

Rokuan alueen järvet ja lammet

**Esiselvitys vedenkorkeuksista ja
kunnostusmahdollisuuksista**

Marja-Leena Heikkinen ja Tero Väisänen (toim.)



Rokuan alueen järvet ja lammet

Esiselvitys vedenkorkeuksista ja kunnostusmahdollisuuksista

Marja-Leena Heikkinen ja Tero Väisänen (toim.)



POHJOIS-POHJANMAAN
YMPÄRISTÖKESKUS

POHJOIS-POHJANMAAN YMPÄRISTÖKESKUKSEN
RAPORTTEJA 5 | 2007

Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus

Taitto: Mari Wuolio

Kansikuva: Vesa Krökki: Rokuan kuntokeskuksen laituri
Ahveroisen rannalla 2004

Julkaisu on saatavana internetistä:
www.ymparisto.fi/ppo/julkaisut

Oulu 2007

ISBN 978-952-11-2771-7 (PDF)
ISSN 1796-1947 (verkkoj.)

Alkusanat

Tähän esiselvitykseen liittyviä tutkimuksia on tehty Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksessa vuosina 2002–2007. Tutkimukset käynnistyivät tutkimuspäällikkö Anneli Ylitolosen ohjauksessa ja niiden tuloksena syntyi Viitamäen ja Rouvisen (2002) tekemä selvitys Rokuan järvien tila vuonna 2002. Tutkimus jatkui laboratoriopäällikkö Tero Väisäsen ohjauksessa Rokuan alueen järvien kuormitus selvityksellä (Paakki 2004), Rokuan rehevöityneiden järvien kunnostuksen yleissuunnitelmalla (Männikkö 2004) ja alueen järvien kunnostushalukkuuden kyselyllä (Kortsalo & Pakarinen 2004).

Rokuan alueen järvien ja lampien vedenkorkeuden alenemia on raportoitu vuodesta 2002 alkaen. Lähes vastaavanlaisia alenemia on havaittu myös 1980-luvun alussa. Alueen vedenkorkeuksista ei ole säännöllistä seurantatietoa, vain yksittäisiä mittauksia. Vuosina 2005–2007 tehtiin ympäristökeskuksen työryhmän, hydrogeologi Mikko Jaakon, geologi Maria Ekholm-Peltosen, rakennusmestari Aarne Miettusen ja laboratoriopäällikkö Tero Väisäsen, ohjauksessa selvitys, johon koottiin olemassa olevat vedenkorkeushavainnot Rokuan alueen pinta- ja pohjavesistä (Anttila 2006).

Tätä selvitystyötä ovat sen eri vaiheissa tukeneet alueen kunnat, kiitokset tästä Utajärven, Muhoksen ja Vaalan kunnille. Lisäksi Humanpolis Rokua on myötävaikuttanut tämän työn etenemiseen. Pääosa tämän esiselvityksen tutkimuksista on erityyppisiä opinnäytetöitä, joten myös Oulun yliopiston ja Oulun seudun ammattikorkeakoulun rooli töiden ohjauksessa on ollut merkittävä. Kiitokset asiantuntevista kommentteista työn kirjoitusvaiheessa professori Björn Klövelle, luonnonsuojelupäällikkö Eero Kaakiselle, Humanpolis Rokuan projektipäällikkö Vesa Krökille, geologi Maria Ekholm-Peltoselle ja tutkimuspäällikkö Anneli Ylitoloselle.

Selvitystyö Rokuan alueen vedenkorkeuksien muutoksista jatkuu. Alueen järvien ja lampien vedenpinnan alenemisen syistä on tehty jatkotutkimuksia tämän selvityksen jälkeen. Tutkimustyön tulokset ovat siis jo ainakin osittain käytössä. Toivottavasti lähitulevaisuudessa päästään konkreettisiin toimenpiteisiin järvien ja lampien nykytilan parantamiseksi.

Oulu, 21.5.2007

Marja-Leena Heikkinen Tero Väisänen

SISÄLLYS

Alkusanat	3
1 Johdanto	7
2 Perustietoa Rokuan alueesta	8
2.1 Rokuan alueen järvet.....	9
2.2 Rokuan järviä koskevia historiallisia selvityksiä.....	11
2.2.1 Rokuan järvien ja lampien tila 1900-luvun alusta nykypäivään... 11	
2.2.2 Rokuanjärven rehevöitymishistoria – sedimenttitutkimukset	11
3 Rokuan pinta- ja pohjavesien vedenkorkeudet ja niissä tapahtuneet muutokset	12
3.1 Rokuan alueen vedenkorkeuksia käsittelevät aiemmat tutkimukset ja vedenkorkeuden seurannat.....	12
3.2 Rokuanvaaraa kuvaavat poikkileikkaukset.....	13
3.3 Rokuan vedenkorkeudet ja niiden vaihtelu	15
3.3.1 1980-luvun pohjavedenkorkeudet.....	15
3.3.2 1980-luvun pintavedenkorkeudet	15
3.3.3 2000-luvun pohjavedenkorkeudet	16
3.3.4 2000-luvun pintavedenkorkeudet	16
3.3.5 Rokuan Petäikönsuon turvetuotantoalueella tehdyt vedenkorkeus- ja virtaamahavainnot	17
3.3.6 Jatkuvat sarjat 1980-luvulta 2000-luvulle	18
3.4 Järvien aiempien vedenkorkeuksien arvioiminen valokuvien, lehtileikkeiden ja maamerkkien avulla.....	18
3.4.1 Ahveroinen.....	19
3.4.2 Vaulujärvi.....	20
3.5 Suppajärvien rantaprofiilit vedenkorkeuksien arvioinnissa	20
3.6 Sadannan ja haihdunnan vaihtelu Rokuan alueella ja sen merkitys vedenkorkeuksiin.....	22
3.7 Pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu lähimmillä pohjavedenseuranta-aseilla	23
3.8 Yhteenvedo.....	23
4 Rokuan rehevöityneiden järvien kunnostaminen	25
4.1 Rokuan rehevöityneiden järvien kuormitus	25
4.1.1 Metsätalous.....	26
4.1.2 Rantakiinteistöt.....	26
4.1.3 Vesi- ja viemäriverkosto.....	26
4.1.4 Kaatopaikka.....	27
4.1.5 Järvien ulkoinen kuormitus.....	27
4.1.6 Sisäinen kuormitus	28
4.2 Rokuan rehevöityneiden järvien erityispiirteet ja tila.....	28
4.2.1 Järvien vedenlaatu.....	28
4.2.2 Kalasto.....	31
4.2.3 Järvien vesikasvillisuus	31
4.2.4 Järvien hydrologia ja morfologia	32
4.3 Loma-asukkaiden halukkuus osallistua järven kunnostustoimiin....	34

4.4	Rokuan rehevöityneiden järvien kunnostusmahdollisuudet.....	35
4.4.1	Leväsoppinen.....	35
4.4.2	Iso-Syväjärvi.....	36
4.4.3	Lianjärvi.....	36
4.4.4	Tulijärvi ja Kotalampi	38
4.4.5	Kirvesjärvi	39
4.4.6	Kunnostustoimien yhdistäminen eri järvillä	40
4.5	Yhteenveto.....	40
5	Rokuan alueen järvien ja lampien tulevaisuus.....	42
	Lähteet	43
	Liitteet	44
	Kuvailulehti	71

1 Johdanto

Rokuan alue sijaitsee Oulun läänissä, Muhoksen, Utajärven ja Vaalan kuntien alueella ja on valtakunnallisesti merkittävä harju- ja dyynimuodostuma. Alue kuuluu Natura 2000 -verkostoon, ja sen etelälaidalla sijaitsee 400 hehtaarin laajuinen Rokuan kansallispuisto. Rokuan erikoisuuksia ovat lukuisat suppajärvet ja -lammet, joiden ansiosta alue kuuluu Natura-verkoston arvokkaimpiin kohteisiin. Luontoarvojen ja hyvän saavutettavuuden ansiosta Rokuasta on kehittynyt myös tärkeä virkistys- ja matkailualue.

Rokuan alueen järvissä on tapahtunut jo pitkään vedenpintojen laskua. Vedenpintojen on todettu useissa Rokuan laskujoettomissa järvissä laskeneen 1970-luvun loppupuolelta nykypäivään jopa 1–1,5 metriä. Vaikka tarkkaa seurantatietoa Rokuan alueen vedenpintojen tason vaihtelusta on vähän, tiedetään ilmiön olleen olemassa jo vuosikymmenten ajan. Vedenpintojen aleneminen on uhka Rokuan alueen luontoarvojen säilymiselle ja sitä kautta myös virkistyskäytölle.

Humanpolis Rokua, Oulun yliopiston geologian laitos ja Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus käynnistivät syyskuussa 2006 Rokuan suppajärvien vedenpintojen laskua selvittävän esitutkimuksen. Esitutkimuksella etsitään tietoa alueen vedenpintojen alenemisen syistä. Esitutkimuksen pohjalta haetaan rahoitusta korjaaviin toimenpiteisiin ja mahdollisesti tarvittaviin lisäselvityksiin. Tämän selvityksen ensimmäisessä osassa on koottu yhteen aiemmat Rokuaa koskevat pinta- ja pohjavesien tutkimustulokset (Anttila 2006). Yhteenvedon tarkoituksena on olla apuna esitutkimukselle sekä laajemmalle Rokuan järviä ja niiden vedenkorkeuksia käsittelevälle tutkimukselle ja kunnostustoimenpiteille.

Suurin osa Rokuan alueen luonnontilaisista järvistä on karuja, vähäravinteisia ja erittäin kirkasvetisiä suppalampia. Poiketen ympäristön muista järvistä harjualueella on yhdeksän erillisen rehevöityneen järven muodostama ketju. Tyypillisimpiä rehevöitymisen haittoja näissä järvissä ovat satunnaiset tai toistuvat levähaitat sekä happi-tilanteen heikentyminen. Rehevöityminen haittavaikutuksineen näkyy myös järvien virkistyskäyttöarvon selkeänä heikentymisenä. Järvet ovat pääasiassa sisäkuormitteisia, eikä niille ole löydetty merkittävää ulkoista kuormittajaa. Alueen loma-asukkaat ovat esittäneet huolensa järvien nykykehityksestä. Näistä lähtökohdista aloitettiin vuonna 2002 Rokuan rehevien järvien kunnostamisen yleissuunnitelman laatiminen. Tämän selvityksen toinen osa käsittelee Rokuan rehevöityneiden järvien nykytilaa, kuormitusta ja kunnostusmahdollisuuksia (Väisänen 2005). Sen tarkoituksena on luoda pohjaa mahdollisille tulevaisuudessa toteutettaville kunnostustoimenpiteille.

2 Perustietoa Rokuan alueesta

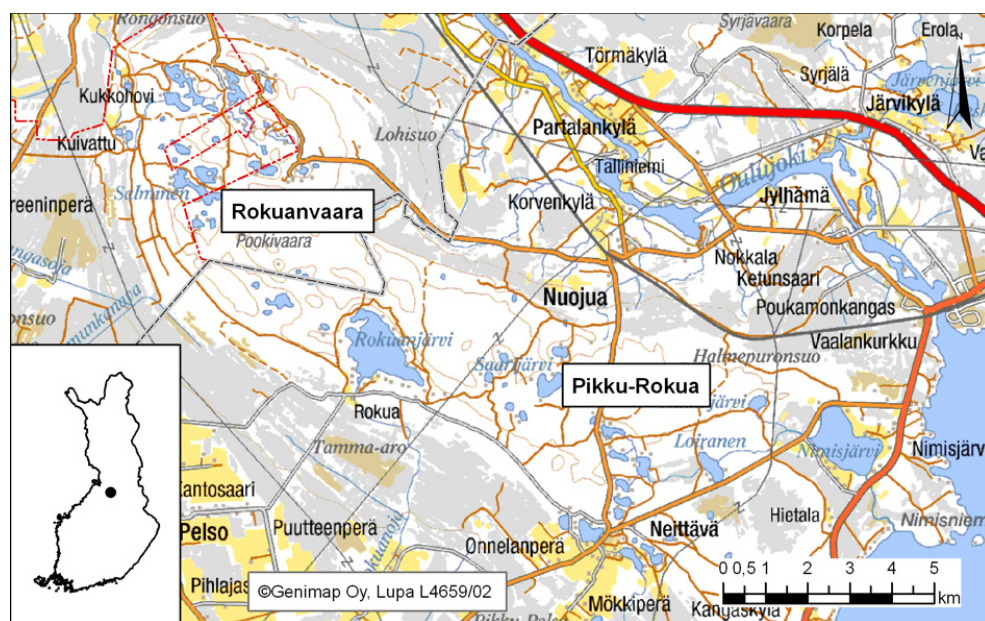
Marja-Leena Heikkinen, Sanna-Maria Paakki, Eeva-Leena Anttila ja Tero Väisänen

Rokuanvaara on Muhoksen, Utajärven ja Vaalan kuntien alueen suolakeuksilla sijaitseva noin 20 km pitkä ja 5 km leveä harju- ja dyynimuodostuma, joka kohoa 40–70 metriä ympäröiviä suoalueita korkeammalle (kuva 1). Muodostuma on saanut alkunsa viimeisimmän jääkauden aikaan noin 10 000 vuotta sitten, kun jäätikköjoki kasasi hienoa ainesta Rokuanvaaran harjuksi. Tätä seuranneena aikana tuuli, rantavoimat ja sulavan jään toiminta muovasivat harjun ulkonäköä. Harjualueelle ovat tyypillisiä laajat dyynikentät, suppakuopat sekä harjua ympäröivät rantavallimuodostumat. Rokuanvaaran maaperä on karua ja alueelle ovat tyypillisiä laajat, kulumiselle herkeit jäkäläkankaat. Kasvillisuuden laadussa ja määrässä on kuitenkin suuria paikallisia vaihteluja johtuen pinnanmuotojen vaikutuksesta lämpöoloihin (Koutaniemi 1986).

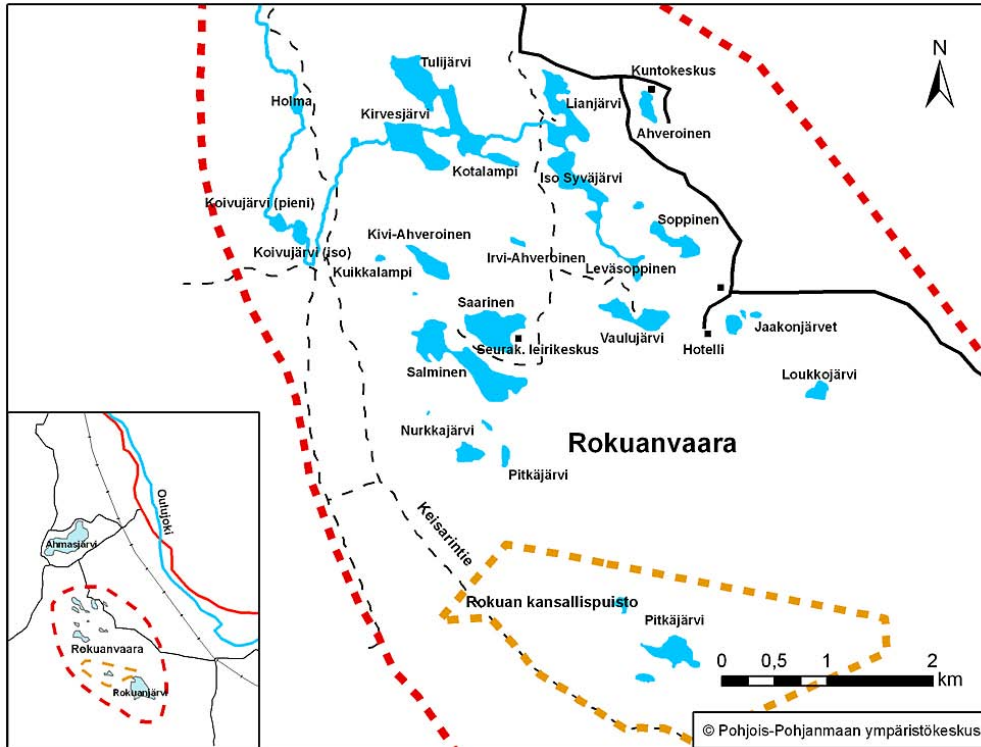
Rokuan alueen erikoisuuksia ovat jyrkkärinteiset harjukuopat eli supat, jotka selittävät pääosin harjualueen järvien syntyhistorian. Supat ovat syntyneet jääkauden loppuvaiheessa erillisten jäälohkareiden sulaessa reunahietikon sisällä. Harjualueella on runsaasti erikokoisia järviä: yhteensä noin 30 yli yhden hehtaarin kokoista järveä tai lampea (kuva 2). Järvet kuuluvat pääosin Oulujoen vesistöalueeseen (nro. 59). Ainoastaan Rokuanjärvi kuuluu Siikajoen vesistöalueeseen (nro. 57).

Rokuanvaaran topografia on erittäin hyvä pohjaveden muodostumiselle. Rokuanvaaran pohjavesialueen (nro: 11494051) kokonaispinta-ala on 42,01 km² ja muodostumialueen pinta-ala 28,16 km². Pohjavesialue on luokiteltu vedenhankintaa varten tärkeäksi, sillä erinomaisen vedenlaadun vuoksi harjun pohjavesi soveltuu sellaisenaan talousvesikäyttöön. Muodostuma on antiklininen, eli pohjavedenpinta kaareutuu ylöspäin ja harjun reuna-alueilta pohjavettä purkautuu ympäröiville suoalueille, lähivesistöihin ja alueelliseksi pohjavedeksi. Pohjaveden päävirtaussuunta yhtyy harjun pituussuuntaan ollen länsiluode (liite 1) (Tuomikoski 1987).

Harjualueen järvet ovat yhteydessä Rokuan pohjavesialtaaseen tai paikallisiin orsivesiesiintymiin (liite 1). Arvioiden mukaan suurin osa Rokuan järvistä on suoraan



Kuva 1. Rokuan alueen sijainti. Rokuanvaara ja Pikku-Rokua.



Kuva 2. Rokuan alueen järvien sijainti sekä Rokuan kansallispuistoalue ja päätiet.

yhteydessä pohjavesialueeseen ja vain pieni osa on orsivesilampia eli varsinaisesta pohjavesivyöhykkeestä erillään olevia vesialtaita. Orsivesilammet sijaitsevat harjualueen eteläosissa, vaara-alueen korkeimmilla alueilla. Harjualueen pohjavedenkorkeudet ovat hyvin lähellä järvien vedenpinnankorkeuksia. Jos pohjavesivyöhykkeeseen yhteydessä olevan järven ja ympäröivän pohjaveden hydraulinen yhteys on hyvä, voi pohjavettä virrata järven pohjan läpi suuriakin määriä. Tällaiset järvet ovat käytännössä osa pohjavesivyöhykettä, jolloin pohjavedenmuodostumisalueiden maankäyttö on huomioitava järvien vedenlaatuun vaikuttavana tekijänä. Rokuanharjun järvien luonnetta ja yksittäisiä pohjavedenmuodostumisalueita ei ole geofysikaalisesti määritetty.

2.1

Rokuan alueen järvet

Valtaosa Rokuan alueen luonnontilaisista järvistä on karuja, vähäravinteisia ja erittäin kirkasvetisiä suppalampia. Useimmat ovat suljettuja järviä, eli niiltä puuttuvat tulotai lasku-uomat mahdollisesti tulva-aikaa lukuunottamatta. Vesi suotautuu järviin ja niistä pois hiekkakerrosten läpi. Harjualueen järvien pinta-alat ja syvyydet ovat varsin vaihtelevia (taulukko 1).

Harjualueella on yhdeksän erillisen järven muodostama ketju, joka on pienten purojen yhdistämä. Tähän purojen yhdistämään järviketjuun kuuluvat: Leväsoppi-

Taulukko 1.

Rokuan alueen järvien pinta-alat, syvyydet, käyttökelpoisuusluokka ja rehevyystaso.

Järvi	Pinta-ala ha	Suurin syvyys m	Käyttökelpoisuusluokka ¹⁾	Rehevyystaso ²⁾
Ahmasjärvi	370	4,5	välttävä	rehevä
Ahveroinen	3,3	5,0	erinomainen	karu
Holma	1,9	3,5	hyvä	karu
Irvi-Ahveroinen	1,0	11,5	hyvä	karu
Iso-Syväjärvi	11,5	13,0	hyvä	lievästi rehevä
Jaakonjärvi	2,5	8,0	erinomainen	karu
Kirvesjärvi	13,5	10,0	hyvä	rehevä
Kivi-Ahveroinen	5,6	11,0	erinomainen	karu
Koivujärvi (iso)	2,9	6,0	hyvä	lievästi rehevä
Koivujärvi (pieni)	2,3	5,0	hyvä	lievästi rehevä
Kotalampi	2,4	2,0	välttävä	rehevä
Kuikkalampi	0,6	7,0	hyvä	karu
Leväsoppinen	2,3	7,0	välttävä	rehevä / ylirehevä
Lianjärvi	5,1	7,0	hyvä	lievästi rehevä
Loukkojärvi	2,8	10,0	hyvä	karu
Nurkkajärvi	3,9	15,0	erinomainen	karu
Pitkäjärvi	1,2	6,5	hyvä	karu
Pitkäjärvi (kp) ³⁾	7,9	6,0	erinomainen	karu
Rokuanjärvi	160	5,0	välttävä	rehevä
Saarinen	15,3	25,0	erinomainen	karu
Salminen	25,3	20,0	erinomainen	karu
Soppinen	6,0	6,5	erinomainen	karu
Tulijärvi	24,3	11,0	tyydyttävä	rehevä
Vaulujärvi	9,0	15,0	erinomainen	karu

¹⁾ Ympäristöhallinnon vesien käyttökelpoisuuden yleisluokitus.²⁾ Forsbergin ja Rydingin (1980) mukaan määritettynä³⁾ Kansallispuiston Pitkäjärvi

nen, Iso-Syväjärvi, Lianjärvi, Kotalampi, Tulijärvi, Kirvesjärvi, Koivujärvet, Holma ja Ahmasjärvi. Ketjun järvet ovat pääosin rehevöityneitä, toisin kuin alueen muut järvet. Tyypillisimpiä rehevöitymisen haittoja ovat järvissä havaitut satunnaiset tai toistuvat levähaitat. Happitilanne on heikentynyt erityisesti talviaikana. Rehevöitymisen aiheuttamat muutokset näkyvät myös kalastossa sekä vesikasvillisuudessa. Vedenlaatu on ollut näissä järvissä käyttökelpoisuusluokituksen perusteella hyvä tai tyydyttävä. Harjualueen rehevimpiä järviä ovat Leväsoppinen, Rokuanjärvi ja Tulijärveen yhteydessä oleva Kotalampi, joissa vedenlaatu on ollut kaikkein heikoin, ainoastaan välttävä ympäristöhallinnon käyttökelpoisuusluokituksen mukaan. Harjualueen pohjoispuolella sijaitsevan Ahmasjärven ravinnepitoisuudet ovat olleet kaikkein korkeimpia.

Järviketjun ulkopuolisissa, lähinnä karuissa järvissä, veden käyttökelpoisuus on ollut erinomainen tai hyvä, ja mainittavia rehevöitymisen haittoja ei ole tavattu. Rokuan järvien vedenlaadun pitkäaikaisseurannan perusteella voidaan todeta, että tilanne ei ole juurikaan muuttunut viimeisen 30 vuoden ajanjaksolla. Viime vuosina suurinta osaa näitä karuja suppajärviä on kuitenkin vaivannut veden vähyys. Esi-

merkiksi Salminen on asukkaiden mukaan noin 1,5 metriä normaalia vedenkorkeutta alempana. Järvien vedenkorkeus on myös aiempina vuosina vaihdellut paljon ja edellinen matalan veden jakso ajoittuu 1980-luvun alkuun. Vedenkorkeutta on seurattu säännöllisesti vuodesta 2004 alkaen.

2.2

Rokuan järviä koskevia historiallisia selvityksiä

Rokuan järviä koskevia vanhoja selvityksiä ja kalatalousraportteja löytyy jo 1900-luvun alkupuoliskolta. Alueen järvistä on tutkittu tuolloin muun muassa kalastoa, vedenlaatua ja yleistä tilaa. Vanhoja tutkimuksia löytyy ainakin Salmisesta, Saarisesta, Ahmasjärveltä, Kivi-Ahveroiselta, Lianjärveltä ja Iso-Syväjärveltä. Selvityksiä on tehty lähinnä kalaistutusten tarpeita varten.

2.2.1

Rokuan järvien ja lampien tila 1900-luvun alusta nykypäivään

Vanhoista tutkimuksista löytyy viitteitä Rokuan järviketjun rehevyydestä jo pitkältä ajalta. Muun muassa Iso-Syväjärvellä ja Lianjärvellä vuonna 1960 vallinneen vesikasvillisuuden (mm. karvalehti), heikon näkösyvyyden, kalastorakenteen sekä pohjaeläimistön (mm. *Chironomus plumosus*) perusteella järvien voidaan arvioida kärsineen jo kauan rehevyydestä. Järvien luontainen kalasto on koostunut reheville järville tyyppillisesti pääasiassa särjestä ja ahvenesta. Järvissä on esiintynyt jonkin verran myös haukea, kiiskeä, lahnaa ja madetta. Rokuan järviin on istutettu selvitysten mukaan ainakin lahnaa ja siikaa. Nykyäänkin käyttökelpoisuusluokitukseltaan erinomaiseksi luokiteltavien kirkasvetisten Salmisen, Saarisen ja Kivi-Ahveroisen tila ei näyttäisi juurikaan muuttuneen rehevämmäksi viimeisen 50 vuoden aikana.

2.2.2

Rokuanjärven rehevöitymishistoria – sedimenttitutkimukset

Todisteita Rokuan järvien pitkäaikaisesta luontaisesta rehevyydestä löytyy myös muista tutkimuksista. Kauppisen (2005) mukaan Rokuanjärven voidaan sanoa olleen koko historiansa ajan meso-eutrofinen, eli lievästi rehevä tai rehevä järvi. Rehevyydestä kertovat järven sedimentistä tehdyt piileväanalyysit. Näytteissä esiintyvät piilevälajit edustavat rehevissä ja emäksisissä olosuhteissa viihtyviä lajeja. Järven rehevyydestä kertoo myös näytteistä tunnistettujen piilevien avulla tehty veden tuottavan kerroksen syyskierron aikainen kokonaisfosforipitoisuuden mallinnus sekä järven pohjalle sedimentoituneen aineksen korkea fosforipitoisuus. Kauppisen (2005) tutkimuksessa vertailujärvenä ollut Salminen on ollut aluksi rehevä, mutta muuttunut ajan saatossa karuksi järveksi. Salmisen kehitys noudattelee pohjoiseurooppalaisten järvien yleistä kehitystä. Rokuanjärven kehitys sen sijaan on aluksi noudattanut yleistä trendiä, mutta järvi on muuttunut pian reheväksi, Salmisen muuttuessa samalla koko ajan karummaksi. Rokuanjärven voidaan arvioida olleen rehevä noin vuodesta 2100 BP aina nykyhetken asti. Järven luontaiselle rehevyydelle ei ole selkeää syytä. Koska ihmistoiminnasta johtuvaa merkittävää ulkoista kuormittajaa ei ole, on selitystä Rokuanjärven rehevyydelle haettu muun muassa ravinteikkaista maa- ja kallioperän kerroksista sekä pohjavedenpinnan vaihteluista.

3 Rokuan pinta- ja pohjavesien vedenkorkeudet ja niissä tapahtuneet muutokset

Eeva-Leena Anttila ja Marja-Leena Heikkinen

Rokuan alueen järvissä on tapahtunut jo pitkään vedenpintojen laskua, mikä on aiheuttanut huolestuneisuutta paikallisten asukkaiden ja viranomaisten keskuudessa. Ranta-asukkaat ovat kertoneet eri järvien vedenkorkeuksien laskeneen jopa useita metrejä viime vuosikymmenten aikana. Vuosina 2002–2006 erisuuruisia vedenkorkeuden alentumia on raportoitu tapahtuneen muun muassa Tulijärvessä, Saarisessa, Salmisessa, Jaakonjärvissä ja Ahveroisessa (Viitamäki ja Rouvinen 2002, Mainio 2004, Polvi 2004). Rokuan noin kolmestakymmenestä järvestä kahdessakymmenessä vedenpinnat ovat 2000-luvulla olleet normaalia alempana (Hiltunen 2005). Eniten vedenpinnat ovat laskeneet alueen suppajärvissä, joissa ei ole tulo- tai lähtöuomaa. Vedenpintojen tiedetään olleen alhaisia aiemminkin, esimerkiksi 1980-luvun alussa vedenpinnat alentuivat lyhyessä ajassa jopa 50–80 cm (Miettunen 1982). Vaikka laajaa ja pitkäaikaista seurantatietoa Rokuan alueen vedenpintojen tasosta ja niiden muutoksista on melko vähän, tiedetään ilmiön olleen olemassa jo vuosikymmenten ajan – joko ajoittaisena tai jatkuvana.

3.1

Rokuan alueen vedenkorkeuksia käsittelevät aiemmat tutkimukset ja vedenkorkeuden seurannat

Rokuan alueen vedenpintojen tasosta on olemassa melko vähäisesti seurantatietoa. Alueella on kuitenkin tehty pienimuotoisia pohjavesitutkimuksia ja maaperäkairauksia lähinnä vedenottamoiden tarpeita varten. Näitä seurantoja ja tutkimuksia on tässä tutkimuksessa käytetty hyväksi. Kaikkien tutkimusten vedenkorkeustietoja ei kuitenkaan ole saatavilla tai niitä ei ole voitu hyödyntää. Kaikki tässä tutkimuksessa hyödynnettävät Rokuan alueen pohjavedenkorkeuden tarkkailupisteet on esitetty liitteen 2 kartoissa A-F.

Ensimmäisiä, alustavia Rokuan alueen pohjavesitutkimuksia on tehty jo vuonna 1977. Vuonna 1980 Rokuan kuntokeskuksen rakentaminen edellytti Rokuan harjualueen yhteisen vesihuollon järjestämistä, jolloin ryhdyttiin perusteellisempiin tutkimuksiin. Tarkoituksena oli myös selvittää harjualueella olevien järvien vedenpinnan alenemisen syitä. Alenemista oli tuolloin tapahtunut lasku-uomattomissa järvissä 50–80 cm. Tutkimukset suoritettiin Oulun vesipiirin vesitoimisto vuosina 1980–1982.

Rokuan alueella tehtiin vuosien 1980–1982 aikana maaperätutkimuksia augerkairalla 40 kohteessa ja käsikairauksia 60 kohteessa. Kairauskohteisiin asennettiin myös pohjavedentarkkailua varten putket (liite 2 kartat A-D). Tuolloin tehtiin myös maanvastusluotauksia, seismisiä luotauksia, virtaamamittauksia, järvien syvyyskartoituksia ja järvien vedenkorkeuksien tarkkailua (Tuomikoski 1987). Tutkimusten aikana alueelle rakennettiin vedenottamo Utajärven kunnan toimesta. Vedenottamon tarkkailuohjelman mukaisesti pohjavedenkorkeuksia seurataan kuudessa havaintopisteessä. Tätä tutkimusta tehtäessä käytössä olivat Rokuan pohjavesiaseman tarkkailutiedot sekä pumppaustiedot vuosilta 1992–2005. Rokuan alueella sijaitsee myös toinen vedenottamo, Martinkankaan pohjavedenottamo. Tätä tutkimusta tehtäessä käytössä olivat myös tämän vedenottamon kahdeksan pohjavedenkorkeuden tarkkailupisteen tiedot vuosilta 2000–2005.

Uusimman Rokuan alueella tehdyn laajan pohjavesitutkimuksen on suorittanut Kainuun ympäristökeskus vuosina 1995–1996 tarkoituksenaan löytää sopiva pohjavedenottoaika Pikku-Rokuan (liite 2 kartta E) tai Tiukumäen alueelta (liite 2 kartta F) (Kainuun ympäristökeskus 1997). Tutkimuksen aikana tehtiin Pikku-Rokuan ja Tiukumäen alueella lähteiden virtaamamittauksia, maatulkuotus, maaperäkairauksia lyönti- ja augerkairauksena, asennettiin pohjavedentarkkailuputkia ja tehtiin pohjaveden koepumppauksia.

Rokuan vanhalla kaatopaikalla (liite 3) on suoritettu pienimuotoinen pohjavesitutkimus vuonna 1998. Tutkimuksessa tehtiin maaperäkairauksia yhdeksässä pisteessä kaatopaikan ympäristössä, jolloin mitattiin myös pohjavedenkorkeuksia. Yhdestä näistä koepisteistä on mitattu pohjavedenkorkeuksia myös kesällä 2006. Lisäksi Rokuanvaaran alueelle on asennettu kolme uutta pohjavesiputkea (liite 2 kartat B-D) ja kahteen järveen vedenkorkeuden tarkkailuasteikko, joista kaikista mittauksia on tehty vuodesta 2004 lähtien (Miettunen 2006).

Rokuan alueella on edelleen toiminnassa olevia vedenottamoita. Maa ja Vesi Oy:n vuonna 1987 tekemän Rokuan alueen vesihuollon yleissuunnitelman mukaan Rokuan alueen vedenottamoilla ei ole merkittävää vaikutusta harjualueen pohjavesivarantoon. Selvityksen mukaan Rokuan pohjavesimuodostuman antoisuus on noin $23\,000\text{ m}^3\text{ d}^{-1}$, josta veden hankintaan käytetään noin $180\text{ m}^3\text{ d}^{-1}$.

3.2

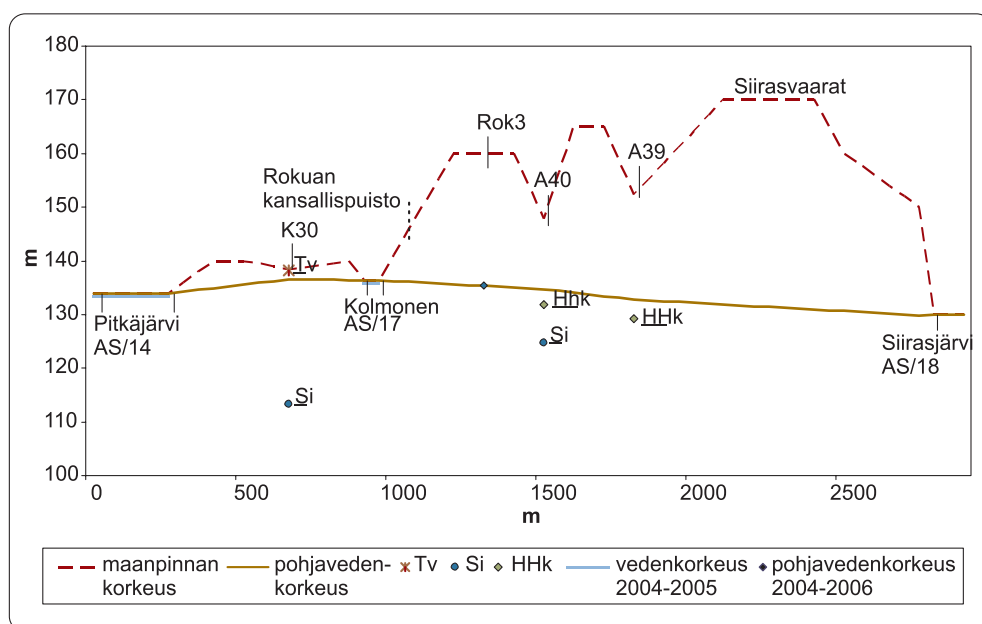
Rokuanvaaraa kuvaavat poikkileikkaukset

Rokuan alueen pohjavesiselvityksessä (Miettunen 1982) maaperäkairaukset on keskitetty linjoille. Linjan pisteistä on tutkittu maaperän profiili sekä tehty pohjavedenkorkeusmittauksia vuosien 1980–1982 aikana. Myös Pikku-Rokuan ja Tiukumäen pohjavesiselvityksen maaperäkairaukset on keskitetty linjamaisesti tietyille alueille (Kainuun ympäristökeskus 1997). Tässä tutkimuksessa luotiin näiden tietojen perusteella kuusi Rokuanvaaraa kuvaavaa poikkileikkausta, jotka antavat yleiskuvan alueen maanpinnan- ja pohjavedenkorkeuksista sekä maalajeista. Poikkileikkauslinjojen (A-F) sijainnit on merkitty liitteen 2 karttoihin A-F.

