

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalous

Heikki Savolainen

KUNNOSTUSOJITUSHANKKEIDEN VESIENSUOJELUN ONNISTUMINEN
JA EROOSIOARVION LUOTETTAVUUS KAAKKOIS-SUOMEN METSÄ-
KESKUKSEN TOIMIALUEELLA

Opinnäytetyö 2012

TIIVISTELMÄ

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

Metsätalous

SAVOLAINEN, HEIKKI	Kunnostusojitushankkeiden vesiensuojelun onnistuminen ja eroosioarvion luotettavuus Kaakkois-Suomen metsäkeskuksen toimialueella
Insinööri	97 + 90 liitesivua
Työnohjaaja	Lehtori Pekka Kuitunen, maatalous- ja metsätieteiden maisteri
Toimeksiantaja	Kaakkois-Suomen metsäkeskus
Toukokuu 2012	
Avainsanat	kunnostusojitus, vesiensuojelu, eroosio, RLGis

Tutkimuksen tarkoituksena on selvittää metsätalouden vesiensuojelun tilaa Kaakkois-Suomen metsäkeskuksen toimialueella ja samalla maastotyön yhteydessä tutkittiin kunnostettujen ojien eroosiota. Vesiensuojelusta ja eroosion ennustearvioinnista sekä eroosiomekanismista tehtiin kirjallisuuteen perustuva selvitys. Selvityksen avulla tutkittiin niitä kohteita, joita tutkimuksen muissa vaiheissa sovellettiin.

Tärkeimmät tutkimuskohteet olivat vesiensuojelutoimien ohjeistonmukaisuus sekä kuinka hyvin RLGis-ohjelmalla tehty eroosioarvio pitää paikkansa ja minkä tyyppisillä alueilla. Lisäksi testattiin Android-käyttöjärjestelmälle kehitettyä luonnonvaratiedon keräämispalvelua.

Menetelminä tutkimuksessa käytettiin maastotutkimusta erilaisin mittavälinein ja aistihavainnoin. Työssä ei käytetty systemaattista otantamenettelyä. Tehdyt havainnot tallennettiin mobiililaitteeseen Oy Arbonaut Ltd:n kehittämällä ArboWebForest-palvelulla. Tallennettu paikkatieto siirrettiin matkapuhelinverkon kautta palvelimelle josta se otettiin tietokantana laskentaan.

Tuloksissa havaittiin useita poikkeamia vesiensuojeluohjeistoon verrattuna. Vakavimmat virheet olivat laskeutusaltaiden mitoituksessa ja kunnossa. Virheiden pääteltiin johtuvan suunnitteluvirheistä valuma-alueiden määrittelyssä. Eroosioarvion todettiin toimivan hyvin ainakin hankkeiden sarkaojilla, joskaan siihen ei voi täysin luottaa. ArboWebForest osoittautui joustavaksi ja hyvin monipuoliseksi luonnonvaratiedon keräysjärjestelmäksi.

ABSTRACT

KYMENLAAKSON AMMATTIKORKEAKOULU

University of Applied Sciences

Forestry

SAVOLAINEN, HEIKKI	Success of water pollution control in ditch repairing and the reliability of erosion assessment in South-East Forestry Centre
Bachelor's Thesis	97 pages and 90 pages of appendices
Supervisor	Pekka Kuitunen, MSc(For.)
Commissioned by	South-East Forestry Centre
May 2012	
Keywords	ditch repairing, water pollution control, erosion, RLGis

The aim of this thesis is study the condition of water pollution control systems and compare them to the directives. Another aim is to study the reliability of RLGis -software in erosion assessment. The field work was conducted with ArboWebForest service which is also in test use.

The methods used in the study were literature study and field investigation. The tools in the field investigation were normal measurement tools and visual observation. Observation data was saved in a mobile phone and after that sent to a server via mobile network. The resulting database was retrieved from the server for processing and analysis.

The analysis shows that there are problems with water pollution control. In many cases the pollution control basins were too small or they were almost full of silt. The small size is caused by engineering errors where river basins are measured too small. Also, there were too few silt holes, which seems to be caused by weak engineering where holes are not drawn in maps.

RLGis –software seems to be a good assessment tool at least for contour ditches. In peripheral and duct ditches the assessment is not so reliable and other methods have to be used to assess the erosion risk.

ArboWebForest was found to be a usable tool to collect natural resource data.

SISÄLLYS

TIIVISTELMÄ

ABSTRACT

SANOJEN JA LYHENTEIDEN SELVITYKSET

1	JOHDANTO	8
1.1	Työn lähtökohdat	8
1.2	Tutkimusalue, -kysymykset ja rajaukset	9
2	TYÖN TAUSTA	11
2.1	Kunnostusojitusten talous	11
2.2	Vesiensuojelun lainsäädäntö ja ohjeisto	14
2.3	Hajakuormitus Suomessa	15
2.4	Kunnostusojitusten vesiensuojelutarpeet	16
2.5	Vesiensuojelun kehitysnäkymät	18
2.6	Ojituksen tarkoituksenmukaisuus ja taloudellinen tuotto	18
3	SUON RAKENNE JA SIELLÄ TEHTÄVÄT TOIMET	19
3.1	Turvemaiden hoito	20
3.2	Hankkeiden sijainti eri suoyhdistymätyypeillä ja keidassuon rakenne	21
3.3	Soiden hydrologiaa	26
3.4	Suolla ja sen uomissa tapahtuva veden virtaaminen	31
3.5	Erosio ja sedimentaatio	31
3.6	Erosioarvioon liittyvä prosessi	35
3.7	Työssä tehty eroosioiden jakaminen tyypeihin	38
3.8	Ojaston rakenne	44
3.9	Ojien mitoitus	46
3.10	Vesiensuojelutoimenpiteet ja -rakenteet	50

4	AINEISTO JA MENETELMÄT	55
4.1	Tutkitut hankkeet	55
4.2	Tutkimuksessa käytetyt aineistot ja materiaalit	57
4.3	Menetelmät maastotyöskentelyssä	58
4.4	Datan käsittely	59
4.4.1	Tietojen muokkaaminen Arcmapissa	60
4.4.2	Tietojen laskenta Excel-taulukkolaskennalla	63
5	TULOKSET	63
5.1	Vesiensuojelutoimien suunnittelu	64
5.2	Vesiensuojelun toteutus	69
5.3	Erosioarvion paikkansapitävyys	75
5.4	ArboWebForestin ja Android -laitteiden käytettävyys tiedon keräämiseen.	82
6	TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET	85
6.1	Vesiensuojelutoimien suunnittelu	85
6.2	Vesiensuojelutoimien toteutus	86
6.3	Vesiensuojelutoimet kokonaisuutena	87
6.4	Erosioarvio	88
6.5	Opinnäytetyö	89
6.6	Työn virhelähteet ja niiden arviointi	89
6.6.1	Hankeotanta	89
6.6.2	Vesiensuojelun tilan tutkiminen	90
6.7	Erosioarvion paikkansapitävyys	91
7	KEHITYSKOHTTEET JA -KEINOT	92
7.1	Työn suunnittelua avustava järjestelmä	92
7.2	Erosiokohteiden eristäminen eroosiolta	96
7.3	Erosion tutkiminen	96
7.4	TASO-hankkeen koulutusmateriaali	97
	LÄHTEET	98
8	LIITTEET	105

8.1 Karttasymbolit ja karttojen käyttö	105
8.2 Hanke 2914	108
8.3 Hanke 2928	113
8.4 Hanke 3041	117
8.5 Hanke 3059	119
8.6 Hanke 3061	124
8.7 Hanke 3069B	130
8.8 Hanke 3106	132
8.9 Hanke 3245	138
8.10 Hanke 3272	145
8.11 Hanke 3278	149
8.12 Hanke 3322	162
8.13 Hanke 3325	169
8.14 Hanke 3416	174
8.15 Hanke 3467	182
8.16 Hanke 3539	188

SANOJEN JA LYHENTEIDEN SELVITYKSET

Termi tai lyhenne	Merkitys
AMO	Alueellinen metsäohjelma
ArboWebForest	Luonnonvaratiedon keräämiseen tarkoitettu palvelu
ArcGIS	Kansainvälisen esri -yrityksen valmistama paikkatieto-ohjelmisto johon kuuluu useita eri tuotteita kuten tässä käytetyt ArcMap ja ArcView
ELY-keskus	Elinkeino-, liikenne- ja ympäristökeskus
FFSC	Finnish Forest Certification System, Suomen kansallinen metsäsertifiointijärjestelmä
FSF	Forest Stewardship Council, hyvän metsänhoidon neuvosto
GIS, Geographic Information System	Paikkatietojärjestelmä
Kemera	Kestävän metsätalouden rahoituksesta annettu laki (12.12.1996/1094)
KMO	Kansallinen metsäohjelma
Kokonaisfosfori, F_{tot}	Useissa vedenlaatua mittaavissa tutkimuksissa käytetty fosforin indikaattori
Metla	Metsäntutkimuslaitos
PEFC	Programme for the Endorsement of Forest Certification schemes, kansainvälinen metsäsertifiointijärjestelmä
RLGis, RiverLifeGis	WaterSketch projektissa tuotettu eroosioherkkyyttä arvioiva työkalu päätöksentekoa varten
SYKE	Suomen ympäristökeskus
Tapio	Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio
VMI	Valtakunnan metsien inventointi
Ylivalunta	Useimmin keväisin tapahtuva valumatilanne jossa valunta on keskimääräistä suurempi

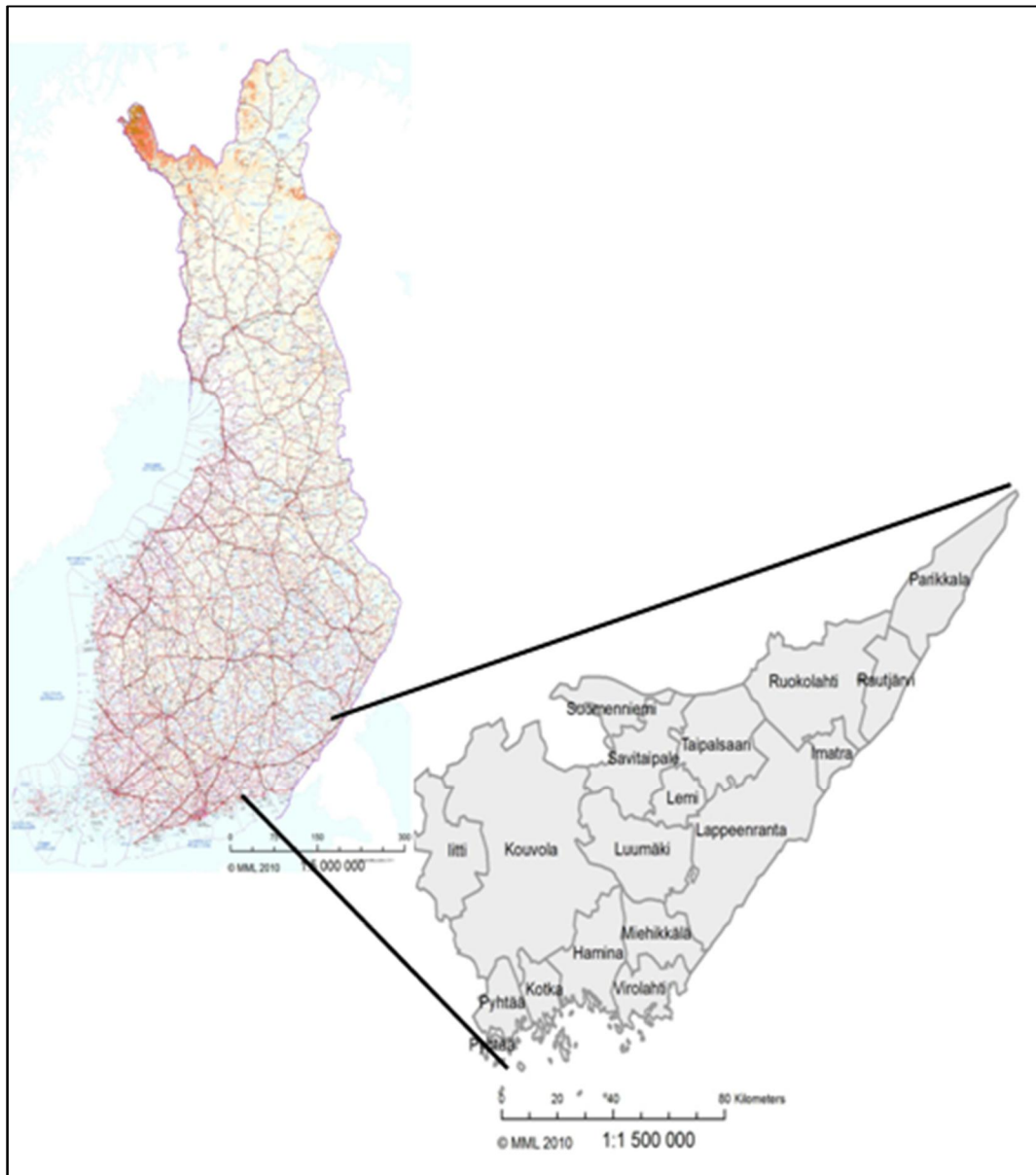
1 JOHDANTO

1.1 Työn lähtökohdat

Työn lähtökohtana on tarkastella metsäojitusten parannukseen liittyviä toimia ja niistä erityisesti vesiensuojelua. Vesiensuojelun osalta tarkastellaan suojelutoimenpiteiden onnistumista teknisesti. Eroosiotutkimuksessa tarkastellaan RiverLifeGIS -ohjelmalla (RLGis) ennustettujen tulosten paikkansa pitävyyttä. Kuten otsikossa mainitaan, työssä käsitellään 15 ojitushanketta. Työssä käytetään apuvälineenä uutta kehitteillä olevaa paikkatiedon keräämiseen ja esittämiseen tarkoitettua palvelua ArboWebForestia.

Työ on tuotettu käyttäen erilaisia paikkatietojärjestelmiä, joiden avulla tieto on kerätty ja muokattu analysoitavaan muotoon. Analyysit on esitetty työn rungossa. Koska paikkatiedolle on kuitenkin ominaista se, että tieto sijoitetaan nimenomaisesti tarkkaan paikkaan, on työssä käytetty liitteitä. Liitteissä olevien karttojen ja kuvien avulla saadaan tarkka havainto, mitä ja missä on tapahtunut; lisäksi liitteissä kuvaillaan ja arvioidaan syitä erilaisille havainnoille. Esitystapaa puoltaa sekin, ettei työssä ole käytetty systemaattisia otantamenetelmiä, joilla tiedon esittäminen kaavamaisesti olisi helpompaa.

