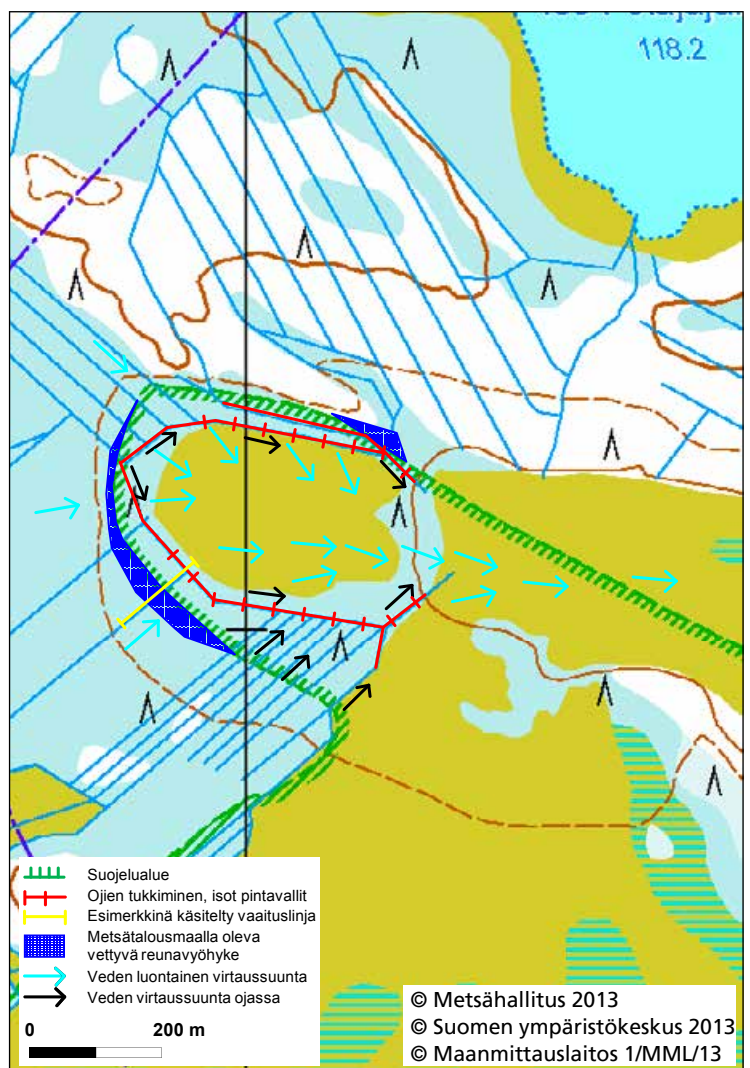
Oulun ja Pudasjärven Hirvisuo on laaja aapasuo-  
valtainen suokokonaisuus, jonka pääosa on suo-  
jeltu lähes 4 500 hehtaarin laajuisena soidensuo-  
jelualueena. Suojelualueeseen rajautuvia talous-  
metsiä hallinnoiva Metsähallituksen metsätalous  
aloitti suojelualueen pohjoispuolisten ojitettujen  
soiden hakkuiden ja kunnostusojitusten suunnit-  
telun vuonna 2008 ja otti yhteyttä suojelualueetta  
hallinnoivaan Metsähallituksen luontopalvelui-  
hin. Luontopalveluissa lähdettiin yhteistyöhön ja  
vielä samana vuonna laadittiin ennallistamissuun-  
nitelma, jossa tarkasteltiin koko Hirvisuon Natu-  
ra-alueetta. Suunniteltuun kunnostusojitusaluee-  
seen rajautuva Nauruanperän lahdeke arvioitiin  
luonnontilansa menettäneeksi ja sinne esitettiin  
ennallistamistoimia. Tavoitteena oli saada palau-  
tettua lahdeke osaksi linnustoltaan hyvin arvo-  
kasta suokokonaisuutta, pääosin saraiseksi rim-  
pipintasuoksi.

Nauruanperän lahdeke sijaitsee Hirvisuon  
suosysteemin pohjoisosassa, missä vesi on virran-  
nut minerotrofisia suojuotteja myöten koilliseen,  
kohti Petäjäojan latvojen luhtanevajuottia (kuva  
140). Lahdeketta ympäröivät puustoiset ja rehe-  
vät räme- ja korpialueet on ojitettu 1960-luvun  
lopussa ja tässä yhteydessä ojitusalueet on toden-  
näköisesti myös lannoitettu. Ojitusalueiden vedet  
on ohjattu kahta syvää, kokoavaa ojaa myöten  
nykyisin suojelualueeseen kuuluvan Nauruanpe-  
rän avosuolahdekkeen laitojen läpi. Suojelualueen  
sisällä olikin lähes 20 hehtaaria entistä avosuota,  
jonka reunoille vedetyt ojat olivat kuivattaneet  
ja muuttaneet perusteellisesti, vaikka itse lahde-  
ketta ei ollut varsinaisesti ojitettu. Kokoavat ojat  
johtivat vetensä Nauruanperän lahdekkeen itä-  
puolelle märälle nevalle, minne oli syntynyt laaja  
vettynyt saraikko lisääntyneen pistemäisen vir-  
tauksen vuoksi.

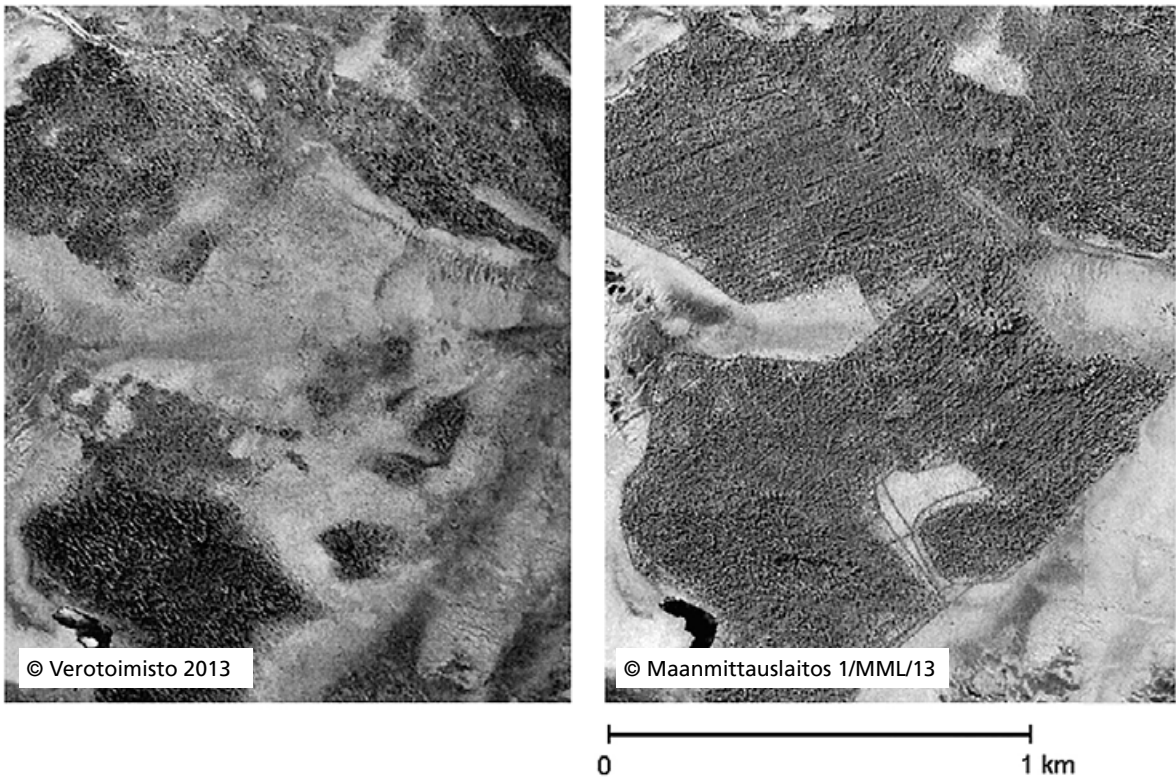
Vanhan ilmakuvan perusteella nykyisin suoje-  
lualueeseen kuuluva lahdeke on luontaisesti ollut  
lähes avointa, märkää nevaa: eteläosista ilmeises-  
ti rehevää luhtanevaa, pohjoisempaan rimpine-  
vaa (kuva 141). Ennen ennallistamista alue oli  
kauttaaltaan puustoista muuttumaa, vaikka kui-

vattavat ojat olivat noin 200 metrin päässä suon  
keskiosista. Suon keskiosissa mäntytaimikko oli  
suhteellisen pientä ja harvaa, reunamilla jonkin  
verran kookkaampaa (kuva 142). Kasvillisuudessa  
huomiota herättivät tiheet vaivaiskoivu- ja tupas-  
villakasvustot. Etelälaidan rehevimässä osassa  
ravinteisuutta osoitti lähinnä viitakastikan run-  
saus. Alkuperäinen saraisten avosoiden kasvii-  
lisuus oli pääosin hävinnyt. Voimakkaimmin  
muuttuneita olivat ojien reunamat sekä eteläi-  
semmän kokoavan ojan eteläpuoli, jotka olivat  
jo osin turvekangasmaisia männiköitä.

Suojelualueen lahdeketta kuivattavat valtaojat  
olivat juuri ja juuri suojelualueen puolella. Alue  
vaaitiin ja todettiin, että veden nostaminen riit-  
tävälle tasolle suojelualueella merkitsisi väistämät-  
tä jonkin verran vettymishaittoja noin kahdelle  
metsätalousmaahehtaarille (luokiteltu kasvullisek-



Kuva 140. Veden virtaus ja ennallistamistoimenpiteet Nauruanperän lahdekkeella.

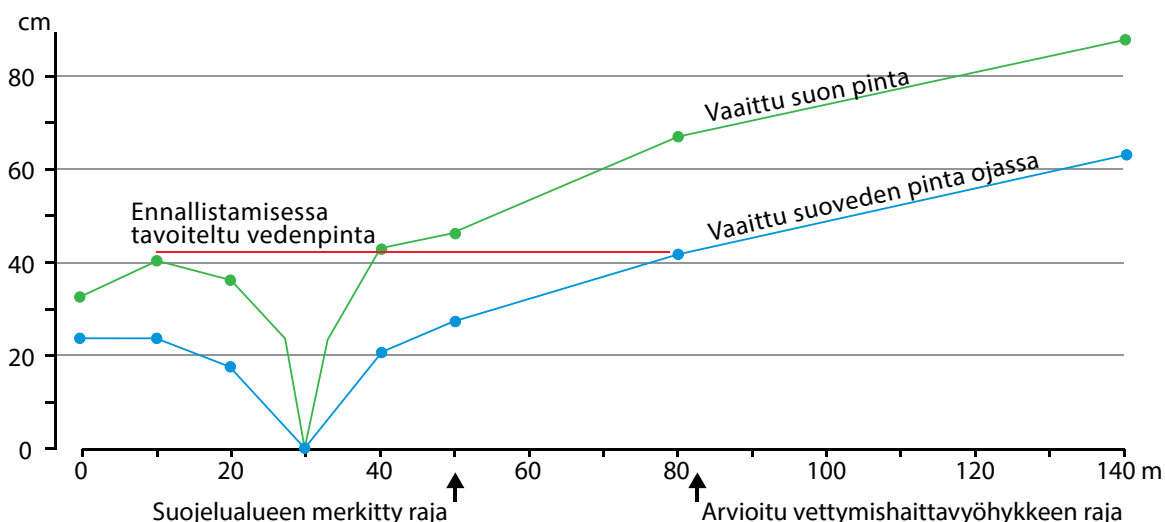


**Kuva 141.** Ilmakuvat vuodelta 1957 (vasemmalla) sekä 2000-luvulla (oikealla). Nauruanperän lahdeke näkyy kuvien oikeassa laidassa avosuona.



**Kuva 142.** Nauruanperän lahdekkeen entinen märkä avosuo oli kuivunut ja taimettunut kaukana ojien ulkopuolella. Kuva on otettu ennen hakkuita suojelualueelta reilun sadan metrin päästä kuivattavista ojista. Kuva: Sakari Rehell, maaliskuu 2010.





**Kuva 143.** Esimerkki vaaituslinjasta Hirvisuolla. Vaaittaessa on otettu lukemat sekä suon pinnalta että viereisen ojan vedenpinnasta. Profiileista näkyy, kuinka tässä kohdassa tarvitaan n. 30 m pitkä pintavalli ohjaamaan vedet reunaojan yli lahdekkeen keskiosiin. Tämän tavoitteen mukainen vedenpinnan taso nostaisi veden suojelualan rajan ojitetulla metsämaalla hyvin lähelle pintaa, mutta jo vajaan 40 metrin päässä rajasta suolle jäisi kuivavaraa suunnilleen saman verran kuin nykytilassa (n. 30 cm).

si metsämaaksi) (kuvat 140 ja 143). Metsätalous suostui siihen, että vettymishaitoista huolimatta ojat tukitaan ja työmaata lähdetään toteuttamaan metsätalouden ja luontopalvelujen yhteistyönä.

Ennallistaminen aloitettiin ojituksen seurauksena kasvaneen puuston hakkuulla maaliskuussa 2010. Mäntypuusto hakattiin kokonaan suurimmalta osalta aluetta (kuva 144). Yhdeltä rämekeviolta hakattiin noin  $\frac{3}{4}$  mäntyjen runkoluvusta siten, että isoimmat männyt jätettiin pystyyn. Koivut ja kuuset jätettiin kaikilla kuvioilla hakkaamatta, mutta niiden määrä oli vähäinen. Ainespuu myytiin, latvukset ja kuitupuuta pienemmät rungot kuljetettiin energiapuuksi kokopuuna. Hakkuut viereisillä metsätalouskuvioilla tehtiin samalla kertaa.

Ojat tukittiin elokuussa 2010 ja samassa yhteydessä kunnostusojitettiin viereiset metsätalouskuviot. Suuret, Nauruanperän lahdeketta reunustavat kokoavat ojat tukittiin. Noin 50 metrin välein tehtiin isoja turvevalleja, jotka ulottuvat vähintään 15 metriä ojan molemmille puolille, jotta vesi pääsee virtaamaan ojaumasta suon keskusta päin (kuva 145). Aines tukkimiseen ja valleihiin otettiin vallin viereen kaivetusta lammitusta. Työtä tehtäessä tarkistettiin, että veden virtaus todella kääntyi suon keskiosiin päin. Parissa kohdassa kaivettiin kuokalla ja lapiolla turvevallien patoamista altaista pieniä viiksioja keskusta päin.