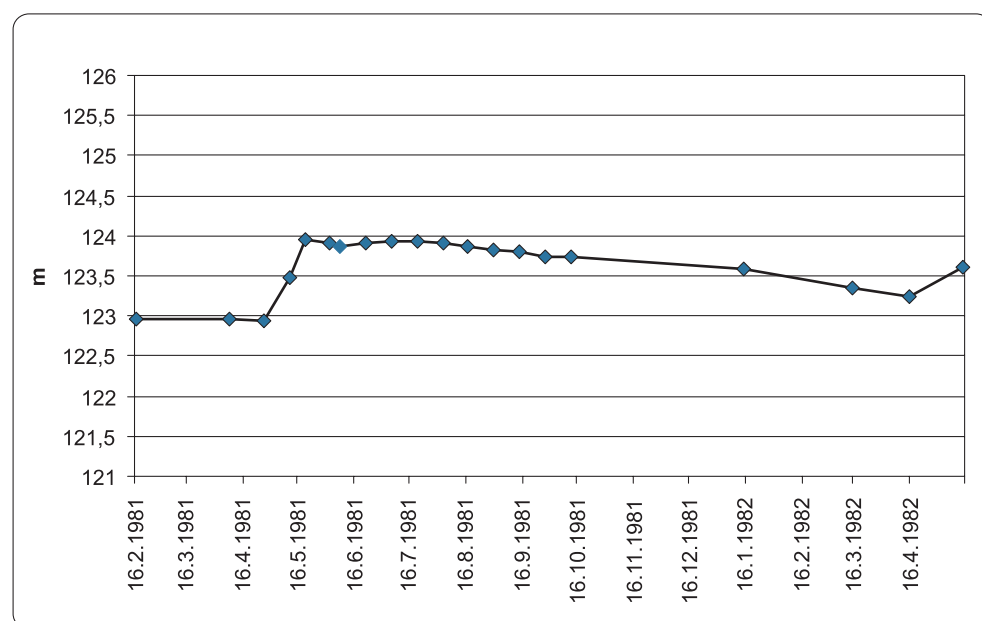
Kaikki Rokuanharjasta tehdyt poikkileikkauslinjat (liite 4) antavat samansuuntaisia tuloksia. Seuraavassa esitellään esimerkinomaisesti yksi harjasta tehty poikkileikkaus, linja C (kuva 3). Linjalla esitetyt pinta- ja pohjavedenkorkeudet kuvaavat tarkkailukausien (1980–1982) keskiarvoja. Linjalle on merkitty vertailun vuoksi myös pinta- ja pohjavedenkorkeuksien keskiarvoja 2000-luvulta. Poikkileikkaus osoittaa selvästi Rokuanvaaran antiklinin muodon; pohjavedenpinta kohoaa ylemmäs maanpinnan kohotessa harjun keskellä ja laskee tultaessa ympäröiville suoalueille. Harjun laidoilla pohjavesi on varsin lähellä maanpintaa, kun taas harjun keskiosissa pohjavedenpinta on jopa 40 metrin syvyydessä. Linjoilla esiintyvät poikkeavat pohjavedenpinnan pullistumat saattavat olla orsivesiesiintymien aiheuttamia.

Kokonaisuutena Rokuanvaaran poikkileikkaustarkastelun perusteella voidaan todeta, että pintavedenkorkeudet ovat laskeneet lähes kaikissa alueen vesistöissä viimeisen 20 vuoden aikana. Myös pohjavedentaso näyttää alentuneen, 2000-luvun

vedenkorkeudet ovat 1980-luvun vedenkorkeuksia matalampia. Poikkileikkauslinjoista voidaan myös nähdä, että päällimmäiset kerrokset Rokuanvaarasta ovat hienoa hiekkaa tai hiekkaa. Alemmissa kerroksissa harjun sisäinen kerrosrakenne näyttäisi olevan hyvin vaihteleva, erilaiset maa-aineskerrokset vaihtelevat useita kertoja syvemmälle maaperään mentäessä. Tämä saattaa vaikuttaa niin pohjaveden virtausnopeuksiin kuin varsinaiseen pohjaveden muodostumiseenkin. Harjussa olevat erittäin karkeat ainekset ovat luultavasti kasautuneet suhteellisen kapeaksi harjuyttimeksi tai melko leveäksi kerrokseksi alla olevan kallion tai pohjamoreenin päälle. Erityisesti harjun reuna-alueilla esiintyy silttiä. Vaaran reuna-alueilla, joissa pohjavedenpinta on lähellä maanpintaa, maaperä on lähinnä turvetta. Myös suurten suppakuoppien pohjalla pohjavesi on lähellä maanpintaa ja maaperä on soistunut.



Kuva 3. Linjalle C sijoittuvien pisteiden tietojen perusteella luotu Rokuanvaaran poikkileikkaus.



Kuva 4. Pohjavedenkorkeus pisteessä K10 vuosina 1981–1982.

Rokuan vedenkorkeudet ja niiden vaihtelu

Rokuan järvien pinnankorkeudet alkoivat laskea 1970-luvun lopulla ja alimmillaan vedet olivat 1980-luvun taitteessa. Tämän vuoksi Rokuaalla käynnistettiin pinta- ja pohjavedenkorkeuksien seuranta vuosina 1980–1982 (Miettunen 1982). Kuitenkin jo vuosina 1981–1982 vedenpintojen taso oli palautunut ja jopa ylittänyt oletetun kesän keskivedenkorkeuden. Syynä väliaikaiseen tason vaihteluun pidettiin sääoloja ja erityisesti sadannan ja haihdunnan suhdetta (Tuomikoski 1987).

3.3.1

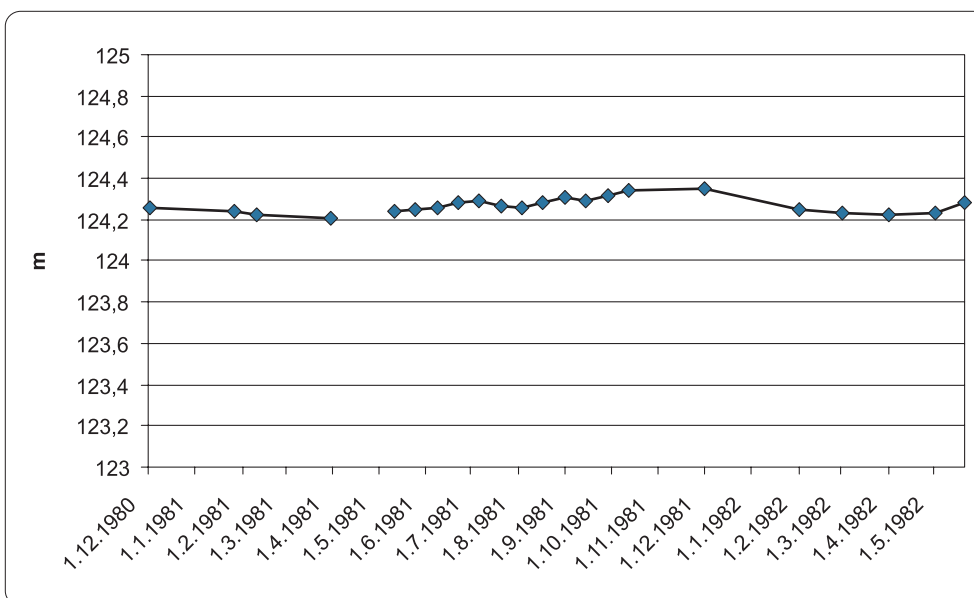
1980-luvun pohjavedenkorkeudet

Kokonaisuutena pohjavedenpinnat näyttäsivät käyttäytyneen tarkkailujakson ajan (1980–1982) samankaltaisesti koko Rokuan alueella. Tarkkailujakson alussa vedenpinnantaso oli keskimääräistä alhaisempi, mutta tilanne korjautui kesän 1981 alussa ja pysyi vakiona tarkkailujakson loppuajan (kuva 4). Vedenkorkeuden vaihtelut olivat keskimäärin vähäisempiä harjualueen keskellä sekä aivan vesistöjen tuntumassa. Yksittäisten havaintopaikkojen poikkeukselliset tulokset selittyivät harjun sisäisen rakenteen erilaisuuden ja pohjaveden erilaisten virtausolosuhteiden aiheuttamiksi eroiksi.

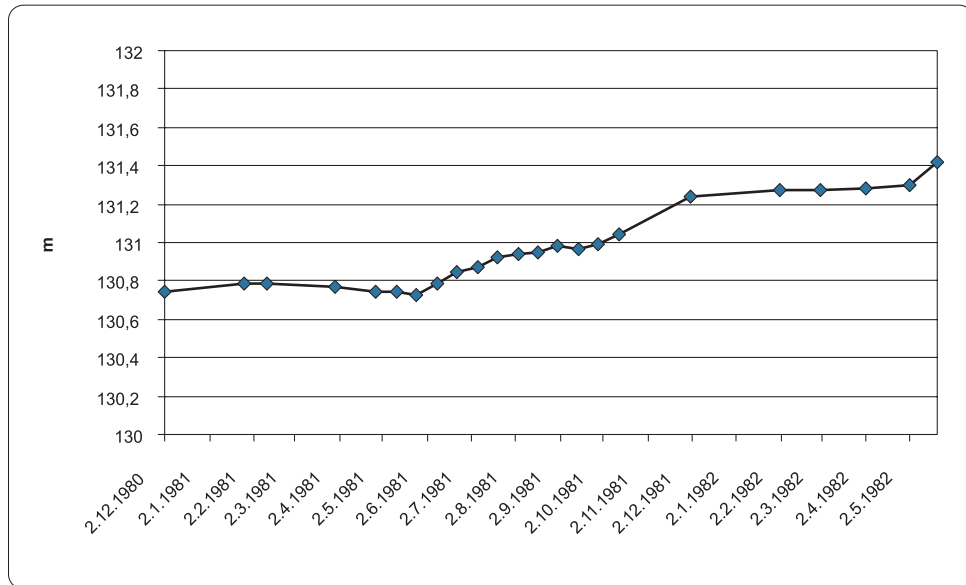
3.3.2

1980-luvun pintavedenkorkeudet

Pohjavesien lisäksi vuosina 1980–1982 tarkkailtiin myös pintavesien korkeuksia. Näissä tuloksissa käy ilmi Rokuanvaaran vesistöjen erilaisuus: uomallisten järvien vedenkorkeudet pysyivät koko tarkkailujakson suhteellisen vakaina (kuva 5), kun taas suppajärvien vedenkorkeudet vaihtelivat useita kymmeniä senttimetrejä (kuva 6). Tarkkailujakson alussa kaikkien suppajärvien vedenkorkeudet olivat keskimääräistä alhaisempia, mutta kesäkuun 1981 alusta tarkkailujakson loppuun kevääseen 1982 asti vedenpinnantasot nousivat. Tulokset kertovat kahden järvityypin eroista: uomattomat järvet reagoivat sadannan ja haihdunnan muutoksiin uomallisia järviä herkemmin. Lisäksi uomallisten järvien valuma-alue saattaa olla suurempi, mikä tasaa vaihteluja.



Kuva 5. Tulijärven vedenkorkeus vuosina 1980–1982. Esimerkki uomallisen järven vedenkorkeuden muutoksista.



Kuva 6. Ahveroisen vedenkorkeus vuosina 1980-1982. Esimerkki lasku-uomattoman järven vedenkorkeuden muutoksista.

3.3.3

2000-luvun pohjavedenkorkeudet

Rokuan alueella on tarkkailtu myös pohjavedenkorkeuksia kolmessa eri havaintopaikassa 2.7.2004 lähtien (taulukko 2). Tässä tutkimuksessa ovat mukana kaikki 24.7.2006 mennessä tehdyt havainnot. Tarkkailujakson aikana pohjaveden pinta on noussut jokaisessa tarkkailupaikassa.

Lisäksi Rokuan vanhan kaatopaikan alueelta (liite 3) on tehty kaksi vedenkorkeusmittausta pisteessä Rok1 kesällä 2006. Kesäkuun alussa vedenkorkeus tällä paikalla oli 124,93 m ja heinäkuun lopussa 124,71 m. Reilussa kuukaudessa laskua oli tapahtunut siis 22 cm, mikä on varsin paljon. Vuonna 1998 (15.11) vedenkorkeus oli 124,83 m.

3.3.4

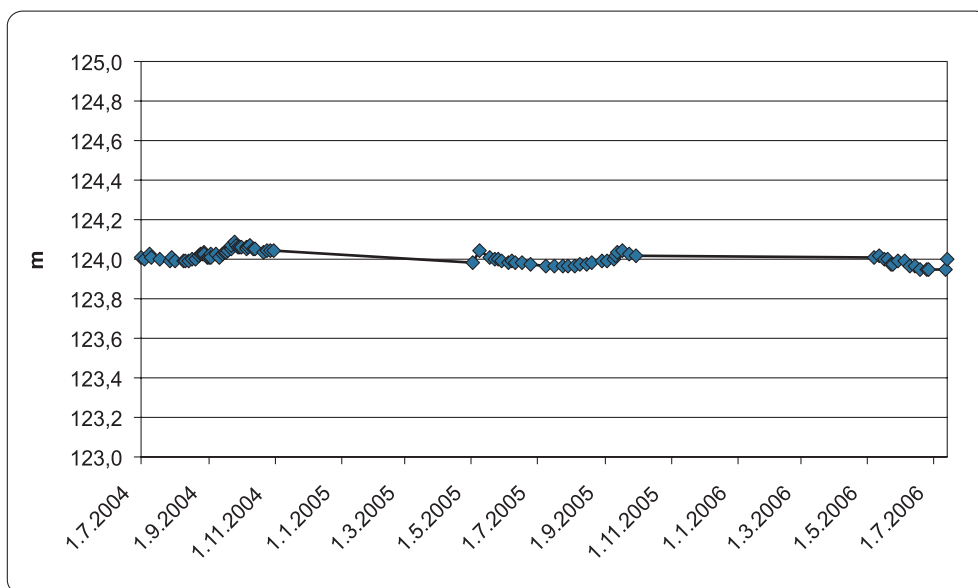
2000-luvun pintavedenkorkeudet

Vuosina 2004–2006 vedenkorkeusmittauksia on tehty Ahveroisesta, Syväjärvestä, Lianjärvestä, Tulijärvestä, Kirvesjärvestä, Salmisesta, Saarisesta, Soppisesta, Jaakonjärvestä, Vaulujärvestä, Pitkäjärvestä, Loukkojärvestä, Koivujärvestä, Kolmosesta ja Nurkkajärvestä (liite 5). Eniten havaintoja on tehty Kirvesjärvestä, Saarisesta ja Kolmosesta. Näissä järvissä vedenkorkeuden kehitys on ollut samankaltaista; vedenkorkeuden kokonaisvaihtelu on ollut noin kymmenen senttimetriä. Kirvesjärven pinnankorkeudessa (kuva 7) on kolmen vuoden aikana tapahtunut hienoista laskua

Taulukko 2.

Kolmen Rokuan alueen pohjavedenkorkeuden seurantapisteen vedenkorkeudet vuosina 2004–2006.

vuosi	Rok1		Rok2		Rok3	
	Keski- korkeus (m)	Ero edellis- vuoden tasoon (cm)	Keski- korkeus (m)	Ero edellis- vuoden tasoon (cm)	Keski- korkeus (m)	Ero edellis- vuoden tasoon (cm)
2004	128,05		131,57		135,41	
2005	128,14	+10	131,60	+3	135,40	-1
2006	128,19	+5	131,68	+8	135,48	+8



Kuva 7. Kirvesjärven vedenkorkeudet vuosina 2004–2006.

ja Saarinen ja Kolmonen ovat nousseet hieman. Kuitenkin sekä Kirvesjärven että Saarisen vedenkorkeus on ollut huomattavasti alle merkityn karttakorkeuden. Sen sijaan Kolmosen vedenpinta on ollut koko ajanjakson reilusti karttatason yläpuolella. Muista Rokuan järvistä vedenkorkeusmittauksia on tehty harvemmin, siksi niiden tuloksia on pidettävä suuntaa antavina.

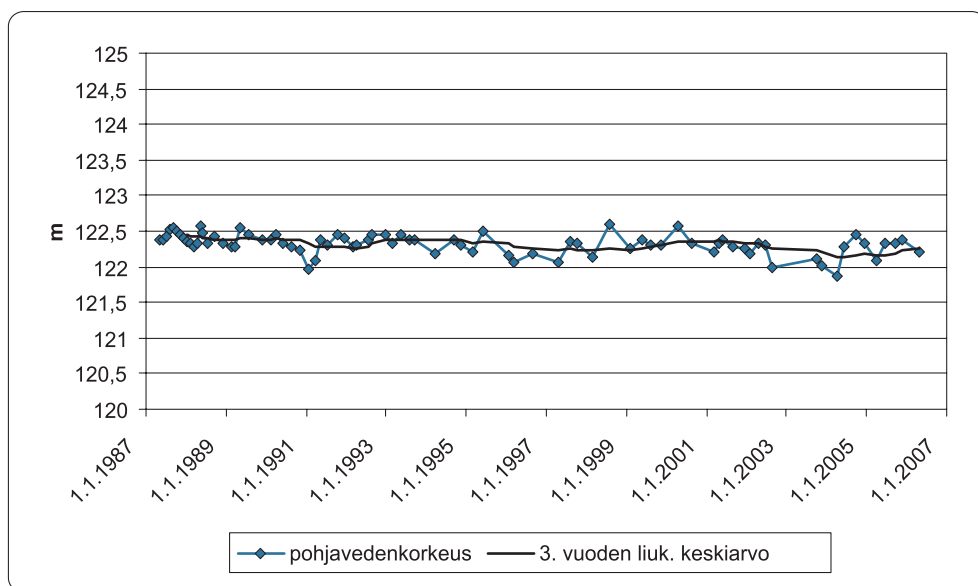
Vedenkorkeuden kokonaisvaihtelu on vuosina 2004–2006 ollut kaikilla Rokuan alueen järvillä korkeintaan kymmenen senttimetriä. Useimmilla järvillä muutoksen suunta on ollut laskeva. Kaikkein suurimmat vuoden 1996 karttakorkeuteen nähden tapahtuneet vedenkorkeuden laskut sijoittuvat suljettuihin järviin. Suurin pinnanlasku on tapahtunut Ahveroisessa, jossa ero vuoden 1996 karttatasoon on lähes 1,5 m. Suurta laskua on tapahtunut myös Pitkäjärvessä (lähes 100 cm), Saarisessa (80–90 cm), Nurkkajärvessä (50–60 cm), Salmisessa (45–50 cm) ja Jaakonjärvessä (45–50 cm). Uomallisissa järvissä lasku on ollut vähäisempää, ja joissakin niistä vedenpinta on jopa hieman noussut. Pinnankorkeus on noussut myös Kolmosessa karttatasoon verrattuna, vaikka kyseessä on suljettu järvi. Kolmosen tulokset poikkeavatkin selvästi Rokuan yleisestä trendistä.

3.3.5

Rokuan Petäikönsuon turvetuotantoalueella tehdyt vedenkorkeus- ja virtaamahavainnot

Turveruukki Oy on tehnyt pohjavedenkorkeustarkkailua Rokuan alueella, Petäikönsuon turvetuotantoalueella vuodesta 1987 lähtien (Anttila T. 2006 ja Turveruukki Oy 2006). Vedenkorkeuden kokonaisvaihtelua on kahdeksassa tarkkailupisteessä (liite 6) ollut paristakymmenestä senttimetrinä noin metriin. Lukuun ottamatta kahta pistettä, pohjaveden kehityssuunta on ollut laskeva jokaisessa tarkkailupisteessä (5–15 cm) (kuva 8). Kahdessa pisteessä (H2 ja H3) on tapahtunut nousua 6–9 cm. Petäikönsuolta mitatut vedenkorkeudet vastaavat vuosina 2004–2006 pisteiden Rok1-Rok3 mittauksia; tänä aikana yleinen suuntaus kaikissa kohteissa on ollut nouseva.

Petäikönsuolla on tehty myös virtaamamittauksia vuosina 1987–2005 kahdessa pisteessä. Virtaamat ovat olleet suurimmillaan vuosina 1987–1988, minkä jälkeen virtaamien määrä on vähitellen laskenut aina vuoteen 1997. Tämän jälkeen esiintyneet suuret yksittäiset lukemat ajoittuvat joko syysateiden tai kevään sulamisvesien aikaan.



Kuva 8. Pohjavedenkorkeus pisteessä P2 Petäikönsuolla vuosina 1987–2006.

3.3.6

Jatkuvat sarjat 1980-luvulta 2000-luvulle

Pohjavedenkorkeuksia on Rokualla tarkkailtu aiemmin vain satunnaisesti, eikä pitkiä yhtenäisiä mittaussarjoja ole olemassa. Petäikönsuon turvetuotantoalueen tarkkailupiste A19 on kuitenkin sama piste, jota on käytetty 1980-luvun alun pohjavedenkorkeustarkkailussa (Miettunen 1982). Eri lähteistä saadut tulokset yhdistämällä pisteelle A19 on saatu vuodet 1981–1982 ja 1987–2005 kattava havaintosarja (kuva 9).

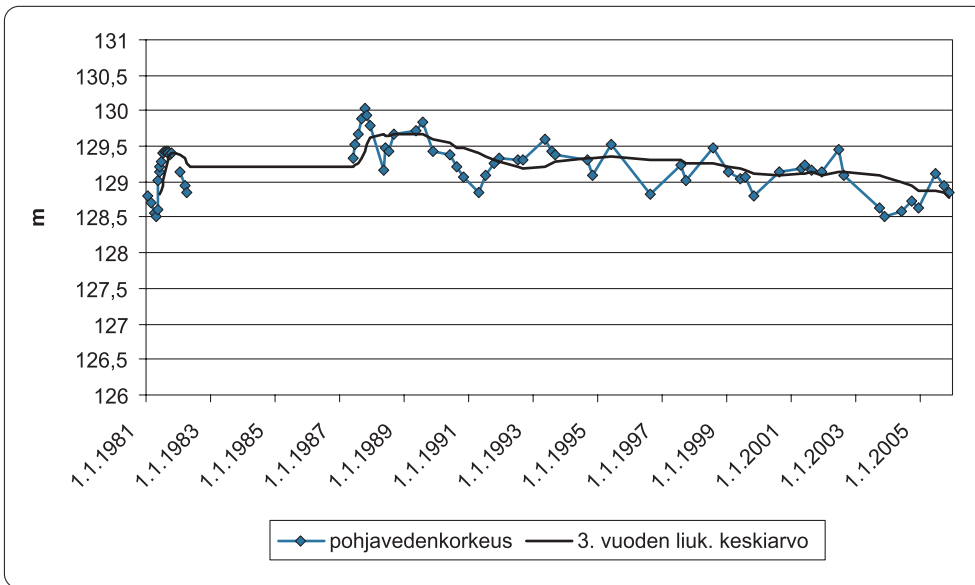
Kolmen vuoden liukuva keskiarvo osoittaa, että pohjavedenkorkeuden kehitys suunta pisteessä A19 on ollut laskeva vuodesta 1987 alkaen. Vuosina 1981–1982 pohjavedentaso on ollut keskimääräistä tasoa alhaisempi, mutta vedenkorkeus on noussut vuosien 1982–1987 välillä. Pinnankorkeudet ovat vaihdelleet suuresti, säännönmukaisuuksia ei kuitenkaan ole havaittavissa. Vuoden 1981 tasoon nähden pohjavedet ovat olleet korkealla lähes koko ajan vuosina 1987–2000, mutta vuosina 2003–2006 taso on laskenut jopa alle 1980-luvun tason.

Pisteen A19 lisäksi myös muutamille muille pohjavedenkorkeuden havaintopisteille pystyttiin arvioimaan viimeisen parinkymmenen vuoden aikana vallinneita pohjavedenkorkeuksia. Näiden havaintopisteiden pohjavedenkorkeuksien kehitys näyttäisi olevan hyvin samankaltainen kuin pisteen A19.

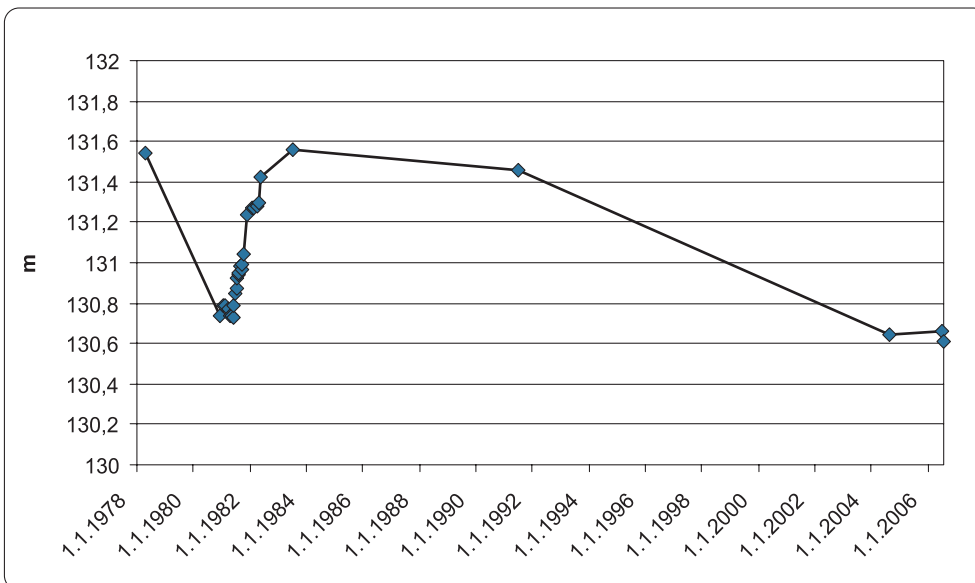
3.4

Järvien aiempien vedenkorkeuksien arvioiminen valokuvien, lehtileikkeiden ja maamerkkien avulla

Koska Rokuan alueen järvien vedenkorkeuden muutoksista on olemassa melko vähäisesti mittaustietoa, on vedenkorkeuden muutoksia pyritty arvioimaan lisäksi muun muassa vanhojen valokuvien avulla. Järvien rannoilla olevia kiinteitä rakennelmia ja vedenkorkeuden suhdetta niihin on tarkasteltu sekä vanhoista että uusista valokuvista. Kesällä 2006 tätä tutkimusta varten otetuissa valokuvissa on mukana mitta-asteikko, jonka avulla on päätelty vanhoissa valokuvissa näkyvä vedenkorkeuden taso. Rekonstruoidut vedenkorkeudet on pystytty ajoittamaan kuvien päiväysten avulla. Tätä menetelmää on käytetty Rokuan Ahveroisen ja Vaulujärven vedenkorkeuden muutosten arvioinnissa.



Kuva 9. Pohjavedenkorkeus mittauspisteessä A19 vuosina 1981–1982 ja 1987–2005.



Kuva 10. Ahveroisen vedenkorkeus vuosina 1978–2006.

3.4.1

Ahveroinen

Vanhojen valokuvien perusteella on arvioitu Rokuan Ahveroisen vedenkorkeuden muutoksia, joista on tehty muutoksia ilmentävä kuvaaja (kuva 10). Kuvaajan pohjana on käytetty 1980-luvun alussa tehtyjä vedenkorkeushavaintoja. Vedenkorkeusarviot perustuvat kolmeen valokuvaan. Ensimmäinen niistä on kesällä 1983 otettu valokuva Rokuan kuntokeskuksen rannasta. Toinen valokuva on otettu elokuussa 2004 ja kolmas kuva on otettu kesällä 2006 (kuva 11). Arviot aikaisempien kuvien vedenkorkeuksista on tehty kuvissa näkyvien asteikkojen perusteella.

Kuvaajan perusteella Ahveroisen vedenkorkeus on ollut suurimmillaan noin 131,56 metriä vuonna 1983. Vuosina 1978–1982 on tapahtunut nopea vedenpinnantason lasku, jonka aikana vedenkorkeus on alentunut noin 80 senttimetriä. Pian tämän jälkeen vedenkorkeus on palautunut vuoden 1978 lukemiin. Vuosina 2004–2006 vedenkorkeus on alittanut jopa 1980-luvun alhaiset lukemat. Kaikkiaan vedenkorkeuden laskua Ahveroisessa on tapahtunut vuodesta 1978 lähtien noin 95 senttimetriä.



Kuva 11. Rokuan kuntokeskuksen laituri vuonna 2006. Kuva Tero Väisänen.

3.4.2

Vaulujärvi

Myös Vaulujärven vedenkorkeuden kehitystä on arvioitu valokuvien ja maamerkkien avulla. Vaulujärven vedenkorkeuden kehitys on ollut samantapainen kuin Ahveroisen. 1980-luvun alussa vedenpinta oli matalalla, mutta kehitys kääntyi nousuun vuoden 1982 aikana. Tämän jälkeen vedenpinta oli vuonna 1987 kaikkein korkeimmalla tasollaan (132,74 metrissä) koko seurantajakson aikana, mutta 2000-luvulle tultaessa on tapahtunut huomattavan paljon laskua. 2000-luvulla Vaulujärven vedenpinta on ollut noin kolmekymmentä senttimetriä alempana kuin 1980-luvun vähävetisinä aikoina ja kehitys näyttäisi olevan edelleen laskeva. Kaiken kaikkiaan vedenkorkeus on laskenut vuosina 1987–2004 noin 1,25 metriä vuoden 2004 ensimmäisen korkeushavainnon ollessa 131,49 metriä. Näyttäisi siis siltä, että Vaulujärvessä vedenpinnan lasku on ollut vielä Ahveroistakin rajumpaa. Ahveroisen ja Vaulujärven vedenkorkeuden kehitys näyttäisi tämän tarkastelun pohjalta tukevan muiden tutkimusten tuloksia.

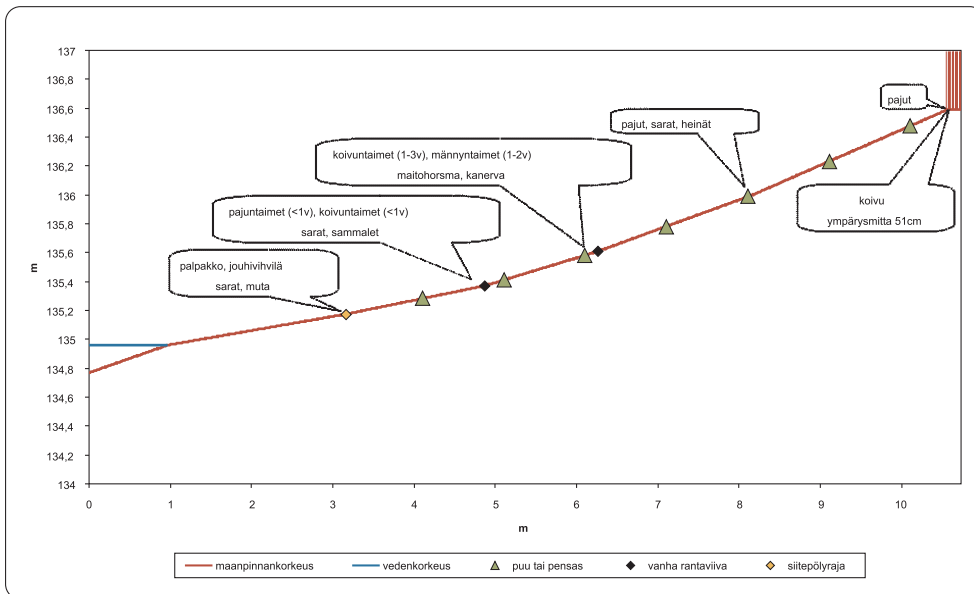
3.5

Suppajärvien rantaprofiilit vedenkorkeuksien arvioinnissa

Jotta Rokuan alueen järvien vedenkorkeusvaihteluista olisi saatu mahdollisimman kattava kuva, on tässä tutkimuksessa tarkasteltu myös rantavyöhykkeitä ja niissä tapahtuneita muutoksia kuudessa järvestä. Tarkastelun kohteeksi valittiin järviä, joiden vedenkorkeus on alentunut huomattavan paljon ja joilla on erityinen merkitys virkistysalueina. Vanhoja rantaviivoja kartoitettiin lähinnä kasvillisuusmuutosten ja maaperän eroosiojälkien perusteella. Rannoille tehtiin myös vaaitus, jotta pystyttiin laatimaan korkeusvaihteluita kuvaava rantaprofiili. Rantaviivojen ikä on tässä tarkastelussa määritettävissä vain suurpiirteisesti. Tutkimus suoritettiin Ahveroisen, Soppisen, Vaulujärven, suurimman Jaakonjärven, Saarisen ja Salmisen rannoilla kesällä 2006.

Kaikki alueen järvistä tehdyt rantaprofiilit on esitetty liitteessä 7. Seuraavassa tarkastellaan tarkemmin yhden Rokuan järven, Jaakonjärven, rantaprofiilia. Jaakonjärvillä tutkimus tehtiin suurimman järven rannalla, jolla on erotettavissa monia erilaisen kasvillisuuden vyöhykkeitä (kuvat 12 ja 13). Rannalla noin kahden metrin päässä vesirajasta oleva siitepölyn muodostama linja ilmaisee aiemmin keväällä ja kesällä vallinnutta vedenpinnantasoa. Tämän linjan alapuolella maa on mutaista ja

kasvillisuutena on pääasiassa saroja (*Carex* sp.), jousivihvilää (*Juncus filiformis*) ja palpakkoa (*Sparganium* sp.). Palpakot ovat vesikasveja, joten myös tämän kasvin esiintyminen on todiste äskettäin tapahtuneesta vedenlaskusta. Laskun suuruudeksi arvioitiin noin 0,2 m, mikä on varsin paljon yhtenä vuonna tapahtuneeksi alentumaksi. Ensimmäinen vanha rantaviiva sijaitsee noin neljän metrin päässä vesirajasta. Tämän rantakaistaleen voidaan olettaa olleen kuivilla jo muutaman vuoden ajan. Kuivuutta sietävän kasvillisuuden (mänty, kanerva) perusteella toisen rantaviivan voidaan olettaa olleen kuivilla jo usean vuoden ajan. Ylempänä rannalla kasvillisuus muuttuu heiniksi (*Poaceae*), saroiksi ja pajupensaikoksi (*Salix* sp.). Koivujen reunustama ylin rantavyöhyke on todennäköisesti pitkäaikainen, ennen nopeaa vedenlaskua vallinnut rantaviiva. Tällöin vedenlaskua olisi tapahtunut noin 1,1–1,2 metriä ja järvenpohjaa olisi kyseisellä rannalla paljastunut yhteensä noin yhdeksän metriä.