Kaakkois-Suomella tarkoitetaan tässä työssä niitä kuntia, jotka kuuluvat toimeksiantajan eli Kaakkois-Suomen metsäkeskuksen toimialueeseen. Kyseiset kunnat näkyvät kuvasta 1.



Kuva 1. Kaakkois-Suomen metsäkeskuksen alueen kunnat ja sen sijainti Suomessa

1.2 Tutkimusalue, -kysymykset ja rajaukset

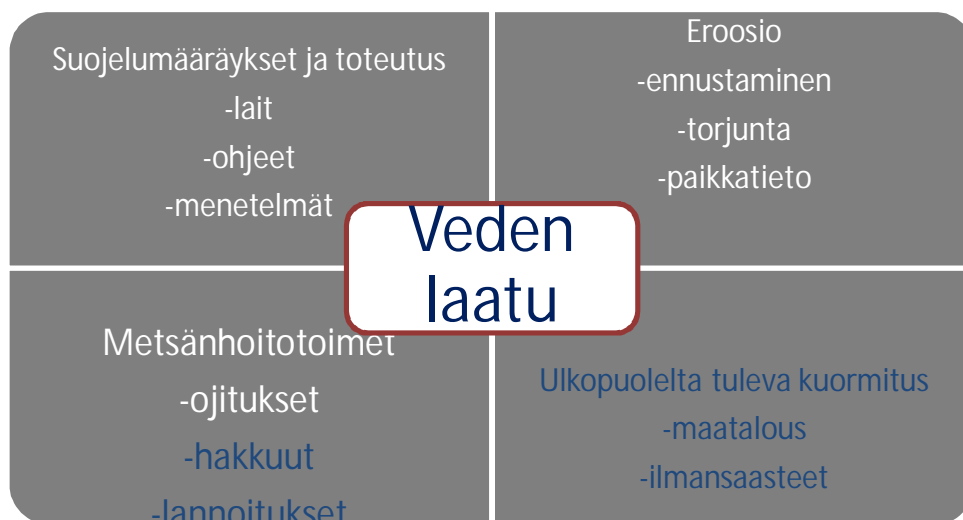
Tutkimuksessa pyritään selvittämään kuinka hyvin metsäojitusten vesiensuojelussa on onnistuttu valituilla alueilla. Vertailukohtana käytetään ohjekirjallisuutta.

Eroosioarviota tutkitaan samoilta alueilta havainnoimalla ojitusalueita. Arviomenetelmää ovat tutkineet mm. Tapio Tuukkanen (2010) ja Antti Leinonen (2009). Heidän tutkimuksissaan todetaan jatkotutkimukselle olevan tarvetta. Leinosen työssä kehitellään järjestelmää ja Tuukkasen työssä todennetaan sen toimivuutta teorian kautta. Tässä työssä edellisten töiden antamat tiedot siirretään käytännön havainnointiin. Käytännössähän eroosioarviota tarvitsevilla ei ole mahdollisuutta systemaattiseen otantaan monipuolisine mittausmenetelmineen.

Pyrkimyksenä on tuottaa lisätietoa arvion vastaavuudesta ja käytöstä suunnittelun apuvälineenä. Menetelmän käyttötapaa tutkitaan käytännön suunnittelun tasolla.

Yhteisesti testataan uudentyyppisen Oy Arbonaut Ltd:n kehittämän ArboWebForest palvelun (AWF) demoversion käytettävyyttä luonnonvaratiedon keräämiseen. Versio on 0.-sarjaa, jota ei ole tarkoitettu tuotantokäyttöön. Palvelu testataan käyttämällä sitä tiedon tallentamiseen, siirtämiseen ja käsittelyyn. Ohjelmistotestauksen tulokset eivät kuulu tässä työssä esitettäviin tuloksiin, vaan ne ovat osana AWF:n kehitystä Arbonautilla. Työssä esitetään lyhyesti omiin kokemuksiin ja havaintoihin (fenomenologiaan) perustuvia arvioita palvelun ja laitteistojen käytettävyydestä.

Edellisistä muodostettu toimintaympäristökehys on kuvan 2 mukainen. Kuvassa valkealla kirjoitetut asiat ovat tutkittavia asioita tai apuvälineitä tutkimukseen. Siniset tekstit ovat vedenlaatuun vaikuttavia muita tekijöitä. Vedenlaadun hyvyttä ei tutkimuksessa mitata.



Kuva 2. Tutkimuksen toimintaympäristö

Viimeisenä osana on tuottaa kokemusta tutkimustyöstä ja täyttää valtioneuvoston asetuksessa 15.5.2003/352 7 § määritetty tavoite, joka kuuluu seuraavasti: ”*Opin- näytetyön tavoitteena on kehittää ja osoittaa opiskelijan valmiuksia soveltaa tietoa ja taitojaan ammattiopintoihin liittyvässä käytännön asiantuntijatehtävässä.*” (Edita Publishing Oy 2003.) Tässä työssä tavoite pyritään saavuttamaan osoittamalla kykyä etsiä tietoa kirjallisuudesta ja käyttää saatua tietoa tukemaan omaa tutkimusta. Tutkimuksen raportointi on muoto, jolla yhdistetään haettu ja tutkimalla saatu tieto.

2 TYÖN TAUSTA

2.1 Kunnostusojitusten talous

Merkityksellistä on talouden kannalta metsäojituksen vaikutuspiirissä oleva pinta-ala ja siellä kasvavan puuston nykyarvo sekä tuleva arvo. Arvoa on myös niissä pääomissa, jotka on sidottu metsänparannustöihin jo aiemmin esimerkiksi uudistusojituksissa.

Nykyisin turvemailta hakataan vuosittain 5 – 7 milj. kuutiometriä käyttöpuuta. Hakkuumäärät olisi kuitenkin mahdollista nostaa 10 – 15 milj. kuutiometriin. Puuston kasvua voitaisiin tehostaa lähes 1 milj. kuutiometrillä kunnostusojituksen ja harvennushakkuin. (Ruotsalainen 2007.)

Suomen metsäpinta-alasta ojittettua alaa on noin 23 % ja Kaakkois-Suomen alueella vastaava luku on noin 14 %. Taulukosta 1 voi huomata Kaakkois-Suomen ojituspinta-alan olevan yli viisinkertainen ojittamattomaan alueeseen. Koko Suomessa vastaava suhde on noin puolet ja puolet. Taulukko 1 ja kuva 3 kertovat ojitusintensivisyydestä. Soiden yhteispinta-ala Suomessa on noin 8,6 miljoonaa hehtaaria VMI 11:n mukaisesti (Metsäntutkimuslaitos 2011.)

Taulukko 1. Metsätalousmaan jakauma (Metsäntutkimuslaitos 2011.)

Alue	Metsätalousmaa	Ojittamattomat suot	Ojitetut suot
Suomi (1 000 ha)	20 825	4 013	4 841

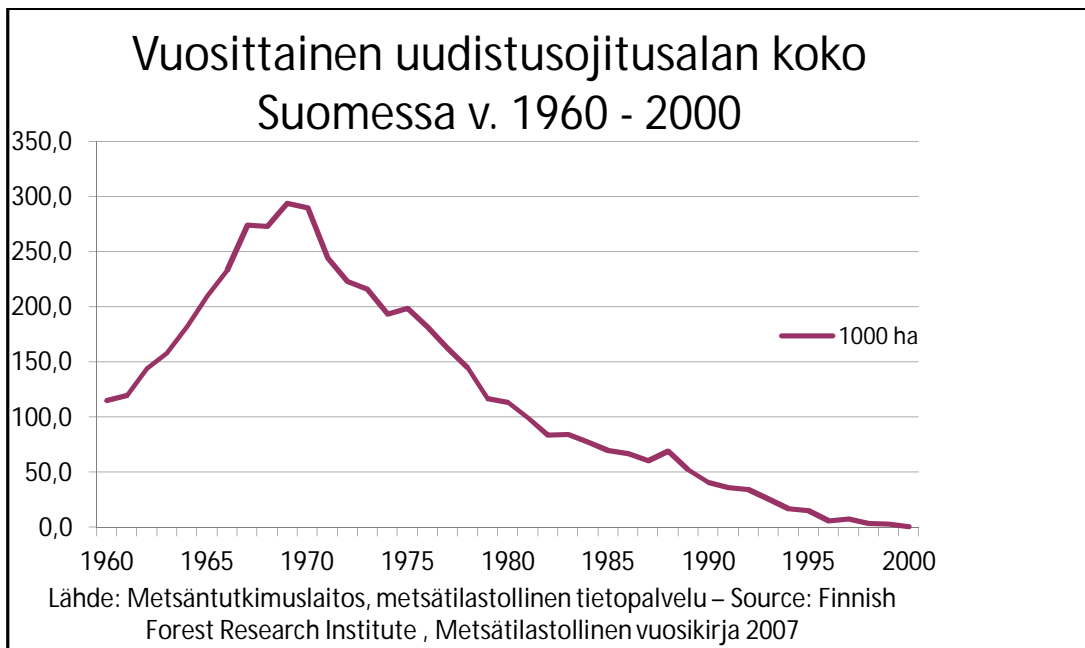
Alue	Metsätalousmaa	Ojittamattomat suot	Ojitetut suot
Kaakkois-Suomi (1 776 000 ha)		23	112

Eniten varoja vaativaa toimintaa kasvun turvaamisessa turvemailla on kunnostusojitukset. Metsätilastollisen vuosikirjan (Metsäntutkimuslaitos 2011) mukaan metsänlannoitukseen käytetyt varat olivat vuonna 2010 n. 12,6 milj. € ja kunnostusojitukseen 15,6 milj. €. Kyseiset menetelmät ovat päämenetelmiä nimenomaisesti kasvun lisäämisessä. Kustannuksissa on tapahtunut ojitusten osalta 14 % lasku vuoteen 2009 verrattuna. Ojitusten työmäärä on laskenut 12 % (Metsäntutkimuslaitos 2011.)

Kansallisessa (KMO) ja Kaakkois-Suomen alueellisessa metsäohjelmassa (AMO) on esitetty huomattavasti suurempia työmääriä kuin mitä tällä hetkellä on saavutettu. KMO 2015:ssä esitetään kunnostusojitusten työmääräksi yhteensä 80 000 ha, josta Kemera rahoituksella 60 000 ha. (Maa- ja metsätalousministeriö 2012.) KMO 2015 on valtioneuvoston periaatepäätös 16.12.2010. Todennäköisesti ohjelman tavoitteita tulla täysin saavuttamaan mikäli kunnostusojitusten määrät ovat samalla tai trendin mukaisella laskevalla tasolla jonka voi todeta kuvasta 4.

Kaakkois-Suomen AMO:ssa vuosittainen kunnostusojitusmäärän tavoite on 2 800 ha, josta on jääty reilusti jälkeen. Esimerkiksi vuonna 2010 kunnostusojitusta tehtiin vain 1425 hehtaarille eli tavoitteesta jäätiiin jälkeen noin 50 % (Kaakkois-Suomen metsäkeskus 2012.) Suuntaus on ollut aiemman AMO 2006 - 2010 aikana samanlainen, tavoitteista on jääty vuosittain jälkeen, joskaan ei niin paljon kuin vuonna 2010 (Kaakkois-Suomen metsäkeskus 2010)

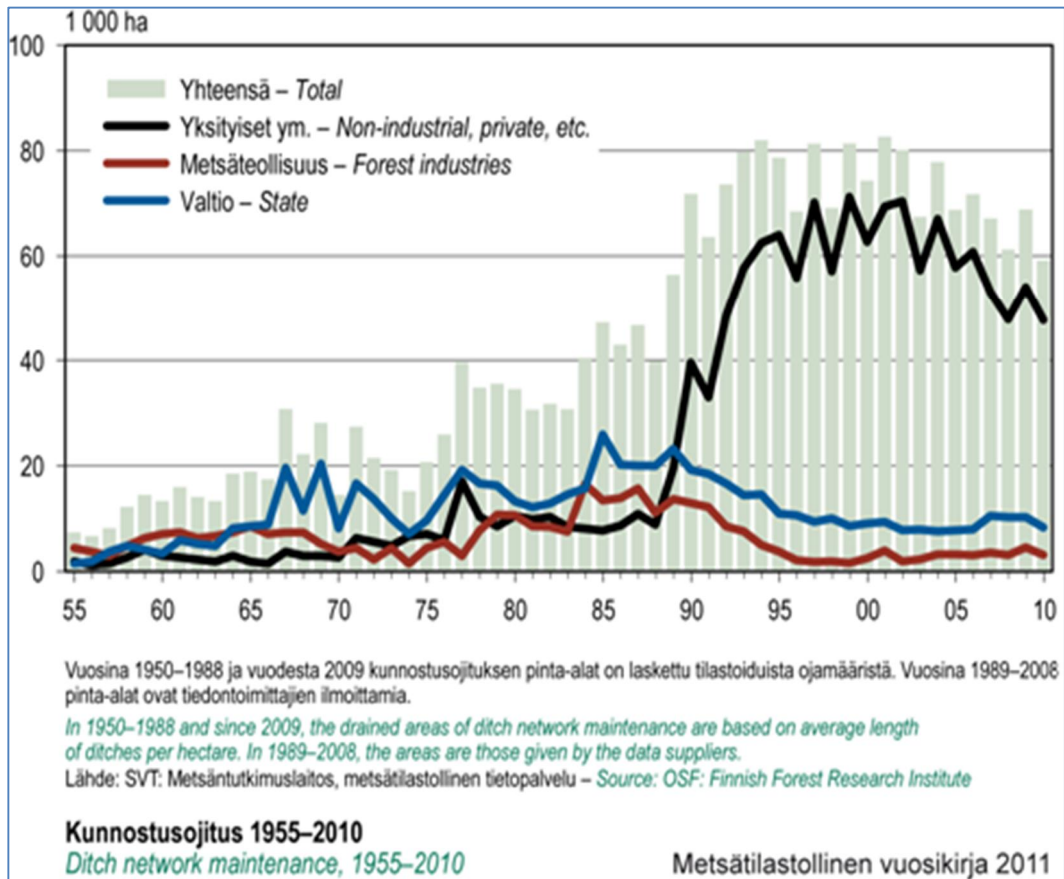
Nykyisin tehtävät parannustyöt ovat pääosin, 1960- ja 1970-luvuilla tehtyjen uudisojitusten parannuksia. Pinta-alana edellä mainittuna aikana ojitettiin noin huipussaan vuonna 1971 noin 300 000 ha suota. Tuosta ajankohdasta ojitus väheni huomattavan jyrkällä trendillä. (Päivänen 2007.)