Toimenpiteiden jälkeen arvioitiin työn onnistuneen tavoitteiden mukaisesti. Padot pitivät syksyn sateiden jälkeen, vedenpinta oli noussut laajasti ja vesi oli lähtenyt virtaamaan kohti suon keskiosaa. Erityisen merkittävänä tässä Hirvisuon työmaassa voidaan pitää sitä, että Metsähallituksen luontopalvelut ja metsätalous toimivat alusta alkaen yhdessä suojelualan ennallistamiseksi. Hakkuu- ja ajokoneiden sekä kaivinkoneiden siirtymiset ja työt pystyttiin järjestämään kummankin osapuolen kannalta optimaalisesti, jolloin saatiin merkittäviä kustannussäästöjä. Myös työjohdossa voitiin vähentää työmäärää. Suojelualueelta hakatusta puusta saadut tulot kattavat kaikki hakkuusta ja ojien tukkimisesta koituneet kustannukset, vaikka puusto oli suurelta osin pientä ja harvaa. Noin 20 hehtaaria suojelualan pahoin kuivunutta rimpinevaa saatiin siis ennallistettua ilman lisäkustannuksia. Metsätaloudellekaan ei yhteistyöstä koitunut lisäkustannuksia, mutta luontopalvelujen puunmyynnistä saatu osuus nostaa tuloksen senkin osalta positiiviseksi. Yhteistyötä jatketaan.



**Kuva 144.** Maisema hakatun lahdekkeen keskeltä kohti suojelualueen reunaa, missä näkyy kaivuri tukkimassa ojaa. Kuva: Sakari Rehell, elokuu 2010.



**Kuva 145.** Nauruanperän lahdekettä ympäröivät isot laskuojat tukittiin ja niihin tehtiin säännöllisin välein pitkiä pintavalleja. Vallien rakentamista varten kaivetuista lammikoista vedet lähtevät virtaamaan suon keskiosiin päin. Kuva: Sakari Rehell, syyskuu 2010.

### 13.21 Vesitaloustoimenpiteitä pohjavesialueen metsätalousoilla Vaalassa

*Sakari Rehell*

Rokuan hiekkamuodostuman reunamilla on padottu kaksi metsätalousoalueen pohjavesivaikutteista suota.

#### Siirassuo

Siirassuolla toimenpiteen tavoitteena oli tutkia, saadaanko metsätalousoikäytössä olevalla ojitusalueella tehtävällä rajoitetulla toimenpiteellä palautettua harjualueen pohjavedenpinnan taso lähemmäksi luontaista korkeutta (Kupiainen 2010). Alue on ilmeisesti ollut ennen ojitusta lähdevaikutteista ja rehevää. Syviin metsäoijiin purkautui suuria määriä pohjavettä turpeenalaisista paineellisista pohjavesikerroksista.

Paksuturpeisen ojitusalueen runsasvetisimmän ojan vedenpintaa nostettiin kesällä 2010 rakentamalla paikalle tuodusta kivimurskeesta ojaan käsityönä kaksi pohjapatoa 30 metrin välein pohjavedenpurkautumisalueen alapuolelle (kuva 146). Vaikka toimenpide oli pienimuotoinen ja tehtiin noin 400 metrin päässä harjusta, suonalaisen paineellisen pohjaveden pinta nousi laajalla alueella patojen yläpuolella ja harjussa. Myös purkautuvan veden laatu muuttui: syvältä tulevan rautapitoisen veden osuus vähentyi ja lyhytmatkaisempien kirkkaampien vesien osuus lisääntyi. Padotun ojan virtaama väheni noin 25 %. Patoamattomalla osalla purkautuminen jatkui ja paikallisesti lisääntyikin. Vaikka ojan vedenpintaa nostettiin metrillä, patoamisen vaikutusalueella-kin kuivavaraa jäi vähintään 40 cm eikä puuston kasvu kärsinyt toimenpiteestä. Pohjaveden luontaisten virtausreittien palautumisen arvioitiin vaikuttavan positiivisesti myös luonnon monimuotoisuuteen. Työn kustannukset olivat noin 660 € / pohjapato.



**Kuva 146.** Siirassuolla veden pintaa nostettiin voimakkaasti virtaavassa (2 000 m<sup>3</sup>/vrk) ojassa isoilla kulutusta kestäville pohjapadoilla. Alueen maalaji, pitkälle maatunut turve, ei olisi kestänyt patomateriaalina voimakasta virtausta. Pato tehtiin pakkaamalla metalliverkon sisään murskettä, joka suojattiin suodatinkankaalla ja yläreunaltaan kuormapeitteellä. Oja verhoiltiin kivillä alemman padon alapuolelta ojan pohjan syöpmisen estämiseksi. Kuva: Virve Kupiainen.

## Neittävä

Rokuan toisella puolella, Neittävällä, oli kaivettu kunnostusojituksen yhteydessä oja hiekkaisen rantavallien poikki. Ojitettu alue on ohutturpeista, paikoin soistunutta kangasmetsää. Pohjavesiä ei ilmeisesti ole purkautunut alueelle luontaisesti, mutta oja oli perattu niin syväksi ja se oli syöpyntynyt niin voimakkaasti, että siihen alkoi purkautua pohjavesiä kankaan laidasta. Kainuun metsäkeskus joutui korjaamaan tilannetta.

Korjaustoimenpiteiden tavoitteena oli estää tilanteen paheneminen ja turvata pohjavedenotto alueella. Ojan vedenpintaa nostettiin syksyllä 2010 tekemällä ojaan 12:n suodatinkankaalla vahvistetun putkipadon sarja (kuva 147). Vedenpinnan taso säädettiin putkilla 40–50 cm korkeammalle kuin se oli ollut syöpyneen ojan pohjalla. Tällöin kuivavaraa jäi suopaikoillekin vielä vähintään 40 cm. Yhdelle putkipadolle tuli hintaa noin 500 €.



**Kuva 147.** Putkipatoa rakennetaan Pohjavedenpinnan nostamiseksi vuonna 2010 Vaalassa Rokuan hiekkamuodostuman reunalla. Ensinnäkin rakennettiin alin pato pohjavesialueen ulkoreunalle. Tämän jälkeen tehtiin vastaavia patoja yläpuolelle siten, että kunkin padon kohdalla on vain vähäinen porras vedenkorkeudessa. Kuva: Mikko Tölli.

# Lähteet

- Aapala, K. & Tukia, H. 2008: Restoration as a tool to improve the quality of drained spruce mires in conservation areas. – Teoksessa: Farrell, C. & Feehan, J. (toim.), After wise use – the future of peatlands. Volume 1, Oral Presentations. Proceedings of the 13th International Peat Congress. Tullamore, Ireland, 8.–13 June 2008. Jyväskylä, International Peat Society. S. 17–20.
- , Sallantausta, T. & Haapalehto, T. 2008: Metsäsojitettujen soiden ennallistaminen. – Teoksessa: Korhonen, R., Korpela, L. & Sarkkola, S. (toim.), Suomi – Suomea. Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö. Suoseura & Maahenki, Helsinki. S. 243–249.
- , Lindholm, T., Sallantausta, T., Similä, M., Tahvanainen, T., Haapalehto, T., Penttinen, J., Salminen, P., Suikki, A. & Vesterinen, P. 2012: Monitoring restored peatlands in Finnish nature reserves. – The Finnish Environment 2012/38: 197–204.
- Ahola, M. & Havumäki, M. 2008: Purokunnostusopas – Käsikirja metsäpurojen kunnostajille. – Kainuun ja Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Ympäristöopas 2008. 89 s.
- Ahti, E. 1987: Water balance of drained peatlands on the basis of water table simulation during the snowless period. – Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 141. 64 s.
- 2005: Kunnostusohje. – Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947: 114–120.
- Ahtiainen, M. & Huttunen, P. 1999: Long-term effects of forestry managements on water quality and loading in brooks. – Boreal Environment Research 4: 101–114.
- Andersen, A. N. & Majer, J. D. 2004: Ants show the way down-under: invertebrates as bio-indicators in land management. – Frontiers in Ecology and the Environment 2: 291–298.
- Andersen, R., Grasset, L., Thormann, M., Rochefort, L. & Francez, A.-J. 2010: Changes in microbial community structure and function following *Sphagnum* peatland restoration. – Soil Biology & Biochemistry 42: 291–301.
- Annala, E. 1969: Influence of temperature upon the development and voltinism of *Ips typographus* L. (Coleoptera, Scolytidae). – Annales Zoologici Fennici 6: 161–208.
- & Petäistö, R.-L. 1978: Insect attack on windthrown trees after the December 1975 storm in western Finland. – Communicationes Instituti Forestalis Fenniae 94: 1–24.
- Armstrong, A., Holden, J., Kay, P., Francis, B., Foulger, M., Gledhill, S., McDonald, A.T. & Walker, A. 2010: The impact of peatland drain-blocking on dissolved organic carbon loss and discolouration of water; results from national survey. – Journal of Hydrology 381(1–2): 112–120.
- Aronson, J., Clewell, A. F., Blignaut, J. N. & Milton, S. J. 2006: Ecological restoration: A new frontier for nature conservation and economics. – Journal for Nature Conservation 14: 135–139.
- Aroviita, J., Hellsten, S., Jyväsjärvi, J., Järvenpää, L., Järvinen, M., Karjalainen, S. M., Kauppila, P., Keto, A., Kuoppala, M., Manni, K., Mannio, J., Mitikka, S., Olin, M., Perus, J., Pilke, A., Rask, M., Riihimäki, J., Ruuskanen, A., Siimes, K., Sutela, T., Vehanen, T. & Vuori, K.-M. 2013: Ohje pintavesien ekologisen ja kemiallisen tilan luokitteluun vuosille 2012–2013 – päivitetty arviointiperusteet ja niiden soveltaminen. – Ympäristöhallinnon ohjeita 7/2012. 144 s.

- Artz, R. R. E., Chapman, S. J., Siegenthaler, A., Mitchell, E. A. D., Buttler, A., Bortoluzzi, E., Gilbert, D., Yli-Petäys, M., Vasander, H. & Francez, A. J. 2008: Functional microbial diversity in regenerating cutover peatlands responds to vegetation succession. – *Journal of Applied Ecology* 45: 1799–1809.
- Autio, O. 2008: Ennallistamisen vaikutuksia soiden vesitalouteen ja vaaksiaisten (Diptera, Nematocera) monimuotoisuuteen. – Pro gradu, Jyväskylän yliopisto, Bio- ja ympäristötieteiden laitos, Jyväskylä. 36 s.
- Auvinen, A.-P., Aapala, K., Kaijiainen, H. & Toivonen, H. 2005: Suot. – Teoksessa: Hildén, M., Auvinen, A.-P. & Primmer, E. (toim.), Suomen biodiversiteettiohjelman arviointi. Suomen ympäristö 770: 51–56.
- Bain, C. G., Bonn, A., Stoneman, R., Chapman, S., Coupar, A., Evans, M., Gearey, B., Howat, M., Joosten, H., Keenleyside, C., Labadz, J., Lindsay, R., Littlewood, N., Lunt, P., Miller, C. J., Moxey, A., Orr, H., Reed, M., Smith, P., Swales, V., Thompson, D. B. A., Thompson, P. S., Van de Noort, R., Wilson, J. D. & Worrall, F. 2011: IUCN UK Commission of Inquiry on Peatlands. – IUCN UK Peatland Programme, Edinburgh. 109 s.
- Barquín J. & Scarsbrook M. 2008: Management and conservation strategies for coldwater springs. – *Aquatic Conservation: Marine and Freshwater Ecosystems* 18: 580–591.
- Benayas, J. M., Newton, A. C., Diaz, A. & Bullock, J. 2009: Enhancement of biodiversity and ecosystem services by ecological restoration: A meta-analysis. – *Science* 325: 1121–1124.
- Berry, G. J. & Jeglum, J. K. 1991: Hydrology of drained and undrained black spruce peatlands: groundwater table profiles and fluctuations. – Forestry Canada, Ontario Region, Sault Ste. Marie. COFRDA Report No. 3307. 31 s.
- Beven, K. J. & Kirkby, M. J. 1979: A physically based variable contributing area model of basin hydrology. – *Hydrological Sciences Bulletin* 24: 43–69.
- BirdLife International 2004a: Birds in Europe: Population estimates, trends and conservation status. – BirdLife International, Cambridge. 374 s.
- 2004b: Birds in the European Union: a status assesment. – BirdLife International, Cambridge. 50 s.
- van Bogedom, P. M., Broekman, R., van Dijk, J., Bakker, C. & Aerts, R. 2005: Ferrous iron stimulates phenol oxidase activity and organic matter decomposition in waterlogged wetlands. – *Biogeochemistry* 76: 69–83.
- Bonn, A., Holden, J., Parnell, M., Worrall, F., Chapman, P. J., Evans C. D., Termansen, M., Beharry-Borg, N., Acreman, M. C., Rowe, E., Emmett, B. & Tsuchiya, A. 2009: Ecosystem services of peat – Phase 1. – Defra 2009. Project code: SP0572. 141 s.
- Bradshaw, A. D. 1984: Land restoration: now and in the future. – *Proceedings of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 223: 1–23.
- Bragazza, L., Freeman, C., Jones, T., Ellis, T., Fenner, N., Gerdol, R., Grosvernier, P., Hájek, M., Hájek, T., Iacumin, P., Kutnar, L., Limpens, J., Rydin, H., Tahvanainen, T. & Toberman, H. 2006: Atmospheric nitrogen deposition promotes carbon loss from European bogs. – *Proceedings of the National Academy of Sciences of USA (PNAS)* 103: 19386–19389.
- van Breemen, N. 1995: How *Sphagnum* bogs down other plants. – *Trends in Ecology & Evolution* 10: 270–275.
- Bullock, J. M., Aronson, J., Newton, A. C., Pywell, R. F. & Rey-Benayas, J. M. 2011: Restoration of ecosystem services and biodiversity: conflicts and opportunities. – *Trends in Ecology and Evolution* 26: 541–549.