Kuva 12. Jaakonjärven rantaprofiili.



Kuva 13. Veden alta paljastunut rantavyöhyke Jaakonjärvellä. Kuva Tero Väisänen 28.7.2006.

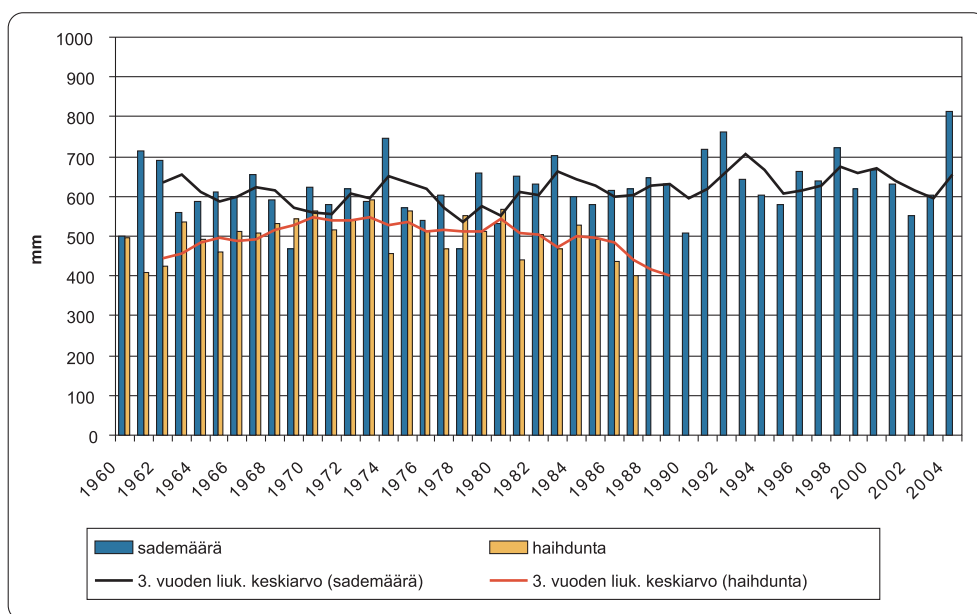
Rokuan alueen järvien rantaprofiilitarkastelun perusteella kaikilta rannoilta on löydettävissä kohta, jonka oletetaan olevan aiemman, pitkäaikaisen vedenkorkeustason vallitessa muodostunut rantaviiva tai rantatörmä. Jokaiselta rannalta on myös havaittavissa muita, pitkäaikaisen rantaviivan alapuolella olevia entisiä rantaviivoja. Eri järvien nykyisiä vedenkorkeuksia ja pitkäaikaisen vedenkorkeuden aikaansaa-
 mia rantaviivoja tarkasteltaessa huomataan, että vedenpinnanlaskua on tapahtunut järvestä riippuen 90–120 senttimetriä. Koska järvi-profiilien tarkastelu on varsin tul-
 kinnanvaraista, ei voida sanoa, onko kaikissa järvissä tapahtunut laskua yhtä paljon tai samanaikaisesti. Kasvillisuusmuutosten perusteella voidaan kuitenkin sanoa, ettei minkään järven vedenpinnantaso ole laskun alettua pysynyt vakaana kuin joitakin vuosia kerrallaan, jonka jälkeen vedentaso on jälleen alentunut. Ahveroisen, Jaakon-
 järven, Saarisen ja Vaulujärven profiileissa on kuitenkin kaikissa erotettavissa vanha rantaviiva noin 0,2 metriä nykyisen vedenkorkeuden yläpuolella. Myös joissakin ylemmissä rantaviivoissa on havaittavissa yhteneväisyyksiä. Ei ole kuitenkaan pois-
 suljettua, että järvien vedenkorkeuksissa on voinut tapahtua välillä myös ajoittaista nousua.

3.6

Sadannan ja haihdunnan vaihtelu Rokuan alueella ja sen merkitys vedenkorkeuksiin

Sadannalla ja haihdunnalla on vaikutuksensa pohja- ja pintavesien korkeuksiin. Rokuanvaaran sadanta- ja haihduntaoloja on tässä arvioitu lähimpien hydrologisten asemien tietojen avulla. Lähimmät hydrologiset asemat sijaitsevat noin neljän kilometrin päässä Rokualta Pelsossa (haihdunta-arvojen mittaus vuoteen 1987 asti) ja noin kahdeksan kilometrin päässä Jylhämässä (aluesadanta-arvojen mittaus).

Sadannasta laskettu kolmen vuoden liukuva keskiarvo osoittaa, että vuodesta 1960 lähtien 1970-luvun lopulle sademäärien kehityssuunta oli Rokuan alueella hiukan laskeva, mutta 1980-luvun alusta nykypäivään kehitys on ollut aavistuksen nouseva (kuva 14). Haihdunta-arvoja ei ole saatavissa vuoden 1987 jälkeen, mutta olemassa olevista arvoista laskettu kolmen vuoden liukuva keskiarvo osoittaa, että kehitys oli



Kuva 14. Sadanta ja haihdunta Rokuan alueella vuosina 1960–2005. Tiedot on esitetty vuosisummina.

1970-luvun puoleen väliin saakka nouseva, jonka jälkeen suunta kääntyi laskevaksi. 1980-luvun alun matalia vedenkorkeuksia voisi selittää tuolloin vallinneet tavallista vähäisemmät sademäärät ja toisaalta suurempi haihdunta. Sadannassa ja haihdunnassa ei ole kuitenkaan tapahtunut suuria vaihteluja tai muutoksia tarkasteltavana olevalla ajanjaksolla. Runsaan ja vähäisen pohjavedenmuodostuksen vuodet ovat kuitenkin vaihdelleet tasaisesti, joten sade- ja haihduntatietojen valossa pohjavedenkorkeuden tason tulisi olla pitkällä aikavälillä lähes vakio tai sen tulisi jopa nousta hieman.

3.7

Pohjaveden pinnankorkeuden vaihtelu lähimmillä pohjavedenseuranta-asemilla

Pohjaveden muodostuminen on runsainta hiekka- ja soramuodostumisissa. Tällaiset muodostumat pystyvät myös varastoimaan paljon vettä. Pohjaveden vuodenaikaisvaihtelut ovat yleensä näissä muodostumisissa vähäisiä ja keskimääräinen vaihteluväli on noin 0,1–1,0 metriä. Sen sijaan moreenimailla vaihtelut ovat äkillisiä ja vaihtelu suurta. Sadannan ja pohjavedenpinnan muutoksen välillä on viive, joka maaperäolosuhteista ja pohjaveden syvyydestä riippuen voi olla vaihteleva (Soveri ym. 2001).

Rokuan alueen pohjaveden korkeuden vaihtelua vertailtiin lähialueiden pohjavedenkorkeuksiin. Rokuan aluetta lähinnä sijaitsevat pohjavesiasemat ovat Pyhännällä, Puolangalla, Ruukissa ja Pudasjärvellä. Vertailua tehtäessä on kuitenkin muistettava, että nykyinen pohjavesiasemaverkosto on varsin harva ja pohjavesitilanteesta on välillä vaikea saada kattavaa kuvaa. Lisäksi saatavilla olevat vedenkorkeustiedot kattavat pääsääntöisesti vain 2000-luvun, joten pitkälle meneviä johtopäätöksiä ei ole tämän perusteella mahdollista tehdä. Myöskään eri maalajit eivät ole riittävästi edustettuina ja osalla asemista syklisyyttä ei ole havaittavissa.

Pohjavedenkorkeuden vaihtelu on ollut hyvin erilaista eri asemilla (liite 8). Suurimmat pohjavedenkorkeuden vaihtelut tapahtuivat Pudasjärvellä, jossa maalajeina on turvetta ja moreenia. Pyhännällä ja Ruukissa vedenkorkeus on 2000-luvulla säilynyt lähes vakiona, kun taas Puolangalla pohjavedet ovat hieman nousseet ja Pudasjärvellä on tapahtunut selvää laskua.

Kun verrataan Rokuan pohjaveden havaintopisteen A19 (kuva 9) vedenpinnantason kehitystä vuosina 1989–2005 Pyhännän, Puolangan ja Ruukin havaintoihin, huomataan näiden eroavan toisistaan. Kolmella pohjavesiasemalla vedenkorkeus on pysynyt lähes vakiona, mutta Rokuan pisteessä A19 suunta on ollut koko ajan laskeva. Se on erikoista, sillä kaikkien neljän pohjavesimuodostuman maaperä on lähinnä hiekkaa. Pisteessä A19 vedenkorkeuden kehitys näyttäisi olevan samantyyppinen kuin Pudasjärven pohjavesiasemalla, vaikka näiden kohteiden hydrologiset olot poikkeavat selkeästi toisistaan. Vaikka pohjavesiasemien tietojen yleistämisessä on vaikeuksia, voidaan Rokuan alueen pohjavesien päätellä käyttäytyvän pitkällä aikavälillä jossain määrin poikkeavasti verrattuna muihin samantapaisiin pohjavesialueisiin.

3.8

Yhteenveto

Vaikka tarkkaa ja pitkäaikaista seurantatietoa Rokuan alueen vedenpintojen tasosta ja niiden muutoksista on olemassa melko vähän, voidaan varmuudella sanoa alueella tapahtuneen muutoksia pinta- ja pohjavesien korkeuksissa viimeisen parinkymmenen vuoden aikana. Erityisesti alueen suppajärvissä vedenkorkeudet ovat laskeneet

huomattavasti, mutta myös joissakin uomallisissa järvissä on tapahtunut vedenkorkeuden alenemista. Vedenpinnantasojen lasku ei ole kuitenkaan ollut jatkuvaa, vaan vedenkorkeuksissa on tapahtunut välillä myös nousua. Rokuan alueen sadanta- ja haihduntaolosuhteiden muutokset selittävät osan vedenkorkeuden vaihteluista, mutta monissa järvissä tapahtuneet, jopa usean metrin vedenpinnantason laskut eivät selity yksinään sääolosuhteiden aiheuttamiksi. Tätä päätelmää tukee myös neljällä lähimmällä pohjavedenkorkeusasemalla tapahtunut vedenkorkeuden kehitys.

Rokuan alueen vedenpintojen lasku johtuu todennäköisesti monen eri tekijän yhteisvaikutuksesta. Muun muassa edellisten vuosien kuivat kesät ja Rokuaa ympäröivien suo- ja metsäalueiden ojitukset ovat todennäköisesti vaikuttaneet vedenpintoja alentavasti. Selitystä vedenkorkeuksien laskulle ei kuitenkaan voida tämän esiselvityksen puitteissa esittää, vaan asian selvittämiseksi tarvitaan jatkotutkimuksia. Jatkotutkimuksissa tulisi pyrkiä saamaan entistä enemmän tietoa alueella nyt tapahtuvista vedenkorkeuden vaihteluista sekä etsimään syitä näille muutoksille. Huomiota tulisi kiinnittää sekä Rokuanvaaralla että ympäröivillä alueilla viimeisen 50-60 vuoden aikana tapahtuneisiin maankäytön muutoksiin, sillä pohjavesissä muutokset näkyvät hitaasti. Ympäröivien intensiivisten suo- ja metsäojitusten vaikutusta Rokuan alueen vedenkorkeuksiin olisi syytä tutkia. Lisätietoa tulisi hankkia myös Rokuanvaaran sisäisestä rakenteesta ja sen vaikutuksista pohjaveden muodostumiseen ja virtauksiin. Myös orsivesimuodostumien esiintyminen ja niiden vaikutus Rokuanvaaran hydrologisiin olosuhteisiin tulisi kartoittaa.

4 Rokuan rehevöityneiden järvien kunnostaminen

Tero Väisänen, Sanna-Maria Paakki ja Arja Männikkö

Rokuan alueen järvien tilaa, kuormitusta ja kunnostusmahdollisuuksia on tutkittu Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksessa vuodesta 2002 lähtien. Järvien tilaa on seurattu aiemminkin. Tähän on koottu yhteenveto seuraavista julkaisuista ja selvityksistä: Rokuan järvien tila vuonna 2002 (Viitamäki & Rouvinen 2002), Rokuan järvien kuormitusselvitys (Paakki 2004), Rokuan rehevien järvien kunnostamisen yleissuunnitelma (Männikkö 2004) sekä Rokuan rehevöityneiden järvien ranta-asukkaiden kunnostushalukkuus (Kortsalo & Pakarinen 2004).

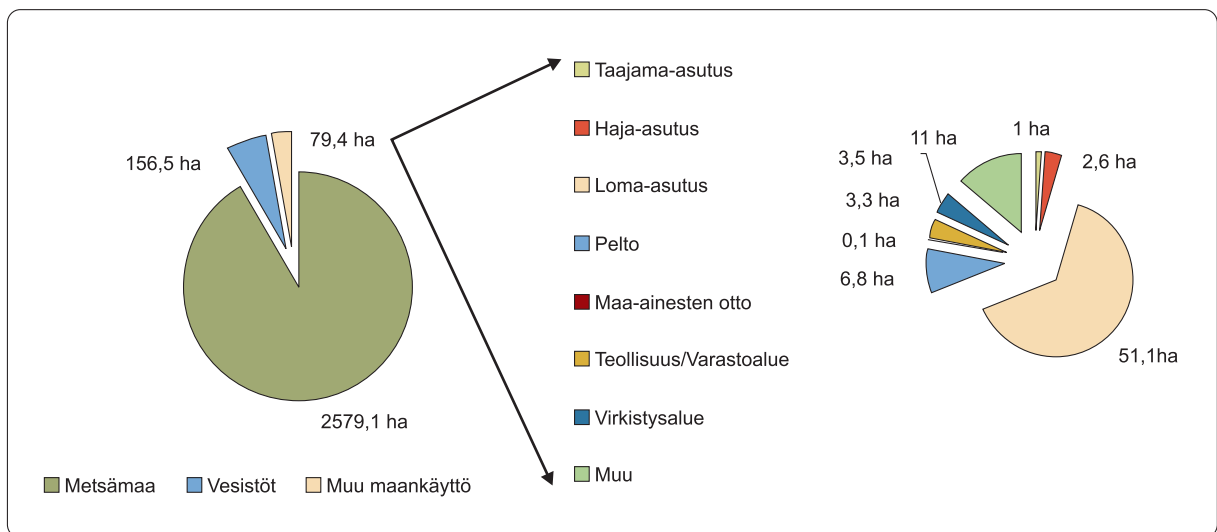
4.1

Rokuan rehevöityneiden järvien kuormitus

Rokuan alueen järvien lähivaluma-alueiden maankäytön tarkastelu on tehty ilma-kuva-aineiston perusteella, joita on maastokäyntien yhteydessä tarkennettu vuonna 2003. Tarkastelussa on käytetty ympäristöhallinnon ilmakuvia vuodelta 1999 (karttalehti: 3423 04) sekä maanmittauslaitoksen tuottamaa maankäyttö- ja puustotulkinta-aineistoa. Järviin suotautuu runsaasti pohjavettä ja siksi Rokuan alueen kokonaisvaltaisella maankäytöllä on merkitystä järvien kuormitukseen (kuva 15).

Myös yksittäiset kuormittajat, kuten rantakiinteistöt ja alueen jätevesihistoria on kartoitettu kokonaiskuvan saamiseksi järviin kohdistuvasta kuormituksesta. Rokuan alue on säilynyt kuitenkin varsin luonnontilaisena lukuun ottamatta järvien rannoille sijoittunutta loma-asutusta sekä metsäautoteitä (kuva 15).

Kuormituksen laskennassa on käytetty kullekin maankäytölle tyypillisiä ominaiskuormituslukuja kokonaisravinteille. Luonnonhuuhtouman ominaiskuormitusluku on käytetty kokonaisfosforin osalta arvoa $0,39 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ ja kokonaistypen osalta arvoa $6,7 \text{ g ha}^{-1} \text{ d}^{-1}$ (Halonen & Heikkinen 1997).



Kuva 15. Rokuan harjualueen pohjaveden muodostumisalueen maankäyttömuotojen jakautuminen.

4.1.1

Metsätalous

Rokuan harjualueen metsätalous on ollut varsin suppea-alaista ja siitä on tehty selvitys 1990-luvulla (Hiljanen & Hynninen 1993). Tutkimus keskittyi lähinnä alueen rehevän järviketjun valuma-alueille ja lähiympäristöön. Selvityksissä kävi ilmi, että hakkuiden määrä alueella on ollut varsin vähäistä. Kyseisillä alueilla oli tehty vähäisessä määrin sekä kasvatushakkuita että siemenpuuhakkuita. Metsämaan lannoitus on ollut minimaalista, eikä metsäojituksia ole tehty. Metsätalouden aiheuttama vesistökuormitus on arvioitu selvityksen sekä kesän 2003 maastotarkastusten myötä vähäiseksi, lähinnä osaksi luonnonhuuhtoumaa. Metsätaloustoimenpiteiden suunnittelussa tulee kuitenkin kiinnittää erityistä huomiota vesiensuojelutoimenpiteisiin.

4.1.2

Rantakiinteistöt

Loma-asutuksen kuormituksen arvioimiseksi on ranta-alueiden maankäyttö ja mökkiasutus kartoitettu vuonna 2002 (Viitamäki & Rouvinen 2002). Kartoitus on tehty kolmella järvellä: Tulijärvellä, Iso-Syvjärvellä ja Salmisella. Kartoituksessa selvitettiin tontin käyttö, eli varsinaiset rakennukset, saunarakennukset ja käymälät sekä niiden etäisyys vesistöistä. Lisäksi selvitettiin asutuksen jätevesiratkaisuja ja jätehuoltoa. Tulijärven vapaa-ajanasunnoilla vietetään yhteensä noin 1650 yöpymisvuorokautta vuodessa, Iso-Syvjärvellä noin 1200 ja Salmisella 1090.

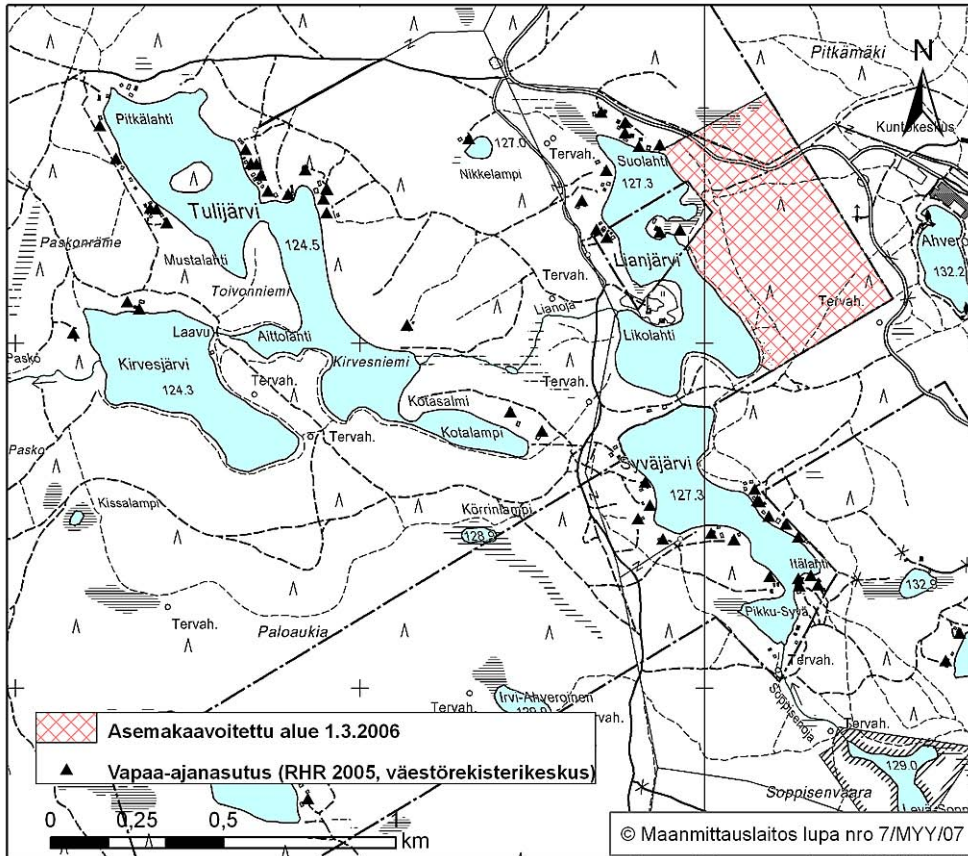
Vapaa-ajanasuntojen veden hankinta on järjestetty pääosin omista kaivoista, ulkopuolelta tuomalla sekä jonkin verran järvestä pumpaamalla. Jätevesiratkaisut vapaa-ajanasunnoissa ovat varsin yksinkertaisia, lähinnä imeytyskaivoja ja kivipesiä. Suurimmalla osalla asunnoista on käytössä kuivakäymälä, joiden jätteet hävitetään pääosin kompostoimalla. Alueella on myös yksittäisiä vesikäymälöitä ja niiden umpisäiliöitä.

Kaiken kaikkiaan järvien rehevyys ei ole Rokuan alueella suoraan riippuvainen rannoilla olevan loma-asutuksen määrästä. Leväsoppisen rannoilla ei ole ollut lainkaan loma-asutusta, kuitenkin se on alueen rehevin järvi. Kun taas Salminen, jossa loma-asutusta on hyvin runsaasti, on erinomaisessa kunnossa (Viitamäki & Rouvinen 2002). Mökkien jätevesiratkaisuihin on kiinnitettävä kuitenkin huomiota etenkin uusilla kaava-alueilla (kuva 16). Toisaalta vuonna 2003 voimaan astuneet haja-asutusalueiden jätevesihuollon uudet vaatimukset vähentävät Rokuan alueen järvien kuormitusta.

4.1.3

Vesi- ja viemäriverkosto

Rokuan alueelle on rakennettu kunnallinen vesi- ja viemäriverkosto 1980. Viemäriverkosto on kuitenkin suppea. Siihen kuuluu lähinnä Rokuan kunto- ja lomakeskuksien alue lähiympäristöineen. Rokuan Kuntokeskus ja Rokuan Lomakeskus sekä hotellialueen rakennukset ovat olleet kunnallisessa vesi- ja viemäriverkostossa vuodesta 1980 lähtien. Rokuan alueella, Kuntokeskuksen läheisyydessä on toiminut vuosina 1982–1998 oma kemiallinen jätevedenpuhdistamo, jonka toiminnassa on ollut monenlaisia ongelmia. Rokuan alueen jätevesihuollon ongelmien ratkaisemiseksi alueelle rakennettiin siirtoviemäri 1997. Siirtoviemärin valmistuttua Rokuan puhdistamon toiminta lakkautettiin ja nykyään alueen jätevedet pumpataan Utajärven ja Muhoksen kautta Oulun keskuspuhdistamolle.



Kuva 16. Iso-Syväjärven, Lianjärven, Kotalammen, Tulijärven ja Kirvesjärven vapaa-ajan asutus sekä Muhoksen kunnan alueelle asemakaavoitettu Ahveroisenkankaan asemakaava-alue.

Muita toimintakeskuksia alueella ovat seurakuntien leirikeskus Saarisen rannalla sekä Oulun NMKY:n maja Vaulujärven rannalla. Nämä ovat liittyneet kunnalliseen viemäriverkostoon 1980-luvun alussa.

4.1.4

Kaatopaikka

Rokuan alueen vanha kaatopaikka sijaitsee harjualueen pohjoispuolella. Kaatopaikka on perustettu vuonna 1965 ja lakkautettu 1992. Kaatopaikka-alueella suoritetaan tarkkailua sulkemislupaehtojen mukaisesti. Kaatopaikalle viety jäte on ollut etupäässä tavallista yhdyskuntajätettä. Kaatopaikka-alueella on tehty pohjavesitutkimuksia (Miettinen 1998). Pohjaveden virtaussuunnat suuntautuvat pohjoiseen läheisille suoalueille. Kaatopaikalla ei ole todettu olevan epäsuotuisia vesistövaikutuksia alueen järviin.

4.1.5

Järvien ulkoinen kuormitus

Harjualueen maankäyttö on varsin vähäistä, lukuun ottamatta paikoin runsasta loma-asutusta (kuva 16). Alueen nykyisellä maankäytöllä ei kuitenkaan ole havaittu olevan erityistä merkitystä järvien tilaan. Ainoa poikkeus on Ahmasjärvi, jossa kuormitus tulee pääasiassa järveä ympäröiviltä pelloilta. Lähivaluma-alueilta järviin kohdistuva kuormitus on yhteenvetona koottu taulukkoon 3. Mukana on myös luonnonhuuhtouma ja sateen suoraan järviin tuoma kuormitus.

Taulukko 3.

Rokuan rehevöityneet järvet, niiden lähivaluma-alueiden pinta-alat sekä niihin kohdistuva kuormitus lähivaluma-alueelta. Järvet on lueteltu taulukossa niiden sijainnin mukaan järvi- ja järvi-

Järvi	Lähivaluma-alueen pinta-ala (ha)	Rantakiinteistöt (kpl)	Kuormitus (kg a ⁻¹)	
			Kok. P	Kok. N
Leväsoppinen	6,3	-	3,8	65
Iso-Syväjärvi	14,5	19	20,2	247
Lianjärvi	20	11	37,8	650
Tulijärvi ja Kotalampi	30	20	82,8	1424
Kirvesjärvi	9,3	3	8,2	141
Ahmasjärvi	4160		38 480	813 280

4.1.6

Sisäinen kuormitus

Rokuanjärvelle on tehty kunnostussuunnitelma, jonka mukaan järven kuormituksesta on 98 % sisäistä kuormitusta (Saarijärvi ym. 2003). Järven rehevöitymishistoriatutkimusten mukaan Rokuanjärvi on rehevöitynyt jo ennen vuotta 660. Järven sedimentissä esiintyy jo 1 m syvyydellä rehevyyttä ilmentäviä piilevälajeja, joiden määrä kasvaa sedimentin pintaan tultaessa (Kauppinen 2005).

Ahmasjärven valuma-alueen peltoalueet ovat merkittävä kuormitustekijä. Todennäköisesti sisäinen kuormitus on suurta myös tässä järvestä. Sisäinen kuormitus selittää osaltaan Ahmasjärven veden korkeita ravinnepitoisuuksia sekä toistuvia leväsamentumia. Ahmasjärvestä on kehittynyt osittain lintujärvi matalien lahtialueiden vesikasvien levittäytymisen myötä. Sen käyttökelpoisuuden ja tilan parantamiseksi on kunnostus- ja hoitosuunnitelma tekeillä, joten sitä ei tässä käsitellä enempää.

Rokuan harjualueen rehevöityneet järvet eli Leväsoppinen, Iso-Syväjärvi, Lianjärvi, Kotalampi, Tulijärvi ja Kirvesjärvi ovat ulkoisen kuormituksen pienuuden perusteella arvioitu myös sisäkuormitteisiksi. Mitään ulkopuolisia tai maankäytöllisiä selittäviä tekijöitä järven rehevöitymiskehitykselle ei ole löydetty. Reheviin järviin tuleva kuormitus on täysin verrannollinen harjualueen niukkaravinteisiin järviin tulevaan kuormitukseen, joten järviä voitaneen pitää luontaisesti rehevinä. Rokuanjärvestä ja Salmisessa tehdyt sedimenttitutkimukset tukevat käsitystä järvien luontaisesta rehevyydestä (Kauppinen 2005).

4.2

Rokuan rehevöityneiden järvien erityispiirteet ja tila

Leväsoppisen, Iso-Syväjärven, Lianjärven, Kotalammen, Tulijärven ja Kirvesjärven erityispiirteitä ja tilaa tarkastellaan osana kunnostussuunnittelua. Järvet valittiin suunnittelukohteiksi, koska ne ovat rehevöityneitä ja niiden virkistyskäyttö on Leväsoppista lukuunottamatta laajaa (taulukko 1). Kuitenkin järvien käyttökelpoisuusluokka on alentunut ja niissä on havaittu vedenlaatuongelmia, lähinnä sinileväkukintoja. Rantakiinteistöjen omistajat ovat tehneet aloitteen Tulijärven kunnostamisesta Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskukselle.

4.2.1

Järvien vedenlaatu

Kunnostussuunnittelussa mukana olevien Rokuan järvien vedenlaatua ja merkitystä ranta-asukkaille kuvaa hyvin niistä tehdyt levähavainnot ympäristöhallinnon levähaittarekisteriin. Leväsoppisesta on kaksi havaintoa, molemmat vuodelta 2002.

Taulukko 4.

Rokuan alueen rehevöityneiden järvien vedenlaatu 2000-luvulla. Taulukossa merkintä ”Kesä” kuvaa lähinnä avovesikauden keskiarvoja ja ”Talvi” jääpeitteisen kauden keskiarvoja.

Järvi ja näytteenottosyvyys	pH		Happipitoisuus (mg l ⁻¹)		Kokonaisfosforipitoisuus (µg l ⁻¹)		Fosfaattifosforipitoisuus (µg l ⁻¹)		Havaintokerrojen lukumäärä (kpl)
	Kesä	Talvi	Kesä	Talvi	Kesä	Talvi	Kesä	Talvi	
Leväsoppinen									
- pinta	8,0	-	8,8	-	69,1	-	15,4	-	9
- pohja	6,6	-	0,0	-	543	-	478	-	9
Iso-Syväjärvi									
- pinta	7,9	6,7	10,2	6,9	24,4	19,5	7,3	15,0	9
- pohja	6,5	-	0,0	0,0	122	67,5	83,9	-	9
Lianjärvi									
- pinta	7,1	6,8	9,4	8,7	18	11	4	3	2
- pohja	7,1	6,8	9,3	0,3	14	10	3	-	1
Kotalampi									
- pinta	7,0	-	9,5	-	73	-	24	-	1
- pohja	-	-	-	-	-	-	-	-	0
Tulijärvi									
- pinta	8,2	6,8	9,8	5,41	38	28	7,3	19,9	12
- pohja	6,6	-	0,0	0,0	94	147	57,3	-	9
Kirvesjärvi									
- pinta	7,3	6,7	9,6	8,9	50	15	25	14	3
- pohja	7,4	-	9,5	0,0	41	130	22	-	2

Iso-Syväjärveltä on 9 levähavaintoa vuosilta 1991–2003 ja Lianjärveltä on 9 havaintoa vuosilta 1997–2004. Tulijärveltä havaintoja on yhteensä 13 vuosilta 1992–2003. Kotalammesta on 5 havaintoa vuodelta 1998. Kirvesjärveltä on havaintoja vain yksi, joka on vuodelta 2001. Kirvesjärven leväongelmat ovatkin näistä järvistä lievimmät.

Harjualueen järviketjun järvillä on reheville vesille tyypillisesti erinomainen puskurointikyky happamuutta vastaan. Veden alkaliniteettiarvot ovat korkeita, 0,3–0,7 mmol l⁻¹, ja järvet pystyvät siten vastustamaan hyvin happamoitumista. Järvien veden pH-arvot ovat vaihdelleet lievästi happamasta heikosti emäksiseen. Ainoastaan leväsiintymien aikana pH-arvot ovat paikoitellen nousseet jopa lähelle kymmentä (taulukko 4).

Leväsoppisen näkösyvyys on ollut alhainen, vain 0,3–1,5 metriä. Näkösyvyys oli pienimmillään kesällä 2002, joka oli poikkeuksellisen lämmin. Tällöin levät ja muu kasvillisuus samensivat vettä ja pienensivät näkösyvyyttä. Pohjan sameusarvot olivat jopa yli 200 FTU ja myös veden väriluvut olivat korkeita, keskimäärin 1100 mg Pt l⁻¹. Leväsoppisessa sekä sameutta että väriä lisäävät voimakas levätuotanto ja korkea rautapitoisuus.

Leväsoppisen happitilanne on hyvin heikko. Pintaveden happipitoisuus heinäkuussa 2002 oli vain 3 mg l⁻¹ ja alusvesi oli täysin hapetonta. Näin alhaiset happipitoisuudet ovat jopa särkikaloille vahingollisia. Heikko happitilanne aiheuttaa myös raudan ja fosforin liukenemista sedimentistä. Kesäisin veden rautapitoisuudet pohjan lähellä ovat olleet keskimäärin 55 000 µg l⁻¹. Kokonaistyyppipitoisuudet ovat pintavedessä olleet tasolla 700–3 100 µg l⁻¹ ja pohjan lähellä 780–10 800 µg l⁻¹. Leväsoppisen nimensä mukaista tilaa ilmentävät a-klorofyllin arvot ovat korkeita. Kesällä 2002 pitoisuus oli 94,1 µg l⁻¹ (kuva 17). Tämä arvo on monikymmenkertainen erinomaiseen arvoon verrattuna. Leväsoppisen kasviplanktonlajistossa vallitseva

laji oli myrkyllinen *Anabaena lemmermannii* -sinilevä ja pienempiä määriä esiintyi *Aphanothece clathrata* -sinilevää.

Iso-Syvjärvi on vähähumuksinen ja kirkasvetinen. Näkösyvyys on seurantajakson aikana ollut 1–4 metriä. Järvessä on esiintynyt alusveden hapettomuutta, mutta pintavedessä on happipitoisuus ollut loppukevällä noin 3–6 mg l⁻¹ ja kesällä noin 10 mg l⁻¹ (taulukko 4). Pohjanläheisten vesikerrosten rautapitoisuudet ovat olleet tasolla 10–55 mg l⁻¹ ja myös väriluku on ollut korkea koko seurantajakson ajan, vaihdellen 160–700 mg Pt l⁻¹ välillä. Kokonaistypen pitoisuudet ovat pintavedessä olleet läpi vuoden välillä 340–680 µg l⁻¹ ja pohjanläheisessä vedessä 420–3 900 µg l⁻¹. Veden a-klorofyllin pitoisuudet ovat olleet alhaisia, korkein arvo mitattiin vuonna 2002, jolloin se oli 15,2 µg l⁻¹ (kuva 17). Järvessä on esiintynyt toisinaan myrkyllisiä sinileväkukintoja. Järvessä esiintyi vuonna 2002 *Anabaena flos-aquae*- ja *Anabaena affinis*- sinilevää sekä rehevyyttä indikoivaa *Fragilaria crotonensis*- piilevää.

Lianjärven veden humuspitoisuus on alhainen ja vesi on kirkasta. Näkösyvyyden on lähes 4 m. Alusveden happitilanne on ollut loppukevällä ja kesällä heikko, mutta pintaveden happipitoisuus on säilynyt vähintään tyydyttävällä tasolla vaihdellen 5–10 mg l⁻¹ (taulukko 4). Järven kokonaistyyppipitoisuudet ovat olleet läpi vuoden välillä 290–500 µg l⁻¹. Veden a-klorofyllipitoisuudet ovat olleet alhaiset koko seurantajakson ajan, 3–7 µg/l (kuva 17). Järvessä on kuitenkin esiintynyt useana vuonna sinileväkukintoja, kuten myrkyllistä *Anabaena circinalis* - sinilevää.