Kuva 3. Suomen vuosittainen uudistusojitusala v.1960 - 2000

Kunnostusojitusten määrä kasvoi huomattavalla nopeudella 1980 luvun loppupuolella noin 70 000 hehtaariin josta se on laskenut nykyiseen noin 50 000 hehtaariin vuodessa.

Juhani Päivänen (Päivänen 2007.) viittaa Hökän (Hökkä ym. 2000) tutkimukseen siitä, että kiertoaika kunnostusojitusten välillä olisi noin 25 vuotta. Ojitusarvetta on pyritty ennustamaan kasvupaikkamuuttujiin perustuvien mallien avulla. Samansuuntaista n. 25 vuoden kiertoväliä esittää myös Silver Lounais-Suomen alueella tehdyssä tutkimuksessa jossa mitattiin ojia sekä havainnoitiin niiden kasvillisuutta (Silver & Joensuu 2005.) Edellisistä tehtiin kokonaisarvio ojaston kunnosta. Erikoisena voidaan pitää sitä kuinka kunnostusojitusmäärät pysyivät korkealla tasolla huolimatta 1990-luvun lamasta. Kuvan 4 vuoden 2010 ja 2011 kunnostusten väheneminen johtui siitä, että Kemera myöntövaltuutta kohdennettiin ensisijaisesti myrskytuhojen viljelysuunnitelmiin (Järvinen 2012.)



Kuva 4. Kunnostusojitukset 1955 - 2010

2.2 Vesiensuojelun lainsäädäntö ja ohjeisto

Kunnostusojitustarpeen kasvaessa on myös paineet vesiensuojelulle kasvaneet. Vesiensuojelussa ollaan siirrytty aiempaa tarkempiin ohjeisiin ja menetelmiin samoin kuin muussakin metsätaloudessa (Ahti, et al. 2005.)

Osana ohjeistusta on valtion lakisääteinen rahoitus, jonka osana on suojelunäkökohtien huomiointi. Ojitushankkeita rahoitettaessa päätöksen tekoon käytetään lakia kestävän metsätalouden rahoituksesta 12.12.1996/1094 (Kemera) (Edita Publishing Oy laki 1996.) sekä asetusta kestävän metsätalouden rahoittamisesta 30.12.1996/1311 (Edita Publishing Oy asetus 1996.) Em. lain 6 § 6 momentissa määritellään kunnostusojituksen rahoituksen edellytykset, joista osana on vesiensuojelunäkökohtien huomioiminen. Kyseisen lain 15 §:ssä määrätään hoito- ja kunnossapitovelvollisuudesta joka koskee myös suojelutoimenpiteitä kuten laskeutusaltaita, joiden hoitovelvoite on 15 vuotta rahoituksen loppunmaksamisesta. Kemera tuet ovat lakisääteisiä, mutta

harkinnanvaraisia eli metsäkeskus voi kohdentaa niitä tarvittaville kohteille ja työlajeille.

Tätä työtä tehdessä käytössä ollut vesiensuojeluohjeisto perustui mm. vesiensuojelulakiin vuodelta 1961. Laki muuttui vuonna 2012 ja se aiheuttanee joitakin muutoksia ohjeistoon. Lähtökohtaisesti lainsäädäntö on ollut sen tyyppinen, ettei tehtäviin töihin ole tarvinnut hakea lupaa ennalta. Laki on toiminut aiheutusperiaatteella, jossa vahingon aiheuttaja on velvollinen korvaamaan vahingon.

Muina noudatettavina lakeina ovat mm. ympäristönsuojelu-, metsä- sekä luonnonsuojelulaki. Toimintaa ohjaa myös jokamiehenoikeudet. Käytettyä ohjeistoa on koottu Metsätalouden kehittämiskeskus Tapion Metsätalouden vesiensuojeluoppaaseen. Oppaassa on esitetty hyviä käytäntöjä vesien suojelussa. Toimintaa ohjaavat myös eri toimijoiden sertifiointimenettelyt mm. PEFC, FFCS ja FSC. Sertifiointilla pyritään takaamaan, että puu on tuotettu hyvien käytäntöjen mukaan ekologisesti, sosiaalisesti ja taloudellisesti kestäväällä tavalla tuotettuna (SYKE 2006.)

2.3 Hajakuormitus Suomessa

Hajakuormitukseksi sanotaan vesistökuormitusta joka on peräisin useista pienistä päästölähteistä kuten maa- ja metsätaloudesta, liikenteestä ja haja- ja loma-asumisesta (SYKE, Ilmatieteenlaitos ja Ympäristöministeriö 2010.) Suomen vesistöjen kuormitusarvio vuonna 2010 on seuraavan taulukon 2 mukainen:

Taulukko 2. Suomen vesistöjen kuormitus ja arviot laskeumasta ja huuhtoumista

Päästölähteet	Fosfori	Typpi	Fosfori	Typpi
	t/a	t/a	%	%
Pistemäinen kuormitus				
Massa- ja paperiteollisuus	150	2 434	3,7	3,5
Muu teollisuus	25	894	0,6	1,3
Yhdyskunnat	163	10 650	4,1	15,3
Kalankasvatus	76	620	1,9	0,9
Turkistarhaus	45	430	1,1	0,6
Turvetuotanto	20	485	0,5	0,7
Pistemäinen kuormitus yhteensä	479	15 513	11,9	22,3
Hajakuormitus				
Maatalous	2 750	39 500	68,5	56,8

Päästölähteet	Fosfori t/a	Typpi t/a	Fosfori %	Typpi %
Haja-asutus	355	2 500	8,8	3,6
Metsätalous	231	3 253	5,8	4,7
Hajakuormitus yhteensä	3 336	45 253	83,1	65,1
Laskeuma	200	8 800	5	12,6
Kuormitus yhteensä	4 015	69 566	100	100
Luonnon huuhtouma	1 600	41 500		

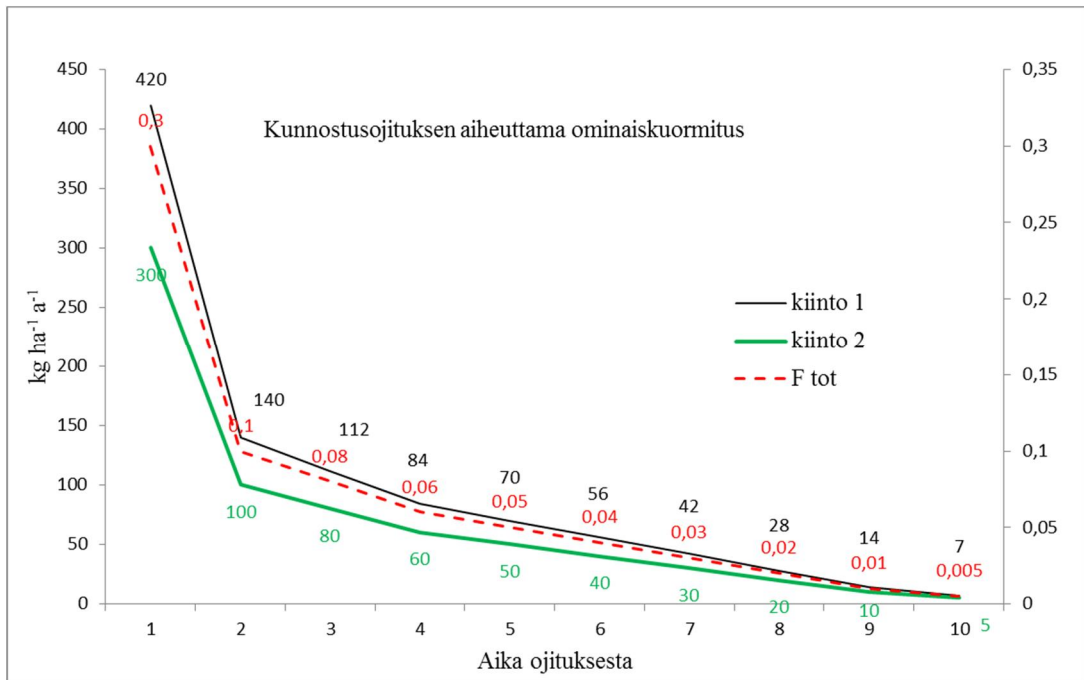
Teollisuus, kalankasvatus ja yhdyskunnat v. 2010.
Tiedot perustuvat VAHTI -tietojärjestelmän tietoihin 16.9.2011.
Muut päästölähteet ja luonnon huuhtouma SYKE:n laskema arvio.

Metsätalous on taulukon mukaisesti pieni hajakuormittaja verrattuna maatalouteen. Kun aiemmin mainittiin kunnostusojituksen rästisuoritteista on mahdollista, että metsätalouden kuormitus kasvaa jos tavoitteet pyritään saavuttamaan.

2.4 Kunnostusojitusten vesiensuojelutarpeet

Vesiensuojelussa on huomioitava, että suojelutarve on suurimmillaan muutaman ensimmäisen vuoden ajan kunnostuksen jälkeen. Ahti ym. (2005) ovat tutkineet kunnostusojitusten vaikutusta valumaveden laatuun ja tulleet tuloksiin joissa kiintoaineskuormitus on huipussaan ensimmäisen ojitetun vuoden keväänä ylivalunnan aikana (Ahti, et al., 2005.)

Kuvan 5 mukaiset tiedot ovat käytössä KALLE -laskentamenetelmässä jota on käytetty KMO 2015 varten tehdyissä laskelmissa (Uusivuori, et al. 2008), vihreällä esitetty kuvaaja. Laskentaa varten on huomioitu, että ojitusalueelle tehdään vesiensuojelutoimenpiteet jotka toimivat vähintään 50 % teholla. Laskennat on tehty kenttäkokeilla vertailu - kalibrointimenetelmällä. Mustalla esitetty kuvaaja on Suomen ympäristö lehden 10/2008 taulukon 6 mukaisesti (Finér, et al. 2010.) esitetty arvio. Suojelutoimenpiteistä mainitaan, että niistä on huolehdittu rakentamalla laskeutusaltaita. Punaisella katkoviivalla esitetty kokonaisfosforin arvo on KMO 2015 laskelmista. Kuvaajien muodosta voi päätellä, että kiintoaineskuormitus ja kokonaisfosforin aiheuttama kuormitus ovat sidoksissa toisiinsa.



Kuva 5. Kunnostusojituksen aiheuttama ominaiskuormitus eri lähteiden mukaan

Edellisissä laskelmissa on kokonaistypen määräksi arvioitu nolla, joka Mannisen (1998) mukaan kuitenkin kohoaa huomattavasti. Mannisen tekemän tutkimuksen mukaan ojitusta seuraavana vuonna etenkin kokonaisfosfori kasvaa huippuunsa. Ruununsuonojalla tehdyissä mittauksissa havaittiin, että kokonaisfosforin määrä oli vuosina 1989 - 1992 noin 80 - 140 $\mu\text{g l}^{-1}$ josta se kohosi ojitusvuoden 1992 jälkeen kesällä 1993 noin 200 $\mu\text{g l}^{-1}$:aan. Kokonaistypen määrä oli vuosina 1989 - 1992 noin 1000 $\mu\text{g l}^{-1}$ josta se kohosi vuoden 1993 n. 2000 $\mu\text{g l}^{-1}$:aan.

Samassa tutkimuksessa tutkittiin myös vaikutuksia vedessä eläviin eliöihin. Ojituksen jälkeisenä vuonna vähenivät esimerkiksi Eunotia perheen piilevät ja toisaalta Nitzschia ja Tabellaria piilevälajit lisääntyivät. Manninen pitää muutosten syynä happamoitumista, ravinnetasoa ja kiintoaineksen määrää puron vedessä. Mannisen tekemä tutkimus käsittelee kahta ojitusaluetta joista toinen on vertailualue (Manninen 1998.) Kyseisen tyyppiset levät ovat yleisesti käytettyjä veden laadun välillisiä indikaattoreita (Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry 2010.)

Metlan tekemässä laajemmassa tutkimuksessa on kuitenkin havaittu, että pidemmällä aikavälillä kokonaistypen määrä on saattanut jollain alueilla lisääntyä ja joillain alueilla jopa laskea. Fosforin huuhtoutumista tutkimuksessa pidetään pieninä vaikutuksiltaan koska vain pieni osa siitä on leville käyttökelpoisessa muo-

dossa. Tutkimuksessa pidetään kiintoaineksen huuhtoutumista keskeisimpänä kuormitusvaikutuksena. Tutkimus on tehty 75 eri ojitusalueella (Ahti, et al. 2005.) Näistä lähtökohdista suojelua pyritäänkin kohdentamaan siten, että jo kaivuvaiheessa tehdään suojaavia toimenpiteitä ennen kuin vedet johdetaan alapuoliseen vesistöön.

Vesiensuojelu tulee järjestää turvemailla tehokkaasti koko kasvatusketjuun liittyen koska hakkuut, uudistaminen ja kunnostusojitukset liittyvät toisiinsa. Suojelu on helpointa toteuttaa suunnittelemalla koko ketju yhdenaikaisesti. Mikäli alueella tehdään ojitusmätästystä, on vesiensuojelusta huolehdittava samoin kuin ojituksessa (Joensuu, et al. 2007.)

Syynä suojelutoimenpiteille on ojitusalueilta tuleva kiintoaines- ja ravinnekuorma. Kiintoaineksena kulkeutuu kivennäis- sekä eloperäistä materiaalia jotka sisältävät myös ravinteita. Osa kulkeutuu liukoisina ravinteina joita tulee etenkin lannoitusten yhteydessä. Suurimmat ravinnepestöt ovat fosforia ja typpeä.

2.5 Vesiensuojelun kehitysnäkymät

Valtioneuvoston hyväksymässä vesienhoidon toteutusohjelmassa 2010 - 2015 on selkeästi lisätty panostusta suojeluun. Panostusta kasvatetaan erilaisina ohjauskeinoina joista 70 % on valtakunnallisella valmisteluvastuulla ja 30 % alueellisella ELY -keskuksilla sekä kunnilla. Rahaa ohjelmakaudella on arvioitu käytettävän 73 milj. € josta 50 milj. € on nykytoimenpiteiden tasoisen suojelun ylläpitämistä varten ja 23 milj. € lisätoimenpiteitä varten. Ohjelmassa on arvioitu erityisesti turvemetsien uudistamisen määrän kasvaminen huomattavasti seuraavina vuosina. Toimia ja varoja suunnataan vesiensuojelurakentamiseen sekä eri henkilöstöryhmien kouluttamiseen (SYKE 2011c.)