- Collingwood, C. A. 1963: Three ant species new to Norway. – *Entomologist's Record and Journal of Variation* 75: 225–228.
- 1979: The Formicidae (Hymenoptera) of Fennoscandia and Denmark. – *Fauna Entomologica Scandinavica* 8: 1–174.
- 1999: Changes in the ant (Hym.: Formicidae) fauna of a Swedish bogland area 1986–1997. – *Entomologist's Record and Journal of Variation* 111: 233–234.
- Cris, R., Buckmaster, S., Bain, C. & Bonn, A. (toim.) 2011: UK Peatland Restoration – Demonstrating Success. – IUCN UK National Committee Peatland Programme, Edinburgh. 72 s.
- Damman, A. W. H. 1978: Distribution and movement of elements in ombrotrophic peat bogs. – *Oikos* 30: 480–495.
- Desrochers, A. & van Duinen, G.-J. 2006: Peatland fauna. – Teoksessa: Wieder, R. K. & Vitt, D. H. (toim.), *Boreal peatland ecosystems*. Springer. Ecological Studies 188. S. 67–100.
- Dlussky, G. M. 2001: Structure of ant community (Hymenoptera, Formicidae) from an oligotrophic peat bog. (venäjäksi; yhteenveto englanniksi). – *Zoologičeskij Žurnal* 80: 976–985.
- Dobson, A. P., Bradshaw, A. D. & Baker, A. J. 1997: Hopes for the future: restoration ecology and conservation biology. – *Science* 277: 515–522.
- Ecke, F. & Rydin, H. 2000: Succession on a land uplift coast in relation to plant strategy theory. – *Annales Botanici Fennici* 37: 163–171.
- Ellison, A. M., Farnsworth, E. J. & Gotelli, N. J. 2002: Ant diversity in pitcher-plant bogs of Massachusetts. – *Northeastern Naturalist* 9: 267–284.
- Ennallistamistyöryhmä 2003: Ennallistaminen suojealueilla. Ennallistamistyöryhmän mietintö. – *Suomen ympäristö* 618. Ympäristöministeriö, Helsinki. 220 s.
- Eriksson, M., Lilja, S. & Roininen, H. 2006: Dead wood creation and restoration burning: Implications for bark beetles and beetle induced tree deaths. – *Forest Ecology and Management* 231: 205–213.
- , Neuvonen, S. & Roininen, H. 2007: Retention of wind-felled trees and the risk of consequential tree mortality by the European spruce bark beetle *Ips typographus* in Finland. – *Scandinavian Journal of Forest Research* 22: 516–523.
- , Neuvonen, S. & Roininen, H. 2008: *Ips typographus* (L.) attack on patches of felled trees: "Wind-felled" vs. cut trees and the risk of subsequent mortality. – *Forest Ecology and Management* 255: 1336–1341.
- Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelman valmistelutyöryhmä 2008: Etelä-Suomen metsien monimuotoisuuden toimintaohjelma 2008–2016. – Ympäristöministeriön raportteja 5/2008. 48 s.
- Euroola, S. & Virtanen, R. 1991: Key to the vegetation of the northern Fennoscandian fields. – *Kilpisjärvi Notes* 12: 1–28.
- , Bendiksen, K. & Rönkä, A. 1992: Suokasviopas. 2. p. – *Oulanka reports* 9. 205 s.
- , Huttunen, A. & Kukko-oja, K. 1995: Suokasvillisuusopas. 2. korj. p. – *Oulanka reports* 14. 85 s.
- Euroopan unioni 2010: The EU Biodiversity Strategy to 2020. – <<http://ec.europa.eu/environment/nature/biodiversity/comm2006/2020.htm>>, viitattu 4.9.2012.
- Fenner, N. & Freeman, C. 2011: Drought induced carbon loss in peatlands. – *Nature Geoscience* 4: 895–900.

- Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiahio, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola, S. & Vuollekoski, M. 2010: Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. – Suomen ympäristö 10/2010. 33 s.
- Fisk, M., Ruether, K. & Yavitt, J. 2003: Microbial activity and functional composition among northern peatland ecosystems. – *Soil Biology & Biochemistry* 35: 591–602.
- Freeman, C., Ostle, N. J., Fenner, N. & Kang, H. 2004: A regulatory role for phenol oxidase during decomposition in peatlands. – *Soil Biology & Biochemistry* 36: 1663–1667.
- Freibauer, A., Drösler, M., Augustin, J., Bergmann, L., Fiedler, S., Hoell, B. & Jungkunst, H. 2008: The methane fraction of the carbon balance in restored temperate peatlands. – *Geophysical Research Abstracts* 10, EGU2008-A-10958. 2 s.
- Gaston, K. J. & Spicer, J. I. 2004: Biodiversity. An introduction. – Blackwell Science, Malden. 191 s.
- Gorham, E. 1991: Northern peatlands: Role in the carbon cycle and probable responses to climatic warming. – *Ecological Applications* 1: 182–195.
- Grootjans, A. P., Bakker, J. P., Jansen, A. J. M. & Kemmers, R. H. 2002a: Restoration of brook valley meadows in the Netherlands. – *Hydrobiologia* 478: 149–170.
- , Geelen, H. W. T., Jansen, A. J. M. & Lammerms, E. J. 2002b: Restoration of coastal dune slacks in the Netherlands. – *Hydrobiologia* 478: 181–203.
- Haapalehto, T., Kotiaho, J. & Kuitunen, M. 2006: Metsäojituksen ja ennallistamisen vaikutukset suokasvillisuuteen Seitsemisen kansallispuistossa. – Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 156. 45 s.
- , Vasander, H., Jauhiainen, S., Tahvanainen, T. & Kotiaho, J. S. 2010: The effects of peatland restoration on water-table depth, elemental concentrations and vegetation: 10 years of changes. – *Restoration Ecology* 19(5): 587–598.
- Haines-Young, R. & Potschin, M. 2011: Common International Classification of Ecosystem Services (CICES): 2011 Update. – European Environment Agency. 14 s.
- Halonen, J. 1990: Leivonmäen Haapasuon kasvillisuuskartoitus. – Käsikirjoitus, Metsähallitus, Länsi-Suomen luontopalvelut, Jyväskylä. 13 s. + liitteet.
- Heikkilä, H. 1998: Ihminen muuttaa lettoja. – Teoksessa: Lappalainen, I. (toim.), Suomen luonnon monimuotoisuus. Suomen ympäristökeskus & Edita, Helsinki. S. 178.
- & Lindholm, T. 1994: Seitsemisen kansallispuiston ojitettujen soiden ennallistamis suunnitelma. – Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 13. 127 s.
- & Lindholm, T. 1995a: Metsäojitettujen soiden ennallistamisopas. – Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 25. 101 s.
- & Lindholm, T. 1995b: Mires of Seitsemisen – How to make a national park. – Teoksessa: Heikkilä, H. (toim.), Finnish-Karelian symposium on mire conservation and classification. Vesi- ja ympäristöhallinnon julkaisuja A 207. S. 70–77.
- & Lindholm, T. 1995c: The basis of mire restoration in Finland. – Teoksessa: Wheeler, B. D., Shaw, S. C., Fojt, W. J. & Robertson, R. A. (toim.), Restoration of temperate wetlands. Wiley & Sons, Hoboken. S. 549–556.
- , Kukko-oja, K., Laitinen, J., Rehell, S. & Sallantausta, T. 2001: Arvio Viinivaaran pohjavedenottohankkeen vaikutuksesta Olvassuon Natura 2000 -alueen luontoon. – Metsätutkimuslaitoksen tiedonantoja 799. 55 s.



- , Lindholm, T. & Jaakkola, S. 2002: Soiden ennallistamisopas. – Metsähallituksen luononsuojelujulkaisuja. Sarja B 66. 123 s.
- Heikurainen, L., Kenttämies, K. & Laine, J. 1978: The environmental effects of forest drainage. – *Suo* 29: 49–58.
- Hemond, H. F. 1980: Biogeochemistry of Thoreau's bog, Concord, Massachusetts. – *Ecological Monographs* 50(4): 507–526.
- Hendriks, D. M. D., van Huissteden, J., Dolma, A. J. & van der Molen, M. K. 2007: The full greenhouse gas balance of an abandoned peat meadow. – *Biogeosciences* 4: 411–424.
- Herranen, T. 2009: Turpeen rikkiptoisuus Suomessa. – Geologian tutkimuskeskus, Turvetutkimusraportti 398. 55 s.
- Hiltula, O., Lensu, T., Kotiaho, J. S., Saari, V. & Päivinen, J. 2005: Voimajohtoaukeiden raivauksen merkitys soiden päiväperhosille ja kasvillisuudelle. – *Suomen ympäristö* 795. 38 s.
- Hirst, V., Bain, C., Bonn, A., Evans, C., Glenk, K., Holden, J., Martin-Ortega, J. & Reed, M. 2012: Catchment management using payments for ecosystem services to restore and maintain upland peat. – Briefing Note, August 2012, Valuing Nature Network. 5 s.
- Hobbs, R. J., Higgs, E. & Harris, J. A. 2009: Novel ecosystems: implications for conservation and restoration. – *Trends in Ecology & Evolution* 24: 599–605.
- Hodgson, J., Thomas, C. D., Wintle, B. A. & Moilanen, A. 2009: Climate change, connectivity and conservation decision making – back to basics. – *Journal of Applied Ecology* 46: 964–969.
- Holden, J., Chapman, P. J. & Labadz, J. C. 2004: Artificial drainage of peatlands: hydrological and hydrochemical process and wetland restoration. – *Progress in Physical Geography*, 28(1): 95–123.
- Hooper, D. U., Chapin, F. S., Ewel, J. J., Hector, A., Inchausti, P., Lavorel, S., Lawton, J. H., Lodge, D. M., Loreau, M., Naeem, S., Schmid, B., Setälä, H., Symstad, A. J., Vandermeer, J. & Wardle, D. A. 2005: Effects of biodiversity on ecosystem functioning: a consensus of current knowledge. – *Ecological Monographs* 75: 3–35.
- Hotanen, J.-P. 2003: Multidimensional site description of peatlands drained for forestry. – *Silva Fennica* 37(1): 55–93.
- Huttunen, A., Heikkinen, K. & Ihme, R. 1996: Nutrient retention in vegetation of an overland flow treatment system in northern Finland. – *Aquatic Botany* 55: 61–73.
- Hynninen, A. 2011: Use of wetland buffer areas to reduce nitrogen transport from forested catchments: retention capacity, emission of N<sub>2</sub>O and CH<sub>4</sub> and vegetation composition dynamics. – *Dissertationes Forestales* 129. 53 s.
- , Saari, P., Nieminen, M. & Alm, J. 2010: Pintavalutus metsätaloustoimien valumavesien puhdistamisessa – kirjallisuustarkastelu. – *Suo* 61: 77–85.
- Hynninen, P. & Sepponen, P. 1983: Erään suoalueen ojituksen vaikutus purovesien laatuun Kiiminkijoen vesistöalueella, Pohjois-Suomessa. – *Silva Fennica* 17(1): 23–43.
- Hyvärinen, E. & Aapala, K. (toim.) 2009: Metsien ja soiden ennallistamisen sekä harjumetsien paahdeympäristöjen luonnonhoidon seurantaohje. – Metsähallituksen luononsuojelujulkaisuja. Sarja B 118. 114 s.
- Hyvärinen, V. & Vehviläinen, B. 1980: The effect of climate fluctuation and man on discharge in Finnish river basins. – Teoksessa: The influence of man on the hydrological regime with special reference to representational and experimental basins. IAHS-AISH Publication 130: 97–103.

- Hölldobler, B. & Wilson, E. O. 1990: The ants. – Harvard University Press, Cambridge, Mass. xii + 732 s.
- Hörnberg, G., Ohlson, M. & Zackrisson, O. 1995: Stand dynamics, regeneration patterns and long-term continuity in boreal old-growth Pice-abies swamp forest. – *Journal of Vegetation Science* 6: 291–298.
- , Zackrisson, O., Segerström, U., Svensson, B.W., Ohlson, M. & Bradshaw, R. 1998: Boreal swamp forests. Biodiversity "hotspots" in an impoverished forest landscape. – *BioScience* 48: 795–802.
- Ilmonen, J. & Salmela, J. 2010: Vesihyönteisten ja semiakvaattisten sääskien yhteisövaihtelu suhteessa lähteikköjen luonnontilaan. – Teoksessa: Juutinen, R. (toim.), Lähteikköjen ennallistamistarve – hyönteislajiston tarkastelu ja koko hankkeen yhteenvedo. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A 193. S. 11–24.
- , Paasivirta, L. & Muotka, T. 2006: Changes in benthic macroinvertebrate assemblages following watershed-scale restoration: first results. – *Internationale Vereinigung für Theoretische und Angewandte Limnologie Verhandlungen* 29: 1487–1491.
- , Leka, J., Kokko, A., Lammi, A., Lampolahti, J., Muotka, T., Rintanen, T., Sojakka, P., Teppo, A., Toivonen, H., Urho, L., Vuori, K. M. & Vuoristo, H. 2008: Sisävedet ja rannat. – Teoksessa: Raunio, A, Schulman, A & Kontula, T. (toim.), Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Osa 1. Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristö 8/2008. S. 55–74.
- , Mykrä, H., Virtanen, R., Paasivirta, L. & Muotka, T. 2012: Responses of spring macroinvertebrate and bryophyte communities to habitat modification: community composition, species richness, and red-listed species. – *Freshwater Science* 31: 657–667.
- , Virtanen, R., Paasivirta, L. & Muotka, T. 2013: Detecting restoration impacts in inter-connected habitats: spring invertebrate communities in a restored wetland. – *Ecological Indicators* 30: 165–169.
- Ingram, H. A. P. 1983: Hydrology. – Teoksessa: Gore A. J. P. (toim), Mires. Swamp, bog, fen and moor. Elsevier. *Ecosystems of the World*. 4A. S. 67–158.
- Ivanov, K. E. 1981: Water movement in mirelands. – Academic press, London. 276 s.
- Jaatinen, K., Fritze, H., Laine, J. & Laiho, R. 2007: Effects of short- and long-term water-level drawdown on the populations and activity of aerobic decomposers in a boreal peatland. – *Global Change Biology* 13: 491–510.
- , Laiho, R., Vuorenmaa, A., del Castillo, U., Minkkinen, K., Pennanen, T., Penttilä, T. & Fritze, H. 2008: Responses of aerobic microbial communities and soil respiration to water-level drawdown in a northern boreal fen. – *Environmental Microbiology* 10(2): 339–353.
- Jauhiainen, J., Limin, S., Silvennoinen, H. & Vasander, H. 2008: Carbon dioxide and methane fluxes in drained tropical peat before and after hydrological restoration. – *Ecology* 89: 3503–3514.
- Joensuu, J., Heliövaara, K. & Savolainen, E. 2008: Risk of bark beetle (Coleoptera, Scolytidae) damage in a spruce forest restoration area in central Finland. – *Silva Fennica* 42: 233–245.
- Joensuu, S. 2002: Effects of ditch network maintenance and sedimentation ponds on export loads of suspended solids and nutrients from peatland forests. – *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 868. 83 s.
- Johansson, B. & Seuna, P. 1994: Modelling the effects of wetland restoration on high flows. – *Aqua Fennica* 24: 59–68.