Tulijärven veden humuspitoisuus on alhainen, mutta vesi ei kuitenkaan ole kirkasta. Näkösyvyys vaihtelee 0,5–3,5 m välillä. Pintaveden väriluvut ovat olleet yleensä 20–50 mg Pt l⁻¹ ja alusveden väriluku on ollut maksimissaan 700 mg Pt l⁻¹. Veden sameusarvot ovat olleet korkeimmillaan 50 FTU. Pintaveden happipitoisuus on yleensä ollut riittävä, mutta pohjan läheisyydessä on koko seurantajakson ajan esiintynyt hapettomuutta kesä- ja talvikerrostuneisuuden aikana. Alusveden rautapitoisuus on ollut jatkuvasti korkea, 1 500–26 000 µg l⁻¹. Ravinteiden ja a-klorofyllin pitoisuudet ovat Tulijärvessä korkeita. Seurantajakson aikana pintaveden fosforipitoisuus on ollut 25–55 µg l⁻¹. Hapettomuuden vuoksi alusveden fosforipitoisuudet ovat nousseet jopa lukemiin 200–300 µg/l (taulukko 4 ja kuva 17). Myös typen pitoisuudet ovat olleet korkeita, 250–900 µg/l. Veden a-klorofyllin arvot ovat vaihdelleet välillä 5–51 µg l⁻¹ ja Tulijärvessä on esiintynyt jatkuvasti runsaita myrkyllisiä sinileväkukintoja. Niiden aiheuttajia ovat olleet muun muassa *Anabaena circinalis*- ja *Anabaena lemmermannii* -sinileväkannat.

Kotalammen näkösyvyys on ollut noin metrin ja väriluku tasolla 20–60 mg Pt l⁻¹. Lammen happipitoisuus on pintavedessäkin loppukeväisin ollut toistuvasti heikko vaihdellen välillä 1–1,4 mg l⁻¹. Kokonaisfosforipitoisuus on ollut välillä 60–170 µg l⁻¹, joka kuvastaa rehevää ympäristöä. Kokonaistyyppipitoisuudet ovat olleet tasolla 400–1 700 µg l⁻¹. Lammessa on ollut toistuvia sinilevähaittoja ja veden a-klorofyllipitoisuudet ovat olleet keskimäärin 50 µg l⁻¹. Valtalajeina sinilevähavainnoissa ovat olleet muun muassa *Anabaena solitaria*- ja *Anabaena lemmermannii*.

Kirvesjärven veden humuspitoisuus ja sameus ovat pieniä. Näkösyvyys onkin vaihdellut 2–4 metrin välillä. Alusveden väriluvut ja sameusarvot ovat kesäisin olleet korkeita: väriluku 80–200 mg Pt l⁻¹ ja sameus 29–42 FTU. Alusveden happipitoisuus on ollut ajoittain alhainen ja pintaveden happipitoisuus on ollut loppukeväisin 5–8 mg l⁻¹ (taulukko 4). Pohjanläheisen veden hapettomuuden seurauksena myös rauta- ja ravinnepitoisuudet ovat olleet korkeita. Veden rautapitoisuuden arvot ovat olleet 3 200–6 900 µg l⁻¹ ja tyyppipitoisuudet tasolla 150–250 µg l⁻¹. Kokonaisfosforipitoisuus vuonna 2001 oli seurantajakson korkein, 50 µg l⁻¹, jolloin a-klorofyllipitoisuuskin oli 40 µg l⁻¹. Kirvesjärven a-klorofyllipitoisuus on kasvanut viime vuosina huomattavasti. Aiemmin se on ollut alle 10 µg l⁻¹, mutta nyt se on 40 µg l⁻¹. Kirvesjärvessä ei ole ollut mainittavia levähaittoja, mutta a-klorofyllitason kohoaminen antaa ensimmäisiä merkkejä rehevyyden lisääntymisestä.

Kalasto

Leväsoppisen, Iso-Syväjärven, Tulijärven ja Salmisen kalastoa selvitettiin koeverkko-kalastuksin kesällä 2002 nordic-yleiskatsausverkein (Viitamäki & Rouvinen 2002). Samoille järville tehtiin vuosina 1990–1991 myös kalastotutkimus, jonka mukaan Iso-Syväjärvässä, Tulijärvässä ja Salmisessa on luontaisesti ahventa ja haukea ja Leväsoppisessa ahventa.

Iso-Syväjärven koeverkkokalastuksen yksikkösaalis oli 3,4 kg ja yksilömäärä 132 kappaletta. Ahvenia (*Perca fluviatilis*) kokonaissaaliista oli noin 48 % ja särkiä (*Rutilus rutilus*) noin 52 %. Lukumääräisesti ahvenia oli huomattavasti enemmän (78 %), sillä niiden keskimääräinen paino oli alle 20 g. Särkien keskimääräinen paino oli 72,4 g. Leväsoppisessa kalasto on särkivaltaista, noin 90 % kokonaispainosta. Särkien keskimääräinen paino on 30,6 g, kun vastaavasti ahvenien keskipaino oli 20,5 g. Tulijärven yksikkösaalis oli 3,3 kg ja yksilömäärä 231 kappaletta. Tulijärveä koekalastettiin kahdella verkkosarjalla, mutta pohjanläheiseen vesikerrokseen viritetyllä verkolla ei saatu saalista lainkaan, lähinnä veden hapettomuuden vuoksi. Saaliin kokonaispainosta 68,6 % oli särkiä, 44,4% ahvenia ja 0,7 % kiiskiä. Lukumääräisesti särkiä ja ahvenia oli saaliina lähes yhtä paljon, sillä särjet painoivat keskimäärin 18,6 g, ahvenet 9,7 g ja kiisket vain 4,8 g.

Iso-Syväjärveen ja Tulijärveen on vuonna 2000 istutettu 20 kg kirjolohta ja 200 järvitaimenta. Lisäksi myöhemmin syksyllä istutettiin vielä 50 kg kirjolohta. Vuonna 2001 istutettiin 600 planktonsiikaa ja 100 järvitaimenta sekä keväällä 2002 kirjolohta 20 kg. Kesän 2002 koekalastuksissa saaliiksi saatiin vain järville luontaisia kaloja, ei istutettuja kalalajeja.

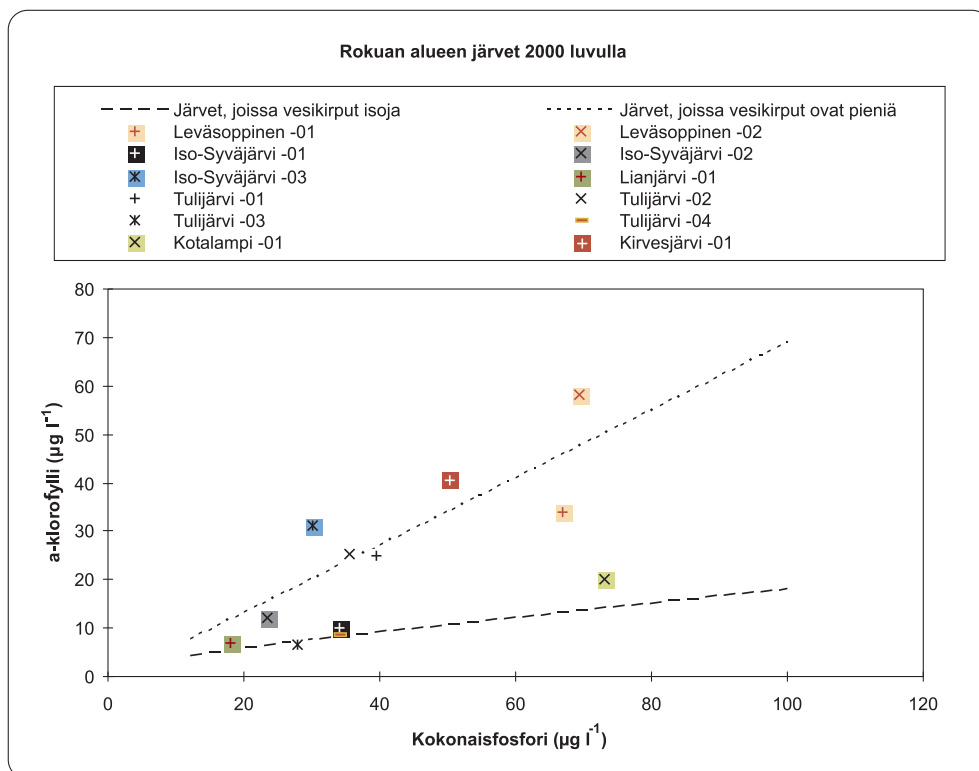
Lianjärven ja Kirvesjärven kalastorakennetta ei ole tutkittu, mutta sen voi olettaa olevan hyvin samanlainen kuin muidenkin alueen lievästi rehevien järvien. Pääosa kalastosta lienee pienikokoista ahventa. Kotalammen kalastorakennetta ei ole selvitetty. Kotalampi ja Tulijärvi ovat Kotalammen välityksellä yhteydessä toisiinsa ja on todennäköistä, että niiden kalastorakenne on varsin samanlainen.

Järvien ravintoketjukurunostuksen mahdollisuuksia voidaan arvioida Sarvalan ym. (1997) kehittämän käyrästä avulla (kuva 17). Lähes kaikille Rokuan alueen rehevöityneille järville voi suositella ravintoketjukurunostamista kalastorakenteen tervehdyttämiseksi, sinilevälaidunnuksen lisäämiseksi ja sisäisen kuormituksen hillitsemiseksi.

Järvien vesikasvillisuus

Leväsoppisen vesikasvillisuus on runsasta. Valtalajina on ulpukka ja rantavedet ovat melkein kokonaan niiden peitossa (kuva 18). Karuille järville ominaisista pohjaruusu-kekasveista esiintyy Leväsoppisessa ainoastaan lahnaruohoa, sekin hyvin harvana kasvustona järven itäpohjukassa. Lisäksi järvässä on saroja, vehkaa, kurjenjalkaa, terttualpia, sammalia, suohorsmaa, heinävitaa ja jonkun verran myös metsäkortetta. Ilmaversoisia kasveja on tiheinä kasvustoina kaikissa järven kolmessa kulmassa.

Iso-Syväjärvässä on kasvillisuutensa puolesta kaksi erityyppistä osaa. Pikku-Syvällä, jonne Leväsoppisesta tuleva uoma laskee, on vesikasvillisuus huomattavasti tiheämpää kuin muualla. Siellä esiintyy runsaasti korkeita ravinnepitoisuuksia indikoivia karvalehtilauttoja. Lisäksi siellä on paljon kelluslehtisiä, palpakoita ja ulpukoi-ta. Paikoitellen Iso-Syväjärvässä esiintyy runsaasti myös heinävitaa, saroja ja vehkaa. Muu kasvillisuus järvässä ei ole niin häiritsevän runsasta. Iso-Syväjärven ranta-alueen pohja on paikoin hajoavan kasvimassan peitossa. Rantojen puusto kasvaa veden yllä ja osa jopa kokonaan järvässä. Syksyisin ne pudottavat lehtensä järveen, mikä lisää osaltaan veden ravinnepitoisuutta.



Kuva 17. Leväsoppisen, Iso-Syväjärven, Lianjärven, Tulijärven, Kotalammen sekä Kirvesjärven kokonaisfosforin ja a-klorofyllin välinen riippuvuus kunkin vuoden kesäkaudella määritettynä Sarvalan ym. (1997) mukaisesti.

Tulijärven vesikasvillisuus on monipuolista. Siellä esiintyy sekä reheville että karuille järville tyypillisiä lajeja, kuten irtokellujia ja pohjaruusukekasveja. Runsainta kasvillisuus on pienissä lahdissa sekä tulevan ja laskevan ojan suilla. Esimerkiksi Aittolahdessa veneily ja muu alueen virkistyskäyttö on liian tiheiden vesikasvustojen vuoksi vaikeaa. Koko järven alueella esiintyy paikoin runsaastikin ulpukkaa ja palpakkoa sekä erityisesti Kirvesniemen alueella karvalehteä. Ilmaversoisista kasveista runsaimpina kasvavat sarat ja vehka. Uposkasveista heinävitaa esiintyy vähäisiä määriä. Karuille ja kirkasvetisille järville ominaista lahnaruohoa esiintyy melkein koko järven alueella, ei kuitenkaan rehevissä lahdissa. Paikoin rannoilla olevien puiden lehvästöt roikkuvat veden yllä ja osa puista on kaatunut veteen.

Lianjärven, Kotalammen ja Kirvesjärven vesikasvillisuutta ei ole tämän tutkimuksen yhteydessä laajemmin selvitetty. Maastokäynnillä heinäkuussa 2004 erityisesti Kotalammen kasvillisuus havaittiin yleisilmeeltään runsaaksi ja Kotasalmi lähes umpeenkasvaneeksi (kuva 18). Tulijärven ja Kotalammen ranta-asukkaat ovat eri yhteyksissä esittäneet häiritsevien vesikasvustojen poistamista.

4.2.4

Järvien hydrologia ja morfologia

Maasto Rokuan harjualueella on erittäin vaihtelevaa topografialtaan. Useimmat järvet sijaitsevat ympäröivää maastoa huomattavasti alempana. Maanpinnan taso saattaa olla kymmeniä metrejä korkeammalla kuin järven pinnan taso jo sadan metrin päässä järvestä. Järvien lähivaluma-alueet rajautuivat siten suhteellisen pienialaisiksi (taulukko 3). Korkeuseroista ja alueen maaperästä johtuen merkittävä osa valunnasta suotautuu pohjavedeksi.



Kuva 18. Leväsoppisen luusua (vas.) ja Kotalampi (oik.) ovat lähes umpeenkasvaneet. Kuvat Arja Männikkö 23.7.2004.

Harjualueen järvet ovat yhteydessä pohjavesialueeseen joko suoraan tai välillisesti muodostaen orsivesialtaita. Harjualueen pohjavedenkorkeuskäyrät ovat kuitenkin hyvin lähellä järvien pinnankorkeuksia. Jos pohjavesivyöhykkeeseen yhteydessä olevan järven ja ympäröivän pohjaveden hydraulinen yhteys on hyvä, voi pohjavettä virrata vesistöjen läpi suuriakin määriä, mikä vaikuttaa oleellisesti veden viipymään järvessä. Yksittäisille järville on määritetty järvikohtaiset pohjavedenmuodostumisalueet (Miettunen 2003) (liite 9). Muodostumisalueiden rajaaminen on tehty pohjavedenkorkeuskäyrien perusteella. Pohjavedenkorkeuskäyrät on määritelty vuonna 1982 tehtyjen tutkimusten perusteella, jolloin Rokuan harjualueella tehtiin pohjavesi- ja maaperätutkimuksia vedenhankintaa varten. Selvitysten perusteella on arvioitu Leväsoppisen, Iso-Syväjärven, Lianjärven, Kotalammen, Tulijärven ja Kirvesjärven olevan suorassa yhteydessä pohjaveteen.

Järvien veden viipymän arvioimiseksi määritettiin järvien syvyysuhteet Salosen (1973) tekemien kaikuluotausten ja mittauksen perusteella. Veden viipymä järvissä on pääsääntöisesti pitkä eli yli vuoden. Kuitenkin Leväsoppisen viipymä on arvioitu lyhimmillään 6 kuukaudeksi (taulukko 5).

Järvien pinta-alasuhteiden määrittämiseksi laskettiin yli 6 m syvempien alueiden laajuus (taulukko 6). Nämä alueet kuvaavat Håkansonin ja Janssonin (1983) kuvaamia akkumulaatioalueita, mutta laskelmien yksinkertaistamiseksi käytettiin kaikilla järvillä samaa rajasyvyyttä 6 m.

Taulukko 5.

Järvien veden teoreettinen viipymä laskettuna lähivaluma-alueen sekä järviä ympäröivän pohjaveden muodostumisalueen perusteella.

Järvi	Teoreettinen viipymä (a)	
	Lähivaluma-alue	Pohjaveden muodostumisalue mukana
Leväsoppinen	2,5	0,5
Iso- Syväjärvi	10	2
Lianjärvi	4	1,5
Tulijärvi ja Kotalampi	4,5	1,5
Kirvesjärvi	24	5

Taulukko 6.

Järvien syvänealueiden pinta-alat suhteessa kokonaispinta-alaan sekä järvien syvyys.

Järvi	Pinta-ala ha	Syvänealueen pinta-ala ha	Syvänealueen osuus %	Suurin syvyys m
Leväsooppinen	2,3	-	-	6
Iso-Syväjärvi	11,7	3,3	28	13
Lianjärvi	14,6	0,3	2	7
Tulijärvi	24,3	1,9	8	11
Kotalampi	2,4	-	-	2
Kirvesjärvi	13,0	5,0	38	10

4.3

Loma-asukkaiden halukkuus osallistua järven kunnostustoimiin

Vuonna 2002 Rokuan järvien tilan selvityksen yhteydessä tehtiin Iso-Syväjärven ja Tulijärven loma-asukkaille kyselytutkimus, jossa kartoitettiin kiinteistöjen teknisten tietojen lisäksi myös asukkaiden mielipiteitä järvien tilasta. Kyselyssä selvitettiin mielipiteitä ja ehdotuksia siitä, miten vesistön tilaa voitaisiin kohentaa ja mitä asukkaat itse voisivat tehdä asian hyväksi. Sekä Iso-Syväjärven että Tulijärven loma-asukkaista valtaosa oli järven kunnostamisen kannalla. Heidän mielestään järven tila on viime aikoina oleellisesti huonontunut. Yhteisenä huolenaiheena on loma-asukkailla ollut alueella sijaitsevien yritysten, kuten hotellin ja kuntokeskuksen, vuosien varrella maastoon laskemat jätevedet.

Iso-Syväjärven loma-asukkaat mainitsivat rehevöitymisen aiheuttajaksi ennen muuta Leväsooppisen. Muina syinä järven tilan huonontumiseen mainittiin järven yllä roikkuvat rantalepikot, rantojen omatoiminen ruoppaus ja mökit, jotka sijaitsevat liian lähellä rantaviivaa. Järven kunnostustoimenpiteiksi loma-asukkaat ehdottivat roskakalan poistopyyntiä sekä pyykkien- ja mattojen pesun kieltämistä rannoilla.

Tulijärven loma-asukkaat olivat sitä mieltä, että järven tila ei ole huonontunut heidän vuokseen. He hoitavat ympäristöasiat mielestään mallikkaasti. Asukkaat ovat tehneet järvellä joitakin kunnostustoimia. He ovat kalastaneet roskakalaa ja keränneet kasvilauttoja rannoilta. Tulijärven loma-asukkaat ovat olleet myös ulospäin aktiivisimpia. Pienten kunnostustoimenpiteiden lisäksi he ilmaisivat huolensa järven tilasta vuonna 2000 tekemällä kunnostusaloitteen.

Kesäkuussa 2004 pidettiin Rokualla Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen, Muhoksen ja Utajärven kuntien sekä Rokuan ympäristöjoaksen järjestämä yleisötilaisuus, jossa kerrottiin muun muassa järvien tilasta ja kunnostamismahdollisuuksista. Tilaisuudessa oli runsaasti osanottajia, noin 50 kuulijaa. Keskeisin puheenaihe tilaisuudessa oli Rokuan alueen järvien liian matala vedenkorkeus. Kunnostamismahdollisuudet herättivät vähemmän keskustelua ja kiinnostus talkootyöhön järvien tilan parantamiseksi tuntui olevan vaisua. Kunnostushalukkuutta tarkennettiin erillisellä kyselyllä (Kortsalo & Pakarinen 2004). Vastauksia kyselyyn saatiin 13 kappaletta, mikä vastaa 26 % tilaisuuteen osallistuneista. Vastaukset ja erityisesti niiden jakautuminen 12 alueen eri järvelle kuvannee tilannetta Rokualla. Kunnostustoimiin haluttiin osallistua talkootyönä, mikäli järviin tehtävät toimenpiteet olisivat keveitä ja tarvittava työmäärä kohtuullinen. Erään vastaajan mukaan kesämökki on lepoa ja rentoutumista varten, jolloin 1–2 talkoopäivän tekeminen vuodessa olisi sopiva työmäärä.

Hankesuunnitteluvaiheessa, kun tarvittava talkootyömäärä on tarkemmin selvillä, on kunkin järven loma-asukkaiden sitoutuneisuus talkootyöhön selvitettävä erikseen. Myös alueen kuntien taloudellinen sitoutuminen järvien kunnostamiseen on hankesuunnitteluvaiheessa selvitettävä.

Rokuan rehevöityneiden järvien kunnostusmahdollisuudet

Seuraavassa on käsitelty järviakohtaisesti niiden kunnostusten lähtökohtia, reunaehdoja ja mahdollisia kunnostustoimenpiteitä. Kustannustiedot ilmaisevat lähinnä kustannusten suuruusluokkaa (Väisänen 2005). Järviakohtaisia yleisötilaisuuksia asukaslähtöisten valintaperusteiden määrittämiseksi ei ole toistaiseksi pidetty, joten asukaslähtöisiä valintaperusteita ei seuraavassa esitetä.

4.4.1

Leväsoppinen

Kunnostamisen tarve ja tavoitteet

Leväsoppisen kunnostamisen tavoitteena on vähentää järven leväkukintoja ja vesikasvillisuutta sekä alentaa veden ravinnetasoa. Näillä toimenpiteillä vähennetään Leväsoppisesta Iso-Syväjärveen lähtevää kuormitusta.

Kunnostamisen reunaehdot

Leväsoppisen alue kuuluu harjujen- ja rantojen suojeleuohjelmaan, eli se on Natura 2000 aluetta. Alue on perustettu yksityisenä Soppisen luonnonsuojelualueena (YSA 118332). Lisäksi alue on maakunnallisesti merkittävä kulttuurihistoriallinen alue ja ensimmäisen luokan pohjavesialuetta. Alueella ei ole havaittu uhanalaisia tai suojeltavia kasvi- tai eläinlajeja, vaan suojele perustuu luontotyyppien suojeleluun.

Teknistaloudellisesti sopivat menetelmät

Leväsoppiseen teknistaloudellisesti soveltuvia kunnostusmenetelmiä ovat hapetus, ravintoketjukurkunnostus, fosforin kemiallinen saostaminen sekä kokeilukohteena sedimentin pöyhintäkemikalointi. Muut menetelmät todettiin soveltumattomiksi Leväsoppisen kunnostamiseen (liite 10).

Leväsoppista tulisi hapettaa ympärivuotisesti, sillä järven nykyinen happitilanne on heikko. Hapetuksella voidaan vähentää ravinteiden vapautumista sedimentistä, ja siten osaltaan vähentää järvestä ulos virtaavaa kuormitusta. Hapettimen tarvitsema sähköliittymä on kohteessa helppo järjestää, sillä järven läheisyydessä kulkee sähkölinja. Kustannukset järven ympärivuotisesta hapettamisesta ovat noin 1 000 euroa a⁻¹. Lisäksi hapetuslaitteen toimivuus tulee paikallisoin voimin tarkastaa säännöllisesti.

Ravintoketjukurkunnostuksella voidaan korjata Leväsoppisen vinoutunut kalastorakenne ja samalla vähentää leväkukintoja (kuva 17). Tehokalastusjakson aikana (2 vuotta) järvestä tulisi poistaa särkikalvoja noin 350 kg a⁻¹. Tämän jälkeen viidestä kymmeneen vuotta kestävä hoitokalastusjakson aikana kaloja olisi poistettava noin 120 kg a⁻¹. Tehokalastusjakson kustannukset ovat noin 2 000 € a⁻¹ ja hoitokalastusjakson kustannukset jäänevät alle 500 € a⁻¹. Kustannuksia on mahdollista pienentää talkootyöllä, erityisesti hoitokalastusjakson aikana. Ennen ravintoketjukurkunnostuksen aloittamista on Leväsoppiselle raivattava apajapaikat. Pääosin vesikasvien niitosta koostuvan raivaustyön kustannuksiksi on arvioitu 1 000 € ja raivaustyö olisi uusittava tarvittaessa vuosien kuluessa.

Leväsoppisen veden fosforin kemiallisella saostamisella voidaan vähentää järvestä ulosvirtaavan veden fosforipitoisuutta merkittävästi. Veden arvioitu viipymä järvestä on kuitenkin lyhyt, mikä heikentää saavutetun tilan pysyvyyttä. Sopiva fosforin saostuskemikaali on alumiinikloridi ja tarvittava kertakäsittelyannos on 460–4 600 kg. Tarkka annostus määritetään hankesuunnitteluvaiheessa astiakokein. Kustannukset jäänevät kokonaisuudessaan alle 5 000 €, josta kemikaalien osuus on noin 1 400 €.

Järven sedimentin kemikaalipöyhintä on kokeiluasteella oleva kunnostusmenetelmä, josta on saatu tähän mennessä lupaavia tuloksia rehevissä järvissä, esimerkiksi

Kuusamon Nälkämölammissa. Menetelmä mahdollistaa moninkertaisen kemikaalin annostuksen veden fosforin kemialliseen saostamiseen verrattuna ja siten vähentää oleellisesti ravinteiden vapautumista sedimentistä. Menetelmän käyttö edellyttää sedimenttitutkimusten sekä astiakokeiden tekemistä sopivan annostuksen löytämiseksi. Pöyhintäkemikaloinnin kokonaiskustannukset ovat tasolla 10 000 €.

4.4.2

Iso-Syväjärvi

Kunnostamisen tarve ja tavoitteet

Iso-Syväjärven kunnostamisen tavoitteena on pitää yllä järven hyvää virkistyskäyttöarvoa. Sinileväkukintojen ehkäiseminen, vesikasvillisuuden vähentäminen ja rehevöitymiskehityksen hidastaminen ovat järven kunnostamisen realistisia tavoitteita.

Kunnostamisen reunaehdot

Iso-Syväjärven alue kuuluu osittain harjujen- ja rantojensuojeluohjelmaan, eli se on Natura 2000 aluetta. Lisäksi alue on maakunnallisesti merkittävä kulttuurihistoriallinen alue ja ensimmäisen luokan pohjavesialuetta. Alueella ei ole havaittu uhanalaisia tai suojeltavia kasvi- tai eläinlajeja, vaan suojelu perustuu luontotyyppien suojeluun. Kunnostamisen reunaehtoista merkitystä eri kunnostamistoimiin on arvioitu liitteessä 11.

Iso-Syväjärven kalakannasta noin puolet on särkiä, joten ravintoketjukunnostus on tarpeellinen toimenpide järven kalakannan parantamiseksi sekä sinilevähaittojen vähentämiseksi (kuva 17). Tehokalastusjakson aikana järvestä tulisi poistaa särkikalaja noin 1 100 kg a⁻¹ ja hoitokalastusjakson aikana noin 230 kg a⁻¹. Tehokalastusjakson kustannukset ovat noin 9 000 € a⁻¹ ja hoitokalastusjakson kustannukset jäävät alle 1 500 € a⁻¹. Kustannuksia on mahdollista pienentää talkootyöllä, erityisesti hoitokalastusjakson aikana. Lisäksi osa kustannuksista voidaan kattaa pidättäytymällä kalaistutuksista ja kohdentamalla niihin ohjattua rahoitusta järven kunnostamiseen. Myöhemmin kalaistutuksissa kannattaa suosia petokalalajeja, jotka harventavat särkipopulaatiota riittävästi. Ennen ravintoketjukunnostuksen aloittamista on järvelle raivattava apajapaikkoja. Pääosin vesikasvien niitosta, mutta myös rantaveteen kaatuneiden puiden raivauksesta muodostuvan raivaustyön kustannuksiksi on arvioitu 2 000–4 000 € (kuva 19) Raivaustyö olisi uusittava vesikasvien niiton osalta vuosittain.

Iso-Syväjärven hapettaminen talvisin on suositeltavaa alusveden heikon happitilanteen vuoksi. Hapetuksesta aiheutuvat kustannukset ovat vuositasolla noin 2 400 euroa.

Järven virkistyskäyttöä haittaavan vesikasvillisuuden vähentäminen on erityisesti Pikku-Syvällä ja Itälähdessä perusteltua. Vesikasvien niiton kustannukset ovat niitokertaa kohden noin 1 500 €. Hyvän niitotuloksen saavuttamiseksi tulisi järvi niittää 1–2 kertaa kesässä 2–4 vuoden ajan, jolloin niitohankkeen kokonaiskustannukset olisivat noin 8 000 €.

4.4.3

Lianjärvi

Kunnostamisen tarve ja tavoitteet

Lianjärven kunnostamisen tavoitteena on pitää yllä järven hyvää virkistyskäyttöarvoa. Sinileväkukintojen ehkäiseminen sekä vesikasvillisuuden vähentäminen ovat järven kunnostamisen realistisia tavoitteita. Myös rehevöitymiskehityksen hidastaminen on tärkeää.

Kunnostamisen reunaehdot

Lianjärven alue kuuluu pääosin harjujen- ja rantojensuojeluohjelmaan, eli se on Natura 2000 aluetta. Lisäksi alue on maakunnallisesti merkittävä kulttuurihistoriallinen



Kuva 19. Rokuan alueen järvien rannoilla on runsaasti veteen kaatuneita puita. Puiden kaataminen jälle liittyy alueella harjoitettuun poroelinkeinoon ja porojen talviruokintaan. Ravintoketjukurinnotuksen apajapaikat on pääsääntöisesti ensin raivattava. Kuva on otettu Iso-Syväjärven pohjoispäästä kaakkoon. Kuva Arja Männikkö 23.7.2004.

alue ja ensimmäisen luokan pohjavesialuetta. Lianjärvestä lähtevän Lianojan kostekkorannoilla kasvaa uhanalaiseksi luokiteltua neivaimarretta (*Thelypteris palustris*), mutta itse järviolueella ei ole havaittu uhanalaisia tai suojeltavia kasvi- tai eläinlajeja. Alueen suojeluvarvot perustuvat luontotyyppien suojeluun.

Teknicaloudellisesti sopivat menetelmät

Lianjärvelle soveltuvat kunnostusmenetelmät ovat ravintoketjukurinnotus ja hapetus. Kunnostusmenetelmien soveltuvuuden arviointi on kokonaisuudessaan esitetty liitteessä 12.

Koekalastusta ei ole Lianjärvellä tehty, mutta voidaan olettaa, että kalastorakenne on vastaavan tyyppinen kuin Iso-Syväjärvessä. Järven ravintoketjukurinnotuksen tarpeellisuutta ja mahdollista tuloksellisuutta on syytä arvioida kesäajan tarkentavien a-klorofylli ja kokonaisfosforinäyttein (kuva 17). Sinileväkukinnot ovat kuitenkin ongelma Lianjärvellä ja ravintoketjukurinnotus on perusteltua rehevöitymiskehityksen hidastamiseksi. Tehokalastusjakson aikana järvestä tulisi poistaa särkikalaja noin 1 600 kg a⁻¹ ja hoitokalastusjakson aikana noin 350 kg a⁻¹. Tehokalastusjakson kustannukset ovat noin 12 000 € a⁻¹ ja hoitokalastusjakson kustannukset jäävät alle 1 600 € a⁻¹. Kustannuksia on mahdollista pienentää talkootyöllä, erityisesti hoitokalastusjakson aikana. Lisäksi osan kustannuksista voi kattaa pidättäytymällä kalaistutuksista ja kohdentamalla niihin ohjattua rahoitusta järven kunnostamiseen. Myöhemmin kalaistutuksissa kannattaa suosia petokalalajeja, jotka harventavat luontaisesti särkipopulaatiota. Ennen ravintoketjukurinnotuksen aloittamista on järvelle raivattava apajapaikkoja, joiden raivaamiskustannuksiksi on arvioitu 2 000–4 000 €. Myöhemmin raivaustyö vesikasvien niiton osalta olisi uusittava tarvittaessa vuosittain.

Alusveden hapettomuuden estäminen hapetuksella parantaa järven tilaa huomattavasti. Järveä kiusaavat toistuvat sinileväkukinnot saataisiin pysymään kurissa pitämällä alusvesi hapellisena, jolloin järven pohjasta ei liukenisi ravinteita veteen. Lianjärvellä riittää talvikauden hapetus, jolloin kustannukset ovat noin 3 000 € a⁻¹.

Asukaslähtöiset kunnostusmenetelmän valintaperusteet

Lianjärven rannalla on yhteensä 11 rantakiinteistöä, joista yhtä käytetään ympärivuotuisena asuntona. Lisäksi Lianjärven koillis- ja itärannalle on kaavoitettu Ahve-roisenkankaan asemakaava-alue (kuva 16). Vähentämällä rantakiinteistöistä tulevaa kuormitusta voidaan järven rehevöitymiskehitystä osaltaan hidastaa. Tähän tulisi kaikkien rantakiinteistöjen omistajien sitoutua ja huolehtia jätevesien ja jätteiden käsittely kuntoon alueella.

4.4.4

Tulijärvi ja Kotalampi

Kunnostamisen tarve ja tavoitteet

Tulijärven ja Kotalammen kunnostamisen tavoitteena on parantaa järvien virkistyskäyttöarvoa. Esimerkiksi käyttökelpoisuusluokan parantaminen voisi olla realistista. Järvien sinileväkukintoja ja ravinteiden vapautumista sedimentistä tulee vähentää. Alusveden happipitoisuutta on lisättävä sekä kesällä että talvella. Tulijärven lahtien vesikasvillisuutta on myös syytä poistaa virkistyskäytön parantamiseksi.

Kunnostamisen reunaehdot

Tulijärven ja Kotalammen alue kuuluu lähes kokonaan harjujen- ja rantojensuojeluohjelmaan, eli se on Natura 2000 aluetta. Lisäksi alue on maakunnallisesti merkittävä kulttuurihistoriallinen alue ja ensimmäisen luokan pohjavesialuetta. Tulijärven laskevan Lianojan kosteikkorannoilla kasvaa uhanalaiseksi luokiteltua neivaimarretta (*Thelypteris palustris*), mutta itse järviolueella ei ole havaittu uhanalaisia tai suojeltavia kasvi- tai eläinlajeja. Alueen suojeluarvot perustuvat luontotyyppien suojeluun.

Teknistaloudellisesti sopivat menetelmät

Tulijärven kunnostamiseen soveltuvat menetelmät ovat hapetus, ravintoketjukurkunnostus, vesikasvien niitto sekä mahdollisesti fosforin kemiallinen saostus ja pienten alueiden ruoppaaminen. Kunnostusmenetelmät soveltuvuusarvioineen on koottu liitteeseen 13. Kotalampeen soveltuvat menetelmät ovat hapetus, ravintoketjukurkunnostus, fosforin kemiallinen saostus, vesikasvien niitto ja Kotasalmen ruoppaaminen (kuva 18). Kotalampi, samoin kuin Leväsoppinenkin, voisi olla erinomainen koekohde pohjan kemikalointipöyhinnälle.

Hapetusta tarvitaan Tulijärven ja Kotalammissa parantamaan alusveden happi-tilannetta ja vähentämään ravinnevirtaa sedimentistä veteen. Hapetuksen tulisi olla ympärivuotista, sillä alusvesi on hapetonta läpi vuoden. Tulijärven ja Kotalampeen on laitettava vähintään kaksi hapetinta. Hapetuksen vuosittaiset kustannukset jäävät alle 5 000 € a⁻¹.

Koekalastuksen mukaan Tulijärven kalastorakenne on vinoutunut, sillä särkikaloja on koko kalakannasta lähes 70 %. Koska Tulijärvi ja Kotasalmi ovat suorassa yhteydessä toisiinsa, on niiden kalasto todennäköisesti yhteneväinen. Ravintoketjukurkunnostus on sekä Tulijärvellä että Kotalamella tarpeen sinilevähaittojen vähentämiseksi (kuva 17). Tehokalastusjakson aikana järvistä tulisi poistaa särkikaloja noin 2 700 kg a⁻¹ ja hoitokalastusjakson aikana noin 550 kg a⁻¹. Tehokalastusjakson kustannukset jäävät alle 20 000 € a⁻¹ ja hoitokalastusjakson kustannukset ovat noin 2 700 € a⁻¹. Kustannuksia on mahdollista pienentää talkootyöllä, erityisesti hoitokalastusjakson aikana. Lisäksi osan kustannuksista voi kattaa pidättäytymällä kalaistutuksista ja kohdentamalla niihin ohjattua rahoitusta järven kunnostamiseen. Myöhemmin kalaistutuksissa kannattaa suosia petokalalajeja, jotka harventavat luontaisesti särkipopulaatiota.