2.6 Ojituksen tarkoituksenmukaisuus ja taloudellinen tuotto

Ojitus on tarpeellista siellä missä liika vesi haittaa puuston kasvua. Useimmiten ojitukset tehdään soille mutta niitä tehdään myös soistuville kangasmaille (Heikurainen 1980.) Nykyisin tehtävät kunnostus- ja täydennysojitukset ovat harkinnanvaraisia tarpeen ja kasvuedellytysten mukaan. Ojitusten ja etenkin kunnos-

tusten tuottoa on tutkittu Metlan SUM -suometsätalous ohjelmassa. Tutkimus on laaja-alainen käsittäen yhdeksän erillistä hanketta (Metsäntutkimuslaitos 2009.)

Asiaa on tutkinut mm. Soili Kojola väitöskirjassaan. Päätelmänä ojitusten osalta hän esittää, että niistä aiheutuu suhteellisen pieniä kustannuksia. Ensisijaisina kohteina kannattaisi pitää ravinteikkaita kasvupaikkoja. Kojola (2009) tutki asiaa etenkin mäntyvaltaisilla alueilla ja tulokset saatiin simuloimalla kasvua. (Kojola 2009.)

3 SUON RAKENNE JA SIELLÄ TEHTÄVÄT TOIMET

Suo voidaan jaotella erilaisin periaattein esimerkiksi seuraavasti:

- Kasvitieteellinen eli biologinen suo on kasvupaikka, jolla vallitsee turvetta kasvattava ja muodostava kasviyhdykskunta. Niillä kasvaa valtalajeina rahkasammalet (Sphagnum), yli 75 % pohjakerroksen peittävydestä
- Ekologisesti suo määritellään ekosysteemiksi jota ylläpitää kosteus. Kosteus johtuu läheisestä pintavedestä. Ollakseen tarkasti ottaen joko ekologinen tai kasvitieteellinen, suon tulee kerryttää orgaanista ainesta
- Geologinen suo on turvekerrostuma joka on syntynyt maatumisen johdosta yli 30 cm paksuiseksi turvekerrostumaksi
- Maataloudellisen suon käsite on sovellettu lähinnä geologisen suon määritelmästä
- Metsätaloudellinen suo on määritelty valtakunnan metsien inventoinneissa (VMI) seuraavasti:
 - Kivennäismaata peittävä kerros on turvetta.
 - Kasvillisuudesta yli 75 % on suokasvillisuutta.
 - Turvekerroksen paksuudelle ei ole minimivaatimusta.
 - Ojitettukin suo on edelleen suo, vaikka se olisi jo kehittynyt turvekankaaksi.
 - Jos turvekerros on hävinnyt kokonaan ojituksen jälkeen, suon luokitus muuttuu kivennäismaaksi (Päivänen 2007.)

3.1 Turvemaiden hoito

Perustana ojitustoiminnalle on puun kasvuedellytysten parantaminen. Pohjaveden pinnan ollessa korkealla puiden juuristo joutuu hapettomaan tilaan ja kasvu yleensä pysähtyy. (Mälkönen (toim.) 2003) Ojittamattomilla avosoilla liikkuaessa ilmiö näkyy kitukasvuisina pieninä puina. Alle kolme metriä korkeat puut saattavat olla useita kymmeniä vuosia vanhoja.

Turvemaiden hoito tapahtuu prosessina, jossa ensin tehdään metsänhoidolliset hakkuutyöt ja vasta sen jälkeen ojitusten parannukset sekä mahdolliset lannoitukset. Syynä järjestykselle on hakkuutöiden mahdolliset vahingot ojikolle. Haittaa voi olla esimerkiksi ojien yliajamisesta tai puumateriaalin joutumisesta ojiin. Ojituksen kunnostus taas on perusteltua vesitalouden muuttumisella puiden poiston jälkeen. Vesitaloutta käsitellään myöhemmin soiden hydrologian yhteydessä luvussa 4.5. Prosessiin kuuluu oleellisena osana erilaisten suunnitelmien ja laskelmien tekeminen. Tällaisia ovat esimerkiksi:

- ojitustarpeen arviointi rajauksineen
- puustotietojen määrittäminen
- tilakohtaiset kustannusarviot
- hakkuiden tuloarviot
- metsänhoitokustannukset
- ojitussuunnitelma liitteineen
- metsänhoidon suunnittelu
- mahdollisen lannoituksen suunnittelu
- luonnonhoitohankemahdollisuuden selvittäminen
- puunkorjuun suunnittelu (Ruotsalainen 2007.)

Tilannetta hankaloittaa turvemaiden hankala saavutettavuus nykyisillä metsäkoneilla. Koneet ovat painoltaan niin suuria, että niillä työskentely on turvemaiden osalta järkevää vain pakkastalven aikana jolloin jää kantaa konetta. Yrittäjät eivät ole myöskään halukkaita lähtemään harvennushakkuisiin turvemaille kangasmaita pienemmän kertymän ja työn hankaluuden vuoksi. (Mäkinen 2011.) Teknis-taloudellisia näkökohtia on tutkinut mm. Jani Heikkilä

Metlalle tehdyssä raportissa jossa hän toteaa korjuukustannusten olevan korkeammat kuin kangasmailla (Heikkilä 2007.)

Markkinoilla on kuitenkin lisääntymässä joustavampi hinnoittelu hakkuutyöhön. Heikkilän tutkimus (2007) tukee jo aiemmin mainittua Mäkisen ilmaisemaa yrittäjien haluttomuutta hakkuisiin (Mäkinen 2011.)

3.2 Hankkeiden sijainti eri suoyhdistymätyypeillä ja keidassuon rakenne

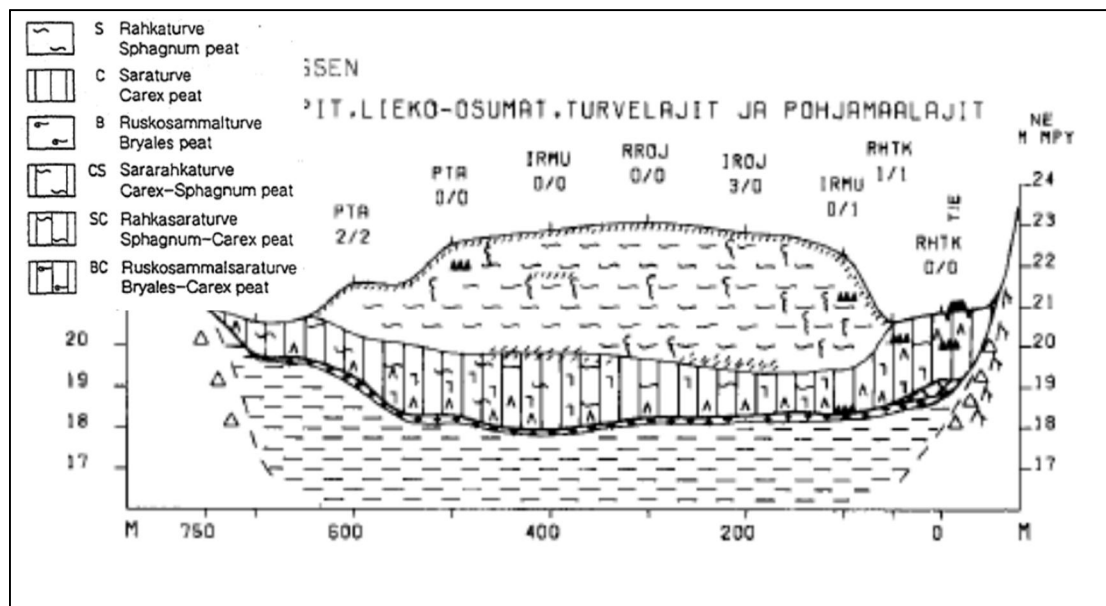
Suota käsitellään yhdistymätyyppinä joka käsittää kokonaisuuden kaikkine suoyhdistymätyypeineen ja rakennepiirteineen (Päivänen 2007.)

Tässä työssä hankkeet sijoittuvat seuraaville suoyhdistymätyypeille Suomen ympäristökeskuksen suokasvillisuuden aluekartan jaon mukaisesti:

Kilpikeitaat eli konsentriset kermikeitaat, alajaoltaan laakiokeitaat

–hanke 3061.

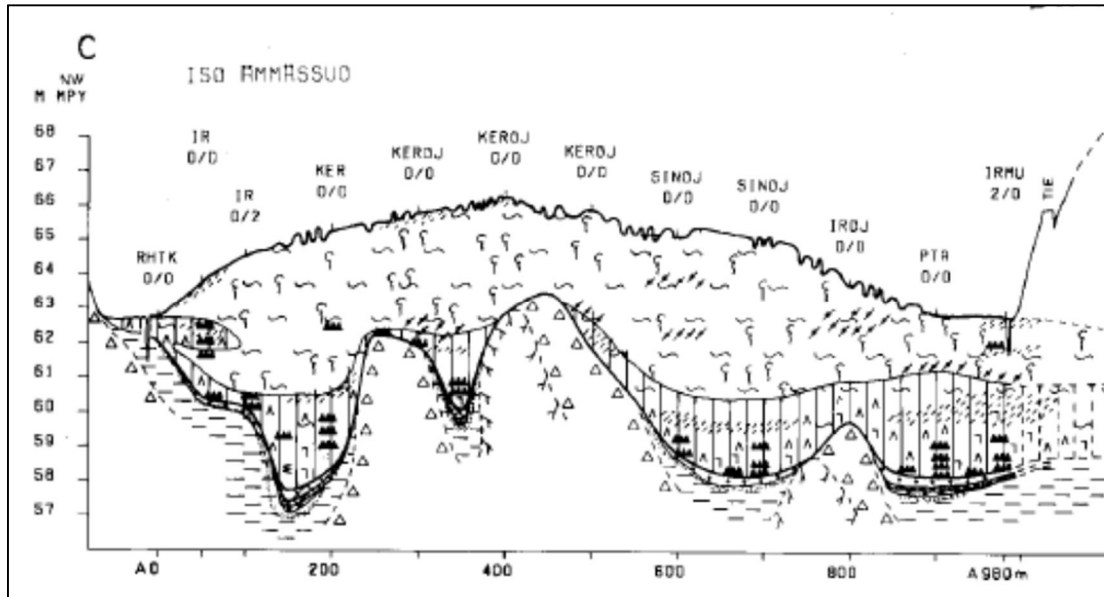
Kuvassa 6 on esimerkkinä Espoon Gubbmossenin laakiokeidassuo. Laakiokeitaassa on nimensä mukaisesti selkeä laakiomainen osuus suon keskellä.



Kuva 6. Esimerkki laakiokeidassuosta, Espoon Gubbmossenista (Stén & Moisanen 2000)

Kilpiketaat eli konsentriset kermikeitaat, alajaoltaan Etelä-Suomen kilpiketaat:

–hankkeet 2928, 3272, 3059, 5610, 3322, 2914 ja 3041.



Kuva 7. Esimerkki kilpiketaidassuosta, Espoon Iso Ämmässuo (Stén & Moisanen 2000)

Kuvissa 6 ja 7 näkyy eri aineiden kerääntyminen peruskalliossa olevien painanteiden päälle. Pohjimmaisina ovat kivennäisperäiset ainekset moreeni ja savi. Lieju on osittain kivennäis- ja osin eloperäistä materiaalia. Pinnempänä ovat sara- ja rahkaturvekerrokset ja ylimpänä elossa olevat kasvit. Kerroksissa on myös eläimiä ja hajottajabakteereita. Poikkileikkaukseltaan kohosuo on korkeampi keskeltä kuin reunoilta mutta siinä ei ole tasaista osaa keskellä kuten laakiokeidassuossa. Tämän kuvan suo on rakentumista voi kuvailla kasvillisuutensa perusteella seuraavasti, sillä on ollut minerotrofinen vaihe jolloin kasveilla on ollut pohjavesiyhteys mikä on mahdollistanut sarojen ja muun minerotrofiaa tarvitsevan kasvillisuuden kasvamisen. Minerotrofia jaetaan kolmeen eri luokkaan:

- Oligotrofia, niukkaravinteinen jossa kasvupaikan pH on alle 4,5 ja sillä kasvaa suursaroja esim. jouhisara (*Carex lasiocarpa*) ja pullosara (*Carex rostrata*).
- Mesotrofia, keskiravinteinen pH 4,5 - 5,5. Kasvupaikalla ruohoisuuden indikaattoreita esim. kurjenjalka (*Potentilla palustris*) ja terttualpi (*Lysimachia thyrsiflora*).

– Eutrofia, runsasravinteinen pH 5,5 - 7,5. Kasvupaikalla lettoisuuden indikaattoreina ruskosammalet esim. lettoväkäsammal (*Campylum stellatum*) ja lettoliersammal (*Scorpidium scorpidioides*) (Päivänen, 2007.)

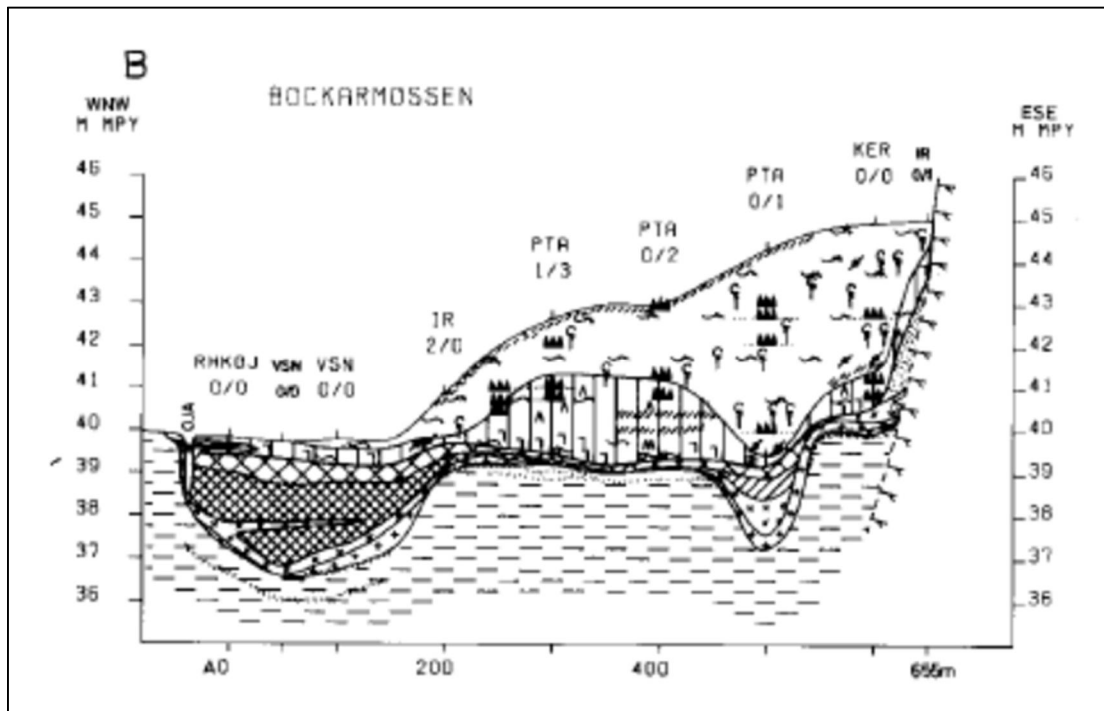
Kun sarat ovat kerryttävät turpeen paksuutta riittävästi, pohjavesiyhteys heikentyy ja suo siirtyy ombrotrofiaan eli kasvit saavat veden ja ravinteet pelkästään sadeveden mukana. Edellisestä johtuen valtasammaleiksi tulevat rahkasammalet ja muu kasvillisuus on joko heikkokasvuista tai muuttunut pienemmällä ravinteisuustasolla toimeentulevaksi. Suon korkeuden kasvaessa sille muodostuu laide joka on osittain kivennäismaan vaikutuksesta minerotrofinen.