- Joosten, H. & Clarke, D. 2002: Wise use of mires and peatlands. Background and principles including a framework for decision-making. – IMCG, IPS. Saarijärvi, Finland. 303 s.
- Juottonen, H., Hynninen, A., Nieminen, M., Tuomivirta, T., Tuittila, E.-S., Nousiainen, H., Kell, D. K., Yrjälä, K., Tervahauta A. & Fritze, H. 2012: Methane-cycling microbial communities and methane emission in natural and restored peatlands. – *Applied and Environmental Microbiology* 78: 6386–6389.
- Juutinen, R. & Kotiaho, J. S. 2009: Lähteikköjen luonnontilan ja sammallajiston pitkäaikaismuutokset. – *Suomen ympäristö 19/2009*, Suomen ympäristökeskus. 120 s.
- , Haapaniemi, U. & Kotiaho, J. S. 2010: Lähteikköjen ennallistamistarve – kasviyhteisöjen ja ympäristön rakenteen tarkastelu. – *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja*. Sarja A 192. 133 s.
- Kaakinen, E., Kokko, A., Aapala, K., Kalpio, S., Eurola, S., Haapalehto, T., Heikkilä, R., Hotanen, J.-P., Kondelin, H., Nousiainen, H., Ruuhijärvi, R., Salminen, P., Tuominen, S., Vasander, H. & Virtanen, K. 2008a: Suot. – Teoksessa: Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.), Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Osa 1. Tulokset ja arvioinnin perusteet. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 8/2008. S. 75–109.
- , Kokko, A., Aapala, K., Kalpio, S., Eurola, S., Haapalehto, T., Heikkilä, R., Hotanen, J.-P., Kondelin, H., Nousiainen, H., Ruuhijärvi, R., Salminen, P., Tuominen, S., Vasander, H. & Virtanen, K. 2008b: Suot. – Teoksessa: Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.), Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Osa 2. Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 8/2008. S. 143–256.
- Kangasjärvi, S. 2006: Kahden metsäojitetun suon ennallistamiskehitys kymmenen vuoden aikana. – *Soiden ekologian ja suometsätieteen pro gradu -tutkielma*, Helsingin yliopisto, metsäekologian laitos, Helsinki. 57 s. + 7 liitettä.
- Kaplan, R. S. & Norton, D. P. 1992: The balanced scorecard: measures that drive performance. – *Harvard Business Review* Jan-Feb: 71–80.
- Kareksela, S., Haapalehto, T., Juutinen, R., Matilainen, R. & Kotiaho, J. S. 2013: Fighting severe carbon loss of degraded ecosystems by jump-starting the original ecosystem functions with restoration. – *Toimitettu käsikirjoitus*.
- Karjalainen, S. 2002: Suomen sudenkorennot. – Tammi, Helsinki. 222 s.
- Kenttämies, K. 2006: Determination of phosphorus and nitrogen loading due to forestry practices. – Teoksessa: Kenttämies, K. & Mattsson, T. (toim.), *Metsätalouden vesistökuormitus*. Mesuve-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 816: 9–28.
- Keskitalo, J., Salonen, K. & Holopainen, A.-L. 1998: Long-term fluctuations in environmental conditions, plankton and macrophytes in a humic lake, Valkea-Kotinen. – *Boreal Environment Research* 3: 251–262.
- Kestävän metsätalouden rahoituslaki (544/11.5.2007).
- Kimmel, K. & Mander, Ü. 2010: Ecosystem services of peatlands: implications for restoration. – *Progress in Physical Geography* 34: 491–514.
- Kindlmann, P. & Burel, F. 2008: Connectivity measures: a review. – *Landscape Ecology* 23: 879–890.
- Kioton pöytäkirja 1998. Kyoto Protocol to United Nations Framework Convention on Climate Change. – <<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpeng.pdf>>.
- Kivelä, A. 2006: Suo vetää puoleensa. Esteettisen suokokemuksen mahdollisuudet matkailussa. – *Lapin yliopiston kauppatieteiden ja matkailun tiedekunnan julkaisuja B. Tutkimusraportteja ja selvityksiä*. 76 s.

- Klötzli, F. & Grootjans, A. P. 2001: Restoration of natural and semi-natural wetland systems in Central Europe: Progress and predictability of developments. – *Restoration Ecology* 9(2): 209–219.
- Koivisto, S. 2010: Suo- ja metsäarkeologian haasteet ja mahdollisuudet – Teoksessa: Viitanen, E.-M. (toim.), *Arkeologipäivät 2009. Arkeologian haasteet & Muinainen yksilö*. Suomen arkeologinen seura. Helsinki 2012. S. 5–15.
- Komonen, A. & Alajoki, H. 2011: Kirjanpainajatuhot luonnonhoidon jälkeen Iitin Savi-ojalla. – *Metsätieteen aikakauskirja* 4/2001: 257–264.
- & Kouki, J. 2008: Do restoration fellings in protected forests increase the risk of bark beetle damages in adjacent forests? A case study from Fennoscandian boreal forest. – *Forest Ecology and Management* 255: 3736–3743.
- , Toivanen, T. & Puntila, P. 2011: Ennallistamiseen, metsäpaloihin ja tuulenkaatoihin liittyvät hyönteistuhoriskit. – Teoksessa: Similä, M. & Junninen, K. (toim.), *Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon opas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja*. Sarja B 157. S. 67–70.
- Komulainen, V.-M., Nykänen, H., Martikainen, P. J. & Laine, J. 1998: Short-term effect of restoration on vegetation change and methane emissions from peatlands drained for forestry in southern Finland. – *Canadian Journal of Forest Research* 28: 402–411.
- , Tuittila, E.-S., Vasander, H. & Laine, J. 1999: Restoration of drained peatlands in southern Finland: initial effect on vegetation change and CO<sub>2</sub> balance. – *Journal of Applied Ecology* 36: 634–648.
- Kondelin, H. & Eisto, K. 2010: Juuan Polvelan lettopellon ennallistaminen ja seuranta 2002–2007. – Raportti, Metsähallituksen arkisto, Vantaa. 14 s. + liitteet.
- Kooijman, A. M. 1992: The decrease of rich fen bryophytes in the Netherlands. – *Biological Conservation* 59(2–3): 139–143.
- 1993: Changes in the bryophyte layer of rich fens as controlled by acidification and eutrophication. – Doctoral thesis, University of Utrecht, Department of Plant Ecology and Evolutionary Biology. 159 s.
- Koponen, S. 1985: Soiden hämähäkkilajiston muutoksista. – *Memoranda Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 61: 19–22.
- 2002: Ground-living spiders in bogs in northern Europe. – *Journal of Arachnology* 30: 262–267.
- , Relys, V. & Dapkus, D. 2001: Changes in structure of ground-living spider (Araneae) communities on peatbogs along a transect from Lithuania to Lapland. – *Norwegian Journal of Entomology* 48: 167–174.
- Korkeamäki, E. & Suhonen, J. 2002: Distribution and habitat specialization of species affect local extinction in dragonfly Odonata populations. – *Ecography* 25: 459–465.
- Kortelainen, P., Mattsson, T., Finer, L., Ahtiainen, M., Saukkonen, S. & Sallantausta, T. 2006: Controls on the export of C, N, P and Fe from undisturbed boreal catchments, Finland. – *Aquatic Sciences* 68: 453–468.
- Koskinen, M., Sallantausta, T. & Vasander, H. 2011: Post-restoration development of organic carbon and nutrient leaching from two ecohydrologically different peatland sites. – *Ecological Engineering* 37: 1008–1016.
- Kotilainen, M. J. 1916: Kertomus kasvitieteellisestä retkestä Pohjois-Savon ja Pohjois-Karjalan rajaseuduille. – *Luonnon Ystävä* 20: 132–136.
- 1917: Huomattavia kasvilöytöjä Pohjois-Savosta ja Pohjois-Karjalasta. – *Meddelanden af Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 43: 32–33.

- 1918: Kasvitieteellisistä retkistä Pohjois-Savossa ja Pohjois-Karjalassa kesällä 1917. – *Meddelanden af Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 44: 4–8.
- Kouki, J. 1993: Luonnon monimuotoisuus valtion metsissä – katsaus ekologisiin tutkimustarpeisiin ja suojelun mahdollisuuksiin. – *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A* 11. 88 s.
- Krogerus, R. 1960: Ökologische Studien über nordische Moorarthropoden. – *Commentationes Biologicae – Societas Scientiarum Fennica* 21: 1–238.
- Kulmala, P. 2003: Aatsinginhaudan ennallistamissuunnitelma. Aatsinki–Onkamon Natura-alue, Salla. – *Metsähallitus, Perä-Pohjolan luontopalvelut, Rovaniemi*. 18 s.
- Kulmala, P. 2004: Aatsinginhausta. Ennallistamisen työselostus. Aatsinki–Onkamon Natura-alue, Salla. – *Metsähallitus, Perä-Pohjolan luontopalvelut, Rovaniemi*. 5 s.
- 2005: Lettorikon tila Suomessa. – *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A* 148. 71 s..
- Kupiainen, V. 2010: Pohjaveden purkautuminen metsäoisiin Rokuan harjualueella ja ojan kunnostus padottamalla. – *Diplomityö, Oulun yliopisto, Teknillinen tiedekunta, Oulu*. 68 s.
- Kyyhkynen, O. 1921: Matkakertomus kesältä 1919. – *Meddelanden af Societatis pro Fauna et Flora Fennica* 46: 96–102.
- Kärki, S. 1990: Haapasuon luonnontilan palauttaminen, Leivonmäki. – *Keski-Suomen vesija ympäristöpiiri*. 8 s. + liitteet.
- Laaka-Lindberg, S., Anttila, S. & Syrjänen, K. (toim.) 2009: Suomen uhanalaiset sammaleet. – *Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Ympäristöopas*. 347 s.
- Laaksonen, P. 2008: Suot suomalaisessa kansanperinteessä. – *Teoksessa: Korhonen, R., Korpela, L. & Sarkkola, S. (toim.), Suomi – Suoma. Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö. Suoseura & Maahenki, Helsinki*. S. 266–271.
- Lafleur, P. M., Roulet, N., Bubier, J., Frohling, S. & Moore, T. R. 2003: Interannual variability in the peatland-atmosphere carbon dioxide exchange at an ombrotropic bog. – *Global Biogeochemical Cycles* 17: 1036.
- Lahermo, P., Valovirta, V. & Särkioja, A. 1984: The geobotanical development of spring-fed mires in Finnish Lapland. – *Geological Survey of Finland. Bulletin* 287. 44 s.
- Laiho, R. 2006: Decomposition in peatlands: Reconciling seemingly contrasting results on the impacts of lowered water levels. – *Soil Biology & Biochemistry* 38: 2011–2024.
- , Vasander, H., Penttilä, T. & Laine, J. 2003: Dynamics of plant-mediated organic matter and nutrient cycling following water-level drawdown in boreal peatlands. – *Global Biogeochemical Cycles* 17: 1–11.
- Laine, A. M., Leppälä, M., Tarvainen, O., Päätaalo, M.-L., Seppänen, R. & Tolvanen, A. 2011: Restoration of managed pine fens: effect on hydrology and vegetation. – *Applied Vegetation Science* 14: 340–349.
- Laine, J. 1984: Estimation of evapotranspiration from peatlands by means of daily water table hydrographs. – *Helsingin yliopiston suometieteen laitoksen julkaisuja* 5. 100 s.
- & Vanha-Majamaa, I. 1992: Vegetation ecology along a trophic gradient on drained pine mires in southern Finland. – *Annales Botanici Fennici* 29: 213–233.
- , Vasander, H. & Sallantausta, T. 1995a: Ecological effects of peatland drainage for forestry. – *Environmental Review* 3: 286–303.

- , Vasander, H. & Laiho, R. 1995b: Long-term effects of water level drawdown on the vegetation of drained pine mires in southern Finland. – *Journal of Applied Ecology* 32: 785–802.
- , Minkkinen, K., Laiho, R., Tuittila, E.-S. & Vasander, H. 2000: Suokasvit – turpeen tekijät. – Helsingin yliopiston Metsäekologian laitoksen julkaisuja 24. 55 s.
- , Komulainen, V.-M., Laiho, R., Minkkinen, K., Rasinmäki, A., Sallantausta, T., Sarkkola, S., Silvan, N., Tolonen, K., Tuittila E.-S., Vasander, H. & Päivänen, J. 2002: Lakkasuo – opas suon ekosysteemiin. – Helsingin yliopiston Metsäekologian laitoksen julkaisuja 26. 120 s.
- , Komulainen, V.-M., Laiho, R., Minkkinen, K., Rasinmäki, A., Sallantausta, T., Sarkkola, S., Silvan, N., Tolonen, K., Tuittila, E.-S., Vasander, H. & Päivänen, J. 2004: Lakkasuo – a guide to mire ecosystem. – University of Helsinki, Department of Forest Ecology Publications 31. 123 s.
- , Harju, P., Timonen, T., Laine, A., Tuittila, E.-S., Minkkinen, K., & Vasander, H. 2009: The intricate beauty of *Sphagnum* mosses – A Finnish guide to identification. – University of Helsinki Department of Forest Ecology Publications 39: 1–190.
- , Vasander, H., Hotanen, J.-P., Nousiainen, H., Saarinen, M. & Penttilä, T. 2012: Suotyypit ja turvekankaat – opas kasvupaikkojen tunnistamiseen. – Metsäkustannus, Helsinki. 160 s.
- Laitinen, J. 2008: Vegetation and landscape level responses to water level fluctuations in Finnish, mid-boreal aapa-mire – aro-wetland environments. – *Acta Universitatis Ouluensis Series A* 513. 70 s. + 6 liiteartikkeliä.
- , Rehell, S., Huttunen, A., Euroola, S. 2005: Aro wetlands: ecology, occurrence and conservation in north-central Finland. – *Suo* 56: 1–17.
- , Rehell, S., Huttunen, A., Tahvanainen, T., Heikkilä, R. & Lindholm, T. 2007: Mire systems in Finland – special view to aapa mires and their water flow pattern. – *Suo* 58(1): 1–26.
- , Rehell, S. & Oksanen, J. 2008: Community and species responses to water level fluctuations with reference to soil layers in different habitats of mid-boreal mire complexes. – *Plant Ecology* 194: 17–36.
- Laitinen, T. 1997: Saarikkolammen kunnostussuunnitelma, kasvillisuus selvitys. – Etelä-Savon ympäristökeskuksen moniste 1. 23 s.
- Laitinen, T. 2005: Tikankontin ja lettorikon siemenpankkikokeet. – Moniste, Metsähallitus, Pohjanmaan-Kainuun luontopalvelut, Kuusamo. 16 s.
- Laki viranomaisten suunnitelmien ja ohjelmien ympäristövaikutusten arvioinnista (SOVALaki) 8.4.2005/200.
- Lappalainen, E. 1996: General review of peatland and peat resources. – Teoksessa: Lappalainen E. (toim.), Global peat resources. IPS, GTK. S. 53–56.
- Lappalainen, E. 2008: Soiden varhaiskäyttöä ja uskomuksia. – Teoksessa: Korhonen, R., Korpela, L. & Sarkkola, S. (toim.), Suomi – Suoma. Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö. Suoseura & Maahenki, Helsinki. S. 86–92.
- Lavoie, C., Grosvernier, P., Girard, M. & Marcoux, K. 2003: Spontaneous revegetation of mined peatlands: an useful restoration tool? – *Wetlands Ecology and Management* 11: 97–107.
- Lehtelä, M. 2005: Hepo-ojan huuhtoumaseuranta vuonna 2005. – Metsähallitus, Pohjanmaan luontopalvelut, Oulu. 19 s.