Vesikasvien niittämistä tarvitaan ravintoketjukurkunnostuksen apajapaikkojen lisäksi ojien suilla, lahdissa ja Kotasalmessa, koska ne ovat lähes umpeenkasvaneita (kuva 20). Niittokustannukset ovat vuositasolla 2 000 €, mutta niittotyön onnistuminen vaatii talkootyötä huolehtimaan niitettyjen kasvien nostamisesta järvestä.

Fosforin kemiallinen saostaminen järven vedestä on toteuttamiskelpoinen menetelmä, koska järven arvioitu viipymä on pitkä. Saostaminen ei todennäköisesti riitä kertaluonteisena vaan se on toistettava 3–5 vuoden välein. Kustannukset käytettäessä saostuskemikaalina alumiinikloridia ovat noin 15 000 €, josta kemikaalien osuus on 8 000 €. Saostuskemikaalia tarvittaisiin 9 000–13 000 kg, mutta lopullinen kemikaaliannostus tulisi määrittää astiakokein.

Laajoja ruoppauksia ei alueella voida tehdä suojelualueiden vuoksi. Kuitenkin umpeenkasvaneiden alueiden ja rantojen siistimisruoppaukset ovat mahdollisia. Rannalta ruoppauksen kustannukset ovat hehtaaria kohden 5 000 - 8 400 €. Kaikkiin paikkoihin ei kuitenkaan todennäköisesti pääse rannalta, jolloin ruoppauskustannukset nousevat. Kotasalmen ruoppaus on perusteltua esimerkiksi veneilyn ja vedenvaihtuvuuden parantamiseksi Kotasalmissa. Ruopattavaa pinta-alaa Kotasalmissa on noin 500 m².

Kotalampi ja Leväsoppinen soveltuvat pohjan pöyhintäkemikaloinnin koekohteiksi. Mikäli kumpikin kohde käsiteltäisiin samalla kertaa, voitaisiin pöyhintäkalustoa käyttää laajemmin ja kustannustehokkaammin. Kotalammen osuus kustannuksista olisi tasolla 6 000–8 000 €.

4.4.5

Kirvesjärvi

Kunnostamisen tarve ja tavoitteet

Kirvesjärven kunnostamisen tavoitteena on pitää yllä järven hyvää virkistyskäyttöarvoa. Sinileväkukintojen ehkäiseminen sekä vesikasvillisuuden vähentäminen ovat järven kunnostamisen realistisia tavoitteita. Myös rehevöitymiskehityksen hidastaminen on tärkeää.

Kunnostamisen reunaehdot

Kirvesjärven alue kuuluu kokonaan harjujen- ja rantojen suojeluohjelmaan, eli se on Natura 2000 aluetta. Lisäksi alue on maakunnallisesti merkittävä kulttuurihistoriallinen alue ja ensimmäisen luokan pohjavesialuetta. Kirvesjärven kosteikkorannoilla kasvaa uhanalaiseksi luokiteltua neivaimarretta (*Thelypteris palustris*). Muita uhanalai-



Kuva 20. Tulijärven Aittolahden vesikasvustot ovat levinneet laajalle alueelle ja esimerkiksi veneily on erittäin vaikeaa. Kuva Arja Männikkö 23.7.2004.

sia tai suojeltavia kasvi- tai eläinlajeja ei alueella ole havaittu. Alueen suojelevarvot perustuvat luontotyyppien suojeeluun.

Teknistaloudellisesti sopivat menetelmät

Kirvesjärven kunnostamiseen hyvin soveltuva menetelmä on hapetus. Myös ravintoketjukurkunnostus ja veden fosforin kemiallinen saostus ovat mahdollisia. Kirvesjärven kunnostusmenetelmät soveltuvuusarvioineen ovat liitteessä 14.

Kirvesjärven syvänteen hapetus on alusveden ajoittaisen hapettomuuden vuoksi tarpeellista ja kustannukset jäävät alle 3 000 € a⁻¹.

Kirvesjärven kalakantaa ei ole kartoitettu, mutta se lienee Iso-Syväjärven kalakannan tyyppinen. Ravintoketjukurkunnostus on järvellä tarpeen sinilevähaittojen vähentämiseksi (kuva 17). Tehokalastusjakson aikana järvistä tulisi poistaa särkikalaja noin 1 300 kg a⁻¹ ja hoitokalastusjakson aikana noin 260 kg a⁻¹. Tehokalastusjakson kustannukset jäävät alle 10 000 € a⁻¹ ja hoitokalastusjakson kustannukset ovat 1 300 € a⁻¹. Kustannuksia on mahdollista pienentää talkootyöllä, erityisesti hoitokalastusjakson aikana. Lisäksi osan kustannuksista voi kattaa pidättäytymällä kalaistutuksista ja kohdentamalla niihin ohjattua rahoitusta järven kunnostamiseen. Myöhemmin kalaistutuksissa kannattaa suosia petokalalajeja, jotka harventavat luontaisesti särkipopulaatiota.

Veden fosforin kemiallisesta saostamisesta voi olla järvelle hyötyä, mikäli veden fosforipitoisuudet ovat jatkossakin korkealla tasolla. Muutaman havainnon antaman tiedon vuoksi järven kemikalointi on kuitenkin nykyisellään liian massiivinen toimenpide laskettuihin lähes 20 000 € kustannuksiin nähden.

4.4.6

Kunnostustoimien yhdistäminen eri järvillä

Järvien sijainti ketjussa on tärkeää ottaa huomioon kunnostustoimenpiteitä tehtäessä, jotta saataisiin aikaan mahdollisimman tehokas lopputulos ja kustannustaso jäisi mahdollisimman alhaiseksi. Kunnostaminen on syytä aloittaa järvien apajapaikkojen raivauksella ja ravintoketjukurkunnostamisella. Kunnostus tulee tehdä ketjutettuna, eli toimenpiteet aloitetaan Leväsoppisessa, sitten Iso-Syväjärvestä, Lianjärvestä, Tulijärvestä, Kotalammessa ja edelleen Kirvesjärvestä. Virtaavan veden mukanaan tuomat ravinteet eivät pääse kuormittamaan alapuolista kunnostettavaa vesistöä, kun kunnostaminen aloitetaan järviketjun alkupäästä. Laitteiden kuljetus-, huolto- ja ylläpitokustannuksissa säästetään toteutettaessa kukin kunnostusmenetelmä ketjutamalla. Kustannukset ovat yleensä pienillä järvillä korkeammat alaa kohden, mutta ketjuttaminen madaltaa niiden kustannuksia.

Järvien hoitokalastaminen on laajuudessaan noin 2 henkilötyövuoden työ vuodessa. Ravintoketjukurkunnostamiselle olisi löydettävä riittävä rahoitus, jotta teho- ja hoitokalastus voidaan tehdä kaikilla järvillä ketjutettuna. Hoitokalastuksen järjestämiseksi voisivat järvien loma-asukkaat muodostaa yhteisön ja palkata esimerkiksi pitkäaikaistyöttömiä työllisyystöihin kalastamaan särkiä.

4.5

Yhteenveto

Rokuan harjualueen lukuisten pienten järvien joukossa on rehevöitynyt järviketju, jonka rehevöitymiskehitykselle etsitään selitystä. Rehevimpiä, lähes ylireheviä järviä ovat Leväsoppinen ja Kotalampi. Tulijärvi on rehevä, Iso-Syväjärvi, Lianjärvi ja Kirvesjärvi ovat lievästi rehevöityneitä. Järvet ovat pääasiassa sisäkuormitteisia, eikä niille ole löydetty merkittävää ulkoista kuormittajaa. Alueen loma-asukkaat ovat

esittäneet huolensa järvien nykykehityksestä. Näistä lähtökohdista aloitettiin Rokuan rehevien järvien kunnostamisen yleissuunnitelman laatiminen.

Kaikkien kunnostussuunnitelmaan kuuluvien järvien, Leväsoppisen, Iso-Syväjärven, Lianjärven, Tulijärven, Kotalammen ja Kirvesjärven, kunnostamiseen soveltuvat hapetus ja ravintoketjukurkennostus. Järvien alusvettä vaivaa hapettomuus ja kalasto koekalastetuissa järvissä on särkivaltaista. Vesikasvien niittoa tarvitaan useimmilla järvillä. Runkas vesikasvillisuus häiritsee virkistyskäyttöä ja ravintoketjukurkennostuksen apajapaikat on raivattava liiasta vesikasvillisuudesta ja rantavedessä olevista puista. Ainoastaan Lianjärvessä ja Kirvesjärvessä ei ole havaittu vesikasvillisuuden runsastumista. Leväsoppisessa, Tulijärvessä, Kotalammessa ja Kirvesjärvessä fosforin kemiallinen saostus voi tietyin edellytyksin olla toimiva menetelmä. Pienet ruoppaukset ovat aiheellisia rantojen siistimiseksi ja umpeenkasvaneiden vesialueiden palauttamiseksi Tulijärvellä ja Kotalammessa, erityisesti Kotasalmessa.

Järven tilapäinen kuivattaminen ei suunnitelmaan kuuluvilla järville sovellu, koska järvet ovat pääsääntöisesti syviä ja yhteydessä pohjaveteen. Sedimentin stabiloiminen pohjaa pöyhimällä, kipsaamalla tai savipeitolla ei ole useimmissa järvissä tarpeen. Suunnitelman rehevimmät järvet, Leväsoppinen ja Kotalampi, voisivat olla sopivia pohjan kemikaalipöyhinnän koekohteiksi sillä järvien tila ei juuri huonompi voisi olla. Alueen topografian vuoksi soveltumattomia kunnostusmenetelmiä jokaiselle järvelle ovat alusveden poisjohtaminen ja vedenpinnan nostaminen. Alusvettä ei myöskään voida johtaa pois, koska alapuoliseen vesistöön aiheutuisi kuormitusta eikä kosteikoillekaan ole sopivia paikkoja. Vedenpinnan nostamisesta on hyötyä ainoastaan hyvin matalissa järvissä.

Järvien kunnostus on aiheellista toteuttaa ketjuttamalla, alkaen järviketjun ensimmäisestä järvestä, Leväsoppisesta, alaspäin järjestyksessä järvi kerrallaan. Menetelmien toteutus ketjuttamalla säästää kustannuksia ja takaa parhaan mahdollisen lopputuloksen.

5 Rokuan alueen järvien ja lampien tulevaisuus

Marja-Leena Heikkinen ja Tero Väisänen

Rokuan alue on valtakunnallisesti ainutlaatuinen geologinen muodostuma, jonka arvo perustuu sen luonnon erityispiirteisiin. Alueen maisemalle ovat luontaisia karut, kulumiselle herkäät jäkäläkankaat, kirkasvetiset järvet sekä jääkauden jälkeensä jättämät harjukuopat eli supat. Rokuan alue kuuluu valtioneuvoston vuonna 1998 tekemään EU:n Natura 2000 -verkoston Suomen ehdotukseen. Rokualla sijaitsee myös vuonna 1956 perustettu Suomen pienin kansallispuisto. Kansallispuisto perustettiin aikoinaan suojelemaan luonnontilaisia jäkäläkankaita ja Rokua-muodostuman erikoisia geologisia piirteitä. Lisäksi Rokuan alueella toimii maantieteelliselle alueelle tarkoitettu, sertifioitu ympäristöjärjestelmä, jolla edistetään alueen ympäristöasioiden systemaattista huomioonottamista ja hoitamista.

Rokuan alueella on merkitystä luonnonsuojeluarvojen lisäksi myös matkailullisesti. Luonnon erityispiirteiden sekä hyvän saavutettavuuden ansiosta Rokuasta on kehittynyt suosittu kuntoutus- ja lomakohde sekä retkeily- ja ulkoilualue. Alueen kokonaiskävijämäärän arvioidaan olevan noin 120 000 henkilöä vuosittain. Alueella on ympärivuotisesti majoituspalveluja tarjoavia yrityksiä sekä lukuisia yksityisten omistamia ja vuokraamia mökkejä. Matkailu- ja virkistyspalvelut ovat myös merkittävä työllistäjä alueella. Rokuan alueen luontomatkaillua kehitetään edelleen. Aluetta ollaan hakemassa yhdeksi kohteeksi European Geoparks -verkostoon, jonka tarkoituksena on nostaa esille geologisesti ainutlaatuisia kohteita ja kehittää geoturismia.

Rokuan alueen huomattava vedenpintojen lasku on aiheuttanut huolestuneisuutta niin paikallisissa asukkaissa, viranomaisissa kuin mediassakin. Olemassa olevan tutkimustiedon valossa syitä vedenpintojen laskulle ei kuitenkaan voida varmuudella esittää. Tästä syystä Humanpolis Rokua, Oulun yliopiston geologian laitos ja Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus käynnistivät syyskuussa 2006 suppajärvien vedenpintojen laskua selvittävän esitutkimuksen. Tämän selvityksen tarkoituksena on koota yhteen aiemmat Rokuaa koskevat pinta- ja pohjavesiä koskevat tutkimustulokset, ja siten olla apuna esitutkimukselle. Toinen Rokuan alueella huolestumista aiheuttanut asia on ollut järviketju, jonka virkistyskäyttöarvo on selvästi heikentynyt rehevöitymisen takia. Tämän selvityksen toinen osa käsittelee Rokuan rehevöityneiden järvien nykytilaa, kuormitusta ja kunnostusmahdollisuuksia. Sen tarkoituksena on luoda pohjaa mahdollisille tulevaisuudessa toteutettaville kunnostustoimenpiteille.

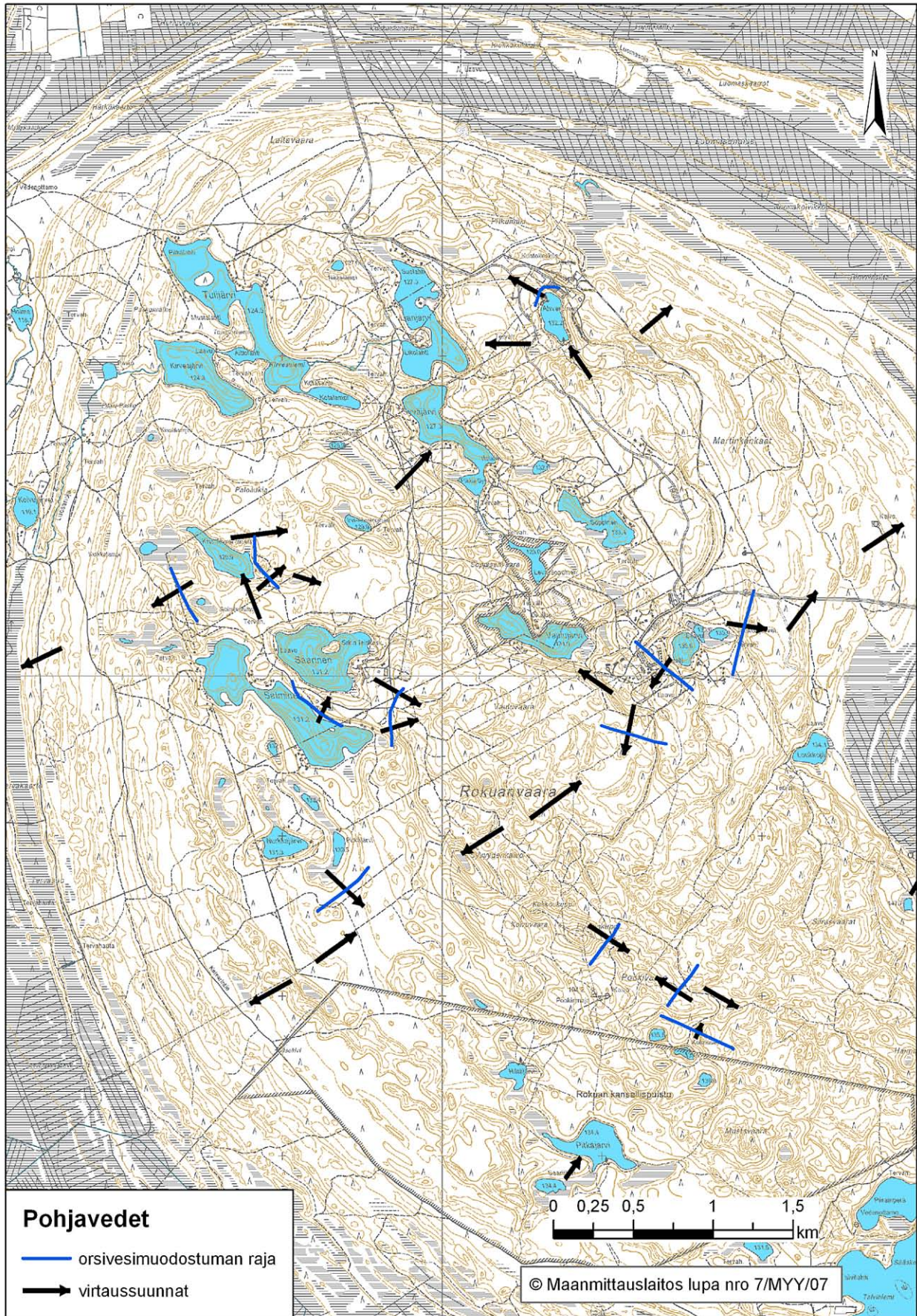
Rokuan alueen maisemallisten erikoispiirteiden ja luontoarvojen suojeleminen sekä matkailullisen vetovoiman säilyttäminen ovat tärkeitä tavoitteita. Luontoarvojen ja matkailun säilymistä ei kuitenkaan voida pitää itsestäänselvyytinä. Niiden pääasiallisina uhkina voidaan pitää alueen vedenpintojen laskua, vesien rehevöitymistä sekä ihmisen toiminnan vaikutuksia kulutusherkkään luontoon. Joidenkin ongelmien ratkaisemiseksi on jo olemassa tarpeeksi tietopohjaa ja oikeat menettelytavat. Esimerkiksi alueen maastonkulumisen ehkäisemiseksi on tehty paljon ennaltaehkäisevää ja korjaavaa työtä. Sen sijaan ongelmallisempaa on Rokuan järvien ja lampien tilan turvaaminen, koska pintojenlaskun todelliset syyt ovat vielä selvittämättä. Syitä vedenpintojen laskulle on lähdeittävä etsimään luonnollisesta pohjavedenpintojen vaihtelusta, muuttuneesta maankäytöstä, ilmastotekijöistä sekä alueellisista pohjavedenpinnan muutoksista. Rokuan alueen luontoarvojen säilymistä kannalta olisikin ensiarvoisen tärkeää tehdä lisätutkimuksia oikeiden ympäristönhoidollisten toimenpiteiden löytämiseksi.

Lähteet

- Anttila, E-L. 2006. Rokuan pinta- ja pohjavesien vedenkorkeudet ja niissä tapahtuneet muutokset. 87 s. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu. Julkaisematon.
- Anttila, T. 2006. Pöyry Environment Oy. Sähköposti 29.5 ja 2.6 2006. Titta Anttilalta saadut Petäikönsuon pohjavedenkorkeuden seurantatiedot, virtaamamittausten tulokset sekä havaintopaikkojen koordinaatit.
- Halonen, A. & Heikkinen, K. 1997. Siuruanjoki kuntoon yhteistyöhanke, kuormitus selvitys ja toimintaohjelma. 45 s. +liitteet. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus, Oulu. Julkaisematon.
- Hiljanen, R. & Hynninen, P. 1993. Vesistökuormitusta aiheuttavista metsätaloustoimenpiteistä eräiden Rokuan järvien valuma-alueilla. 5 s. +liitteet. Oulun vesi- ja ympäristöpiiri, Oulu. julkaisematon.
- Hiltunen, J. 2005. Järvien rehevöityminen Rokualla kuriin talkoilla. Pohjolan Työ 18.8.2005.
- Häkanson, L. & Jansson, M. 1983. Principles of lake sedimentology. Springer, Berlin. 316 p.
- Kainuun ympäristökeskus 1997. Vaalan pohjavesiselvitykset, Rokuanharju: Pikku-Rokua, Tiukumäki. Tutkimus selvitys.
- Kauppinen, E. 2005. Rokuanjärven rehevöitymishistoria – vertailu karun Salmisen järven kehityshistoriaan. Pro-Gradu tutkielma. Turun yliopisto, geologian laitos.
- Kortsalo, P. & Pakarinen, O. 2004. Rokuan rehevöityneiden järvien kunnostushalukkuus. Ympäristö ja yhteiskunta kurssin (791301A) harjoitustyö. Oulun yliopisto. Maantieteen laitos. 16 s. + 2 liitettä.
- Koutaniemi, L. 1986. Rokua Formation. *Julk.: Koutaniemi, L. (toim.). Northern Ostrobothnia – Kainuu, a Geographical Guide. Koillissanomat Oy, Kuusamo. Nordia 20: 2. s. 159-161.*
- Maa ja Vesi Oy. 1987. Rokuan alueen vesihuollon yleissuunnitelma. Julkaisematon. 40 s. + 16 liitettä.
- Mainio, T. 2004. Kuivatusojat ovat järkyttäneet Rokuan laajan pohjavesialueen tasapainoa. Helsingin Sanomat 14.6.2004.
- Miettunen, A. 1982. Rokuan alueen pohjavesiselvitys. Vesihallitus, Oulun vesipiirin toimisto.
- Miettunen, A. 1998. Pohjavesitutkimus, vanha kaatopaikka, Rokua, Utajärvi. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus.
- Miettunen, A. 2006. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Sähköposti 3.7.2006 ja 24.7.2006 Aarne Miettuselta saadut joidenkin järvien ja pohjavesiputkien vedenkorkeustiedot.
- Männikkö, A. 2004. Rokuan rehevien järvien kunnostamisen yleissuunnitelma. Oulun ammattikorkeakoulu – Tekniikan yksikkö. Insinööri työ.
- Paakki, S. 2004. Rokuan järvien kuormitus selvitys. Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. Luonnos 31.3.2004.
- Polvi, E. 2004. Rokuan järvet kuntoon talkoovoimin. Tervareitti 15.6.2004.
- Saarijärvi, E., Lappalainen, M., Ronkainen, J. & Hartikainen, J. 2003. Vaalan Rokuanjärven fosforitaseet vuodelle 2002 sekä kunnostuksen pääpiirteet. Vesi-Eko Oy, julkaisematon raportti. 44 s. +liitteet.
- Salonen, P. 1973. Rokuan alueen vesihuolto, vesiensuojelu ja virkistyskäyttö. Oulun yliopisto, Rakennusinsinööriosasto. Diplomityö. Oulu.
- Soveri, J., Mäkinen, R., & Peltonen K. 2001. Pohjaveden korkeuden ja laadun vaihteluista Suomessa 1975-1999. Suomen ympäristökeskus, Helsinki. Suomen ympäristö 420. 382 s.
- Tuomikoski, M. 1987. Rokuanvaara geologisena ja hydrogeologisena muodostumana. *Pro-Gradu tutkielma. Oulun yliopisto, Geologian laitos. 73 s. +liitteet. Oulu.*
- Turveruukki Oy, 2006. Muhoksen Petäikönsuon turvetuotannon pohjavesivaikutusten tarkkailuraportti. Tarkkailutulokset 06/2004-04/2006. Pöyry Environment Oy.
- Viitamäki, H. & Rouvinen, V. 2002. Rokuan järvien tila vuonna 2002. Alueelliset ympäristöjulkaisut 280, Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus. 68 s. Oulu.
- Väisänen, T. 2005. Rehevän järven kunnostusmenetelmän valinta. Lisensiaatintyö. Oulun yliopisto, Prosessi- ja ympäristötekniikan osasto. 101 s. + 7 liitettä.

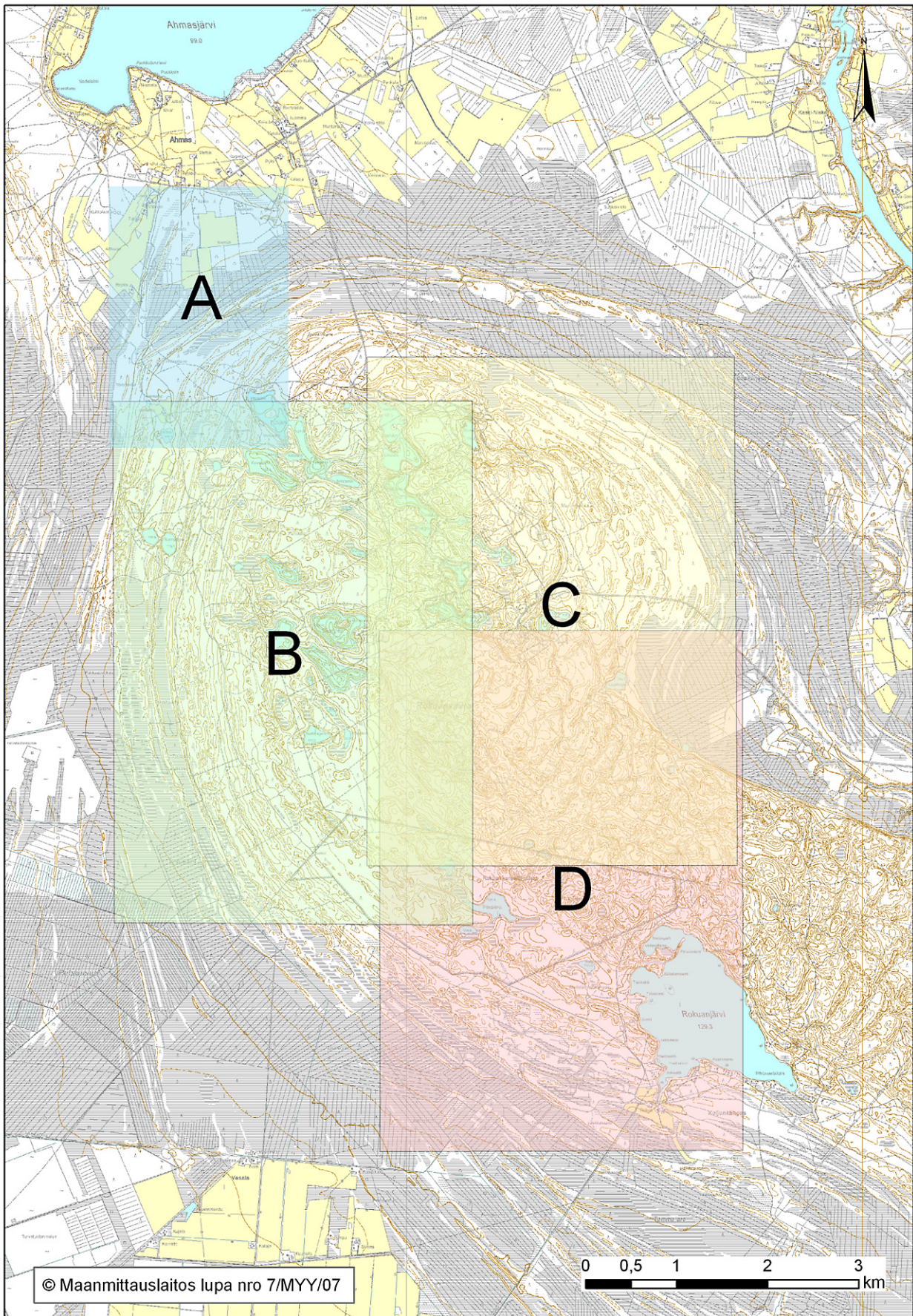
Liite I

Rokuanvaaran orsivesimuodostumien rajat sekä pohjaveden virtaussuunnat.

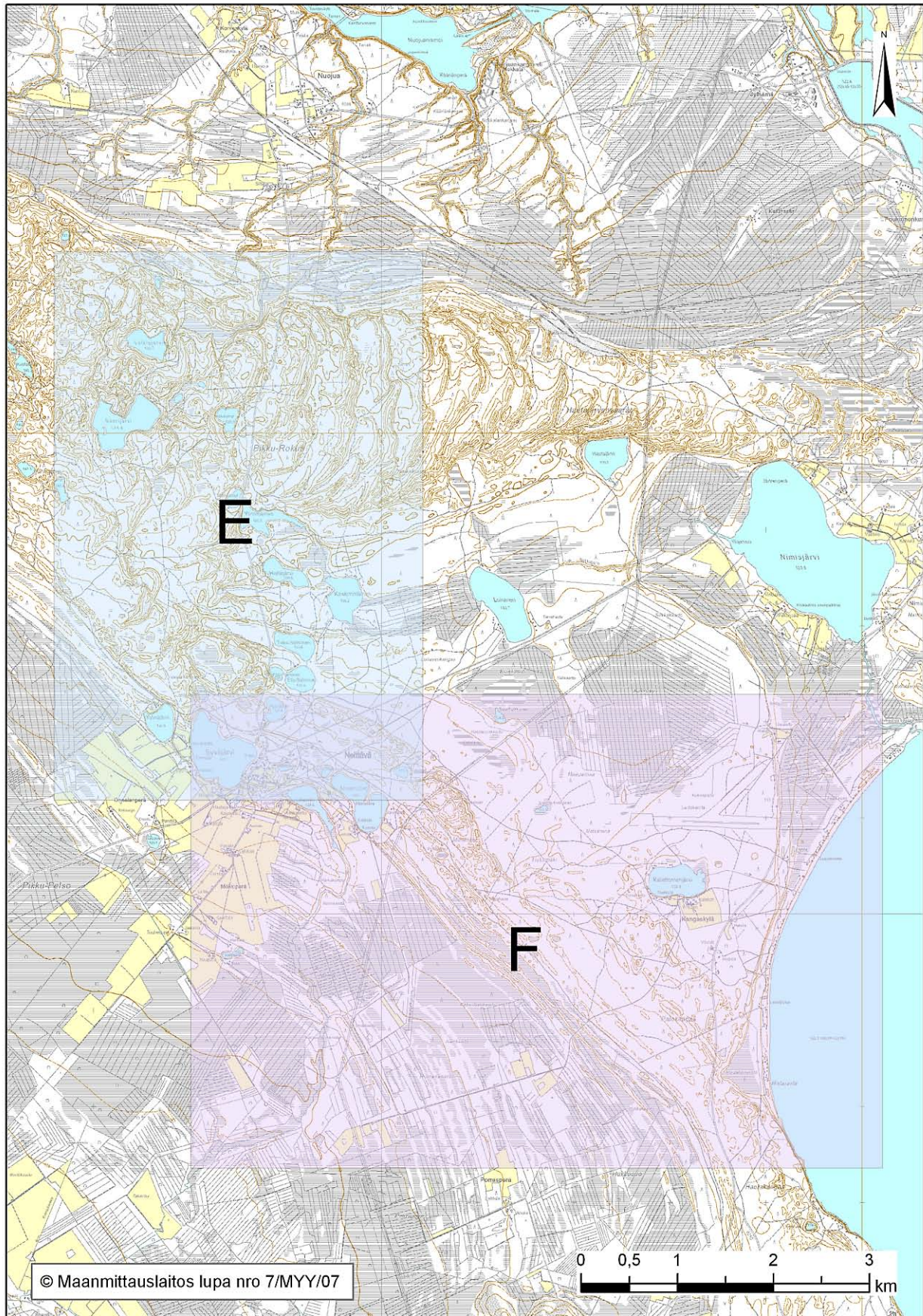


Liite 2

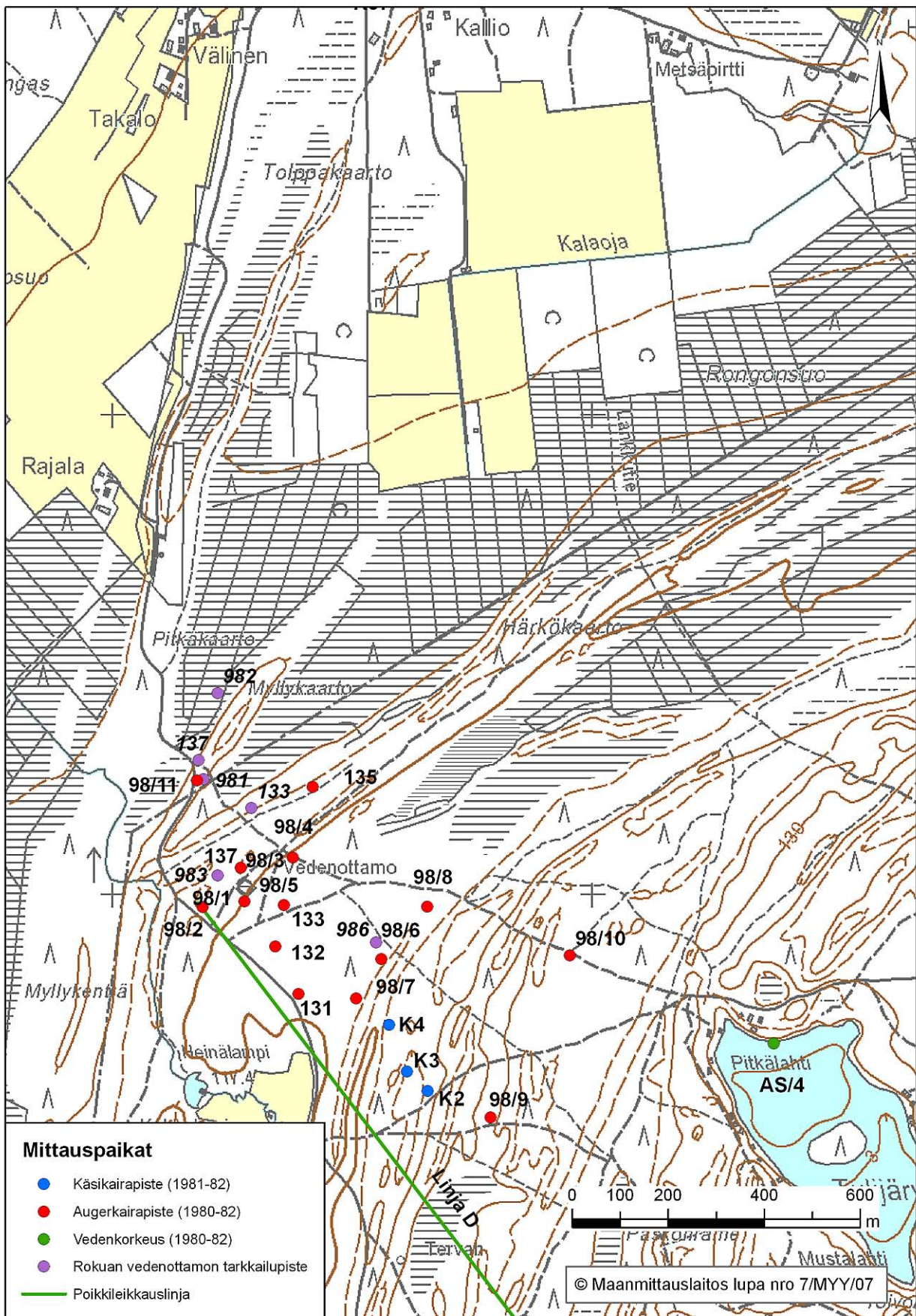
Karttojen A-D sijoittuminen Rokuan alueelle.