Tarkempi suotyyppejä määrätty veden korkeuden, liikkuvuuden ja alkuperän mukaan (Reinikainen 2005.)

Kuvan 7 perusteella voi päätellä kyseisen suon kuuluvan ombrogeeniseen suoyhdistymään eli sille satava vesi kulkeutuu pinnassa tai pinnan läheisyydessä suon keskeltä sen reunoille (Päivänen 2007.)

Sisä-Suomen vietto-, ja rahkakeitaat, alajaoltaan viettokeitaat eli *Sphagnum fuscum* -keitaat:

– hankkeet 3467, 3278, 3069B, 3245, 3325, 3106 ja 3416.



Kuva 8. Esimerkki viettokeidassuosta Espoon Bockarmossenista (Stén & Moisanen 2000)

Viettokeidassuo eroaa muista keidassoista siten, että sen pintaprofiili on kalteva ja niiden korkein kohta on lähellä kivennäismaan rajaa jolloin samanlaista laidetta kuin muilla tyypeillä ei sillä reunalla juurikaan ole (Päivänen 2007.)

Suoyhdistymätyyppien jako perustuu teokseen Suomen kartasto, vihko 141 - 143, Ruuhijärvi, R.1988: Suokasvillisuus (SYKE 2006.)

Ojituksen kannalta edellä mainitut asiat on syytä tuntea hyvin koska niihin perustuu suon ojittamiskelpoisuus. Käytännössä siten, että maastossa tutkitaan kasvien perusteella kasvupaikan laatu ja tehdään päätös siitä onko paikka riittävän ravinteikas puun kasvatukselle. Kunnostusojituskelpoisuus on määritelty Tapion Hyvän metsänhoidon suosituksissa turvemaille, jossa esimerkiksi tässä käsiteltävälle Etelä-Suomen alueelle se on seuraava:

- Kelvollisia ovat Rhtkg, Mtkg I ja II, Ptkg II tyypit.
- Ptkg I ja Vatkg mikäli runkoluku on yli 600 / ha (Ruotsalainen 2007.)

Turvekangastyypit ovat muodostuneet erilaisista suotyypeistä jotka ovat luokiteltu kasvupaikan hyvyuden mukaisesti. Kasvupaikan hyvyys määräytyy A.K. Cajan-

derin viime vuosisadan alkupuolella luoman metsätyyppiteorian ja sen lisäysten perusteella. Soilla metsätyyppiteoriaa sovelletaan siten, että siihen otetaan hydrologia mukaan jolloin käsitellään ekohydrologiaa (Vasander & Laine 2008.)

Hankkeiden alueella varsin yleinen puolukkaturvekangas II (Ptkg II) on muotoutunut joko varsinaisesta sararämeestä, varsinaisesta saranevasta tai tupasvillasararämeestä. Ravinteisuudeltaan ne sijoittuvat minerotrofian heikoimpaan osaan eli oligotrofiaan. Pääpuulajina on mänty (*Pinus sylvestris*) jonka ohella koivua (*Betula pendula* ja *B. pubescens*). Harvoissa tapauksissa koivukin voi olla pääpuulaji. Kenttäkerroksen kasvilajeina on ojituksen jälkeen aluksi vaivaiskoivua (*Betula nana*) joka puuston varttuessa heikkenee. Ojituksen vanhetessa mustikka (*Vaccinium myrtillus*) ja puolukka (*Vaccinium vitis-idaea*) lisääntyvät ja alkavat syrjäyttää muuta varvustoa. Paikoin havaitaan laikuittaisesti rämevarpuja kuten suopursua (*Rhododendron tomentosum*) ja juolukkaa (*Vaccinium uliginosum*). Ruohoista kasvaa yleisesti vain kangasmaitikkaa (*Melampyrum pratense*), joskus lannoitusten jälkeen voi esiintyä metsäalvejuurta (*Dryopteris carthusiana*). Turve on rahkasara- tai sararahkaturvetta (Vasander & Laine 2008.)

Kuvassa 9 on tyypillinen Ptkg II kasvupaikkatyypin joka on kunnostusojitettu. Turve on kuvan perusteella rahkaturvetta (S-t), jossa on pintakerroksessa vielä maatumattomia liekopuita. Pohjakerroksen kasvisto ei ole kuvassa erotettavissa sen sijaan kenttäkerroksen mustikka on runsas. Puusto on mäntyä ja koivua. Seas- sa muutama vaatimaton kuusi (*Picea abies*).



Kuva 9. Ptkg II kasvupaikka. Kuva on tekijän ottama Luumäen Tapavainolasta hankkeelta 3322

Ravinteisuuden lisäksi suoyhdistymätyypin poikkileikkausmuodon tunteminen helpottaa sille kaivettavien ojien suuntaamista. Pääasiallisestihan nykyisin kunnostetaan vanhoja oja, joskus kuitenkin joudutaan tekemään ojastoon täydennysojituksia jolloin yhdistymän ja sen muodon tuntemus helpottaa työtä.

3.3 Soiden hydrologiaa

Suolla tapahtuva veden kiertokulku noudattaa samaa mallia kuin muuallakin maapallolla. Vettä saadaan sadantana (P) ja vettä poistuu haihduntana (E) sekä valuntana (Q). Jäljelle jäänyt vesi on varastoitunutta vettä jakson aikana (ΔS). Hydrologisten perussuureiden määrät vaihtelevat Suomen alueella melko vähän mutta ajallisesti vaihtelu on suurta. Esimerkiksi kuivimmassa kuukaudessa, maaliskuussa sadanta on vain 5 % vuosisadannasta kun elokuussa se on 13 %. Kevättulvinnassa vähäjärvisien vesistöjen virtaamat saattavat kohota jopa 100-kertaisiksi pienimpiin virtauksiin verrattuna (Mustonen (toim.) 1986.) Kevättulvintailmiötä kutsutaan ojitusten yhteydessä ylivalunnaksi jonka suuruuden perusteella esimerkiksi valtaojat ja tien alitusputket tarvittaessa mitoitetaan.

Sadannan yksikkönä on yleensä aikayksikössä tietylle alueelle sataneen veden määrä, esimerkiksi mm/d tai mm/a. Sadannan määrä 1 mm d^{-1} tarkoittaa 1 litran sademäärää neliömetrille vuorokauden aikana.

Sadannan määrää ei ole mielekästä tarkastella tutkimusmielessä tässä työssä erityisellä tarkkuudella koska se tulisi joko mitata paikallisesti tai sitten määrittää esimerkiksi Thiessenin menetelmällä useista havainnoista alueelliseksi sadannaksi (Mustonen (toim.) 1986.) Nykyisin voidaan käyttää myös ilmastosatelliitteja alue-sadannan määrittelemiseksi (Ilmatieteenlaitos 2010.)

Etelä-Suomessa sadanta oli vuonna 2011 Kymenlaakson yli 725 mm:stä Etelä-Karjalan 675 mm:iin. Vertailuajanjaksolla 1971 - 2000 vuosittainen sademäärä oli noin $600 - 650 \text{ mm a}^{-1}$ (Ilmatieteenlaitos 2010.)

Haihdunta ei ole Suomessa ilmaston vuoksi kovin ratkaisevassa asemassa kasvilisuiden kasvun kannalta toisin kuin eteläisemmissä maissa joissa haihdunnan määrää lähestyy sadannan määrää.

Haihdunta jaetaan seuraaviin osiin:

- Evaporaatio (E) on haihdunta maan, lumen tai veden pinnalta.
- Transpiraatio (T) on haihdunta kasvien toiminnan johdosta. Vesi kulkee kasvisolukon lävitse.
- Evapotranspiraatio (ET) on maa-alueilta tapahtuva kokonahaihdunta.
- Potentiaalinen evapotranspiraatio (PET) on laajalta matalan kasvillisuuden peittämältä alueelta, jossa veden puute ei vaivaa, tapahtuva haihdunta.
- Todellinen haihdunta on haihduntaa, joka tapahtuu todellisuudessa tietyllä alueella.
- Interseptiohaihdunta, joka on kasvien pinnoille pidättyneen veden haihdunta (Mustonen (toim.) 1986.)

Ojitetulla suolla ihmisen toiminta vaikuttaa haihduntaan siten, että ojitusprosessin seurauksena kasvillisuuden lajisto ja määrä muuttuvat jolloin transpiraatio ja sen seurauksena potentiaalinen evapotranspiraatio myös muuttuu.

Olosuhteet muuttuvat ajan myötä turvemaalla siten, että ensiksi tapahtuu valunnan suureneminen ja haihdunnan pieneneminen lähes välittömästi. Muita muutoksia ovat pohjavesipinnan aleneminen ja turpeen varastotilan kasvaminen (Oittinen 2007.) Tilanne palautuu ennen ojitusta olleeseen tilanteeseen noin 25-vuoden aikana. Tehtäessä uusi hakkuu ja kunnostusojitus tullaan jälleen pienenneen haihdunnan tilanteeseen (Päivänen 2007.)

Hyvärinen viittaa valunnan käsitteeseen teoksesta International Glossary of Hydrology seuraavasti: ”Valunta on se osa sadannasta, joka virtaa vesistöä kohti maanpinnalla, maaperässä tai kallioperässä” (Mustonen (toim.) 1986.) Valunta esitetään määrällisesti samoin kuin sadanta, esimerkiksi mm mm d^{-1} . Valunta jakautuu kolmeen osaan:

- Pintavaluntaan jossa vesi kulkeutuu haihtumatta tai imeytymättä pintavetenä uomiin tai vesistöön.
- Pintakerrosvaluntaan jossa vesi imeytyy maaperän pintakerrokseen ja kulkeutuu siellä.
- Pohjavesivaluntaan jossa vesi liikkuu ensin syvälle maaperään ja sen jälkeen kulkee pohjavesien kautta uomiin tai vesistöön.

Näissä tapauksissa vesi on peräisin sadannasta tai sulannasta ja sen liikuttavana voimana on painovoima (Päivänen 2007.)

Valunnan, virtaaman ja valuman yksiköt ovat seuraavat:

- valunta, R; $[R] = \text{mm a}^{-1}$ tai mm d^{-1}
- virtaama, Q; $[Q] = \text{m}^3 \text{s}^{-1}$ tai l s^{-1}
- valuma $q=QF^{-1}$; $[q] = \text{l s}^{-1}\text{km}^{-2}$.

Edellisessä valuman määrittelyssä F on valuma-alueen pinta-ala, $[F] = \text{km}^2$. Valuma on vesitaseen osatekijä ja varsinaisen valumisprosessin nimi (Mustonen (toim.) 1986.)

Edellisistä voidaan johtaa vesitase, joka on seuraavan kaavan mukainen

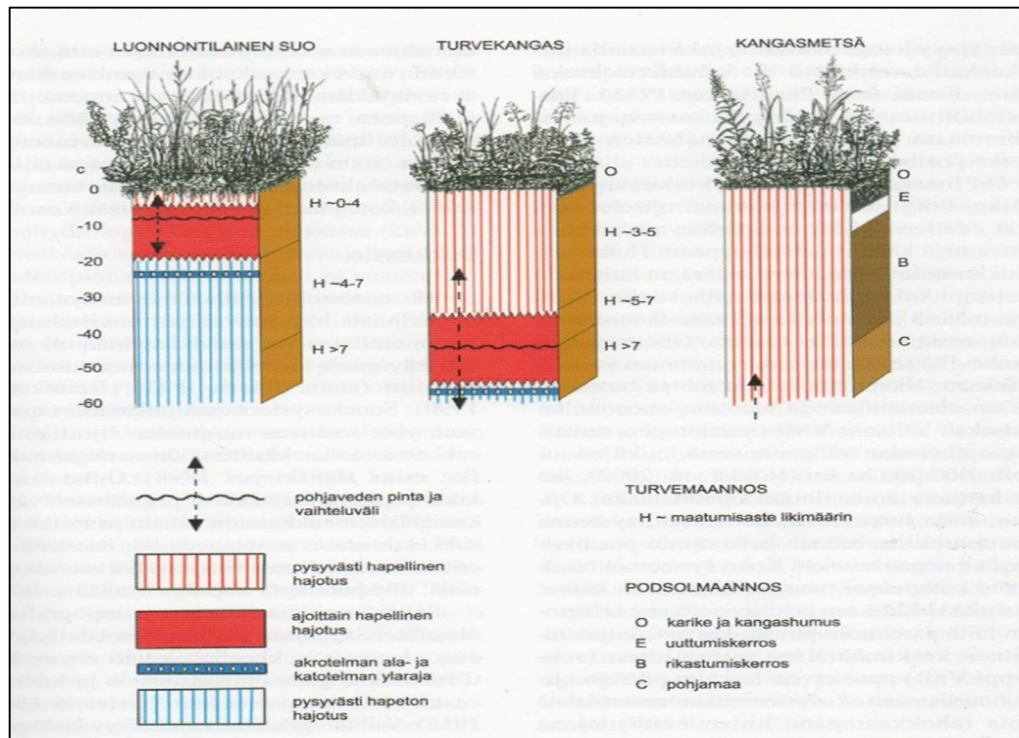
$$P = Q + ET + \Delta S \quad (1)$$

jossa,

- P = sadanta
- Q = valunta
- ET = haihdunta
- ΔS = alueen vesivaraston muutos ajanjakson aikana (Päivänen 2007.)