- Leka, J., Ilmonen, J., Kokko, A., Lammi, A., Lampolahti, J., Muotka, T., Rintanen, T., Sojakka, P., Teppo, A., Toivonen, H., Urho, L., Vuori, K.-M. & Vuoristo, H. 2008: Sisävedet ja rannat. – Teoksessa: Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.), Suomen luontotyyppien uhanalaisuus – Osa 2. Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristö 8/2008. S. 89–142.
- Leppälä, M., Kukko-oja, K., Laine, J. & Tuittila, E.-S. 2008: Seasonal dynamics of CO<sub>2</sub> exchange during primary succession of boreal mires as controlled by phenology of plants. – *Ecoscience* 11: 460–471.
- , Oksanen, J. & Tuittila, E.-S. 2011a: Methane flux dynamics during mire succession. – *Oecologia* 165: 489–499.
- , Laine, A. M., Seväkivi, M.-L & Tuittila, E.-S. 2011b: Differences in CO<sub>2</sub> dynamics between successional mire plant communities during wet and dry summers. – *Journal of Vegetation Science* 22: 357–366.
- Lindholm, T. 1995a: Seitsemisen kansallispuisto, Suomenselän helmi. – Teoksessa: Lokki, J. & Miettinen, K. (toim.), Kaunis Kotimaa 3. WSOY, Helsinki. S. 218–223.
- 1995b: Suot korjaamalla kuntoon. – Teoksessa: Lokki, J. & Miettinen, K. (toim.), Kaunis Kotimaa 3. WSOY, Helsinki. S. 221–223.
- & Vasander, H. 1990: Production of eight species of *Sphagnum* at Suurisuo mire, southern Finland. – *Annales Botanici Fennici* 27: 145–157.
- Lindsay, R. 2010: Peatbogs and carbon. A critical synthesis. – RSPB Scotland. 315 s.
- Littlewood, N., Anderson, P., Artz, R., Bragg, O., Lunt, P. & Marrs, R. 2010: Peatland biodiversity. – Report to IUCN UK Peatland Programme, Edinburgh. 42 s.
- Lohila, A., Minkkinen, K., Aurela, M., Tuovinen, J.-P., Penttilä, T., Ojanen, P. & Laurila, T. 2011: Greenhouse gas flux measurements in a forestry-drained peatland indicate a large carbon sink. – *Biogeosciences* 8: 3203–3218.
- Loukola, O. 2008: Ennallistamisen vaikutukset soiden perhosiin. – Pro gradu -tutkielma, Jyväskylän yliopisto, bio- ja ympäristötieteiden laitos. 35 s.
- Lukin, J. 1988: Ojitustekniikan ja puuston vaikutus pohjavedenpinnan tasoon 25 vuotta vanhoilla rämeojitusalueilla. – Tutkielma, Helsingin yliopisto, suometsätieteen laitos, Helsinki. 67 s.
- Lukkala, O. J. 1929: Über den Aziditätsgrad der Moore und die Wirkung der Entwässerung auf denselben. – *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 13: 1–24.
- Lundin, L. 1987: Effects of forest drainage on the acidity of groundwater and surface water. – International Symposium on Acidification and Water Pathways, 4.-5.3.1987, Bolkesjö, Norway. The Norwegian National Committee for Hydrology in cooperation with Unesco and WMO, the IHP National Committees of Denmark, Finland and Sweden. Vol. II. S. 269–277.
- 1988: Impacts of drainage for forestry on runoff and water chemistry. – Proceedings of the International Symposium on the Hydrology of Wetlands in Temperate and Cold Regions, Joensuu, Finland 6.-8. June 1988. The Publications of the Academy of Finland 1988(5): 197–205.
- Luonnonsuojelulaki 1096/20.12.1996.
- Långström, B. 1984: Windthrown Scots pines as brood material for *Tomicus piniperda* and *T. minor*. – *Silva Fennica* 18: 187–198.
- Maa- ja metsätalousministeriö 2008: Purokunnostusopas. Purot – elävää maaseutua. – Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki. 53 s.

- Maanmittauslaitos 2013: Maanmittauslaitoksen verkkosivut. – Maanmittauslaitos, Helsinki. <[www.maanmittauslaitos.fi](http://www.maanmittauslaitos.fi)>, viitattu 3.5.2013.
- Mabelis, A. A. & Chardon, J. P. 2005: Survival of the black bog ant (*Formica trankausica* Nasanov) in relation to the fragmentation of its habitat. – *Journal of Insect Conservation* 9: 95–108.
- MacDonald, G. M., Beilman, D. W., Kremenetski, K., Sheng, Y., Smith, L. C. & Velichko, A. A. 2006: Rapid early development of circumarctic peatlands and atmospheric CH<sub>4</sub> and CO<sub>2</sub> variations. – *Science* 314: 285–288.
- Malmer, N., Svensson, B. M. & Wallen, B. 1994: Interactions between *Sphagnum* mosses and field-layer vascular plants in the development of peat-forming systems. – *Folia Geobotanica et Phytotaxonomica* 29: 483–496.
- Manninen, P. 1998: Effects of forestry ditch cleaning and supplementary ditching on water quality. – *Boreal Environment Research* 3: 23–32.
- Marinier, M., Glatzel, S. & Moore, T. 2004: The role of cottongrass (*Eriophorum vaginatum*) in CO<sub>2</sub> and CH<sub>4</sub> exchange at two restored peatlands, Eastern Canada. – *Écoscience* 11: 141–149.
- Markó, B., Kiss, K. & Gallé, L. 2004: Mosaic structure of ant communities (Hymenoptera: Formicidae) in Eastern Carpathian marshes: regional versus local scales. – *Acta Zoologica Academiae Scientiarum Hungaricae* 50: 77–95.
- Martikainen, P. J., Nykänen, H., Alm, J. & Silvola, J. 1995: Change in fluxes of carbon dioxide, methane and nitrous oxide due to forest drainage of mire sites of different trophic. – *Plant and Soil* 168–169: 571–577.
- Martikainen, P., Siitonen, J., Kaila, L., Punttila, P. & Rauh, J. 1999: Bark beetles (Coleoptera, Scolytidae) and associated beetle species in mature managed and old-growth boreal forests in southern Finland. – *Forest Ecology and Management* 116: 233–245.
- Merilä, P., Galand, P. E., Fritze, H., Tuittila, E.-S., Kukko-oja, K., Laine, J. & Yrjälä, K. 2006: Methanogen communities along a primary succession transect of mire ecosystems. – *FEMS Microbiology Ecology* 55: 221–229.
- METSO-yhteistoimintaverkosto 2011a: Kuukeli metsäluonnon suojelun monipuolistajana. METSO-yhteistoimintaverkostohankkeen loppuraportti. – Suomen luonnonsuojeluliitto, Helsinki. <[www.sll.fi/kuukeli](http://www.sll.fi/kuukeli)>, viitattu 5.3.2013. 43 s.
- 2011b: Metsänkäsittely kuukelialueella. – Esite, Suomen luonnonsuojeluliitto, Helsinki. <[www.sll.fi/kuukeli](http://www.sll.fi/kuukeli)>, viitattu 5.3.2013. 8 s.
- Metsä- ja turvetalouden vesien suojelutoimikunta 1988: Metsä- ja turvetalouden vesien suojelutoimikunnan mietintö. – Maa- ja metsätalousministeriö, Helsinki, Komiteamietintö 62/1987. 344 s.
- Metsähallitus 2010: Suojelalueiden hoidon ja käytön periaatteet. – Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 127. 93 s.
- 2012: Nykyisten suojelalueiden soiden ennallistamistarpeen tarvearviointi. – Exceltaulukko, Metsähallitus, luontopalvelut, Vantaa.
- 2013: Suoverkosto-LIFE. – Metsähallitus, Vantaa. <<http://www.metsa.fi/sivustot/metsa/fi/hankkeet/lifeluontohankkeet/Suoverkosto/Sivut/SuoverkostoLife.aspx>>, 11.2.2013.
- Metsänkäsittelymenetelmien monipuolistaminen -jatkotyöryhmä 2012: Metsänkäsittelymenetelmien monipuolistaminen -jatkotyöryhmän muistio. – Työryhmämuistio, MMM 2012:7. 53 s.



- Metsäntutkimuslaitos 2009: Metsätilastollinen vuosikirja 2009. – Metsäntutkimuslaitos, Vantaa. 452 s.
- 2011: Metsätilastollinen vuosikirja 2011. – Metsäntutkimuslaitos, Vantaa. 373 s.
- Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio 2011: Tapion vuositilastot 2010. Vuositilasto 4.4 Kestävän metsätalouden rahoituslain metsäluonnonhoitohankkeet 2010. – Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio, Helsinki. S. 24.
- Metsävainio, K. 1931: Untersuchung über das Wurzelsystem der Moorpflanzen. – *Annales Botanici Societatis Zoologicae-Botanicae Fennicae "Vanamo"* 1(1). 422 s.
- Mikkola-Roos, M., Tiainen, J., Below, A., Hario, M., Lehikoinen, A., Lehikoinen, E., Lehtiniemi, T., Rajasärkkä, A., Valkama, J. & Väisänen, R. A. 2010: Linnut. – Teoksessa: Rassi, P., Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim.), Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus, Helsinki. S. 123–134.
- Millennium Ecosystem Assessment 2005: Ecosystems and human well-being: Biodiversity synthesis. – World Resources Institute, Washington, DC. 100 s.
- Minkkinen, K. & Laine, J. 1998a: Long-term effect of forest drainage on the peat carbon stores of pine mires in Finland. – *Canadian Journal of Forest Research* 28(9): 1267–1275.
- & Laine, J. 1998b: Effect of forest drainage on the peat bulk density of pine mires in Finland. – *Canadian Journal of Forest Research* 28: 178–186.
- Mitsch, W. J. & Jørgensen, S. E. 2004: Ecosystem engineering and ecosystem restoration. – John Wiley and Sons, New York. 424 s.
- Moilanen, A., van Teeffelen, A., Ben-Haim, Y. & Ferrier, S. 2009: How much compensation is enough? A framework for incorporating uncertainty and time discounting when calculating offset ratios for impacted habitat. – *Restoration Ecology* 17: 470–478.
- Museovirasto 2013: Kulttuuriympäristön rekisteriportaali. – Museovirasto, Helsinki. <<http://kulttuuriymparisto.nba.fi/netsovellus/rekisteriportaali/portti/default.aspx>>.
- Myllys, M. & Soini, S. 2008: Suot maanviljelyssä. – Teoksessa: Korhonen, R., Korpela, L. & Sarkkola, S. (toim.), Suomi – Suoma. Soiden ja turpeen tutkimus sekä kestävä käyttö. Suoseura & Maahenki, Helsinki. S. 93–95.
- Mäkilä, M. 2006: Regional distribution of peat increment in Finland. – Teoksessa: Lindholm, T. & Heikkilä, R. (toim.), Finland – Land of mires. *The Finnish Environment* 23: 89–93.
- & Goslar, T. 2008: The carbon dynamics of surface peat layers in southern and central boreal mires of Finland and Russian Karelia. – *Suo* 59: 49–69.
- & Toivonen, T. 2004: Peat and carbon accumulation in a young bog. – Teoksessa: Päivänen, J. (toim.), Proceedings of the 12th international peat congress: Wise use of peatlands, vol. 2. IPS Tampere, Finland. S. 889–895.
- Mälson, K. & Rydin, H. 2007: The regeneration capabilities of bryophytes for rich fen restoration. – *Biological Conservation* 135: 435–442.
- , Backéus, I. & Rydin, H. 2008: Long-term effects of drainage and initial effects of hydrological restoration on rich fen vegetation. – *Applied Vegetation Science* 11: 99–106.

- Mönkkönen, M. 2004: Suomen metsäluonto – osa globaalia monimuotoisuutta. – Teoksessa: Kuuluvainen, T., Saaristo, L., Keto-Tokoi, P., Kostamo, J., Kuuluvainen, J., Kuusinen, M., Ollikainen, M. & Salpakivi-Salomaa, P. (toim.), Metsän kätköissä – Suomen metsäluonnon monimuotoisuus. Edita Publishing, Helsinki. S. 19–47.
- Nagoyan pöytäkirja 2010. Convention on Biological Diversity 2010. Report of the tenth meeting of the conference of the parties to the convention on biological diversity. – <<http://www.cbd.int/sp/>>.
- Nellemann, C. & Corcoran, E. (toim.) 2010: Dead planet, living planet – Biodiversity and ecosystem restoration for sustainable development. A rapid response assessment. – United Nations Environment Programme, GRID-Arendal. Birkeland Trykkeri AS, Norway. 109 s.
- Nieminen, M. & Jarva, M. 1996: Phosphorus adsorption by peat from drained mires in southern Finland. – Scandinavian Journal of Forest Research 11(4): 321–326.
- Nilsson, M., Segerfors, J., Buffam, I., Laudon, H., Eriksson, T., Grelle, A., Klemendsson, L., Weslien, P. & Lindroth, A. 2008: Contemporary carbon accumulation in a boreal oligotrophic mire – a significant sink after accounting all C-fluxes. – Global Change Biology 14: 2317–2323.
- Oinonen, E. A. 1956: Kallioiden muurahaisista ja niiden osuudesta kallioiden metsittymiseen Etelä-Suomessa. – Acta Entomologica Fennica 12: 1–212.
- Ojanen, P., Minkkinen, K., Alm, J. & Penttilä, T. 2010: Soil–atmosphere CO<sub>2</sub>, CH<sub>4</sub> and N<sub>2</sub>O fluxes in boreal forestry-drained peatlands. – Forest Ecology and Management 260: 411–421.
- , Minkkinen, K. & Penttilä, T. 2012: Greenhouse gas balance of forestry-drained boreal peatlands: Sinks or sources? – Teoksessa: Peatlands in Balance: Proceedigs of the 14th International Peat Congress, Stockholm, Sweden, June 3-8, 2012. S. 239–243.
- , Minkkinen, K. & Penttilä, T. 2013: The current greenhouse gas impact of forestry-drained boreal peatlands. – Forest Ecology and Management 289(1): 201–208.
- Paalamo, P., Eeronheimo, H. & Ilmonen, J. 2009: Metsähallituksen vastuulajien tila ja suojelutaso vuonna 2006. Lettorikko – *Saxifraga hirculus* L. – Tietolomake, lajit. Metsähallitus, Vantaa. <[http://julkaisut.metsa.fi/julkaisut/pdf/luo/lettorikko\\_2006.pdf](http://julkaisut.metsa.fi/julkaisut/pdf/luo/lettorikko_2006.pdf)>. 6 s.
- Pakarinen, P. 1978: Production and nutrient ecology of three *Sphagnum* species in southern Finland. – Annales Botanici Fennici 15: 15–26.
- Palmer, M., Falk, D. & Zedler, J. 2006: Ecological theory and restoration ecology. – Teoksessa: Falk, D., Palmer, M. & Zedler, J. (toim.), Foundations of restoration ecology. Society for Ecological Restoration International, Washington D.C. S. 1–10.
- Pamilo, P. 1991: Life-span of queens in the ant *Formica exsecta*. – Insectes Sociaux 38: 111–119.
- Parish, F., Sirin, A., Charman, D., Joosten, H., Minayeva, T., Silviu, M. & Stringer, L. (toim.) 2008: Assessment on peatlands, biodiversity and climate change: Main report. – Global Environment Centre, Kuala Lumpur and Wetlands International, Wageningen. 179 s.
- Philpott, S. M., Perfecto, I., Armbrrecht, I. & Parr, C. L. 2010: Ant diversity and function in disturbed and changing habitats. – Teoksessa: Lach, L., Parr, C. L. & Abbott, K. L. (toim.), Ant ecology. Oxford University Press, New York. S. 137–156.