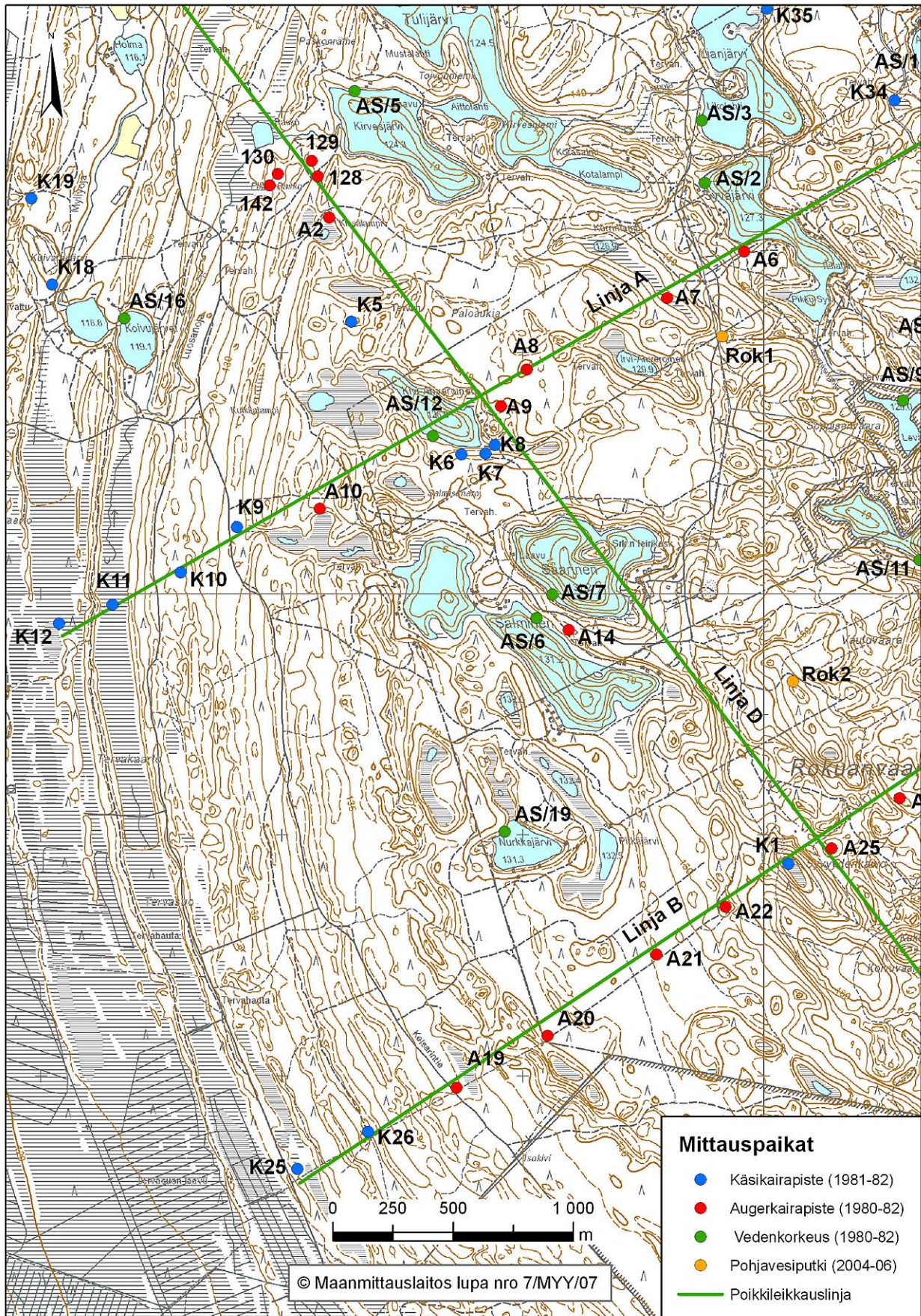
Liitteen 2 karttojen E-F sijoittuminen Pikku-Rokuan ja Tiukumäen alueelle.



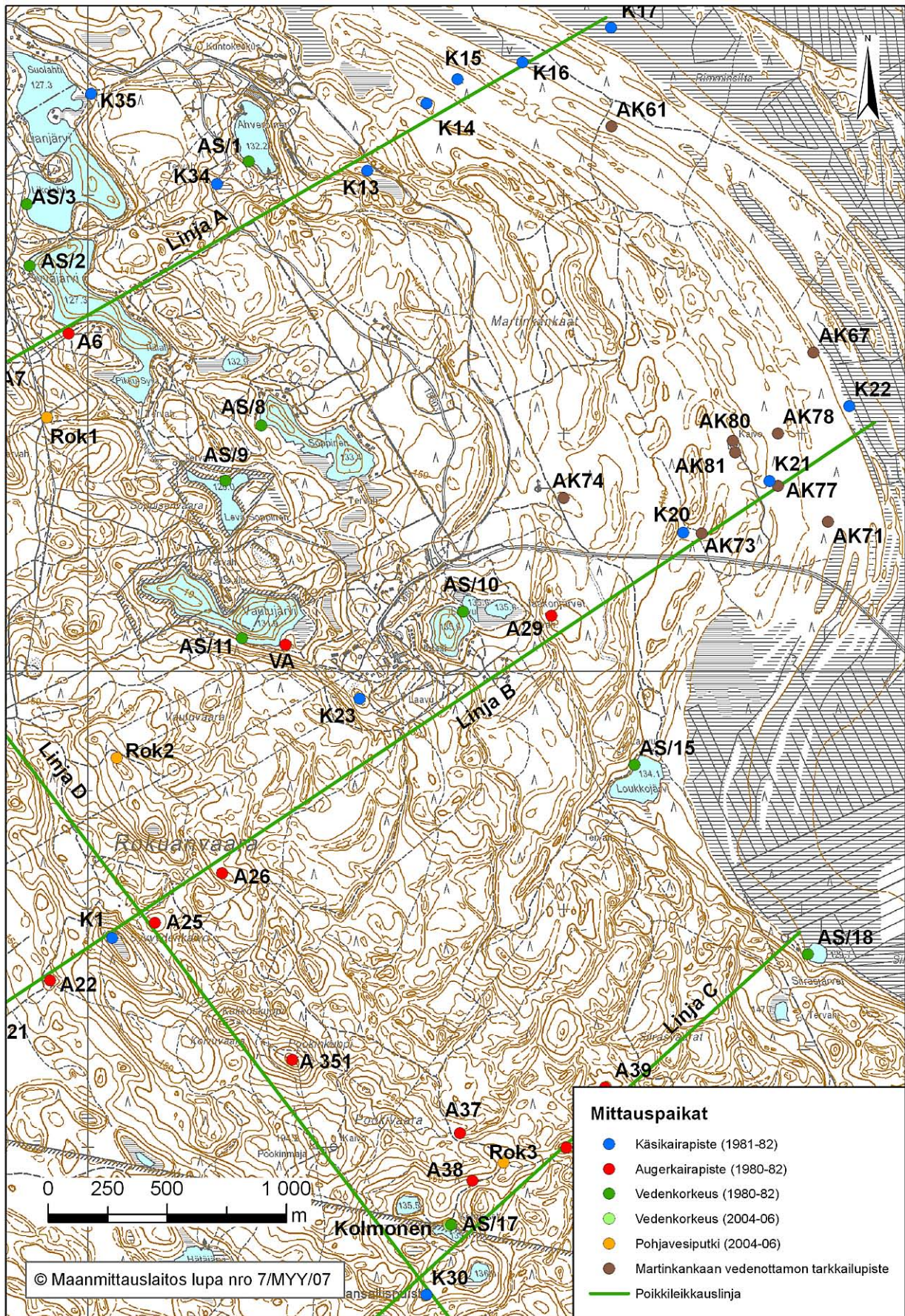
Kartta A. Vedenkorkeuden tarkkailupisteet Rokuan luoteisosassa. Suluissa vuodet, jolloin tarkkailua on suoritettu.



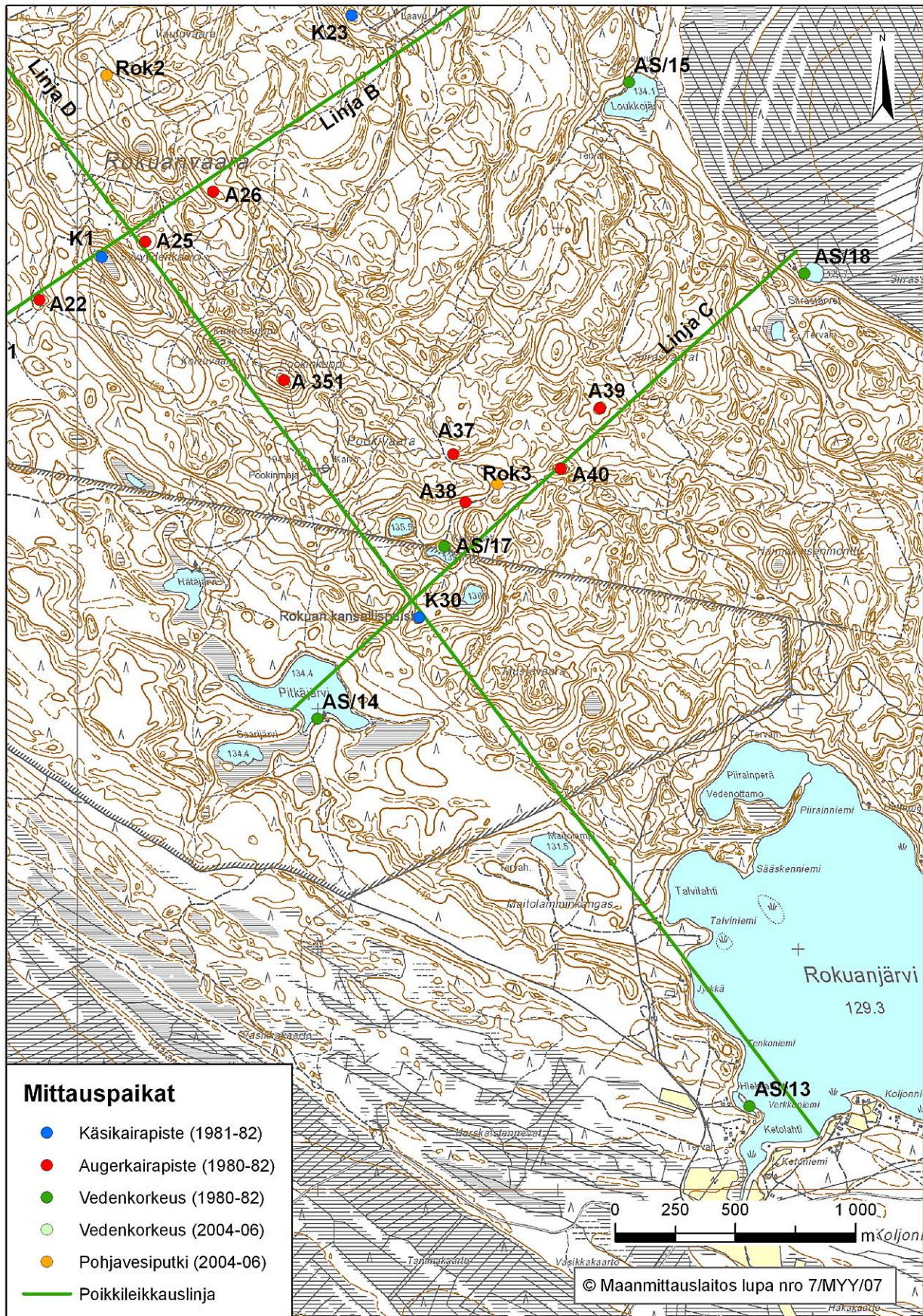
Kartta B. Vedenkorkeuden tarkkailupisteet Rokuanvaaran länsiosassa. Suluissa vuodet, jolloin tarkkailua on suoritettu.



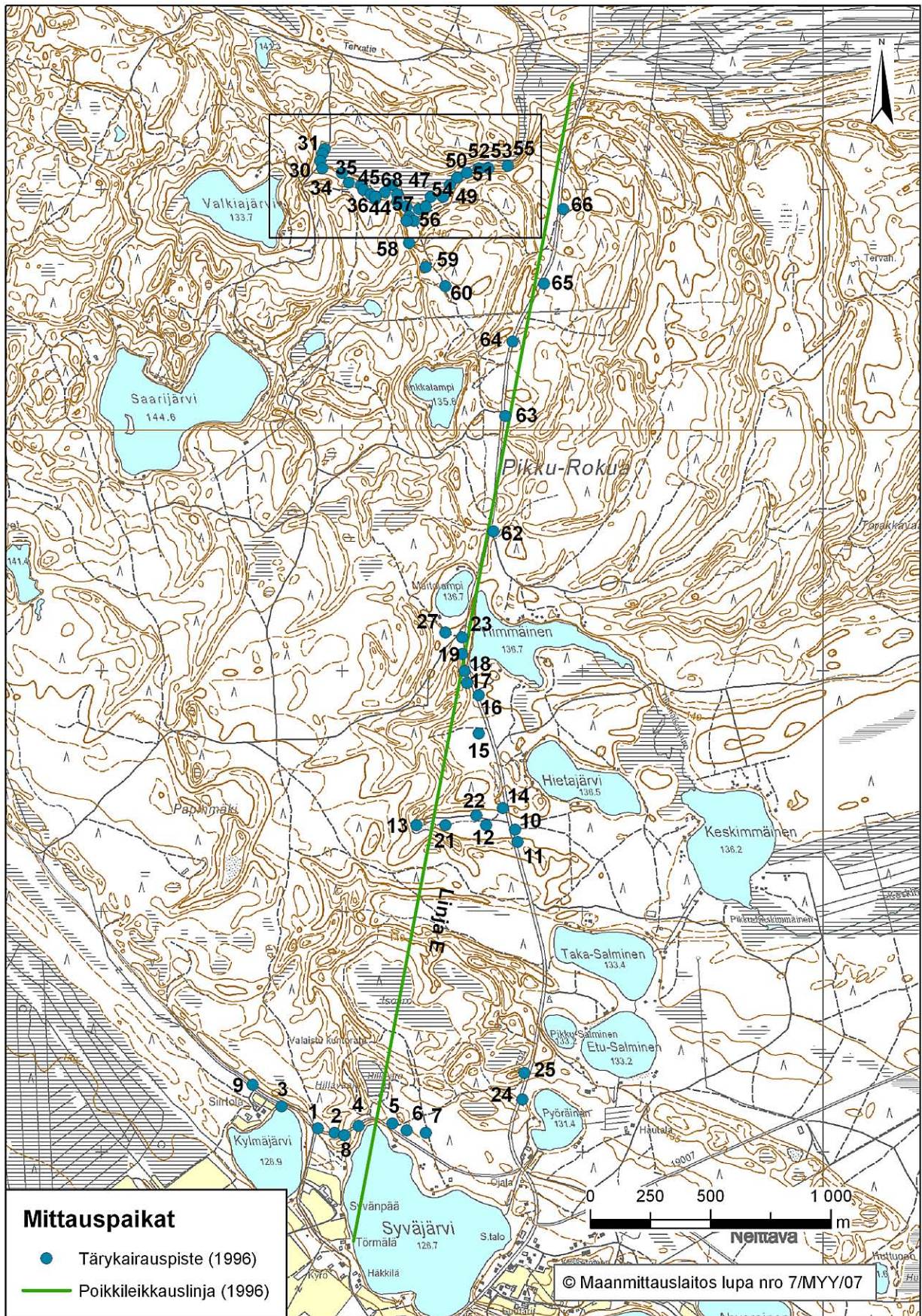
Kartta C. Vedenkorkeuden tarkkailupisteet Rokuanvaaran itäosassa. Suluissa vuodet, jolloin tarkkailua on suoritettu.



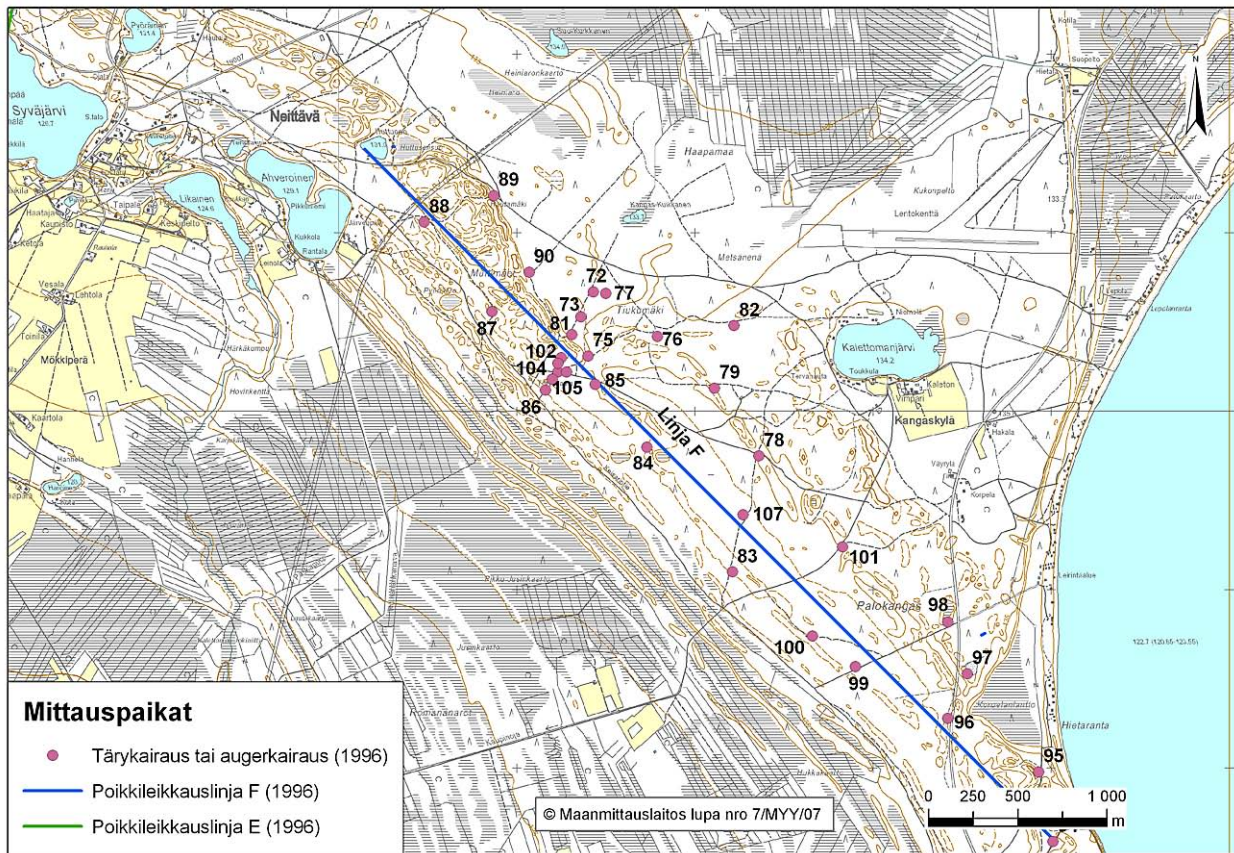
Kartta D. Vedenkorkeuden tarkkailupisteet Rokuanvaaran eteläosassa. Suluissa vuodet, jolloin tarkkailua on suoritettu.



Kartta E. Pikku-Rokuan alueella tehtyt maaperäkairaukset ja pohjaveden korkeuden mittaukset. Suluisissa vuosi, jolloin mittaukset on suoritettu.

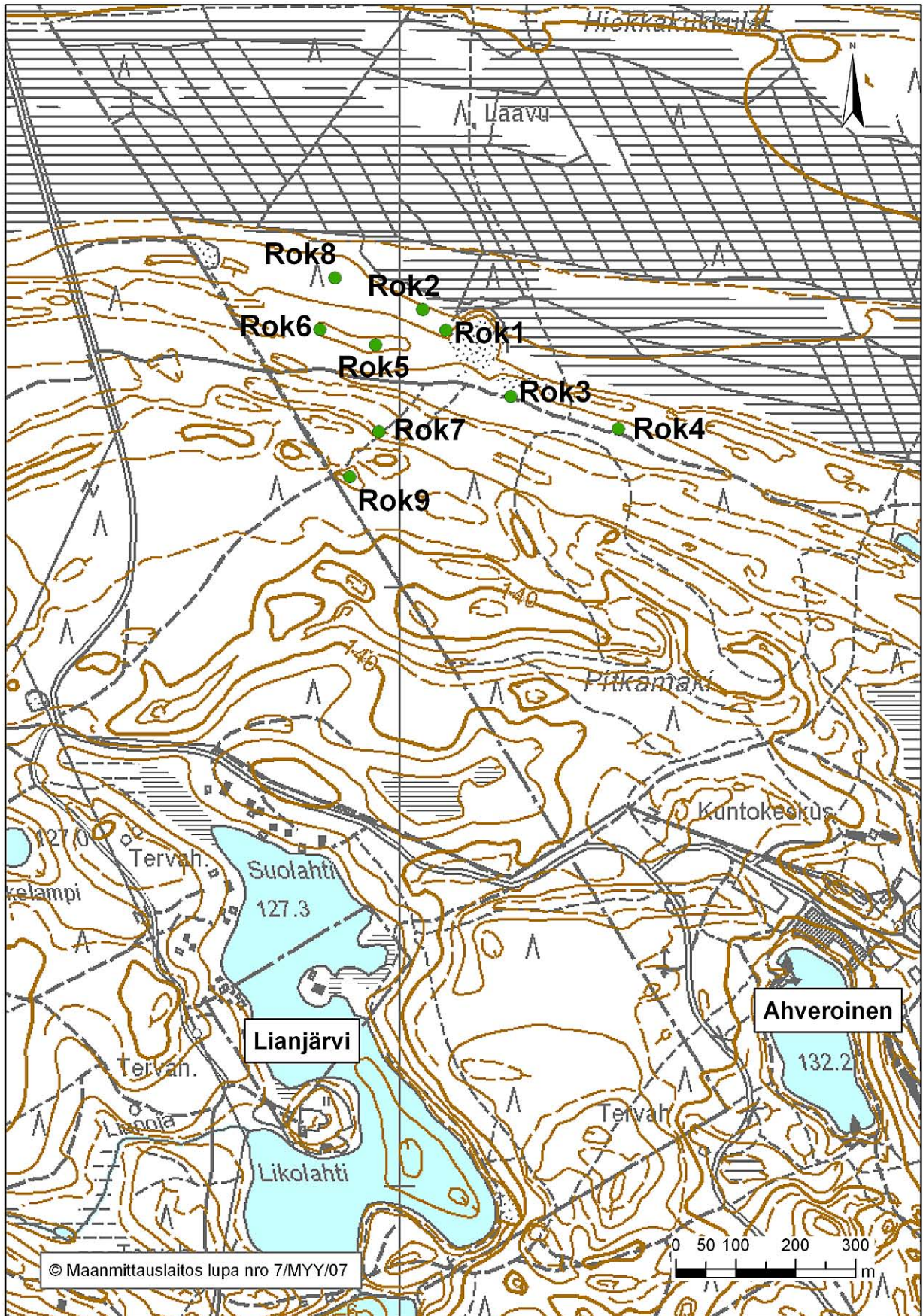


Kartta F. Tiukumäen alueella tehdyt maaperäkairaukset ja pohjaveden korkeuden mittaukset. Suluisa vuosi, jolloin mittaukset on suoritettu.



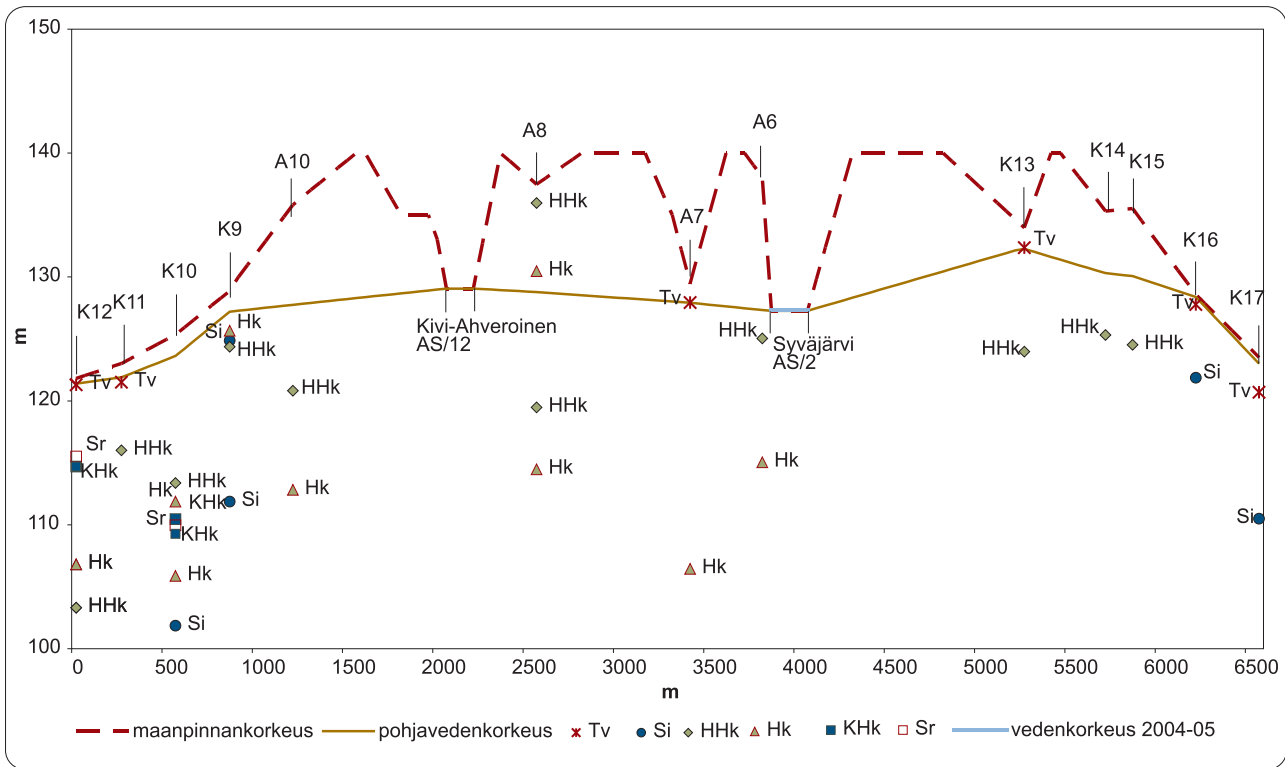
Liite 3

Rokuan vanhan kaatopaikan vedenkorkeuden mittauspisteet.

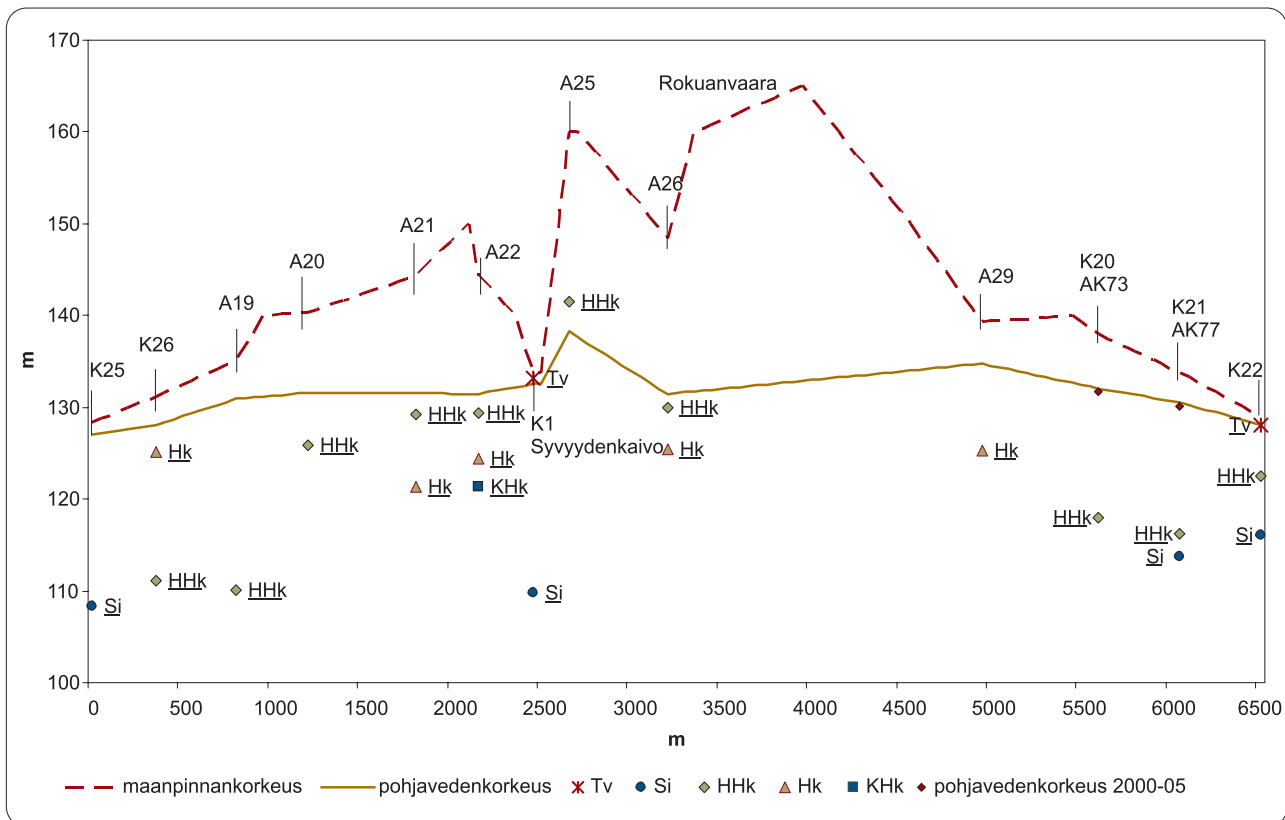


Liite 4

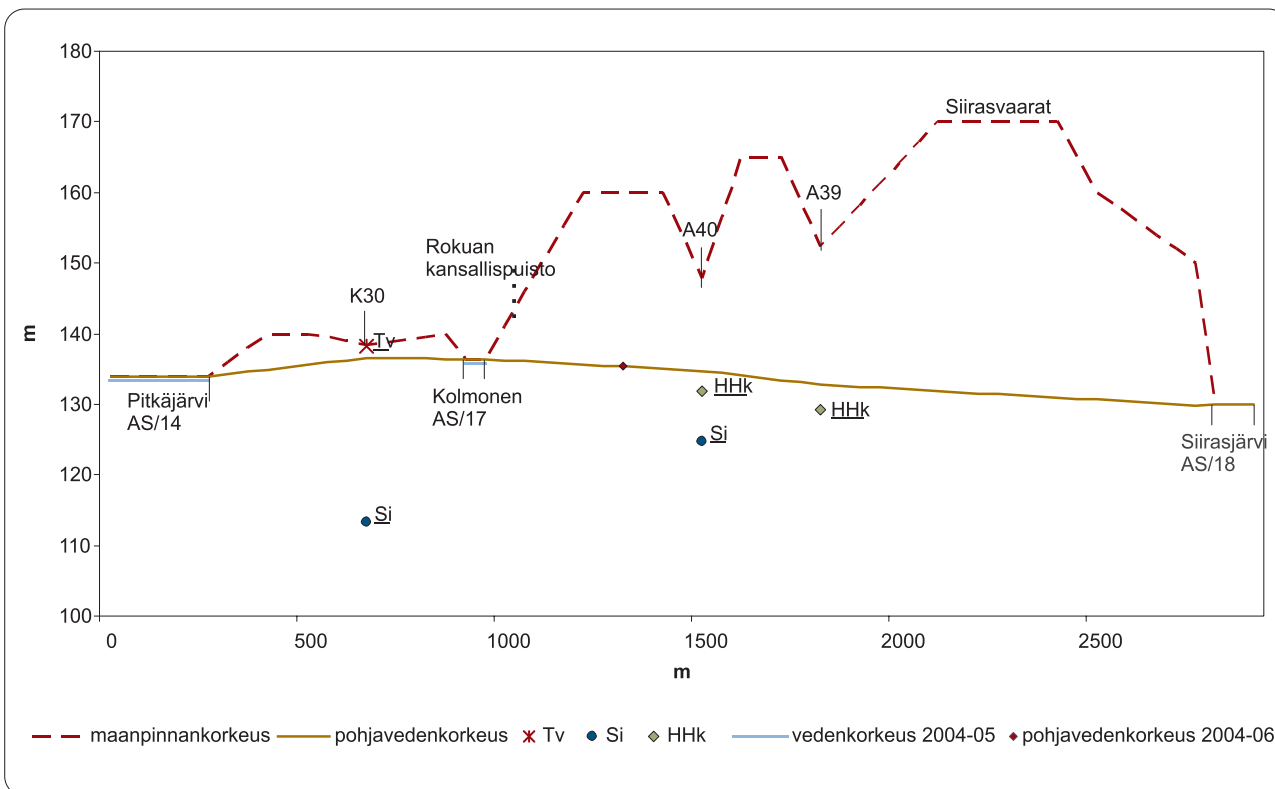
Rokuanvaaraa kuvaavat poikkileikkaukset A-F.



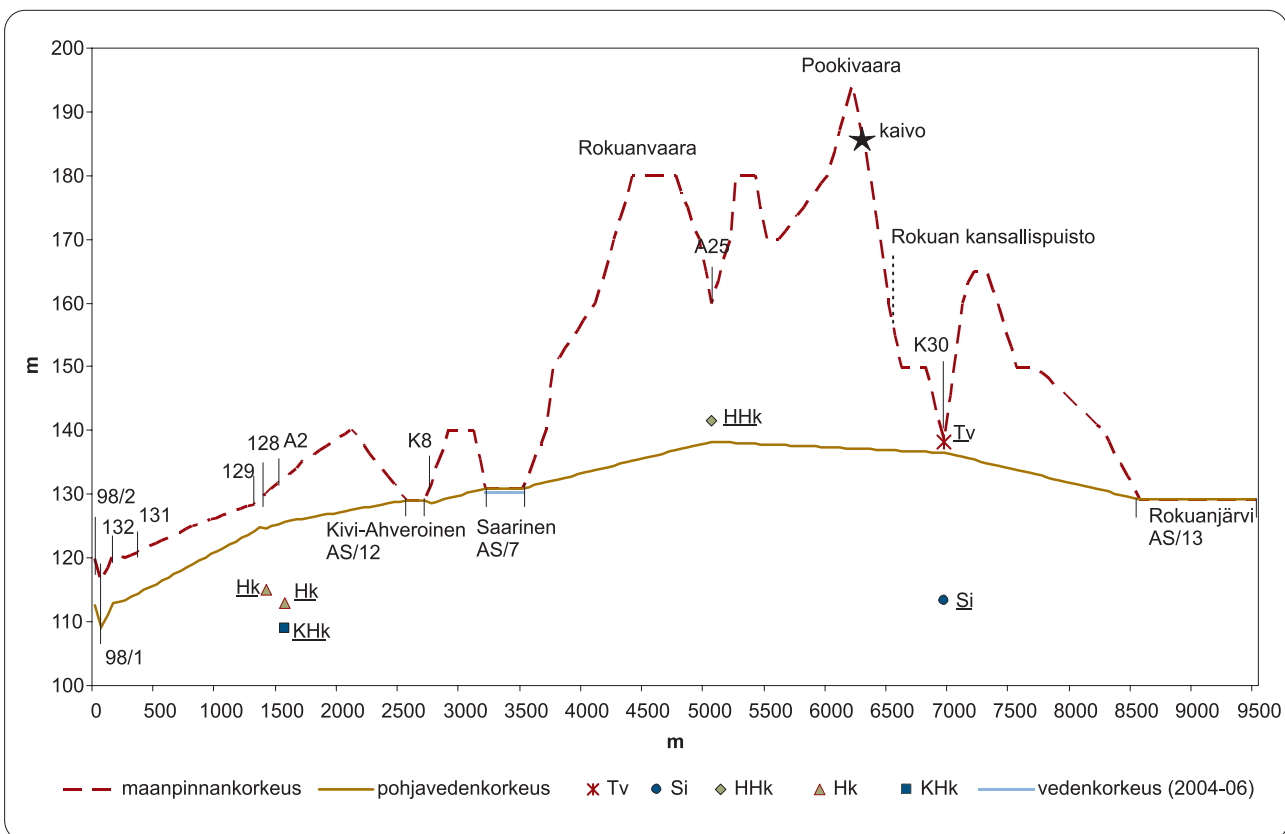
Linjalle A sijoittuvien pisteiden tietojen perusteella luotu Rokuanvaaran poikkileikkaus.