Hydrologiseen käsitteistöön liittyvät myös käsitteet pohjavesi ja maavesi. Ingram on määritellyt pohjaveden olevan maankamaran vapaata vettä, vedellä kyllästyneessä vyöhykkeessä. Maavesi on maanpinnan ja pohjavedenpinnan välisessä vyöhykkeessä oleva suuruudeltaan vaihteleva maavesivarasto. Varaston suuruus vaihtelee mm. vuodenaikojen ja pohjaveden tason mukaisesti (Päivänen 2007.) Keidassuolla vesi saadaan pääasiallisesti sateesta joka poistuu valuntana sitä nopeammin mitä heikompi veden sidontakyky pintakerroksella on (Päivänen 2007.) Sidontakyky on riippuvainen kasvillisuudesta ja sen määrästä. Veden valuntasuunta keidassuolla on keskustasta ulospäin.

Kuvassa 10 on esitetty erityyppisiä maaperärakenteita. Luonnontilaisella suolla havaitaan ajoittain hapettoman ja kokonaan hapettoman tilan olevan hyvin lähellä maanpintaa. Kuvan vasemman puoleinen tilanne hankaloittaa suuresti kasvien kasvua. Very (1997) on tehnyt tutkimuksia Pohjois-Minnesotassa luonnontilaisilla soilla kanadanlehtikuusella (*Larix laricina*) ja mustakuusella (*Picea mariana*). Tuloksina oli pohjavedenkorkeuden ja suokasvillisuuden korkeuden välinen yhteys joka on se, että mitä korkeampi vedenpinnantaso niin sitä matalampi kasvillisuus (Päivänen 2007.)



Kuva 10. Maaperärakenteiden vertailu. Piirros: H Nousiainen ja T Haikarainen (Ahti, et al. 2005.)

Kuvan 10 luonnontilaisella suolla Velyn (1997) taulukon mukaisesti kasvillisuuden korkeus voisi olla noin 2 m, turvekankaalla noin 25 m, kangasmetsällä rajoitusta ei ole.

Kuvassa 10 esiintyvät käsitteet akrotelma ja katotelma. Akrotelma on suon ylempi kerros, jossa tapahtuu kuvan selitteiden lisäksi seuraavaa:

- vesipitoisuus vaihtelee
- maan tuuletus vaihtelee
- paljon biologista toimintaa
- siellä on hyvä vedenläpäisevyys joka heikkenee alaspäin mentäessä.

Katotelman ominaisuuksiin kuuluu:

- kyllästyneisyys vedestä
- alhainen vedenläpäisevyys
- veden liikkuvuus on vähäistä
- pysyvä anaerobisuus
- vähäinen biologisen toiminnan määrä.

Kun aiemmin on todettu, että kohosuo on keskustaltaan korkeampi, on syytä myös mainita, ettei pohjavesi ole suon keskustassa kauempana pinnasta kuin suon laidoilla. Asiaa on tutkittu käytännössä mm. Isossa Britanniassa sekä Irlannissa teoreettisen mallin perusteella. Malli toimii tyydyttävästi ja sen käyttötarkoituksena on helpottaa kohosuon toiminnan ymmärtämistä (Päivänen 2007.)

Perusteena ojituksille on maaperän saattaminen aerobiseen tilaan joka antaa mahdollisuuden biologiselle toiminnalle. Suolla kasvavan puuston heikoin osa on sen juuristo, joka on erityyppinen kuin kivennäismailla. Suomalaisista puulajeista männyllä (*Pinus sylvestris*) on heikoin kestävyys korkealle pohjavedelle, parhaiten sitä sietää hieskoivu (*Betula pubescens*) (Päivänen 2007.)

3.4 Suolla ja sen uomissa tapahtuva veden virtaaminen

Tässä käsitellään vain ojittamisen kannalta keskeisiä virtauksia joita ovat virtaukset suon pintaosissa ja uomavirtaus ojitetulle suolle kaivetuissa ojissa. Virtaus ja sen nopeus suon pintaosissa määräytyvät pintakasvillisuuden sekä suon topografian mukaan pienellä alueella. Mikäli käsitellään suurempia alueita, esimerkiksi 3. jakoalueen kokoista aluetta tekijöitä on useampia, kuten peltoisuus ja järvisyys. Pintakasvillisuus vaikuttaa virtaukseen vaihtelevasti esimerkiksi vuodenaikojen mukaan. Periaate kasvillisuuden vaikutuksessa on se, että mitä tiheämpää se on uomastossa, sitä hitaampi on virtaus. Suon topografia on pysyvä tai ainakin erittäin hitaasti muuttuva tekijä (Mustonen (toim.) 1986.)

Avouomavirtaus on virtausta jossa pinta on avoin ja sillä vallitsee ilmanpaine. Virtaukselle on ominaista sen huono ennustettavuus koska luonnollisen uoman geometria vaihtelee. Virtausta käsitelläänkin aina tietyssä poikkileikkauksessa.

Kunnostusojitussuunnittelun maastotyössä virtausten tarkka arviointi on käytännössä lähes mahdotonta ilman ennustavaa järjestelmää.

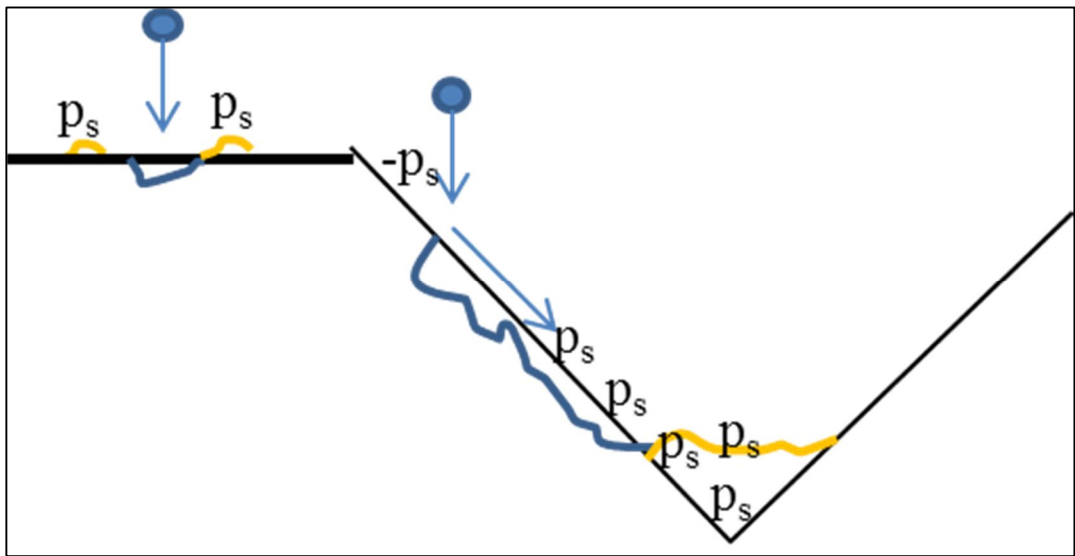
3.5 Eroosio ja sedimentaatio

Eroosio on aineksen irtautumista maa- tai kallioperästä tuulen, jään tai veden johdosta ja sen joutumista painovoiman kuljettamaksi (Mustonen (toim.) 1986.)

Eroosio voi olla luonnon tai ihmisen aiheuttamaa. Tässä työssä on tarpeen käsitel-

lä vain veden ja jään aiheuttamaa eroosiota. Eroosion yleisestä luonteesta voidaan mainita se, että se on stokastinen prosessi jossa tapahtuu samanaikaisesti eroosiota ja sedimentoitumista eli aineksen kerääntymistä (Leinonen 2009.)

Sateen aiheuttamassa pintaeroosiossa partikkelit siirtyvät tasaisella pinnalla usein vain vähän alkuperäisestä paikastaan. Mikäli pinta on kalteva, vaikkapa ojan reuna, siirtymä on suurempi. Kuvassa 11 havainnollistetaan tilannetta. Merkit ovat p_s = siirtyvä ja $-p_s$ = ei siirtyvä partikkeli. Sadeepisara on sinen ympyrä. Kuvaan on piirretty sinisellä vapaalla viivalla mahdolliset erodoituvat ja keltaisella sedimentoituvat kohdat.



Kuva 11. Pintaeroosion aiheuttamat partikkelien siirtymät

Koska partikkeleita siirtyy vähemmän ylöspäin tarkoittaa se sitä, että aines väheenee kaltevan pinnan yläosalta ja kerääntyy sen alaosaan. Pintaeroosio ei sinällään Suomen oloissa ole erityisen merkittävä, suurimmat vaikutukset on nähtävissä rajuimpien sateiden jälkeen jolloin vesipisaroiden nopeus ja koko on ollut tavanomaiseen verrattuna suuri. Pisaroiden kineettinen voima voi kasvaa myrskyssä jopa 50 000 kertaa tavanomaista sadetta suuremmaksi (Mustonen (toim.) 1986.)

Jäätymisen (rousteen) aiheuttama pintaeroosio on mahdollinen niillä alueilla joissa maaperä mahdollistaa kapillaarisen veden virtauksen. Rouste erottelee maapartikkeleita toisistaan jolloin ne ovat helpommin irtautuvia virtauksen mukaan. Ojitetussa suoympäristössä roustetta esiintyy tavallisimmin niillä alueilla joissa on

kivennäismaata. Tällaisia paikkoja ovat usein ojikkojen reunoilla olevat niskaojat tai pisto-ojat jotka siirtävät vettä kivennäismaan kautta.

Jäätymisestä ja muista tekijöistä johtuva ojien nopeampi madaltuminen on havaittu mm. Silverin ja Joensuun tutkimuksessa (Silver & Joensuu 2005.) Sinällään soilla roudan paksuus on ympäröivää maastoa pienempi lämpimän pohjaveden johdosta (Mustonen (toim.) 1986.) Uomassa tapahtuvaan eroosioon vaikuttavat virtauksen nopeus, uoman geometria, aineksen raekoko ja sen laatu. Seuraava taulukko 3 esittää maalajien kriittisiä virtausnopeuksia (v_{cr}). Arvo esittää sitä nopeutta jolla partikkelit irtoavat uoman seinämästä. Arvoja käytetään eroosioherkkyyden määrittämisessä. Taulukkoon on lisätty GEO-luokituksen mukainen partikkelin halkaisija (Geologian tutkimuskeskus 2005.) Ojitusta suunniteltaessa on tunnettava hyvin kyseisen alueen maalajit jotta välttyttäisiin kaivamasta alueilla jotka ovat eroosioherkkiä.

Taulukko 3. Eri maalajien virtausnopeuksien kriittiset arvot (Vesihallitus 1986).

Maalaji ja koko Ø [mm]	v_{cr} [m/s]
Siltti (0,02 - 0,006 mm)	0,3
Liejusavi (savi yl. < 0,02 mm)	0,3
Hieno hiekkamaa (0,2 - 0,06 mm)	0,35
Konsolidoitumaton savimaa (savi yl. < 0,02 mm)	0,4
Maatunut turve	0,4
Karkea hiekkamaa (2 - 0,6 mm)	0,45
Hieno soramaa (6 - 2 mm)	0,6
Raaka turvemaa	0,7
Karkea soramaa (60 - 20 mm)	0,8
Konsolidoitunut lihava savimaa	1,15
Tiivis moreenimaa (60 - 0,002 mm) 1)	1,2
Kivikko (1000 - 60 mm)	1,5

1) Moreeneissa esiintyy huomattavia vaihteluja raekoon jakaumassa.

Savimaan lihavuus tarkoittaa sitä, että siinä on vähän silttikokoisia partikkeleita. Vastakohtana on laiha savimaa. Turpeita ei erotella raekoon perusteella vaan niiden alkuperäkasviston ja maatumisasteen mukaan. Käytännössä maalajit voidaan

tunnistaa tunnustelemalla niitä käsin. Mikäli aineksesta saa muovailtua kosteana 2 - 6 mm pötkön se on eroosioherkkää hienoa hietaa, hiesua tai hienoaineksista moreenia. Mikäli maa-aineksesta saa muotoiltua alle 2 mm paksun pötkön, niin se on savea joka ei ole erityisen eroosioherkkää partikkeleidensa koheesivoimien vuoksi.

Hiukkasen koko vaikuttaa sen laskeutumisenopeuteen vedessä siten, että pienet hiukkaset laskeutuvat hitaammin. Ilmiötä tulee käyttää yhtenä laskeutusaltaan suunnitteluperusteista.

Turpeissa eroosioherkkyys lisääntyy maatuneisuuden lisääntyessä. Maatuneisuutta mitataan Von Postin maatuneisuusasteikolla 1- 10. Tutkimusmenetelmänä on turvemassan puristaminen kädessä ja aineksen aistinvarainen arviointi. Asteikon alkupäässä H1 tarkoittaa, ettei turve ole maatunut lainkaan, tuntemuksena kirkas vesi puristettaessa ja kaikki aine massasta jää käden sisään. H2 neste on melkein kirkasta, kellanruskeaa, kasvinosat tuntuvat selvästi. H5 neste on erittäin sameaa ja puristusjäte osittain puuromaista. H8 sormien välistä pursuaa n. 2/3 näytteestä ja jäävä massa on puuromaista (Heikurainen 1980.)

Turpeiden jako alkuperäiskasvuston mukaan on taulukon 4 mukainen

Taulukko 4. Turpeiden jako alkuperäiskasvuston mukaisesti (Vasander & Laine 2008.)