- Pietiläinen, P., Sarjala, T., Hartman, M., Karisto, M. & Kaunisto, S. 2005: Suometsien typpitalous. – Teoksessa: Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Murtovaara, I. (toim.), Suosta metsäksi. Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Tutkimusohjelman loppuraportti. Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja 947: 61–80.
- Pitkänen, A., Turunen, J., Tahvanainen, T. & Simola, H. 2013: Carbon storage change in a partially forestry-drained boreal mire determined through peat column inventories. – *Boreal Environmental Research* 18 (painossa).
- Prach, K., Pyšek, P. & Bastl, M. 2001: Spontaneous vegetation succession in human-disturbed habitats: A pattern across seres. – *Applied Vegetation Science* 4: 83–88.
- Prévost, M., Plamondon, A. P. & Belleau, P. 1999: Effects of drainage of a forested peatland on water quality and quantity. – *Journal of Hydrology* 214(1): 130–143.
- Punntila, P. & Kilpeläinen, J. 2009: Distribution of mound-building ant species (*Formica* spp., Hymenoptera) in Finland: preliminary results of a national survey. – *Annales Zoologici Fennici* 46: 1–15.
- Pykälä, J. 2001: Perinteinen karjatalous luonnon monimuotoisuuden ylläpitäjänä. – *Suomen ympäristö* 495. 202 s.
- Päivinen, J., Björkqvist, N., Karvonen, L., Kaukonen, M., Korhonen, K.-M., Kuokkanen, P., Lehtonen, H. & Tolonen, A. (toim.) 2011: Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas. – *Metsähallituksen metsätalouden julkaisu* 67. 215 s.
- Päivänen, J. 1973: Hydraulic conductivity and water retention in peat soils. – *Acta Forestalia Fennica* 129: 1–70.
- 2007: Suot ja suometsät – järkevän käytön perusteet. – *Metsäkustannus*, Helsinki. 368 s.
- Pöyry, J. 2001: Suoperhosten uhanalaisuus ja suojelutilanne Etelä-Suomessa. – Teoksessa: Aapala, K. (toim.), Soidensuojelualueverkon arviointi. *Suomen ympäristö* 490. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. S. 213–257.
- Raatikainen, M. 1989: Suomen lähteet. – *Terra* 101: 329–332.
- Ramberg, L. 1981: Increase in stream pH after a forest drainage. – *Ambio* 10: 34–35.
- Ramchunder, S. J., Brown, L. E. & Holden, J. 2012: Catchment-scale peatland restoration benefits stream ecosystem biodiversity. – *Journal of Applied Ecology* 49: 182–191.
- Rassi, P., Alanen, A., Kemppainen, E., Vickholm, M. & Väisänen, R. 1985: Uhanalaisten eläinten ja kasvien suojelutoimikunnan mietintö. II. Suomen uhanalaiset eläimet. – *Ympäristöministeriö*, Helsinki. 466 s.
- , Alanen, A., Kanerva, T. & Mannerkoski, I. (toim.) 2001: Suomen lajien uhanalaisuus 2000. – *Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus*, Helsinki. 432 s.
- , Aapala, K. & Suikki, A. (toim.) 2003: Ennallistaminen suojelualueilla. Ennallistamistyöryhmän mietintö. – *Suomen ympäristö* 618. 220 s.
- , Hyvärinen, E., Juslén, A. & Mannerkoski, I. (toim.) 2010: Suomen lajien uhanalaisuus – Punainen kirja 2010. – *Ympäristöministeriö & Suomen ympäristökeskus*, Helsinki. 685 s.
- Raunio, A., Schulman, A. & Kontula, T. (toim.) 2008: Suomen luontotyyppien uhanalaisuus. Osat 1 ja 2. – *Suomen ympäristö* 8/2008, Suomen ympäristökeskus, Helsinki. 264 + 572 s.
- Rees, S. D., Orledge, G. M., Bruford, M. W. & Bourke, A. F. G. 2010: Genetic structure of the Black Bog Ant (*Formica picea* Nylander) in the United Kingdom. – *Conservation Genetics* 11: 823–834.

- Rehell, S. 1985: Oulun Pilpasuon ja sen ympäristön vesitaloudesta ja turpeen ominaisuuksista. – Pro gradu -tutkielma, Oulun yliopisto, biologian laitos, Oulu. 75 s. + liitteet.
- 1989: Tutkimuksia veden virtauksista eräillä luonnontilaisilla suoalueilla. – Filosofian lisensiaatti -tutkielma, Oulun yliopisto, geologian laitos, Oulu. 102 s. + liitteet.
- 2011: Pohjois-Pohjanmaan Natura-alueet, tarkastelu soidensuojelun tilasta. – Kirjallinen tiedonanto 11.5.2011.
- & Heikkilä, R. 2009: Aapasoiden nuoret sukessiovaiheet Pohjois-Pohjanmaan maankohoamisrannikolla. – *Suo* 60 (1–2): 1–19.
- & Laitinen, J. 2013: Soiden kosteusvaihtelut. Kuinka ne vaikuttavat soiden kasvillisuuteen ja kehitykseen. – Teoksessa: Rehell, S. (toim), Antti Huttusen muistoseminaari Oulussa 18.4.2012. *Suo* (painossa).
- , Huttunen, A., Kondelin, H. & Laitinen, J. 2012: Development of large-scale aapa mire hydrotopography on land-uplift coastland in northern Finland. – Teoksessa: Lindholm, T. & Heikkilä, R. (toim.), Mires from pole to pole. *The Finnish Environment* 38/2012. S. 39–50.
- Reinikainen, A. 1984: Suotyypit ja ojituksen vaikutus pintakasvillisuuteen. – Teoksessa: Paarlahti, K. (toim.), Jaakkoin suon koeojitusalue 75 vuotta. *Metsäntutkimuslaitoksen tiedonantoja* 156: 7–21.
- , Mäkipää, R. & Vanha-Majamaa, I. (toim.) 2000: Kasvit muuttuvassa metsäluonnossa. – Tammi, Helsinki. 384 s.
- Rintala, T., Toivanen, T., Ahlroth, P., Hyvärinen, E., Mattila, J., Nevalainen, J., Päivinen, J. & Suhonen, J. 2000: Hyönteis- ja linnustotutkimukset turvetuotannosta vapautuneilla alueilla Kihniön Aitonevalla ja Rautalammin Rastunsuolla 1997–1999. – Jyväskylän yliopiston museon julkaisuja 13. 69 s.
- Rodríguez, J. P., Beard, T. D. Jr., Bennett, E. M., Cumming, G. S., Cork, S. J., Agard, J., Dobson, A. P. & Peterson, G. D. 2006: Trade-offs across space, time, and ecosystem services. – *Ecology and Society* 11: 28.
- Romanov, V. V. 1968: Hydrophysics of bogs. – Israel Program of Scientific Translations, Jerusalem. 299 s.
- Roulet, N. 1991: Stormflow production in a headwater basin. – *Nordic Hydrology* 22: 161–174.
- Roulet, N. T., Ash, R., Quinton, W. & Moore, T. 1993: Methane flux from drained northern peatlands: Effect of a persistent water table lowering on flux. – *Global Biogeochemical Cycles* 7: 749–769.
- Rydin, H. 1985: Effect of water level on desiccation of *Sphagnum* in relation to surrounding Sphagna. – *Oikos* 45: 374–379.
- & Jeglum, J. 2006: The biology of peatlands. – Oxford University Press. 343 s.
- , Sjörs, H. & Löfroth, M. 1999: Mires. – *Acta Phytogeographica Suecica* 84: 91–112.
- , Gunnarson, U. & Sundberg, S. 2006: The role of *Sphagnum* in peatland development and persistence. – Teoksessa: Wieder, R. K. & Vitt, D. H. (toim.), Boreal peatland ecosystems. Springer. *Ecological Studies* 188. S. 47–65.
- Ryttäri, T., Kalliovirta, M. & Lampinen, R. (toim.) 2012: Suomen uhanalaiset kasvit. – Tammi, Helsinki. 384 s.
- Räike, A., Kortelainen, P., Mattsson, T. & Thomas, D. N. 2012: 36 year trends in dissolved organic carbon export from Finnish rivers to the Baltic Sea. – *Science of The Total Environment* 435–436: 188–201.

- Räinä, A. 2012: Riistaa reunoilta – Kokkolan kaupungin mahdollisuudet? – Esitelmä Riistaa reunoilta -hankkeen aloitusseminaarissa, Tieteiden talo 21.3.2012. <www.metsavastaa.net/riistaa-reunoilta-hanke-2011-2013>.
- Räinä, P. 2010: Suuripään eteläosan ennallistamiskohteen vedenlaadun ja ainevirtaamien seuranta. Loppuraportti 11.1.2010. – Lapin elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus, Rovaniemi. 12 s. + 2 liites.
- Saarenmaa, H. 1978: Kaarnakuoriaisten (Col., Scolytidae) esiintyminen erässä kanadanmajavan (*Castor canadensis* Kuhl) aiheuttaman tulvan seurauksena kuolleessa metsikössä. – *Silva Fennica* 12: 201–216.
- Saarinen, T. 1996: Biomass and production of two vascular plants in boreal mesotrophic fen. – *Canadian Journal of Botany* 74: 934–938.
- , Mohämmädighävam, S., Marttila, H. & Kløve, B. 2013: Impact of peatland forestry on runoff water quality in areas with sulphide-bearing sediments; how to prevent acid surges. – *Forest Ecology & Management* 293: 17–28.
- Saaristo, M. I. 1995: Distribution maps of the outdoor myrmecid ants (Hymenoptera, Formicidae) of Finland, with notes on their taxonomy and ecology. – *Entomologica Fennica* 6: 153–162.
- Sallantausta, T. 1983: Turvetuotannon vesistökuormitus. – Kauppa- ja teollisuusministeriö, energiaosasto. Sarja D 29. 122 s.
- 1988: Water quality of peatlands and man's influence on it. – Proceedings of the international symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions, Joensuu, Finland 6.-8. June 1988, vol. 2. The Publications of the Academy of Finland 1988(5): 80–98.
- 1992: Runoff water quality of bogs drained for forestry and mined for peat – a comparison. – Swedish National Committee, International Peat Society. Proceedings of the 9th International Peat Congress Vol. 3: 95–105.
- 1995: Huuhtoutuminen metsäojitusalueiden ainekierroissa. – Teoksessa: Saukkonen, S. & Kenttämies, K. (toim.), Metsätalouden vesistövaikutukset ja niiden torjunta. METVE-projektin loppuraportti. Suomen ympäristö 2: 131–138.
- 2004: Hydrological impacts set constraints on mire restoration. – Teoksessa: Päivänen, J. (toim.), Wise use of peatlands. Proceedings of the 12th International Peat Congress, Tampere, Finland Vol. 1. International Peat Society, Jyväskylä. S. 68–73.
- 2006: Mire ecohydrology in Finland. – Teoksessa: Lindholm, T. & Heikkilä R. (toim.), Finland – land of mires. The Finnish Environment 23/2006. S. 105–118.
- & Koskinen, M. 2012: Impacts of peatland restoration on nutrient leaching in western and southern Finland. – Teoksessa: Lindholm, T. & Heikkilä, R. (toim.), Mires from pole to pole. The Finnish Environment 38/2012: 215–239.
- , Vasander, H. & Laine, J. 1998: Metsätalouden vesistöhaittojen torjumisen ojitetuista soista muodostettujen puskurivyöhykkeiden avulla. – *Suo* 49(4): 125–133.
- Salmela, J. 2008: Semiaquatic fly (Diptera, Nematocera) fauna of fens, springs, headwater streams and alpine wetlands in the northern boreal ecoregion, Finland. – *w-album* 6: 3–63.
- 2011: Annotated list of Finnish crane flies (Diptera: Limoniidae, Tipulidae, Pediciidae & Cylindrotomidae). – *Entomologica Fennica* 22: 219–242.