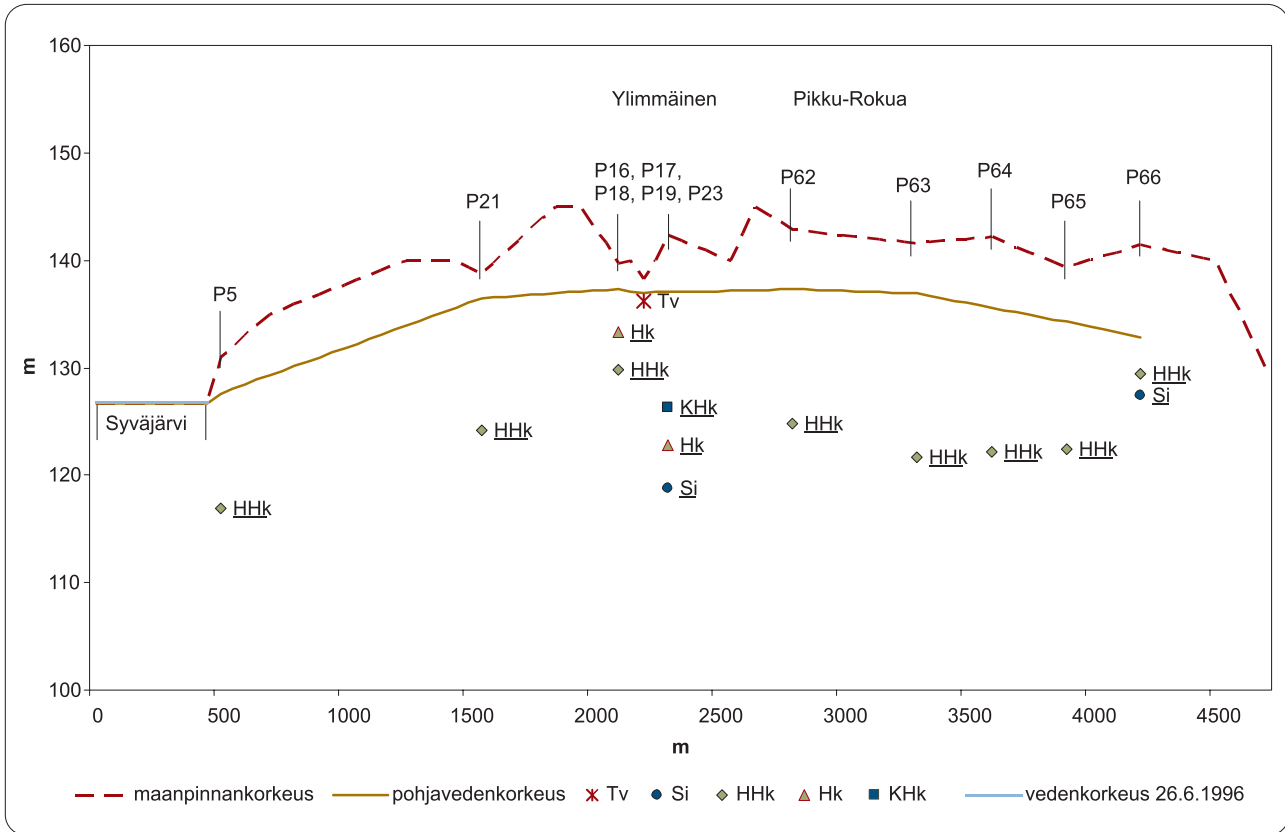
Linjalle B sijoittuvien pisteiden tietojen perusteella luotu Rokuanvaaran poikkileikkaus.



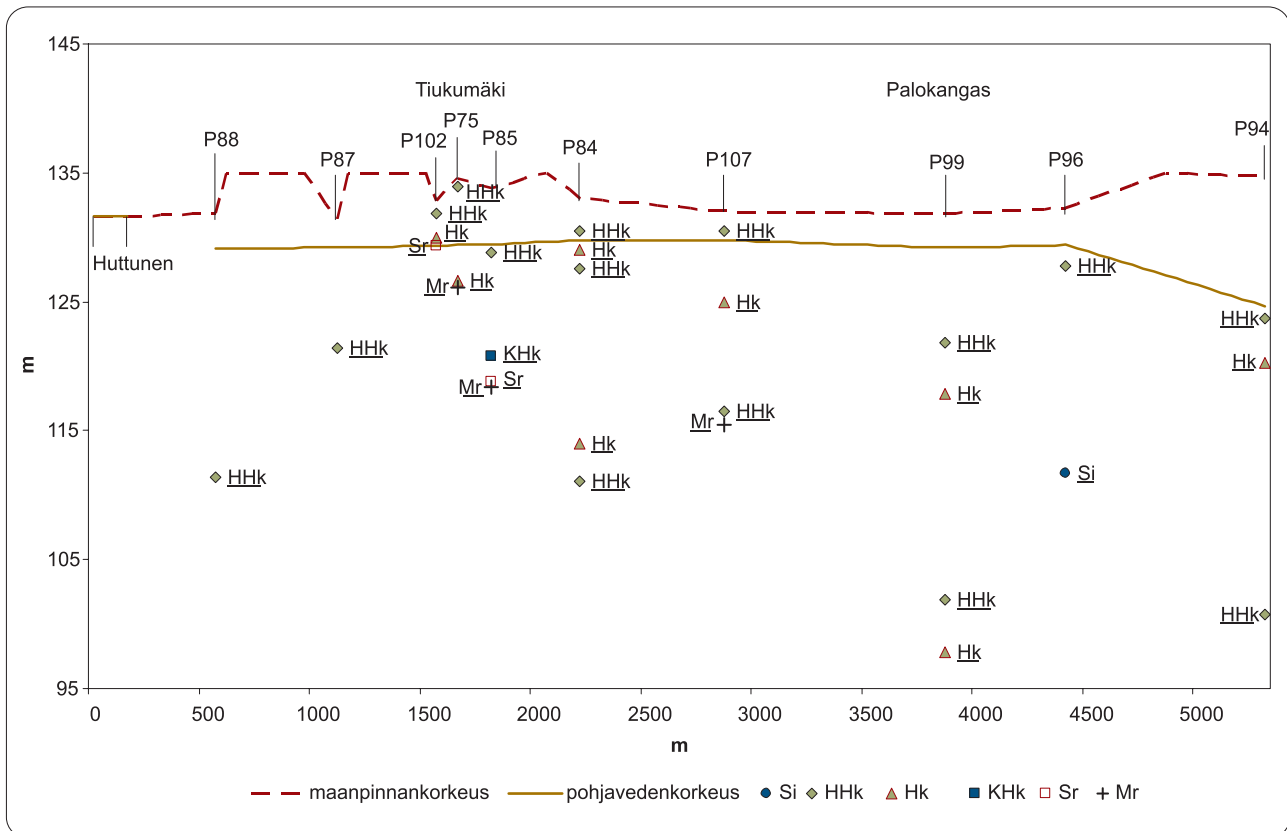
Linjalle C sijoittuvien pisteiden tietoja perusteella luotu Rokuanvaaran poikkileikkaus.



Linjalle D sijoittuvien pisteiden tietoja perusteella luotu Rokuanvaaran poikkileikkaus.



Linjalle E sijoittuvien pisteiden tietojen perusteella luotu Rokuanvaaran poikkileikkaus.



Linjalle F sijoittuvien pisteiden tietojen perusteella luotu Rokuanvaaran poikkileikkaus.

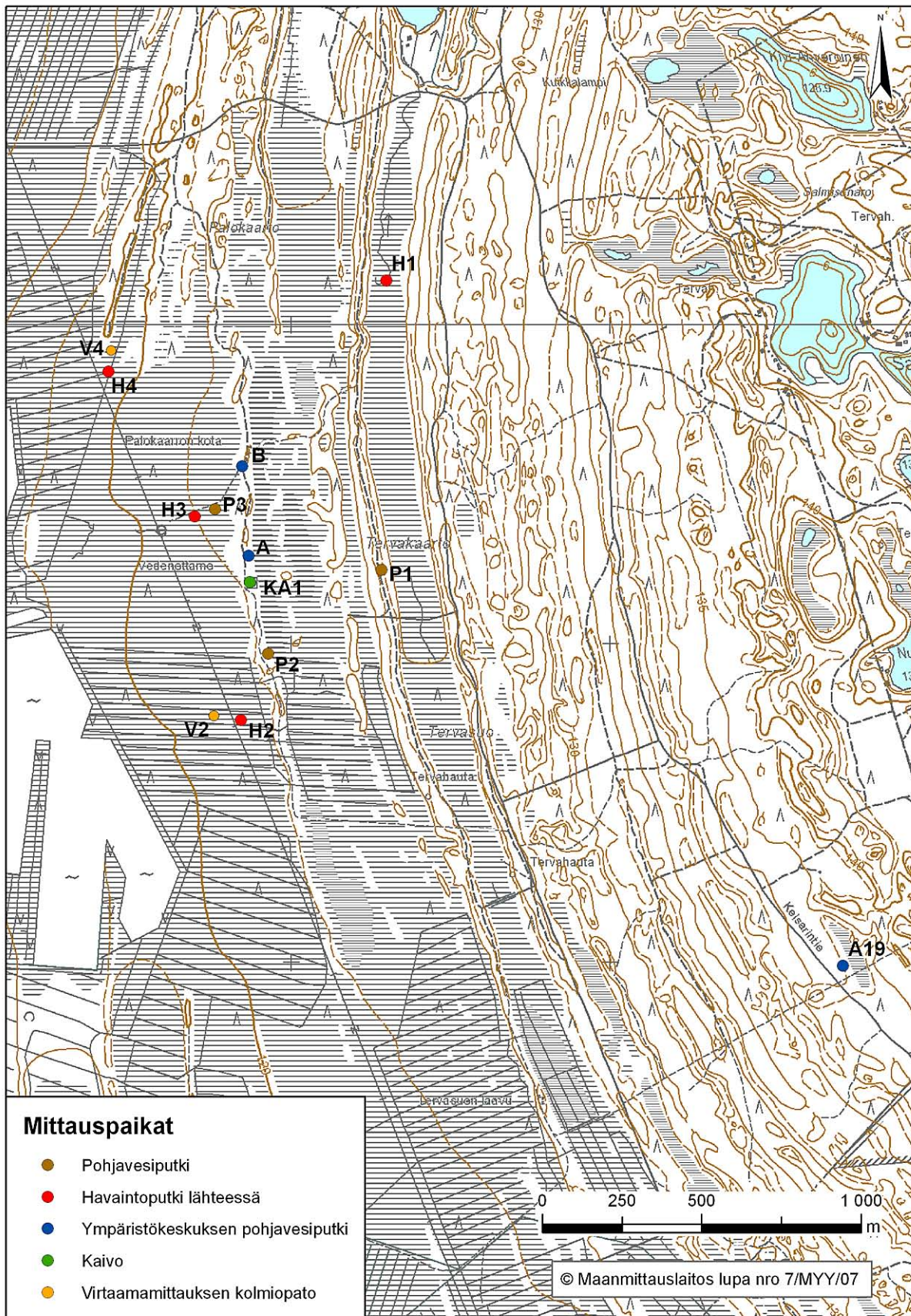
Liite 5

Rokuan järvien vedenkorkeudet 2000-luvulla

Suljettu järvi						
	Ahveroinen		Jaakonjärvi		Kolmonen	
	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)
Karttakorkeus 1996	132,20		135,60		135,50	
2004	130,67	-154	135,09	-51	135,71	21
2005	130,71	-149	135,14	-46	135,70	20
2006	130,64	-157	135,09	-51	135,75	25
Suljettu järvi						
	Loukkojärvi		Nurkkajärvi		Pitkäjärvi	
	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)
Karttakorkeus 1996	134,10		131,30		134,4	
2004			130,74	-56		
2005			130,76	-54	133,43	-97
2006	134,03	-7				
Suljettu järvi						
	Saarinen		Salminen		Soppinen	
	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)
Karttakorkeus 1996	131,20		131,20		133,40	
2004	130,31	-89	130,68	-52	133,25	-16
2005	130,32	-88	130,77	-43	133,30	-10
2006	130,37	-83				
Suljettu järvi						
	Vaulujärvi		Kirvesjärvi		Koivujärvi	
	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)
Karttakorkeus 1996	131,90		124,30		119,10	
2004	131,49	-41	124,03	-27	119,74	64
2005	131,48	-42	123,99	-31	119,77	67
2006			123,98	-32		
Uomallinen järvi						
	Lianjärvi		Syväjärvi		Tulijärvi	
	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)	Keskikorkeus (m)	Ero karttakorkeuteen (cm)
Karttakorkeus 1996	127,30		127,30		124,50	
2004	127,27	-3	127,34	4	124,29	-21
2005	127,26	-5	127,35	5	124,38	-12
2006						

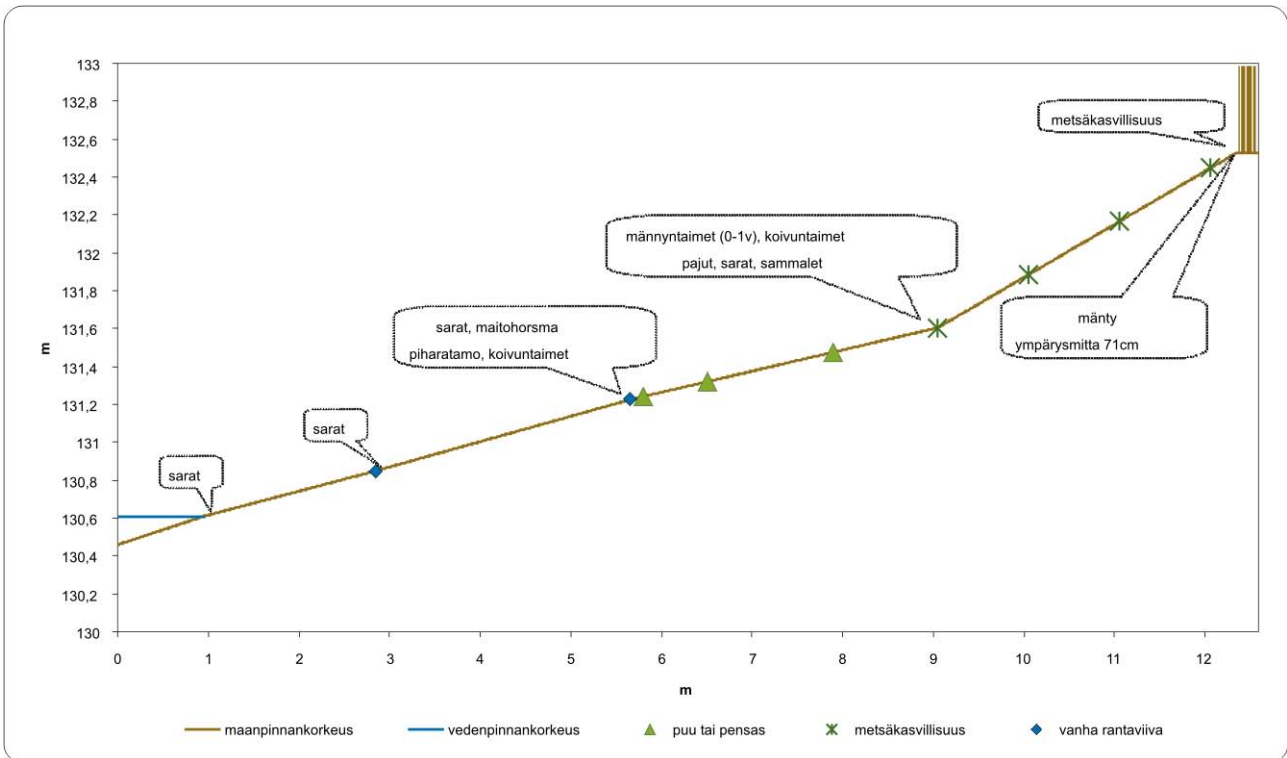
Liite 6

Petäikönsuolla ovat pohjavedenkorkeuden ja virtaamien mittausspaikat.
Piste A19 on sama kuin Miettusen (1982) havainnoissa esiintyvä piste.

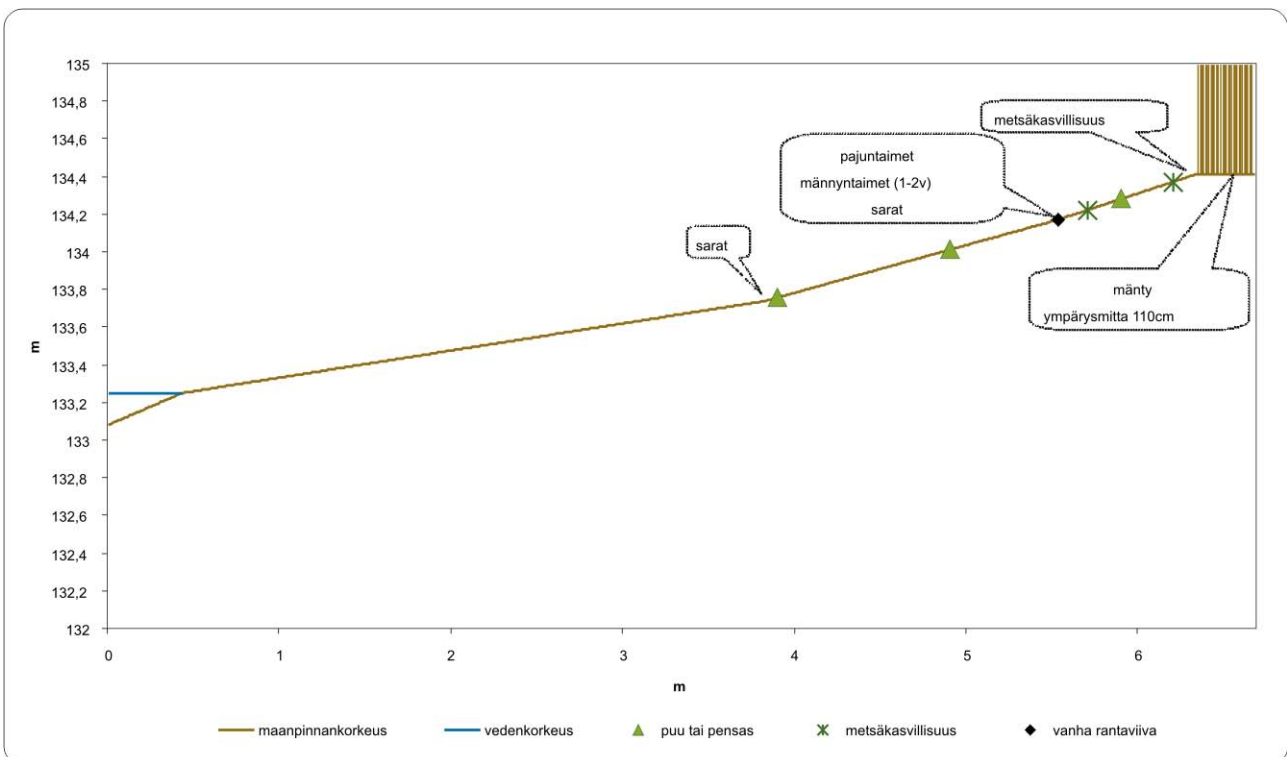


Liite 7

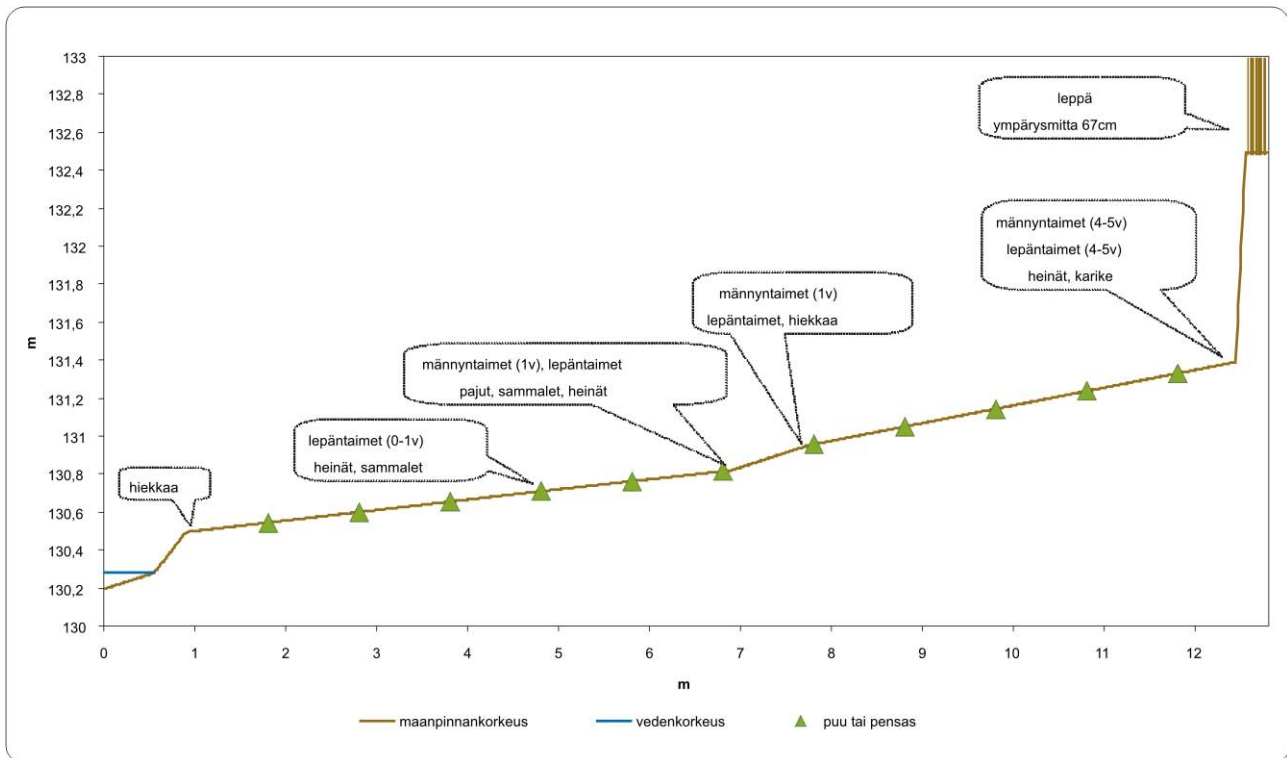
Ahveroisen, Soppisen, Saarisen, Salmisen ja Vaulujärven rantaprofiilit.



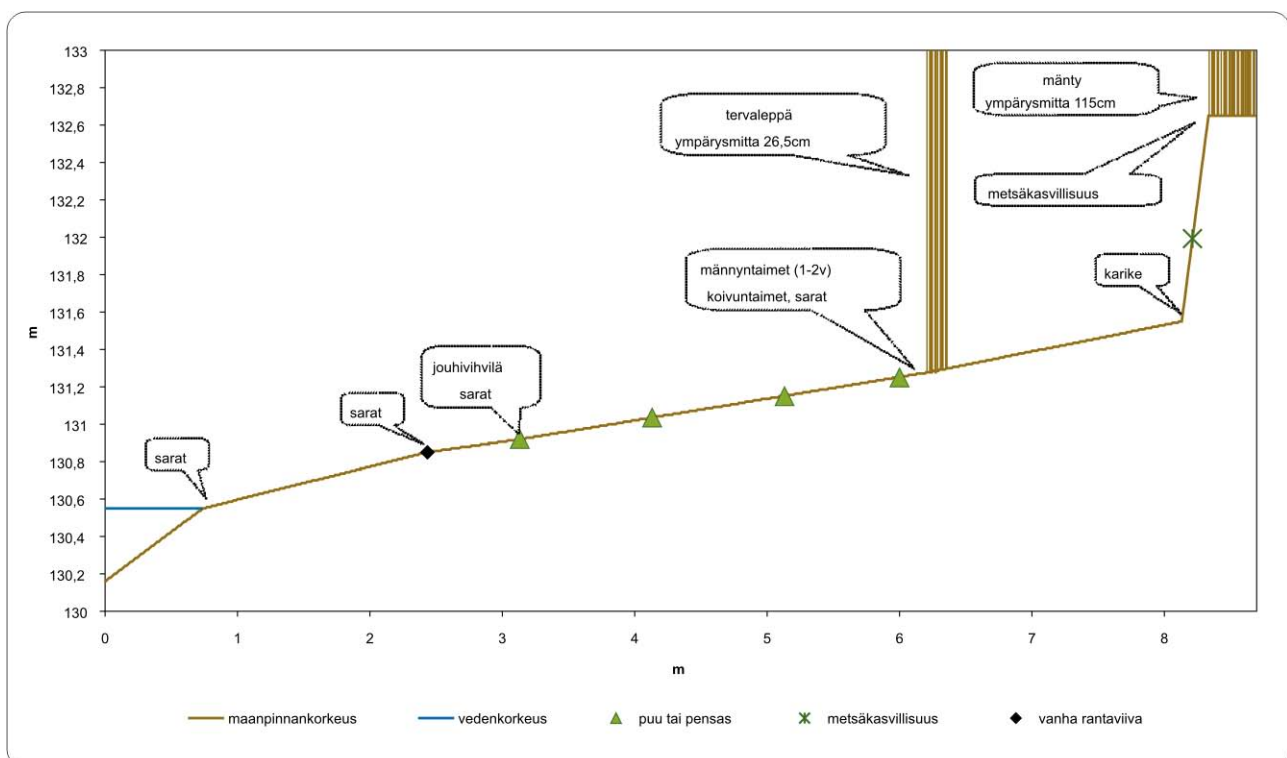
Ahveroisen rantaprofiili.



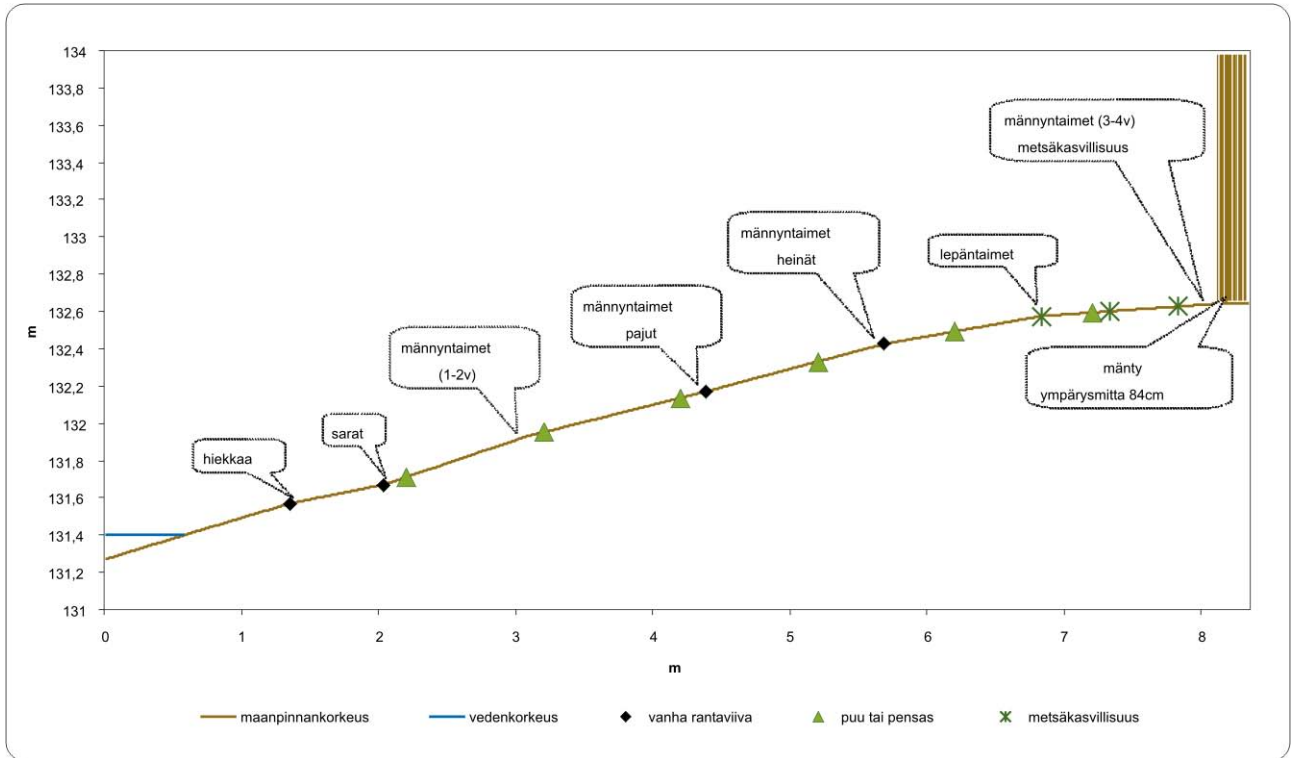
Soppisen rantaprofiili.



Saarisen rantaprofiili.



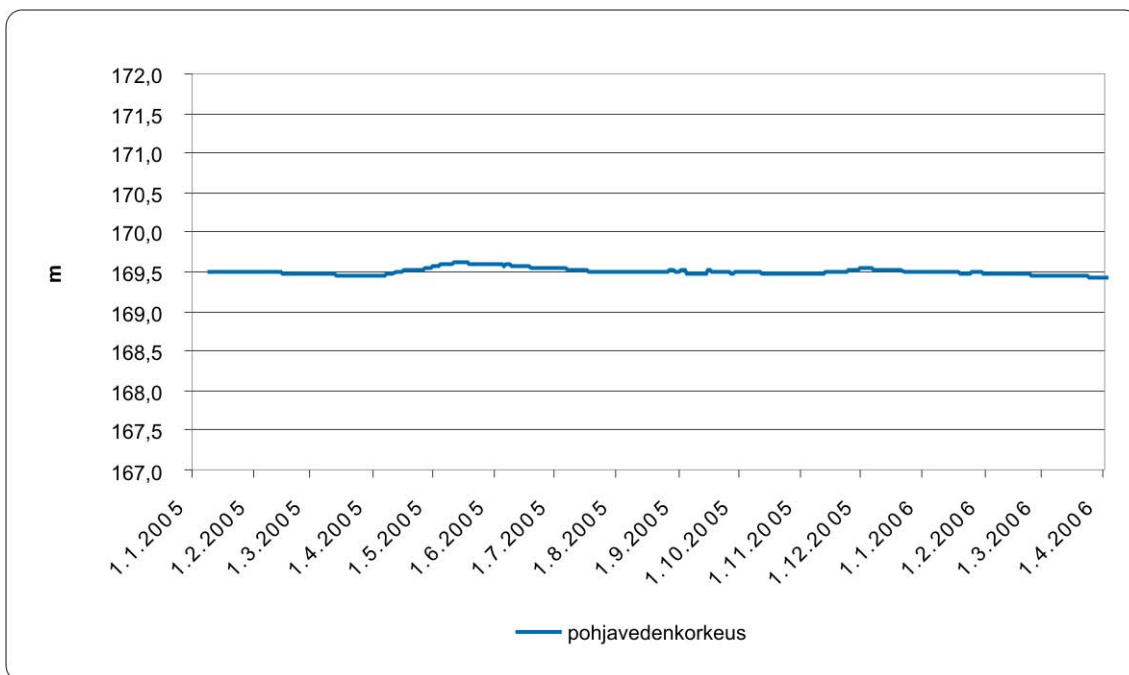
Salmisen rantaprofiili.



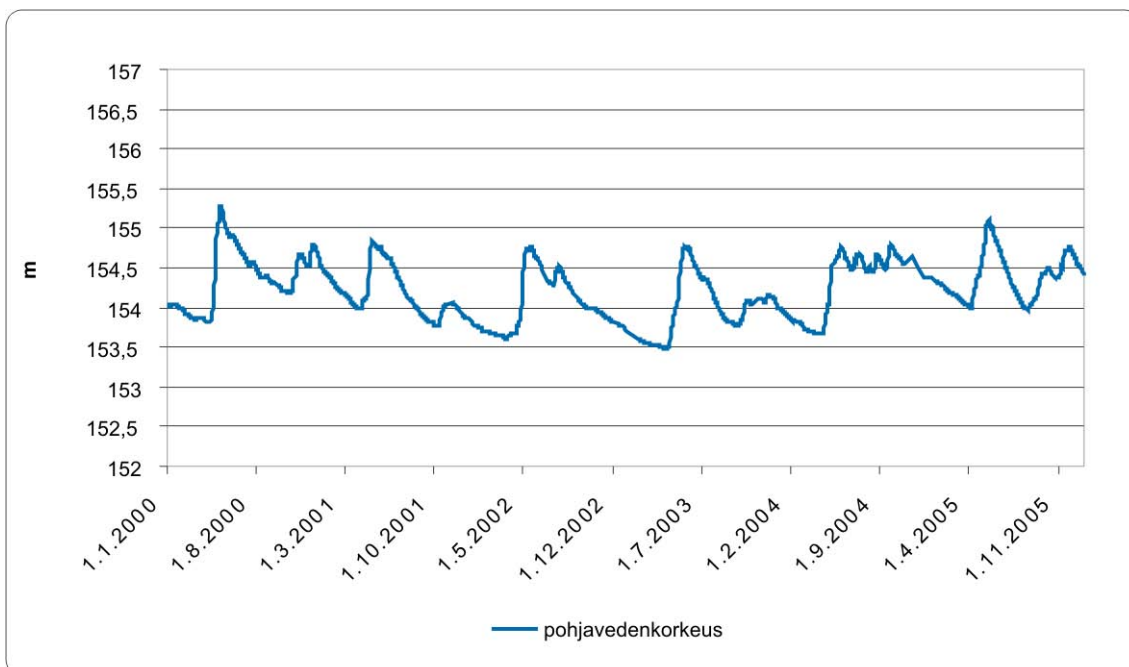
Vaulujärven rantaprofili.