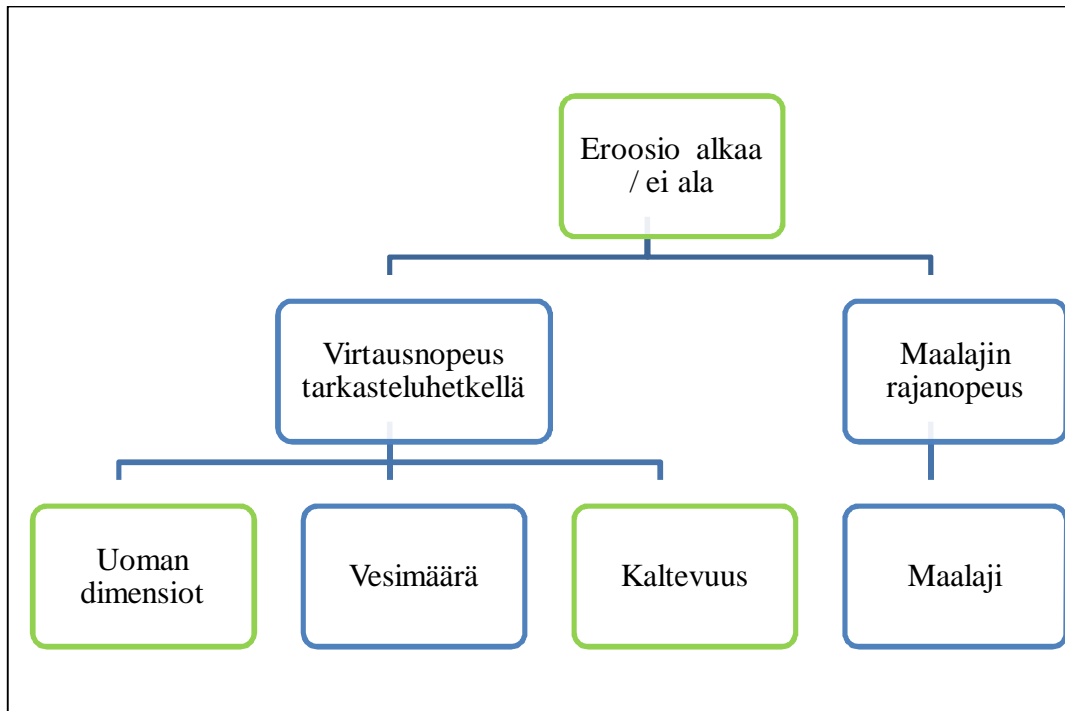
Rahkaturpeet	Saraturpeet	Puuvaltaiset turpeet
Rahkaturve (S-t) -rahkasammalia, varpuja, tupasvillaa	Saraturve (C-t) -saroja, kortteita, tupasvillaa, raatetta ja kurjenjalkaa	Rahkapuuturve (SL-t) -mänty, varvut, huomattavasti rahkasammalia
Tupasvillarahkaturve (ErS-t) -rahkasammalia, runsaasti tupasvillan tyvituppeja ja juuria	Rahkasaraturve (CS-t) - välittävä muoto sara- ja rahkaturpeiden välillä	Sarapuuturve (CL-t) -lehtipuiden ja kuusenkuorta, saroja, ruohoja
Sararahkaturve (CS-t) -rahkasammalia ja saro-	Puusaraturve (LC-t) -saroja, puun osia (leppä,	

Rahkaturpeet	Saraturpeet	Puuvaltaiset turpeet
jen osia	koivu ja kuusikin)	
Puurahkaturve (LS-t)	Ruskosammalsaraturve	
-rahkasammalia, puun	(BC-t)	
osia	-saroja, ruskosammalia	

Turpeen sisältämän materiaalin perusteella ei luotettavasti pystytä määrittämään sen kriittistä rajanopeutta (v_{cr}). Oletetaan, että vähäravinteiset tyypit esim. rahkaturve ovat vähemmän maatuneita ja sen rajanopeus on korkeahko (Leinonen 2009.) Sen lisäksi, että maaperän koostumus vaikuttaa sen kriittiseen rajanopeuteen, vaikuttaa se myös veden virtausnopeuteen joka puolestaan vaikuttaa suuresti eroosioherkkyyteen. Kyseistä asiaa esitetään Manningin karkeuskertoimella esimerkiksi RLGis -ohjelman laskuperusteissa (Leinonen 2009.)

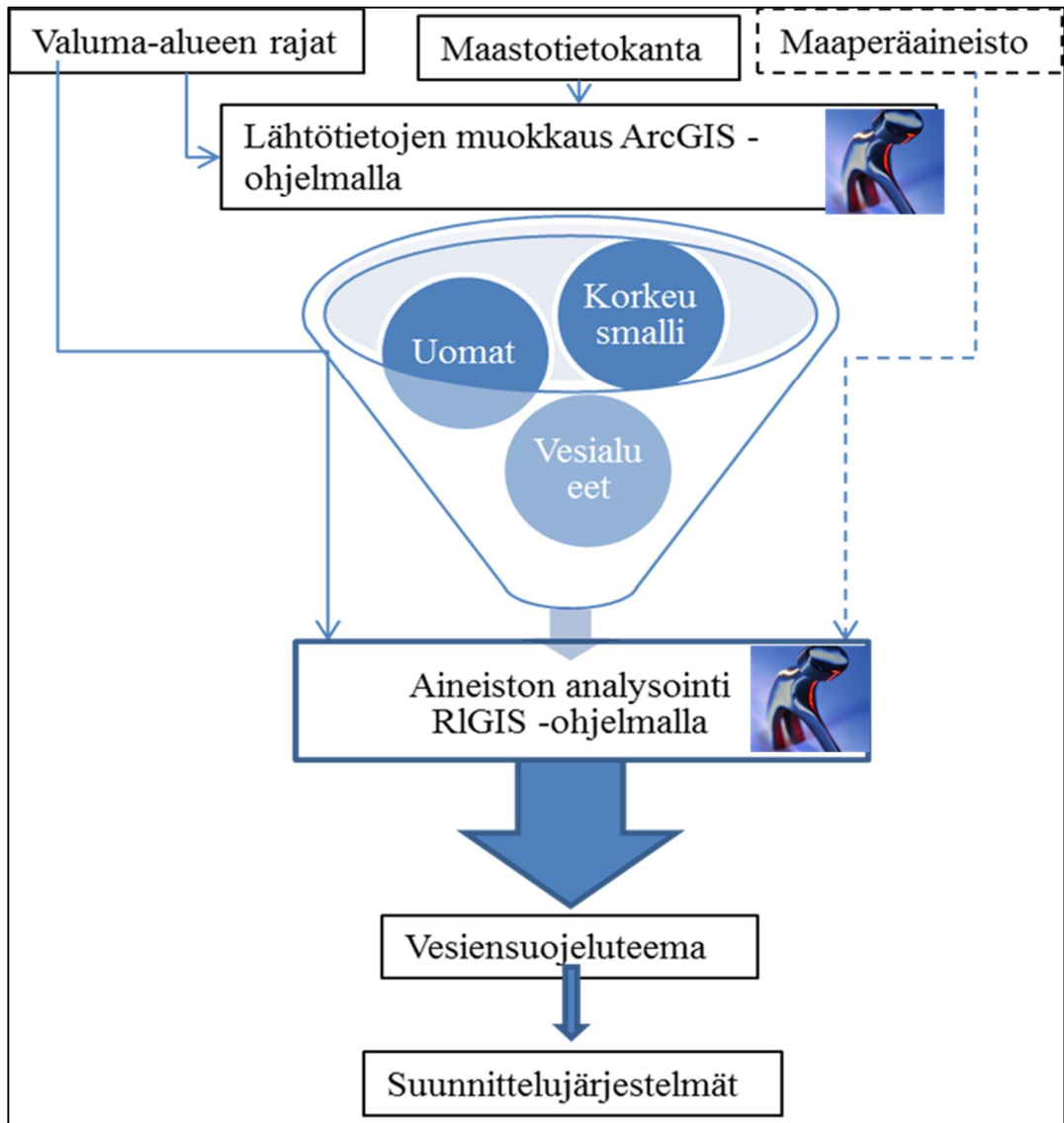
3.6 Eroosioarvioon liittyvä prosessi

Kuvassa 12 on esitetty edelliset tekijät siten kuinka ne vaikuttavat eroosion syntymiseen uomastossa. Vihreiden laatikoiden sisällä ovat ne tekijät joihin on mahdollisuuksia vaikuttaa ojaston suunnittelulla.



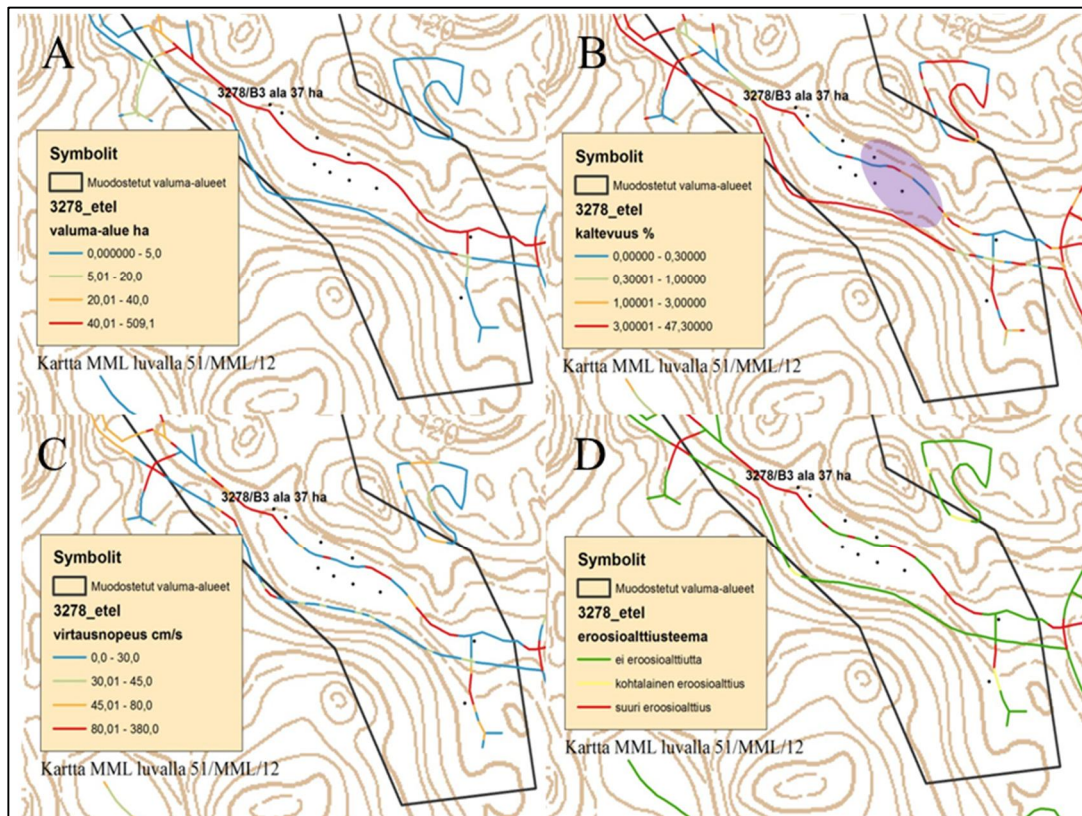
Kuva 12. Eroosion syntyyn vaikuttavat tekijät uomastossa (Leinonen & Pulkkanen 2008)

Menetelmänä eroosioarvioon on käytetty kuvan 13 mukaista prosessia jolla tuotetaan vesiensuojeluteema-aineisto shape -muotoisena viivatiedostona. Kaavio on mukailtu Leinosen esittämästä paikkatietoanalyysin prosessikaaviosta (Leinonen 2009.) Työkaluina käytetään ArcGISin omia työkaluja sekä sen sovellusympäristössä tehtyä geoprosessointimallia. RLGis -ohjelma on kehitetty osana RiverLife -projektin RiverLifeDSS -päätöksenteon tukijärjestelmää (SYKE 2011a.)



Kuva 13. Vesiensuojeluteeman tuottamiseen tarkoitettu prosessi

Kuvassa 14 on esitetty neljä erilaista teemaa, jotka saadaan tuotettua vesiensuojeluteematiedostosta. Kuvasta on poistettu peruskartta ja jätetty korkeuskäyrät selvyiden vuoksi. Kuvan B varjostetulla alueella voi havaita teeman jakautumisen osiin. Segmentit ovat 10 metriä pitkiä, niiden pituus on sovitettu tarkkuuden ja laskentakapasiteetin välillä. Lyhyt segmentti kasvattaa laskentatehon tarvetta etenkin suurilla valuma-alueilla ja toisaalta se ei anna erityistä lisäarvoa tarkkuuden suhteen (Tuukkanen 2010.)



Kuva 14. Vesiensuojelutiedoston teemat

3.7 Työssä tehty eroosioiden jakaminen tyyppeihin

Uomassa tapahtuva eroosio on tässä työssä jaettu viiteen eri tyyppiin:

- Uraeroosio, jossa uoman pohjalle syntyy ura veden vaikutuksesta. Aines poistuu joko vierintänä tai suspensiona. Eroosion lähtökohta on liian suuri virtausnopeus kyseiselle maalajille. Eroosiokohta sijaitsee useasti vedenpinnan alapuolella. Yleinen uomissa jotka sijaitsevat kaltevilla kivennäismailla, kuva 15.
- Reunaeroosio, jossa uoman reuna luisuu tai romahtaa uoman pohjalle. Esiintyy myös syöpmisenä pintaturpeen alta. Aines joko poistuu virtauksen mukana tai jää sedimentiksi ojan pohjalle. Eroosio voi aiheutua useasta eri tekijästä kuten uomaeroosiosta joka jyrkentää uoman reunaa. Osittaisina tekijöinä voivat olla jäätyminen ja kuivuminen. Eroosiokohta on vedenpinnan yläpuolinen, yleinen paksuturpeisilla turvemailla ja etenkin puuturpeisilla soilla, kuvat 16 ja 17.
- Yhdistetty eroosio, jossa eroosio on tapahtunut todennäköisesti niin, että uraeroosio on johtanut reunaeroosioon jonka aines on sedimentoitunut uoman pohjalle. Uoma on muuttunut U -muotoiseksi poikkileikkaukseltaan. Tyyppi on havaittu

useimmin hienojakoisilla kivennäismailla. Ravinteikkaissa paikoissa uoma on usein kasvanut umpeen, kuva 18.

– Muut eroosiotavat, joissa on aiheuttajina esimerkiksi eläimet, ihmisten polut ja koneet, kuva 19.

– Sedimentaatio, jota käsitellään tässä työssä eroosion osana, kuvat 15. ja 17.

Seuraavissa kuvissa esitetään mallit edellisistä eroosiotyypeistä. Perusmuoto oja-
ta esitetään luvussa 5. Ojiin liittyvät arviot on työssä tehtyihin havaintoihin perus-
tuvia päätelmiä.



Kuva 15. Uraeroosio. Kuva on tekijän ottama Suomenniemeltä hankkeelta 3416

Kuvassa 14 on ojan pohjalle kaivautunut ura joka on tässä tapauksessa täyttynyt ylempää uomasta tulleesta sedimentistä. Pohjalla oleva materiaali on aistivaraisesti tutkittuna karkeaa ja keskikarkeaa hiekkaa. Ojan varsinainen profiili on turvetta. Reunoihin on kertynyt hienompaa kivennäisainesta joka on takertunut turpeeseen kiinni.