- 2013: Taxonomy, species richness and biogeography of Finnish crane flies (Diptera, Tipuloidea). – *Annales Universitatis Turkuensis A II* 276. 40 s.
- & Ilmonen, J. 2005: Crane fly fauna of a boreal mire system in relation to mire trophic status (Diptera: Tipuloidea): implications for conservation and bioassessment. – *Journal of Insect Conservation* 9: 85–94.
- , Autio, O. & Ilmonen, J. 2007: A survey on the nematoceran (Diptera) communities of southern Finnish wetlands. – *Memoranda Societatis Pro Fauna et Flora Fennica* 83: 33–47.
- Van der Schaaf, S. & Streefkerk, J. G. 2003: Relationships between biotic and abiotic conditions on Clara bog (Ireland). – Teoksessa: Järvet, A. & Lode, E. (toim.), *Ecohydrological processes in northern wetlands*. Tartu University Press, Tartu. S. 35–40.
- Schroeder, L. M. 2001: Tree mortality by the bark beetle *Ips typographus* (L.) in storm-disturbed stands. – *Integrated Pest Management Reviews* 6: 169–175.
- Schultz, R. & Seifert, B. 2007: The distribution of the subgenus *Coptoformica* Müller, 1923 (Hymenoptera: Formicidae) in the Palaearctic Region. – *Myrmecological News* 10: 11–18.
- Segerström, U., Hörnberg, G. & Bradshaw, R. 1996: The 9000-year history of vegetation development and disturbance patterns of a swamp-forest in Dalarna, northern Sweden. – *The Holocene* 6: 37–48.
- Seifert, B. 2000: A taxonomic revision of the ant subgenus *Coptoformica* Mueller, 1923 (Hymenoptera: Formicidae). – *Zoosystema* 22: 517–568.
- 2007: Die Ameisen Mittel- und Nordeuropas. – *Lutra Verlags- und Vertriebsgesellschaft, Tauer*. 368 s.
- Sepänmaa, Y. 1999: Suo – esteettinen dilemma – kirjastoon vai kentälle? – Teoksessa: Hakala, K. (toim.), *Suo on kaunis*. Maahenki, Helsinki. S. 9–18.
- Seppä, H., Lindholm, T. & Vasander, H. 1993: Metsäojitettujen soiden luonnontilan palauttaminen. – *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A* 7. 80 s.
- Seppä, P. 2008: Do ants (Hymenoptera: Formicidae) need conservation and does ant conservation need genetics? – *Myrmecological News* 11: 161–172.
- Seuna, P. 1981: Long term influence of forestry drainage on the hydrology of an open bog in Finland. – *Publications of the Water Research Institute* 43: 3–14.
- 1982: Influence of forestry draining on runoff and sediment discharge in the Ylijoki basin, North Finland. – *Aqua Fennica* 12: 3–16.
- 1988: Effects of clear-cutting and forestry drainage on runoff in the Nurmes-study. – *Proceedings of the international symposium on the hydrology of wetlands in temperate and cold regions, Joensuu, Finland* 6.-8. June 1988. *The Publications of the Academy of Finland* 5: 122–134.
- Siegel, D. I. & Glaser, P. H. 1987: Ground-water flow in a bog-fen complex, Lost River Peatland, northern Minnesota. – *Journal of Ecology* 75: 743–754.
- Siekinen, J. 2011: Selvitys Iijoen vesistöalueen metsäojitusten ennallistamismahdollisuuksista Metsähallituksen mailla. – *Metsähallitus, Pohjanmaan luontopalvelut, Oulu*. 84 s. + 11 liitettä.
- & Tolvanen, A. 2008: Siikajoen Tavonniemen soiden ennallistamisen toimenpidesuunnitelma. – *Metsähallitus ja Metsäntutkimuslaitos, Vantaa*. 17 s.

- Siitonen, J. 2001: Forest management, coarse woody debris and saproxylic organisms: Fennoscandian boreal forests as an example. – *Ecological Bulletins* 49: 11–41.
- Silvan, N. 2004: Nutrient retention in a restored peatland buffer. – *Helsingin yliopiston metsäekologian laitoksen julkaisuja* 32. 44 s.
- , Vasander, H., Sallantausta, T. & Laine, J. 2005: Hydraulic nutrient transport in a restored peatland buffer. – *Boreal Environment Research* 10(3): 203–210.
- Similä, M. & Junninen, K. (toim.) 2011: *Metsien ennallistamisen ja luonnonhoidon opas*. – *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja*. Sarja B 157. 192 s.
- Simola, H., Pitkänen, A. & Turunen, J. 2012: Carbon loss in drained forestry peatlands in Finland, estimated by re-sampling peatlands surveyed in the 1980s. – *European Journal of Soil Science* 63(6): 798–807.
- Sirin, A., Vompersky, S. E. & Nazarov, N. 1991: Influence of forest drainage on runoff: main concepts and examples from central part of the USSR European territory. – *Ambio* 20: 334–339.
- Sjörs, H. 1983: *Mires of Sweden*. – *Teoksessa*: Gore, A. J. P. (toim.), *Mires: swamp, bog, fen and moor*. Vol. II. Elsevier. S. 69–94.
- 1990: Divergent successions in mires, a comparative study. – *Aquilo Ser. Botanica* 28: 67–77.
- Smith, L. C., MacDonald, G. M., Velichko, A. A., Beilman, D. W., Borisov, O. K., Frey, K. E., Kremenetski, K. V. & Sheng, Y. 2004: Siberian peatlands as net carbon sink and global methane source since the early Holocene. – *Science* 303: 353–356.
- Society for Ecological Restoration International (SER) 2008: *Opportunities for integrating ecological restoration and biological conservation within the ecosystem approach*. – Society for Ecological Restoration International, Briefing Note. May 2008. 4 s.
- Society for Ecological Restoration International Science & Policy Working Group 2004: *The SER International Primer on Ecological Restoration*. – Society for Ecological Restoration International, Washington D.C. 15 s.
- Soiden ja turvemaiden kansallista strategiaa valmistellut työryhmä 2011: *Valtioneuvoston soiden ja turvemaiden kestävä ja vastuullista käyttöä ja suojelua koskevan periaatepäätöksen (30.8.2012) taustaraportti: Ehdotus soiden ja turvemaiden kestävä ja vastuullisen käytön ja suojelun kansalliseksi strategiaksi*. – Työryhmämuistio, MMM 2011:1. 161 s.
- Soini, P., Riutta, T., Yli-Petäys, M. & Vasander, H. 2010: Comparison of vegetation and CO<sub>2</sub> dynamics between a restored cut-away peatland and a pristine fen: Evaluation of the restoration success. – *Restoration Ecology* 18: 894–903.
- Soininen, T. & Koistinen, A. 2011: *Metsävastaa.net* 2013. *Metsäluonnonhoitohankkeet*. – *Metsävastaa.net-verkkosivusto*, <[www.metsavastaa.net/luonnonhoitohankkeet](http://www.metsavastaa.net/luonnonhoitohankkeet)>, viitattu 12.3.2013.
- Solantie, R. 2006: Climate and its effect on mires. – *Teoksessa*: Lindholm, T. & Heikkilä, R. (toim.), *Finland – land of mires*. *The Finnish Environment* 23/2006. S. 17–22.
- Spitzer, K. & Danks, H. V. 2006: Insect biodiversity of boreal bogs. – *Annual Review of Entomology* 51: 137–161.
- Straková, P., Penttilä, T., Laine, J. & Laiho, R. 2012: Disentangling direct and indirect effects of water table drawdown on above- and belowground plant litter decomposition: Consequences for accumulation of organic matter in boreal peatlands. – *Global Change Biology* 18: 322–335.

- Suhonen, J., Hilli-Lukkarinen, M., Korkeamäki, E., Kuitunen, M., Kullas, J., Penttinen, J. & Salmela, J. 2010: Local extinction of dragonfly and damselfly populations in low- and high-quality habitat patches. – *Conservation Biology* 24: 1148–1153.
- Suikki, A. 2001: Leivonmäen Haapasuon-Syysniemen luonnonsuojelualueen Haapasuon ennallistamissuunnitelma. – Luonnos 5.11.2001, Metsähallituksen arkisto, Vantaa. 7 s.
- Suomen riistakeskus 2013: Riistaa reunoilta -hanke. – <www.riista.fi>, viitattu 5.3.2013.
- Suomen Sudenkorentoseura 2012: Suomen sudenkorentoseuran verkkosivut. – <www.sudenkorento.fi>, viitattu 24.8.2012.
- Tahvanainen, T. 2004: Water chemistry of mires in relation to the poor-rich vegetation gradient and contrasting geochemical zones of northeastern Fennoscandian shield. – *Folia Geobotanica* 39: 353–359.
- 2006: Kymmenen vuoden aikaskaala ennallistettujen soiden kehityksen arvioimisessa. – Teoksessa: Syrjänen, K., Horne, P., Koskela, T. & Kumela, H. (toim.), *Metson seuranta ja arviointi. Etelä-Suomen metsien monimuotoisuusohjelman seurannan ja arvioinnin lopuraportti*. Maa- ja metsätalousministeriö, Ympäristöministeriö, Metsätutkimuslaitos ja Suomen ympäristökeskus, Helsinki. S. 42–44.
- 2011: Abrupt ombrotrophication of a boreal aapa mire triggered by hydrological disturbance in the catchment. – *Journal of Ecology* 99(2): 404–415.
- & Haraguchi, A. 2012: Effect of pH on phenol oxidase activity on decaying *Sphagnum* mosses. – *European Journal of Soil Biology* 54: 41–47.
- & Tuomaala, T. 2003: The reliability of mire water pH measurements – A standard sampling protocol and implications to ecological theory. – *Wetlands* 23(4): 701–708.
- , Sallantausta, T., Heikkilä, R. & Tolonen, K. 2002: Spatial variation of mire surface water chemistry and vegetation in northeastern Finland. – *Annales Botanici Fennici* 39: 235–251.
- Tanneberger, F. & Wichtmann, W. (toim.) 2011: Carbon credits from peatland rewetting. Science, policy, implementation and recommendations of a pilot project in Belarus. – Schweizerbart Science Publishers, Stuttgart. 223 s.
- Tanskanen, M. 2009: Suomalaisen kulttuurisuus ja yhteiskunnallisuus. – Teoksessa: Sarkkola, S., Korpela, L. & Korhonen, R. (toim.), *Suuseuran 60-vuotisjuhla. Suo 60 (3-4)*. S. 156–160.
- TEEB 2010: The Economics of Ecosystems and Biodiversity: Ecological and Economic Foundations. – Earthscan, London and Washington. 410 s.
- Thomas, C. D. & Hanski, I. 2004: Metapopulation dynamics in changing environments: butterfly responses to habitat and climate change. – Teoksessa: Hanski, I. & Gaggiotti, O. E. (toim.), *Ecology, genetics and evolution of metapopulations*. Elsevier Academic Press, San Diego. S. 489–514.
- Toberman, H., Laiho, R., Evans, C. D., Artz, R. R. E., Fenner, N., Straková, P. & Freeman, C. 2010: Long-term drainage for forestry inhibits extracellular phenol oxidase activity in Finnish boreal mire peat. – *European Journal of Soil Science* 61: 950–957.
- Toivonen, H. & Huttunen, P. 1976: Taantuvatko Pohjois-Karjalan kasviharvinaisuudet. – *Pohjois-Karjalan Luonto* 6: 18–26.
- Tuittila, E.-S., Komulainen, V.-M., Vasander, H. & Laine, J. 1999: Restored cut-away peatland as a sink for atmospheric CO<sub>2</sub>. – *Oecologia* 120: 563–574.



- , Komulainen, V.-M., Vasander, H., Nykänen, H., Martikainen, P. J. & Laine, J. 2000a: Methane dynamics of a restored cut-away peatland. – *Global Change Biology* 6: 569–581.
- , Rita, H., Vasander, H. & Laine, J. 2000b: Vegetation patterns around *Eriophorum vaginatum* L. tussocks in a cut-away peatland in southern Finland. – *Canadian Journal of Botany* 78: 47–58.
- Turunen, H. 1998: Perhoslinjalaskennat Seitsemisen kansallispuistossa kesällä 1998. – Raportti, Metsähallitus, Länsi-Suomen luontopalvelut, Hämeenlinna. 31 s.
- Turunen, J., Tomppo, E., Tolonen, K. & Reinikainen, A. 2002: Estimating carbon accumulation rates of undrained mires in Finland – application to boreal and subarctic regions. – *The Holocene* 12(1): 69–80.
- UK National Ecosystem Assessment 2011: The UK National Ecosystem Assessment: Synthesis of the Key Findings. – UNEP-WCMC, Cambridge. 87 s.
- Ulvinen, T., Syrjänen, K. & Anttila, S. (toim.) 2002: Suomen sammalet – levinneisyys ekologia, uhanalaisuus. – *Suomen ympäristö* 560. Suomen ympäristökeskus. 354 s.
- Uusitalo, A., Kotiaho, J. S., Päivinen, J., Rintala, T. & Saari, V. 2006: Kasvien ja päiväperhosten esiintyminen luonnontilaisilla ja ojitetuilla soilla. – *Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja A* 157. 44 s.
- Vahtera, E. 1955: Metsänkasvatusta varten ojitettujen soitten ravinnepitoisuuksista. – *Communicationes Instituti Forestalis Fenniae* 45: 1–108.
- Valtioneuvosto 2012a: Valtioneuvoston periaatepäätös soiden ja turvemaiden kestävästä ja vastuullisesta käytöstä ja suojelusta. – Valtioneuvosto, Helsinki. 19 s.
- 2012b: Valtioneuvoston periaatepäätös Suomen luonnon monimuotoisuuden suojelun ja kestäväen käytön strategiasta vuosiksi 2012–2020, Luonnon puolesta – ihmisen hyväksi. – Valtioneuvosto, Helsinki. 23 s.
- Vasander, H. 1984: Effect of forest amelioration on diversity in an ombrotrophic bog. – *Annales Botanici Fennici* 21: 7–15.
- (toim.) 1998: Suomen suot. – Suoseura, Helsinki. 168 s.
- & Kettunen, A. 2006: Carbon in boreal peatlands. – Teoksessa: Wieder, R. K. & Vitt, D. H. (toim.), *Boreal peatland ecosystems*. Springer. *Ecological Studies* 188. S. 165–194.
- & Lindholm, T. 1989: Soiden luonnontilastaminen. – Raportti, Metsähallituksen arkisto, Vantaa. 58 s.
- , Tuittila, E.-S., Lode, E., Lundin, L., Ilomets, M., Sallantausta, T., Heikkilä, R., Pitkänen, M.-L. & Laine, J. 2003: Status and restoration of peatlands in Northern Europe. – *Wetlands ecology and management* 11: 51–63.
- Vatn, A. 2010: Ekosysteemipalvelumaksut – vanhaa viiniä uudessa pullossa? Ekosysteemipalvelumaksut ympäristöhallinnon keinona. – Teoksessa: Hiedanpää, J., Suvantola, L. & Naskali, A. (toim.), *Hyödyllinen luonto. Ekosysteemipalvelut hyvinvointimme perustana*. Vastapaino, Tampere. S. 135–158.
- Vauhkonen, M. 2000: Maastotyöt Joroisten Saarikkolammensuolla heinä-elokuussa 2000. – Raportti, Metsähallitus, Itä-Suomen luontopalvelut, Lieksa. 9 s. + liitteet.
- 2002: Joroisten Saarikkolammensuon kasvisto- ja kasvillisuus seurannat vuonna 2002. – Raportti, Metsähallitus, Itä-Suomen luontopalvelut, Lieksa. 5 s. + liitteet.
- 2003: Joroisten Saarikkolammensuon kasvisto- ja kasvillisuus seurannat vuonna 2003. – Raportti, Metsähallitus, Itä-Suomen luontopalvelut, Lieksa. 7 s. + liitteet.