Liite 8

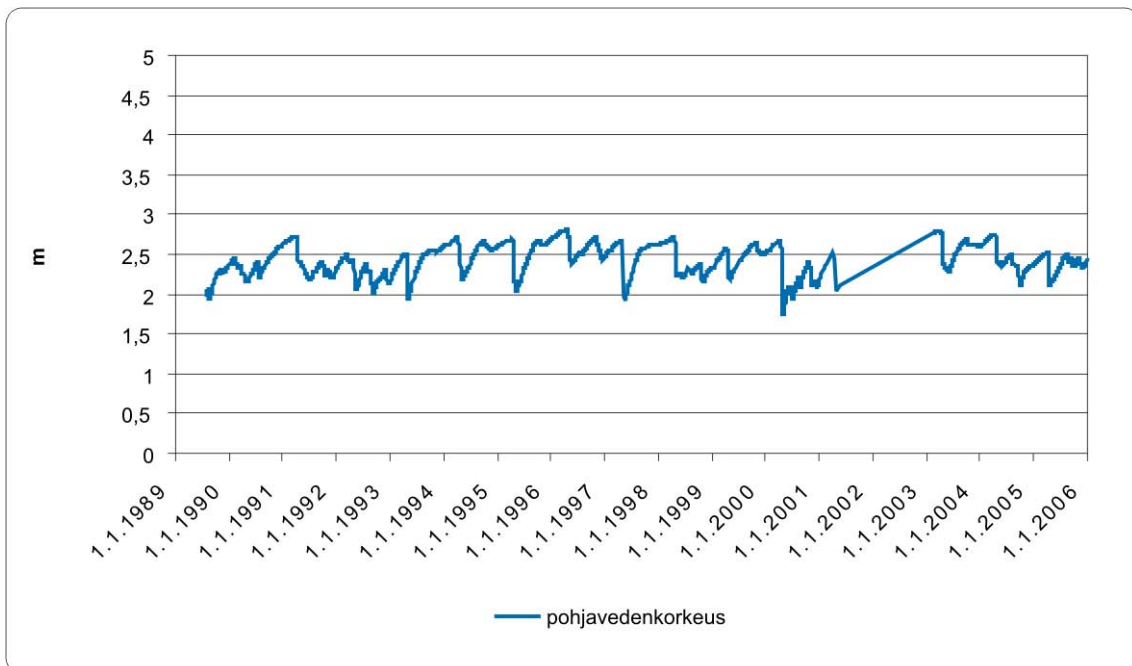
Pohjavedenkorkeudet Pyhännällä, Puolangalla, Ruukissa ja Pudasjärvellä.



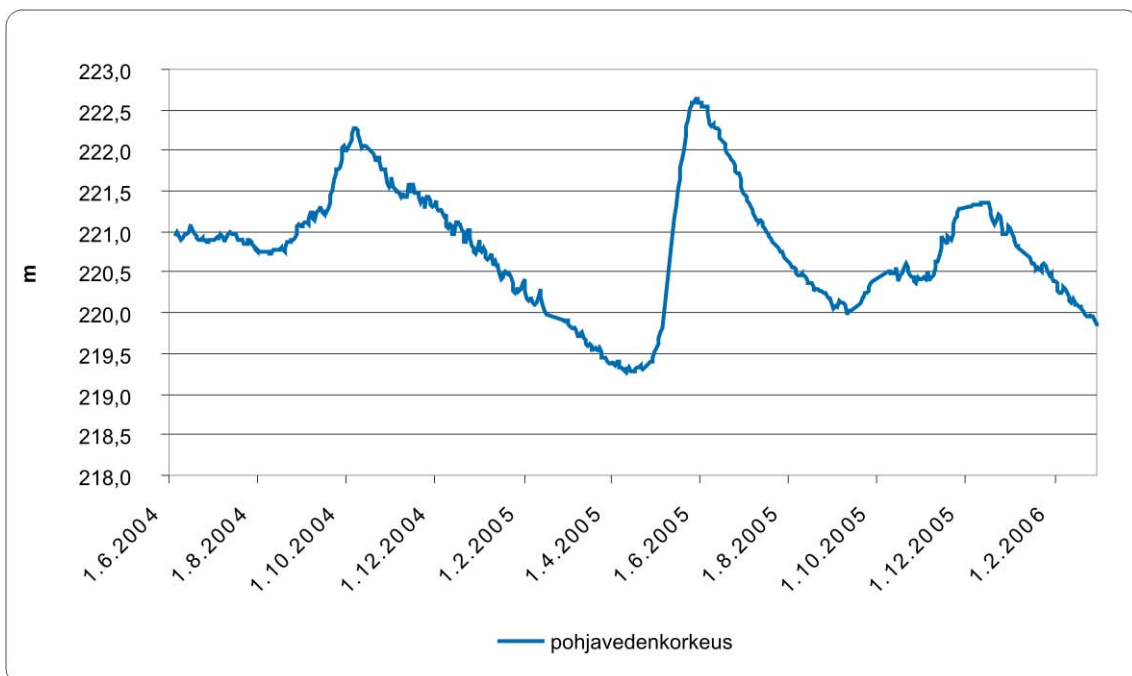
Pohjavedenkorkeus Pyhännän seuranta-aseamalla vuosina 2005–2006.



Pohjavedenkorkeus Puolangan Alakankaan seuranta-aseamalla vuosina 2000–2006.



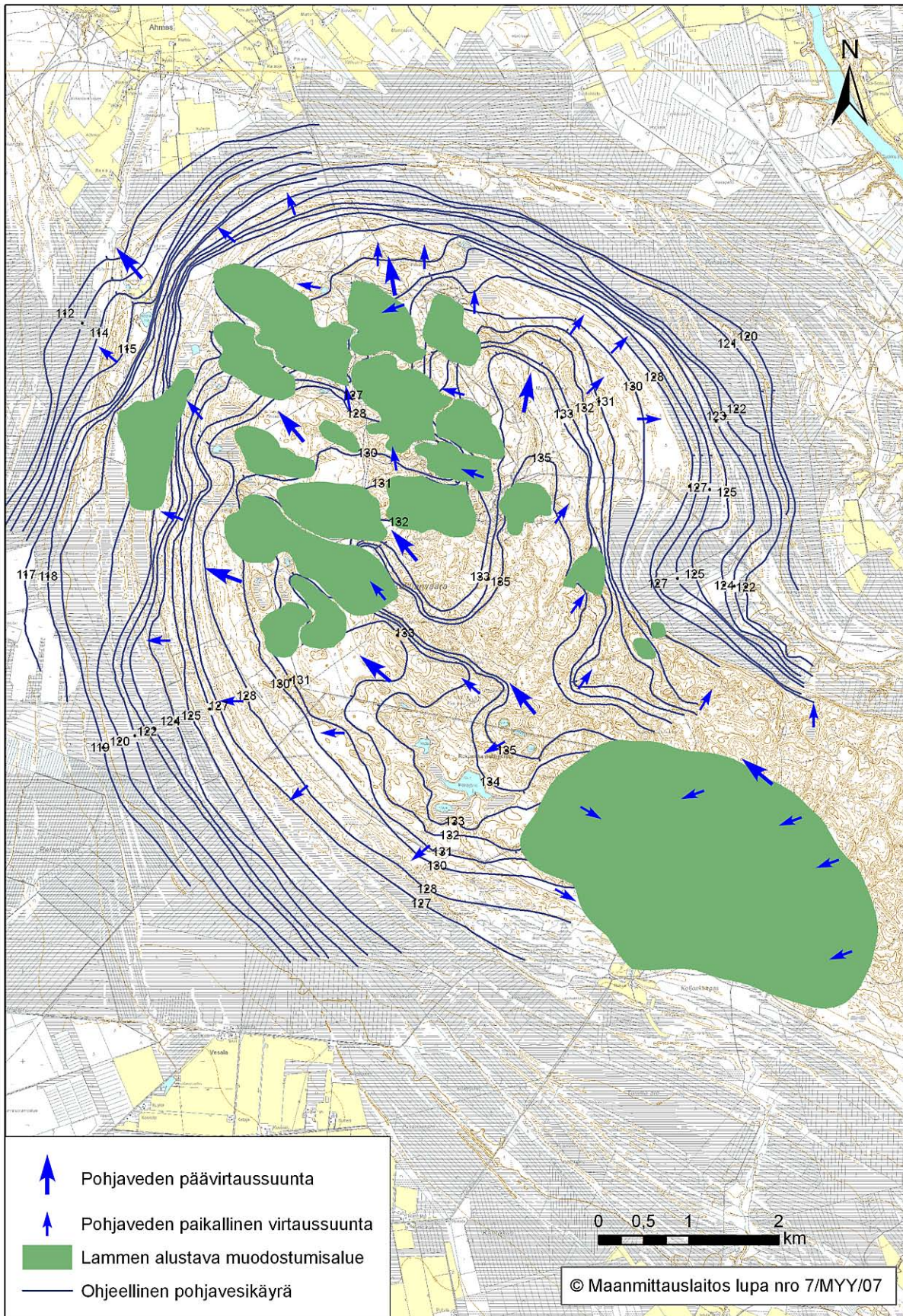
Suhteellinen pohjavedenkorkeus Ruukin seuranta-asetalla vuosina 1989–2006.

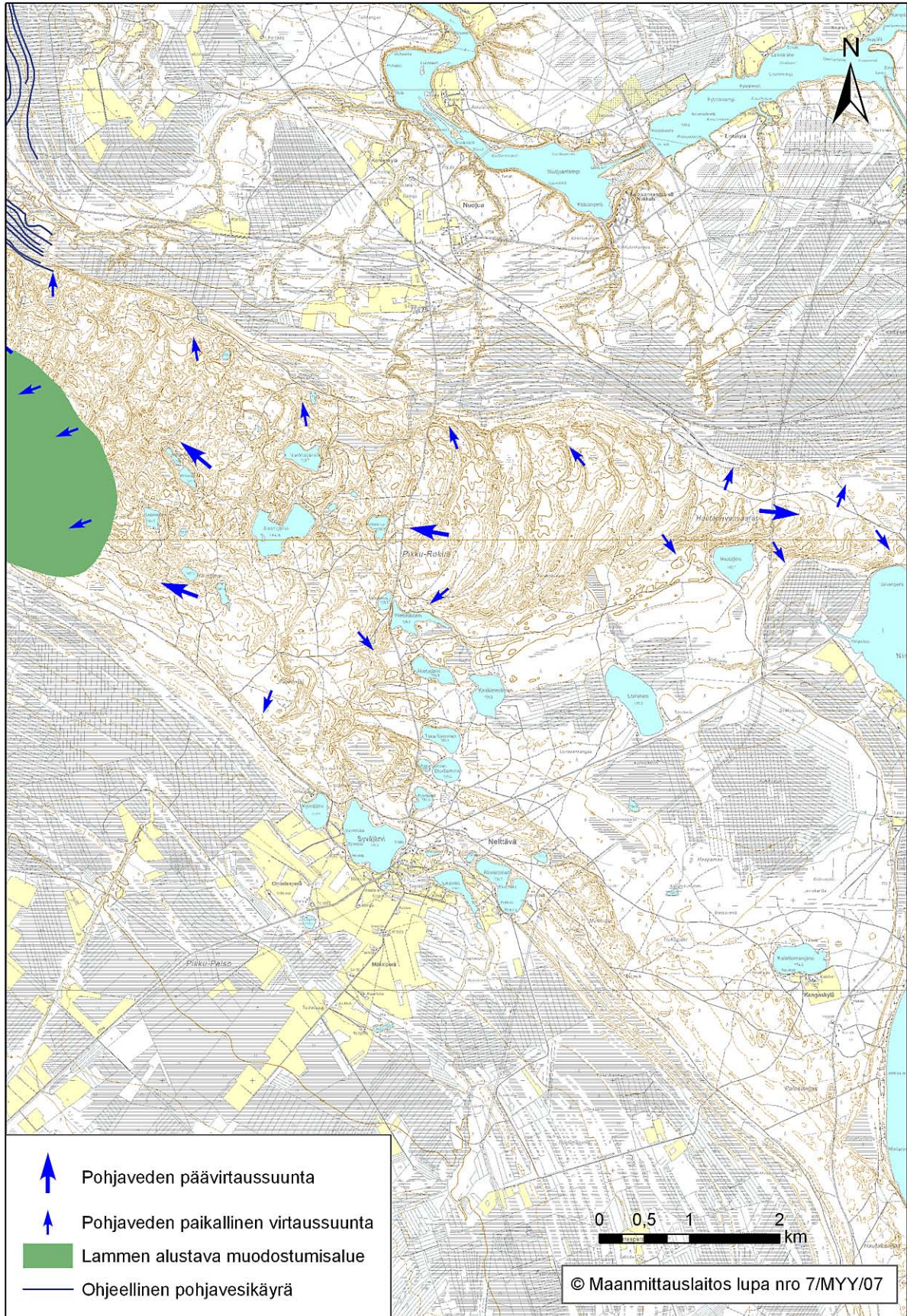


Pohjavedenkorkeus Pudasjärven seuranta-asetalla vuosina 2004–2006.

Liite 9

Rokuan alueen järviokohtaiset pohjavedenmuodostumisalueet ja pohjaveden virtaussuunnat (Aarne Miettunen 2003).





Liite 10

Leväsoppisen kunnostusmenetelmävaihtoehtojen arviointi.

Kunnostusmenetelmä	A	B	C	D	E	F	G	Arvio	Perustelu
Hapetus	+	+	++	+	+	+		+	- estää happikatoja ja vähentää rehevyyttä - tarvitsee ympärivuotisen hapetuksen - kustannukset ovat noin 1 000 €/a
Ravintoketju-kunnostus	+	+	++	+	++	+		+	- vähentää sinilevähaittoja ja sis. kuormitusta - apajapaikkoja on raivattava (n. 1 000 €) - tehokalastus; 350 kg/a (alle 2 000 €/a) - hoitokalastus; 120 kg/a (alle 500 €/a)
Fosforin kemiallinen saostus	+/L	+/L	++	+	+	+		+/L	- vähentää järvestä kiertävän fosforin määrää - järvi on luontaisesti rehevä - vaikutus on melko lyhytaikainen (veden viipymä: 0,5 a) - annostus määritettävä astiakokein - alumiinikloridin tarve (460-4600 kg) - kokonaiskustannukset ovat n. 5 000 €, josta kemikaalikustannusten osuus on n. 1 400 €
Alusveden poistaminen	+	+	+	-	-			-	- ei vähennä sisäistä kuormitusta - ei paranna juurikaan järven happitilannetta - alapuoliseen vesistöön aiheutuu kuormitusta
Ruoppaus	L	+/L	++	-	-			-	- sedimenttiä on liikaa poistettavaksi - sedimentti on syvemmillä myös huonolaatuista - ruoppausmassojen läjitys Natura-alueelle ongelmallista?
Vedenpinnan nostaminen	L	+	+	-				-	- ei paranna vedenlaatua - mataluus ei ole ongelma
Vesikasvien niitto	+	+	+	+	+	+		+	- mahdollisten teho- ja hoitokalastuksen apajapaikkojen raivaaminen - hyödynsaajien sitoutuminen talkootyöhön on epävarmaa? - kustannukset ovat alle 1 000 €/niittokerta
Järven tilapäisen kuivattaminen	L	L	+	-				-	- järvi on liian syvä (max. 6 m) - järvestä on suora yhteys pohjaveteen
Järven pohjan kemikaalipöyhintä	L	L	+	+	+	+		+/L	- sedimentistä kuplii kaasuja - järvi olisi tutkimuksellinen kokeilukohte - kemikaalilisäyksestä sedimenttiin on alustavasti havaittu olevan hyötyä rehevissä järvissä
Sedimentin stabilointi (kip-sillä)	L	L	+	-	?	+		-	- vähentää fosforin vapautumista sedimentistä - pohjaveden purkautuminen järveen heikentää sedimentin peittämisen toimivuutta

Liitteissä 10–14 käytetyt merkinnät:		Liitteissä 10–14 käytetyt arviointimerkinnät:	
A	Kohteen luontoarvoihin liittyviä reunaehtoja	L =	Kohteesta ei ole riittävästi tietoa tai pyydettyä lausunto alueellisilta ympäristökeskuksilta
B	Kohteen hyvään ekologiseen tilaan liittyviä reunaehtoja	? =	Menetelmän sopivuudesta kohteeseen ei ole riittävästi tietoa, joko tausta- tai menetelmätietojen puutteellisuuden vuoksi
C	Menetelmän soveltuvuus hankkeen tavoitteisiin	- =	Menetelmä ei sovellu kohteeseen
D	Menetelmän tekninen toteutettavuus kohteessa	+/- =	Menetelmän soveltuvuus kohteeseen on epävarma
E	Menetelmän kustannukset suhteessa hankkeen rahoitusmahdollisuuksiin	+ =	Menetelmä soveltuu melko hyvin kohteeseen
F	Menetelmän ylläpitoon liittyvät näkökohdat	++ =	Menetelmä soveltuu hyvin kohteeseen
G	Asukaslähtöiset kunnostusmenetelmän valintaperusteet		

Liite II

Iso-Syvjärven kunnostusmenetelmävaihtoehtojen arviointi.

Kunnostusmenetelmä	A	B	C	D	E	F	G	Arvio	Perustelu
Hapetus	+	+	++	+	+	+		+	- estää happikatoja ja vähentää rehevyyttä - hapetustarvetta on lähinnä talvisin - kustannukset ovat alle 2 400 €/a
Ravintoketju-kunnostus	+	+	++	+	++	+		+	- vähentää sinilevähaittoja ja sisäistä kuormitusta - apajapaikkoja on raivattava (n. 2 000–4 000 €) - koekalastuksessa oli saaliissa 52 % särkiä - tehokalastus; 1 100 kg/a (alle 9 000 €/a) - hoitokalastus; 230 kg/a (alle 1 500 €/a) - hoidon aikana suositellaan petokalaistutuksia - sitoutuminen talkootyöhön epävarmaa?
Fosforin kemiallinen saostus	+/L	+/L	-					-	- veden fosforitaso on alle 20 µg/l, joten tarvetta ei ole - liian voimakas toimenpide ongelmiin nähden
Alusveden poistaminen	+	+	+	-	-			-	- parantaa syvänteessä talviaikaista happitilanetta - järven luusuassa ei ole pudotusta, joten vesi olisi pumpattava - alapuoliseen vesistöön aiheutuu kuormitusta, sillä Väliojassa ei ole tilaa kosteikolle
Ruoppaus	L	+/L	++	-	-			-	- sedimenttiä on liikaa poistettavaksi - sedimentti on syvemmällä myös huonolaatuista - ruoppausmassojen läjitys Natura-alueelle ongelmallista?
Vedenpinnan nostaminen	L	+	-	-				-	- ei ole positiivista vaikutusta järven veden laatuun - mataluus ei ole ongelma
Vesikasvien niitto	+	+	++	+	+	+		+	- mahdollisen teho- ja hoitokalastuksen apajapaikkojen raivaaminen - Pikku-Syvän ja Itälahden alueiden niitto edistää virkistyskäyttöä (n. 5 ha) - kustannukset ovat alle 1 500 € / kerta
Järven tilapäinen kuivattaminen	L	L	+	-				-	- järvestä on suora yhteys pohjaveteen, joten kuivatus ei onnistune
Järven pohjan kemikaalipöyhintä	L	L	+	-				-	- järvi on menetelmän kannalta liian syvä (max. 13 m) - syvänealue on melko laaja (3,3 ha)
Sedimentin stabilointi (kip-sillä)	L	L	+	-	-			-	- vähentää fosforin vapautumista sedimentistä - pohjaveden purkautuminen järveen heikentää sedimentin peittämisen toimivuutta - syvänealue, johon toimenpide kohdennetaan, on laaja (3,3 ha)

Liitteissä 10–14 käytetyt merkinnät:		Liitteissä 10–14 käytetyt arviointimerkinnät:	
A	Kohteen luontoarvoihin liittyviä reunaehtoja	L =	Kohteesta ei ole riittävästi tietoa tai pyydettyä lausunto alueellisilta ympäristökeskuksilta
B	Kohteen hyvään ekologiseen tilaan liittyviä reunaehtoja	? =	Menetelmän sopivuudesta kohteeseen ei ole riittävästi tietoa, joko tausta- tai menetelmätietojen puutteellisuuden vuoksi
C	Menetelmän soveltuvuus hankkeen tavoitteisiin	-- =	Menetelmä ei sovellu kohteeseen
D	Menetelmän tekninen toteutettavuus kohteessa	+/- =	Menetelmän soveltuvuus kohteeseen on epävarma
E	Menetelmän kustannukset suhteessa hankkeen rahoitusmahdollisuuksiin	+ =	Menetelmä soveltuu melko hyvin kohteeseen
F	Menetelmän ylläpitoon liittyvät näkökohdat	++ =	Menetelmä soveltuu hyvin kohteeseen
G	Asukaslähtöiset kunnostusmenetelmän valintaperusteet		

Liite 12

Lianjärven kunnostusmenetelmävaihtoehtojen arviointi.

Kunnostusmenetelmä	A	B	C	D	E	F	G	Arvio	Perustelu
Hapetus	+	+	++	+	+	+		+	- estää happikatoja ja vähentää rehevyyttä - hapetustarvetta on talvisin - kustannukset ovat noin 3 000 €/a
Ravintoketju-kunnostus	+	+	+/?	+	++	+		+	- vähentää sinilevähaittoja - tarve arvioitava koeverkkokalastuksin - apajapaikkoja on raivattava (2 000–4 000 €) - tehokalastus; 1 600 kg/a (alle 12 000 €/a) - hoitokalastus; 350 kg/a (alle 1 600 €/a) - hoidon aikana suositellaan petokalaistutuksia - sitoutuminen talkootyöhön?
Fosforin kemiallinen saostus	+/L	+/L	-					-	- veden fosforitaso on alle 20 µg/l, joten tarvetta ei ole - liian voimakas toimenpide ongelmiin nähden
Alusveden poistaminen	+	+	+	-	-			-	- parantaa syvänteessä talviaikaista happitilannetta - järvi on syvä ja syvänte on kaukana luusuasta - jyrkkien rantojen vuoksi on käytettävä luusuaa purkukohtana - kosteikon rakentaminen Lianojan varteen alapuolisen järven vesiensuojelun lienee mahdollista
Ruoppaus	L	+/L	++	-	-			-	- sedimenttiä on liikaa poistettavaksi - sedimentti on syvemmällä myös huonolaatuista - liian järeä toimenpide ongelmiin verrattuna - ruoppausmassojen läjitys Natura-alueelle ongelmallista?
Vedenpinnan nostaminen	L	+	-	-				-	- ei ole positiivista vaikutusta järven veden laatuun - mataluus ei ole ongelma
Vesikasvien niitto	L	+	-					-	- vesikasvillisuus ei ole ongelma järvessä
Järven tilapäisen kuivattaminen	L	L	+	-				-	- järvestä on suora yhteys pohjaveteen
Järven pohjan kemikaalipöyhintä	L	L	-	-				-	- ei ole tarvetta sedimentin stabiloinnille
Sedimentin stabilointi (kip-sillä)	L	L	-	-	-			-	- ei ole tarvetta sedimentin stabiloinnille

Liitteissä 10–14 käytetyt merkinnät:		Liitteissä 10–14 käytetyt arviointimerkinnät:	
A	Kohteen luontoarvoihin liittyviä reunaehtoja	L =	Kohteesta ei ole riittävästi tietoa tai pyydettyä lausunto alueellisilta ympäristökeskuksilta
B	Kohteen hyvään ekologiseen tilaan liittyviä reunaehtoja	? =	Menetelmän sopivuudesta kohteeseen ei ole riittävästi tietoa, joko tausta- tai menetelmätietojen puutteellisuuden vuoksi
C	Menetelmän soveltuvuus hankkeen tavoitteisiin	- =	Menetelmä ei sovellu kohteeseen
D	Menetelmän tekninen toteutettavuus kohteessa	+/- =	Menetelmän soveltuvuus kohteeseen on epävarma
E	Menetelmän kustannukset suhteessa hankkeen rahoitusmahdollisuuksiin	+ =	Menetelmä soveltuu melko hyvin kohteeseen
F	Menetelmän ylläpitoon liittyvät näkökohdat	++ =	Menetelmä soveltuu hyvin kohteeseen
G	Asukaslähtöiset kunnostusmenetelmän valintaperusteet		

Liite 13

Tulijärven ja Kotalammen kunnostusmenetelmävaihtoehtojen arviointi.*

Kunnostusmenetelmä	A	B	C	D	E	F	G	Arvio	Perustelu
Hapetus	+	+	++	++	+	+		+	- estää happikatoja ja vähentää rehevyyttä - hapetustarvetta on pääosin talvisin, mutta mahdollinen kesähapetus on arvioitava erikseen - Kotalampea on hapetettava ympäri vuoden - kustannukset ovat noin 5 000 €/a
Ravintoketju-kunnostus	+	+	+	+	++	+		+	- vähentää sinilevähaittoja - Tulijärvi ja Kotalampi on kalastettava yhdessä - apajapaikkoja on raivattava (n. 2 000–4 000 €) - koekalastussaaliista oli lähes 70 % särkiä - tehokalastus; 2 700 kg/a (alle 20 000 €/a) - hoitokalastus; 550 kg/a (alle 2 700 €/a) - hoidon aikana suositellaan petokalaistutuksia - sitoutuminen talkootyöhön?
Fosforin kemiallinen saostus	+/L	+/L	++	+/-	+	+/-		+/-	- vähentää järvestä kiertävän fosforin määrää - järvi on luontaisesti rehevä - veden viipymä järvestä on riittävän pitkä (1,5 a) - annostus on määritettävä astiakokein - alumiinikloridin tarve (9 000–13 000 kg) - kokonaiskustannukset ovat n. 15 000 €, josta kemikaalikustannusten osuus on n. 8 000 € - hapetus on suositeltava jälkihoitomenetelmä
Alusveden poistaminen	+	+	+	-	-			-	- parantaa syvänteen talven happitilannetta - järvi on syvä ja syvin kohta on kaukana luusuasta - jyrkkien rantojen vuoksi on käytettävä luusuua purkukohtana - kosteikon rakentamiselle ei ole tilaa, joten alapuolisten järvien kuormitus lisääntyy
Ruoppaus	L	+/L	++	+/-	+	+		+/-/L	- sedimenttiä on liikaa poistettavaksi - sedimentti on syvemmällä myös huonolaatuista - laajoja ruoppauksia ei voi tehdä, mutta matalien lahtialueiden ja rantojen siistiminen ruoppaamalla voi olla mahdollista - Kotasalmen (0,05–0,1 ha) ruoppauksen kustannukset ovat noin 1–2 000 € riippuen työtavasta - Kotasalmen ruoppaus parantaa veden virtausta - ruoppausmassojen läjitys Natura-alueella ongelmallista?
Vedenpinnan nostaminen	L	+	-	-				-	- ei ole positiivista vaikutusta järven veden laatuun - mataluus ei ole ongelma
Vesikasvien niitto	L	+	++	+	+	+		+	- lahtialueet, ojien suut ja Kotalalmi ovat lähes umpeenkasvaneita - niittokustannukset ovat n. 2 000 €/a - sitoutuminen talkootyöhön?
Järven tilapäinen kuivattaminen	L	L	+	-				-	- järvestä on suora yhteys pohjaveteen
Järven pohjan kemikaalipöyhintä	L	L	+	+	+	+/-		+	- sedimentistä kuplii kaasuja - järvi olisi tutkimuksellinen kokeilukohta - kemikaalilisäyksestä sedimenttiin on alustavasti havaittu olevan hyötyä rehevissä järvissä - kemikaalin annostus on arvioitava astiakokein - Leväsoppisen kanssa yhtäaikainen käsittely
Sedimentin stabilointi (kip-sillä)	L	L	-	-	-			-	- järvestä on suora yhteys pohjaveteen

* Taulukon merkintöjen selitykset ja arviointimenetelmät on lueteltu liitteissä 10, 11, 12 ja 14.

Liite 14

Kirvesjärven kunnostusmenetelmävaihtoehtojen arviointi.

Kunnostusmenetelmä	A	B	C	D	E	F	G	Arvio	Perustelu
Hapetus	+	+	++	++	+	+		+	- estää happikatoja ja vähentää rehevyyttä - hapetustarvetta on talvella - kustannukset ovat n. 3 000 €/a
Ravintoketju-kunnostus	L	+	++	+	++	+		+	- vähentää sinilevähaittoja - tarve arvioitava koeverkkokalastuksin - apajapaikkoja on raivattava (2 000–4 000 €) - tehokalastus; 1 300 kg/a (alle 10 000 €/a) - hoitokalastus; 260 kg/a (alle 1 300 €/a) - hoidon aikana suositellaan petokalaistutuksia - sitoutuminen talkootyöhön?
Fosforin kemiallinen saostus	L	L	+	+	+	+/-		+/L	- vähentää järvestä kiertävän fosforin määrää - järven veden viipymä on riittävä (5 a) - veden fosforipitoisuuden kehitystä tulee seurata - ainakin nykyisellään liian iso toimenpide ongelmiin verrattuna
Alusveden poistaminen	+	+	+	-	-			-	- ei vähennä sisäistä kuormitusta - parantaa järven happitilannetta - alupuoliseen vesistöön aiheutuu kuormitusta
Ruoppaus	L	L	++	-	-			-	- sedimenttiä on liikaa poistettavaksi - sedimentti on syvemmällä myös huonolaatuista - laaja syvänealue (5 ha) - ruoppausmassojen läjitys Natura-alueelle ongelmallista?
Vedenpinnan nostaminen	L	+	+	-				-	- ei paranna veden laatua - mataluus ei ole ongelma
Vesikasvien niitto	L	+	+/-	+	+	+		+/-L	- mahdollisen teho- ja hoitokalastuksen apajapaikkojen raivaaminen - sitoutuminen talkootyöhön on epävarmaa? - vesikasvillisuus ei ole ongelma
Järven tilapäisen kuivattaminen	L	L	+	-				-	- järvi on liian syvä (max. 10 m) - järvestä on suora yhteys pohjaveteen
Järven pohjan kemikaa-lipöyhintä	L	L	-					-	- ei tarvetta sedimentin stabilointiin
Sedimentin stabilointi (kip-sillä)	L	L	+	-	?	+		-	- ei tarvetta sedimentin stabilointiin

Liitteissä 10–14 käytetyt merkinnät:		Liitteissä 10–14 käytetyt arviointimerkinnät:	
A	Kohteen luontoarvoihin liittyviä reunaehtoja	L =	Kohteesta ei ole riittävästi tietoa tai pyydettyä lausunto alueellisilta ympäristökeskuksilta
B	Kohteen hyvään ekologiseen tilaan liittyviä reunaehtoja	? =	Menetelmän sopivuudesta kohteeseen ei ole riittävästi tietoa, joko tausta- tai menetelmätietojen puutteellisuuden vuoksi
C	Menetelmän soveltuvuus hankkeen tavoitteisiin	- =	Menetelmä ei sovellu kohteeseen
D	Menetelmän tekninen toteutettavuus kohteessa	+/- =	Menetelmän soveltuvuus kohteeseen on epävarma
E	Menetelmän kustannukset suhteessa hankkeen rahoitusmahdollisuuksiin	+ =	Menetelmä soveltuu melko hyvin kohteeseen
F	Menetelmän ylläpitoon liittyvät näkökohdat	++ =	Menetelmä soveltuu hyvin kohteeseen
G	Asukaslähtöiset kunnostusmenetelmän valintaperusteet		

KUVAILEHTI

Julkaisija	Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus			Julkaisu-aika Heinäkuu 2007
Tekijä(t)	Marja-Leena Heikkinen ja Tero Väisänen (toim.)			
Julkaisun nimi	Rokuan alueen järvet ja lammet - Esiselvitys vedenkorkeuksista ja kunnostusmahdollisuuksista			
Julkaisusarjan nimi ja numero	Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskuksen raportteja 5/2007			
Julkaisun teema				
Julkaisun osat/ muut saman projektin tuottamat julkaisut				
Tiivistelmä	<p>Tämän selvityksen ensimmäisessä osassa on koottu yhteen Rokuan alueen vedenkorkeuden muutoksista olemassa oleva tieto. Selvityksen toisessa osassa käsitellään Rokuan rehevöityneiden järvien nykytilaa, kuormitusta ja kunnostusmahdollisuuksia.</p> <p>Rokuan alueen pinta- ja pohjavesien korkeuksissa on tapahtunut muutoksia viimeisen parinkymmenen vuoden aikana. Erityisesti alueen suppajärvissä vedenkorkeudet ovat laskeneet huomattavasti, mutta myös joissakin uomallisissa järvissä on tapahtunut vedenkorkeuden alenemista. Todennäköisesti alueen vedenpintojen lasku on seurausta monen eri tekijän yhteisvaikutuksesta. Tämän tutkimuksen perusteella syitä vedenpintojen laskulle ei voida kuitenkaan varmuudella esittää, vaan asian selvittämiseksi tarvitaan jatkotutkimuksia. Syitä vedenpintojen laskulle on lähdettävä etsimään luonnollisesta pohjavedenpintojen vaihtelusta, muuttuneesta maankäytöstä, ilmastotehtävistä sekä alueellisista pohjavedenpinnan muutoksista.</p> <p>Rokuan alueen rehevöityneen järviketjun järvet ovat pääasiassa sisäkuormitteisia, eikä niille ole löydetty merkittävää ulkoista kuormittajaa. Rehevimpiä, lähes ylitsehuoneita järviä ovat Leväsoppinen ja Kotalampi. Tulijärvi on rehevä ja Iso-Syväjärvi, Lianjärvi sekä Kirvesjärvi ovat lievästi rehevöityneitä. Kaikkien rehevän järviketjun järvien kunnostamiseen soveltuvat hapetus ja ravintoketjukunnostus. Myös vesikasvien niittoon tarvitaan useimmilla järvillä. Pienimuotoiset ruoppaukset ovat aiheellisia rantojen siistimiseksi ja umpeenkasvaneiden vesialueiden palauttamiseksi Tulijärvellä ja Kotalammessa. Lisäksi fosforin kemiallinen saostaminen ja pohjan kemikaalipöyhintä voisivat soveltua järvien kunnostamiseen. Järvien kunnostus on toteutettava ketjuttamalla, lähtien järviketjun ensimmäisestä järvestä alaspäin järjestyksessä järvi kerrallaan. Menetelmien toteutus ketjuttamalla säästää kustannuksia ja takaa parhaan mahdollisen lopputuloksen.</p>			
Asiasanat	Rokua, vedenkorkeus, pohjavesi, pintavesi, rehevöityminen, järvien kunnostaminen			
Rahoittaja/ toimeksiantaja	Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus			
	ISBN (nid.)	ISBN 978-952-2771-7 (PDF)	ISSN (pain.)	ISSN 1796-1947 (verkkoj.)
	Sivuja 71	Kieli Suomi	Luottamuksellisuus Julkinen	Hinta (sis.alv 8 %)
Julkaisun myynti/ jakaja	www.ymparisto.fi/ppo/julkaisut			
Julkaisun kustantaja	Pohjois-Pohjanmaan ympäristökeskus			
Painopaikka ja -aika	Oulu, 2007			

Muhoksen, Utajärven ja Vaalan kuntien alueella sijaitseva Rokuan alue on valtakunnallisesti merkittävä harju- ja dyynimuodostuma, jonka arvo perustuu sen luonnon erityispiirteisiin. Rokuan järvet ja lammet ovat keskeinen osa alueen vetovoimaa. Osaa alueen järvistä vaivaa vedenpintojen aleneminen ja osaa rehevöityminen haittavaikutuksineen. Näitä ongelmia voidaan pitää uhkana alueen vetovoimaisuuden säilymiselle. Rokuan alue on monimutkainen harjumuodostuma, mikä osaltaan vaikuttaa myös järvien ja lampien ongelmien selvittämiseen. Ongelmiin ei löydy yksiselitteistä syytä, vaan ne ovat monen yhtä aikaa vaikuttavan tekijän summa.

Tämän selvityksen ensimmäisessä osassa on koottu yhteen Rokuan alueen vedenkorkeuden muutoksista olemassa oleva tieto. Selvityksen toisessa osassa käsitellään Rokuan rehevöityneiden järvien nykytilaa, kuormitusta ja kunnostusmahdollisuuksia.



POHJOIS-POHJANMAAN
YMPÄRISTÖKESKUS

ISBN 978-952-11-2771-7 (PDF)

ISSN 1796-1947 (verkkokoj.)