- 2004: Joroisten Saarikkolammensuon kasvis-  
to- ja kasvillisuusseurannat vuonna 2004. –  
Raportti, Metsähallitus, Itä-Suomen luonto-  
palvelut, Lieksa. 5 s. + liitteet.
- 2005: Joroisten Saarikkolammensuon kasvis-  
toseuranta vuonna 2005. – Raportti, Metsä-  
hallitus, Itä-Suomen luontopalvelut, Lieksa.  
3 s. + liitteet.
- 2007: Joroisten Saarikkolammensuon kasvis-  
toseuranta 2007. – Raportti, Metsähallitus,  
Etelä-Suomen luontopalvelut, Lieksa. 3 s. +  
liitteet.
- Ventin, J. 2011: Tutustu laserkeilausaineistoi-  
hin ilmaisohjelmilla. – <[http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio\\_2\\_2011\\_tutustu\\_laserkeilausaineistoon\\_ilmaisohjelmilla](http://www.paikkatietoikkuna.fi/web/fi/positio_2_2011_tutustu_laserkeilausaineistoon_ilmaisohjelmilla)>. Positio 2/2011: 21–22.
- Vepsäläinen, K., Savolainen, R., Tiainen, J. &  
Vilén, J. 2000: Successional changes of ant  
assemblages: from virgin and ditched bogs  
to forests. – *Annales Zoologici Fennici* 37:  
135–149.
- Verry, E. S. 1981: Water table and streamflow  
changes after stripcutting and clearcutting an  
undrained black spruce bog. – *Proceedings of  
the 6th International Peatland Congress*, 17.-  
23.8.1980, Duluth, Minnesota. S. 493–498.
- 1988: Hydrology of wetlands and man's in-  
fluence on it. – *Proceedings of the internatio-  
nal symposium on the hydrology of wetlands  
in temperate and cold regions*, Joensuu, Fin-  
land 6.-8. June 1988. The Publications of the  
Academy of Finland 1988(5): 41–61.
- Vesiläki 27.5.2011/587.
- Vikman, A., Sarkkola, S., Koivusalo, H., Sal-  
lantaus, T., Laine, J., Silvan, N., Nousiainen,  
H. & Nieminen, M. 2010: Nitrogen reten-  
tion by peatland buffer areas at six forested  
catchments in southern and central Finland.  
– *Hydrobiologia* 641(1): 171–183.
- Vuori, H. 2012: Ravinnetason ja ojituksen vai-  
kutukset suokasvillisuuden monimuotoisuuteen  
ja lajikoostumukseen. – Pro gradu -tutkielma,  
Jyväskylän yliopisto, Ekologia ja evoluutio-  
biologia. 28 s.
- Vuori, K.-M., Joensuu, I., Latvala, J., Jutila, E. &  
Ahvonen, A. 1998: Forest drainage: a threat  
to benthic biodiversity of boreal headwater  
streams? – *Aquatic Conservation: Marine and  
Freshwater Ecosystems* 8: 745–759.
- Väänänen, R., Nieminen, M., Vuollekoski, M.,  
Nousiainen, H., Sallantaus, T., Tuittila, E. &  
Ilvesniemi, H. 2008: Retention of phospho-  
rus by peatland buffer zones at six forested  
catchments in southern Finland. – *Silva Fen-  
nica* 42(2): 211–231.
- Väänänen, S. 2009: Ennallistettujen soiden muu-  
rauslajiston seuranta. – Raportti, Metsähäl-  
litus, luontopalvelut, Vantaa. 23 s.
- Waddington, J. M. & Day, S. M. 2007: Metha-  
ne emissions from a cutover peatland follow-  
ing restoration. – *Journal of Geophysical  
Research: Biogeosciences*, 112, Issue G3,  
G03018, doi:10.1029/2007JG000400.
- , Strack, M. & Greenwood, M. J. 2010: To-  
wards restoring the net carbon sink function  
of degraded peatlands: Short-term response  
in CO<sub>2</sub> exchange to ecosystem-scale restora-  
tion. – *Journal of Geophysical Research* 115:  
G01008, doi:10.1029/2009JG001090.
- Wallage, Z. E., Holden, J. & McDonald, A. T.  
2006: Drain blocking: an effective treatment  
for reducing dissolved organic carbon loss  
and water discolouration in a drained peat-  
land. – *Science of the Total Environment* 367:  
811–821.
- Weslien, J. & Schroeder, L. M. 1999: Population  
levels of bark beetles and associated insects in  
managed and unmanaged spruce stands. – *For-  
est Ecology and Management* 115: 267–275.

- Wheeler, B. & Proctor, M. 2000: Ecological gradients, subdivisions and terminology of north-west European mires. – *Journal of Ecology* 88: 187–203.
- Wieder, R. K. & Vitt, D. H. (toim.) 2006: Boreal peatland ecosystems. – Springer. Ecological Studies 188. 436 s.
- Wilson, D., Tuittila, E.-S., Alm, J., Laine, J., Farrell, E. P. & Byrne, K. A. 2007: Carbon dioxide dynamics of a restored maritime peatland. – *Ecoscience* 14: 71–80.
- Wilson, L., Wilson, J., Holden, J., Johnstone, I., Armstrong, A. & Morris, M. 2011: Ditch blocking, water chemistry and organic carbon flux: Evidence that blanket bog restoration reduces erosion and fluvial carbon loss. – *Science of the Total Environment* 409: 2010–2018.
- Ympäristöministeriö 2012: Vesienhoidon suunnittelu ja yhteistyö. – Ympäristöministeriö, Helsinki. <[www.ymparisto.fi/vesienhoito](http://www.ymparisto.fi/vesienhoito)>, viitattu 17.1.2013.
- & Maa- ja metsätalousministeriö 2013: METSO – Metsien monimuotoisuus -verkko-sivusto. – <[www.metsonpolku.fi](http://www.metsonpolku.fi)>, viitattu 5.3.2013.
- Ympäristönsuojelulaki 4.2.2000/86.
- Yrjälä, K., Tuomivirta, T., Juottonen H., Putkinen, A., Lappi, K., Tuittila, E.-S., Penttilä, T., Minkkinen, K., Laine, J., Peltoniemi, K. & Fritze, H. 2011: CH<sub>4</sub> production and oxidation processes in a boreal fen ecosystem after long-term water table drawdown. – *Global Change Biology* 17: 1311–1320.
- Yu, Z. 2011: Holocene carbon flux histories of the world's peatlands: Global carbon-cycle implications. – *The Holocene* 21: 761–774.
- Zak, D., Wagner, C., Payer, B., Augustin, J. & Gelbrecht, J. 2010: Phosphorus mobilization in rewetted fens: the effect of altered peat properties and implications for their restoration. – *Ecological Applications* 20: 1336–1349.
- Åström, M., Aaltonen, E.-K. & Koivusaari, J. 2001a: Impact of ditching in a small forested catchment on concentrations of suspended material, organic carbon, hydrogen ions and metals in stream water. – *Aquatic Geochemistry* 7: 57–73.
- , Aaltonen, E.-K. & Koivusaari, J. 2001b: Effect of ditching operations on stream-water chemistry in a boreal forested catchment. – *Science of the Total Environment* 279: 117–129.
- , Aaltonen, E.-K. & Koivusaari, J. 2002: Impact of forest ditching on nutrient loadings of a small stream – a paired catchment study in Kronoby, W. Finland. – *Science of the Total Environment* 297: 127–140.
- , Aaltonen, E.-K. & Koivusaari, J. 2005: Changes in leaching patterns of nitrogen and phosphorus after artificial drainage of a boreal forest – a paired catchment study in Lappajärvi, western Finland. – *Boreal Environment Research* 10: 67–78.
- Økland, R. 1990: A phytoecological study of the mire Northern Kisselbergsmossen SE Norway II. Identification of gradients by detrended correspondence analysis. – *Nordic Journal of Botany* 10: 79–108.



## Oppaan kirjoittajat

Aapala Kaisu	Suomen ympäristökeskus	Tiira Mikko	Metsähallitus, luontopalvelut
Eeronheimo Heikki	Metsähallitus, luontopalvelut	Toivanen Tero	BirdLife Suomi ry
Eisto Kaija	Metsähallitus, luontopalvelut	Tolvanen Anne	Metsäntutkimuslaitos
Fritzén Niclas	Metsähallitus, luontopalvelut	Tuittila Eeva-Stiina	Helsingin yliopisto
Haapalehto Suvi	Metsähallitus, luontopalvelut	Uotila Esa	Metsäntutkimuslaitos
Haapalehto Tuomas	Metsähallitus, luontopalvelut	Vasander Harri	Helsingin yliopisto
Hokkanen Reijo	Metsähallitus, luontopalvelut	Vepsäläinen Kari	Helsingin yliopisto
Ilmonen Jari	Metsähallitus, luontopalvelut	Vesterinen Pekka	Metsähallitus, luontopalvelut
Jansson Henrik	Metsähallitus, luontopalvelut	Veteläinen Pekka	Metsähallitus, luontopalvelut
Joensuu Samuli	Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio	Vuori Hilja	Jyväskylän yliopisto
Juutinen Riikka	Metsähallitus, luontopalvelut	Väänänen Simo	
Kaartinen Sari	Metsähallitus, luontopalvelut		
Kareksela Santtu	Jyväskylän yliopisto		
Kokko Aira	Suomen ympäristökeskus		
Komonen Atte	Jyväskylän yliopisto		
Kondelin Hanna			
Koponen Seppo	Turun yliopiston eläinmuseo		
Korvenpää Terhi	Metsähallitus, luontopalvelut		
Koskinen Markku	Helsingin yliopisto		
Kotiaho Janne S.	Jyväskylän yliopisto		
Kurikka Tuula	Metsähallitus, luontopalvelut		
Laine Anna	Helsingin yliopisto		
Laine Jukka			
Laitinen Tiina	Metsähallitus, luontopalvelut		
Leinonen Antti	Suomen metsäkeskus		
Lindholm Tapio	Suomen ympäristökeskus		
Loukola Olli	Oulun yliopisto		
Moilanen Atte	Helsingin yliopisto		
Mäkinen Jussi	Päijät-Hämeen liitto		
Ollonqvist Pekka	Metsäntutkimuslaitos		
Pajunen Timo	Luonnontieteellinen keskusmuseo		
Penttinen Jouni	Metsähallitus, luontopalvelut		
Perkiö Rauli	Metsähallitus, luontopalvelut		
Punntila Pekka	Suomen ympäristökeskus		
Putala Ahti	Metsähallitus, luontopalvelut		
Puustinen Mika	Metsähallitus, luontopalvelut		
Pöyry Juha	Suomen ympäristökeskus		
Rajasärkkä Ari	Metsähallitus, luontopalvelut		
Rautiainen Pirjo	Metsähallitus, luontopalvelut		
Rehell Sakari	Metsähallitus, luontopalvelut		
Sallantaus Tapani	Suomen ympäristökeskus		
Salmela Jukka	Metsähallitus, luontopalvelut		
Siekinen Juha	Suomen riistakeskus		
Silvan Niko	Metsäntutkimuslaitos		
Similä Maarit	Metsähallitus, luontopalvelut		
Soininen Timo	Inspecta		
Tahvanainen Teemu	Itä-Suomen yliopisto		

# Uusimmat Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisut

## Sarja A

- No 194 Konu, H. & Kajala, L. 2012: Segmenting Protected Area Visitors Based on Their Motivations. 72 s.
- No 195 Hokkanen, T. 2012: Itäisen Suomenlahden saaristolinnuston pitkäaikaismuutokset – erityisesti vuosina 1992–2011. 174 s.
- No 196 Blomberg, J. 2012: Kitkan vesiltä Pohjanlahden tehtaille – Akanlahden tukinsiirtolaitokset 1893–1964. 187 s.
- No 197 Puotunen, M. 2012: Porvoo Söderkäryn majakkasaarten rakennusperintö / Byggnadsarvet på Söderkärs fyröar i Borgå. 55 s.
- No 198 Mattila, J. 2012: Kovakuoriaiskartoitukset Etelä-Suomen luontopalveluiden alueella 2009–2010. 120 s.
- No 199 Junninen, K. (toim.) 2012: Haapametsien käävät. 79 s.
- No 200 Mikkonen, N. 2013: Suojelualueiden priorisointi sekä merkittävimmät luontovarvokeskittymät Metsähallituksen luontopalveluiden hallinnoimilla alueilla Natura 2000 -luontotyyppeihin perustuen. 87 s.
- No 201 Vuori, H., Kareksela, S., Haapalehto, T. & Kotiaho, J. S. 2013: Ravinnetason ja ojituksen vaikutus suokasvillisuuden monimuotoisuuteen ja lajikoostumukseen. 39 s.
- No 202 Salla, A. 2013: Sipoonkorven kansallispuiston geologiset luontokohteet. 29 s.
- No 203 Kuntsi, S. & Toivanen, T. 2013: Laho-puun lisäyksen vaikutus kovakuoriaislajistoon. 34 s.

## Sarja B

- No 182 Rekiranta, H. 2013: Linnansaaren kansallispuiston kävijätutkimus 2012. 88 s.
- No 183 Konttinen, T. & Saari, H. 2013: Haapa-keitaan soidensuojelualueen kävijätutkimus 2012. 33 s.
- No 184 Metsähallitus 2013: Metsähallituksen julkisten hallintotehtävien tilinpäätös ja toimintakertomus 2012. 70 s.
- No 185 Koskeli, A. & Nieminen, E. 2013: Ruunaan luontotalon asiakastutkimus 2011. 44 s.
- No 186 Siekkinen, S. & Nieminen, E. 2013: Luontokeskus Ukon asiakastutkimus 2010–2011. 51 s.
- No 187 Nivunkijärvi, M., Ylläsjärvi, J. & Saarensalmi, R. 2013: Pallas–Yllästunturin kansallispuiston yritystutkimus 2011. 56 s.

## Sarja C

- No 122 Metsähallitus 2012: Teijon retkeilyalueen ja Natura 2000 -alueen hoito- ja käyttösuunnitelma 2011–2026. 112 s.
- No 123 Lapin ympäristökeskus 2012: Kilpiaavan hoito- ja käyttösuunnitelma. 60 s.
- No 124 Piironen, A. 2012: Eteläisen Kaupunginlahden ja Pohjoislahden–Tiilitehtaanmäen alueen pienpetojen pyyntisuunnitelma. 36 s.
- No 125 Forststyrelsen & Nylands miljöcentral 2012: Skötsel- och användningsplan för Ekenäs och Hangö östra skärgård. 136 s.

ISSN-L 1235-8983

ISSN 1235-8983 (painettu)

ISSN 1799-5388 (verkkójulkaisu)

ISBN 978-952-295-025-3 (painettu)

ISBN 978-952-295-026-0 (pdf)

[julkaisut.metsa.fi](http://julkaisut.metsa.fi)