Kuva 16. Reunaerosio. Kuva on tekijän ottama Parikkalan Joukiosta hankkeelta 3278

Kuvassa 16 on ojan reunoilta valahtanut materiaali, joka on kerääntynyt metallisen turverassin kohdalle olakkeiksi. Syy voi olla esimerkiksi pohjalle syöpynyt ura, joka on aiheuttanut reunojen jyrkentymisen jonka jälkeen yläreuna on luisunut alaspäin. Tuukkanen (Tuukkanen 2010.) viittaa Thorne & Toveyn (1981) tekemään tutkimukseen jossa raportoitiin virtauksen hydraulisten voimien kuluttavan ainoastaan seinämän alaosaan jonka jälkeen yläosaan muodostunut lippa romahtaa alas kun kriittinen tila on ylitetty. Eroosion syntyyn vaikuttaa myös seinämän materiaali ja mahdollinen kasvillisuus joka voi toimia sitovana elementtinä.



Kuva 17. Eroosiota turpeen alta sekä sedimentaatio. Kuva on tekijän ottama Kotkan Kaukolasta hankkeelta 3061

Kuvan 17 oikeassa yläkulmassa on nähtävissä syöpymä pintaturpeen alta. Vasemmassa reunassa näkyy selvästi soraa ja hiekkaa. Sedimenttiaineksesta voi päätellä, että uomassa on ollut varsin reipas virtaus joka on syövyttänyt ja kasannut raskaitakin aineksia. Vetisemmässä kohdassa on pohjassa kaivautuma mikä on myös tyypillistä eroosiolle.



Kuva 18. Yhdistetty eroosio. Kuva on tekijän ottama Lappeenrannan Sirkjärveltä hankkeelta 2914

Kuvaan 18 on piirretty punaisella ojan profiili joka on muotoutunut U - muotoiseksi. Äärimmäisissä tapauksissa profiili on laatikon poikkileikkauksen muotoinen. Näihin tapauksiin liittyy se, että ojan pintamitta on joskus pienempi kuin pohjamitta. Vasemmassa alareunassa näkyy syöpymää pintaturpeen alta.



Kuva 19. Eläinten ja ihmisen aiheuttama eroosio. Kuva on tekijän ottama Parikkalan Joukiosta hankkeelta 3278

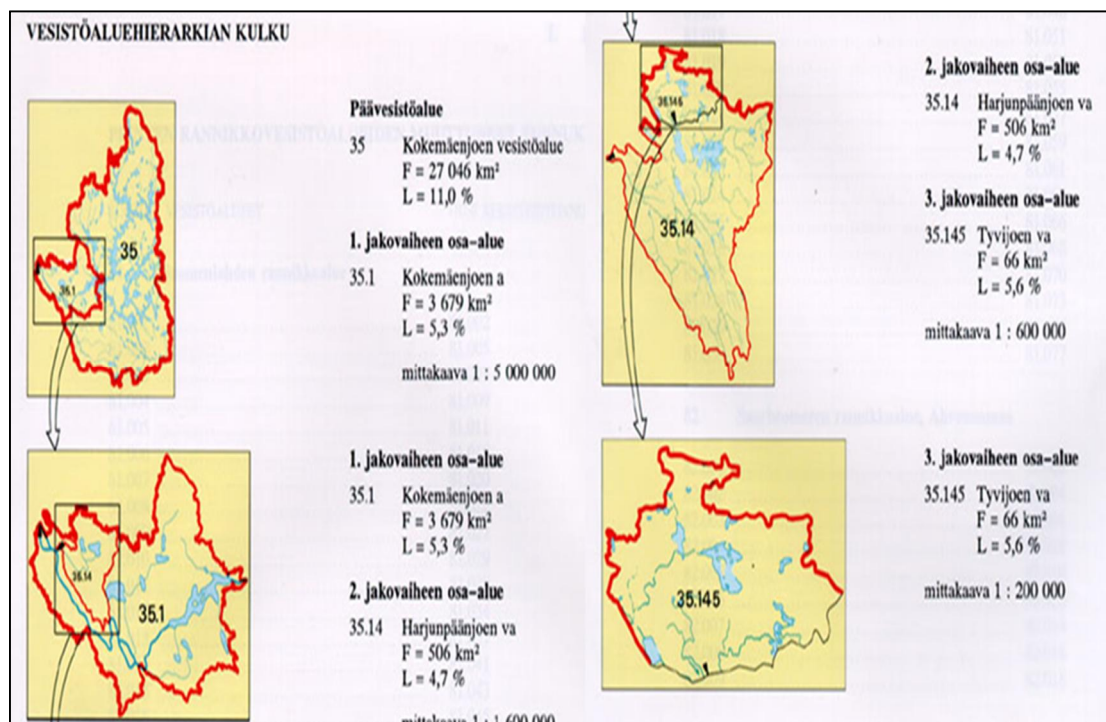
Kuvassa 19 näkyy jälkien perusteella eläinten, lähinnä hirven (*Alces alces*) ja ihmisen aiheuttama sortuma ojan reunassa. Sortumat ovat paikallisia ilmiöitä, mutta missä hirviä liikkuu enemmän niistä voi olla suurempaakin haittaa (Silver & Joensuu 2005.) Kuvassa näkyvä vaurio on tyypillinen. Havaintojen mukaan aines-
ta irtoaa noin $1 - 2 \text{ m}^3$. Vaurio ei rajoitu siihen, että aines romahtaa uomaan ja kulkeutuu virtauksen mukana. Aines tukkii ojastoa ja aiheuttaa tukkeumakohdan lähistölle nopeamman virtauksen. Nopeutunut virtaus saattaa aiheuttaa sillä kohtaa eroosiota. Eroosion ennustamisen kannalta tämäntyyppiset vauriot ovat ennalta arvaamattomia.

Samanlaisia mutta suurempia vaurioita aiheutuu metsäkoneen ajaessa ojan ylitse. Näitä vaurioita tulisi erityisesti välttää koska ne aiheuttavat eroosion lisäksi ongelmia kuivatustehoon. Yliajojen lisäksi myös ojien muu tukkiminen aiheuttaa vaurioita. Vauriot ovat seurannaistyyppisiä eli tukkeutumisesta voi aiheutua virtausnopeuden lisääntyminen kyseisessä kohdassa aineksen kriittisen rajanopeuden yläpuolelle. Kriittisen rajanopeuden ylittäminen aiheuttaa eroosion.

3.8 Ojaston rakenne

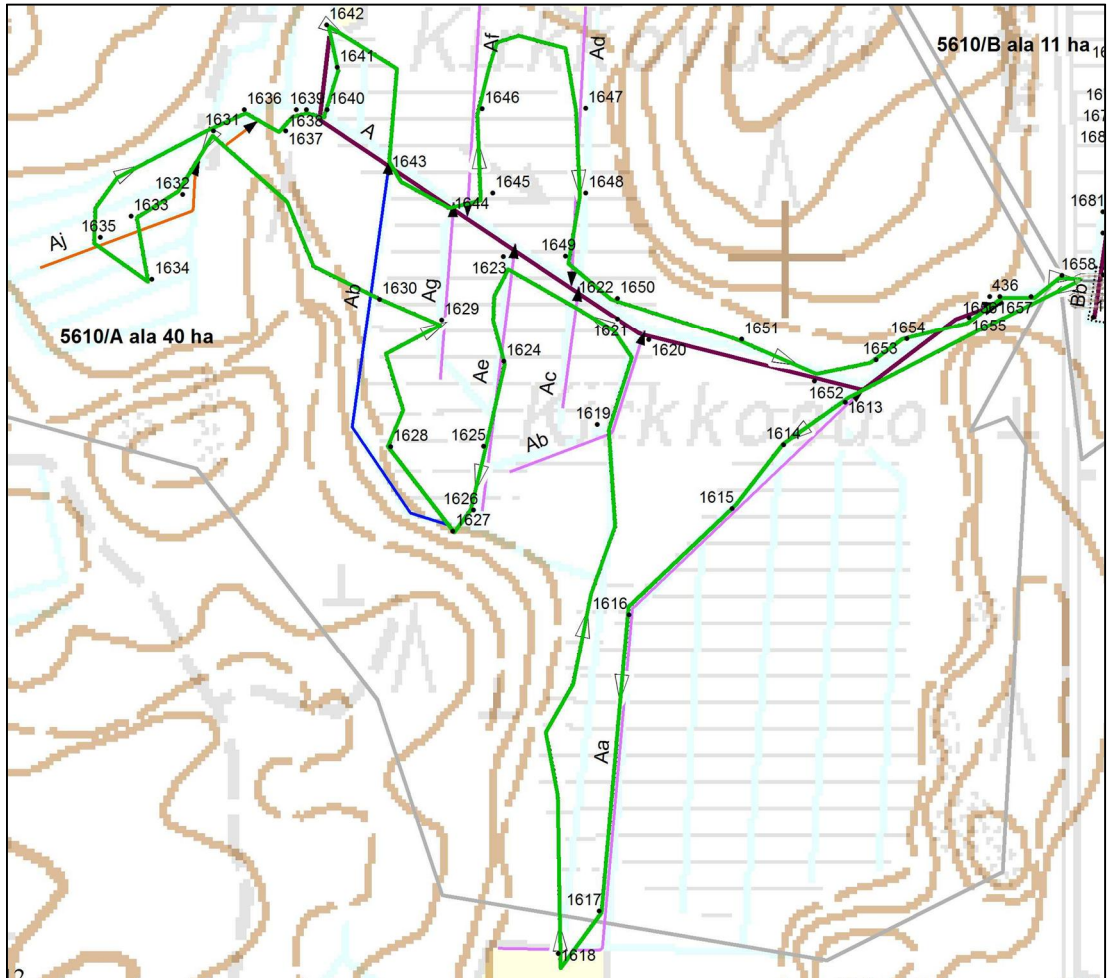
Perusteina suunnittelulle on alueen tuntemus. Tärkeimpiä asioita on valuma-alueen määrittäminen. Suomessa valuma-alueet on jaettu valtakunnallisella tasolla hierarkkisesti vesien purkupisteiden mukaan, mallina on kuva 20 Päävesistöalueet on nimetty Laatokkaan laskevista vesistöalueista kierteen rannikon myötäpäivään ja päättyen Vienanmereen laskeviin vesistöalueisiin. Tämän työn kannalta oleellisia ovat 3. jakovaiheen osa-alueet koska RLGis ennuste ajetaan sen mukaiselle alueelle. (SYKE 2011b.)

Ojitettavasta alueesta muodostetaan samalla purkupisteperiaatteella valuma-alueita joiden määrittäminen tapahtuu ympäröivän maaston topografiaa seuraten. Käytännössä alue voidaan rajata joko paperisella tai digitaalisella kartalla noudattaen vedenjakajaa (Heikurainen 1980.) Nykyisin voidaan käyttää myös paikkatieto-ohjelmien työkaluja valuma-alueen muodostukseen.



Kuva 20. Esimerkki vesistöhierarkiasta (SYKE 2011b.)

Ojastohierarkia rakentuu valuma-alueelle kuvan 21 mukaisesti niin, että purkupisteeseen laskeva valtaoja on merkitty isolla kirjaimella ja siitä eteenpäin lisäämällä tarvittava määrä pieniä kirjaimia.



Kuva 21. Malli ojastohierarkiasta sekä tutkimuksessa käytetystä reittimenetelmästä. Kartta-aineisto Maanmittauslaitoksen luvalla 51/MML/12

Kuvassa 21 on merkitty violetilla valtaoja A joka laskee itään kuvan oikeaan reunaan. Ojaan A laskee karttasana Kirkkosuo kohdalla oja Aa. Edelleen kun edetään ojaa A länteen, siihen laskee oja Ab. Mikäli haarautuvista ojista haarautuisi lisää oja, ne nimettäisiin esimerkiksi Aba, Abb, Abc jne. Tässä kartassa näkyy myös työn kartoissa käytetty ojasymboliikka. Valtaojat ovat violetteja, sarkaojat vaalean aniliineja, niskaajat sinisiä ja pisto-ojat oransseja. Harmaa viiva on osa valuma-alueen rajaa.

Ojatyypit ovat tarkoitukseltaan seuraavanlaisia:

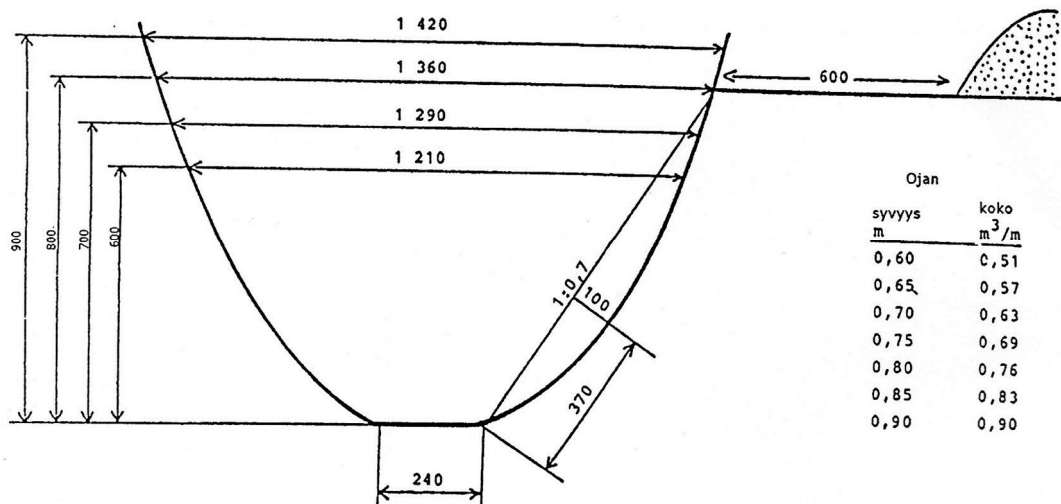
- Valtaojat johtavat vedet kuivatusalueilta pois. Ojat on suunnattu useimmin suon pääkaltevuussuuntaan.
- Sarkaojat toimivat pääasiallisina suoalueen kuivatusojina ja ovat usein samansuuntaisina sarkoina.

- Niskaojat estävät veden valumisen kuivatusaluetta ympäröiviltä kangasmailta kuivatusalueelle.
- Johto- pisto- ja haarukkaojilla ovat nimensä mukaisesti pienille kohteille suunnattuja oja. Johto-ojalla siirretään vettä niskaojasta valtaojaan.
- Suojeluojat ovat jonkun usein suon keskellä olevan kangasmaan suojaksi kaivet- tuja oja. Suojeluojat ovat asetelmaltaan vastakohtia niskaojille.

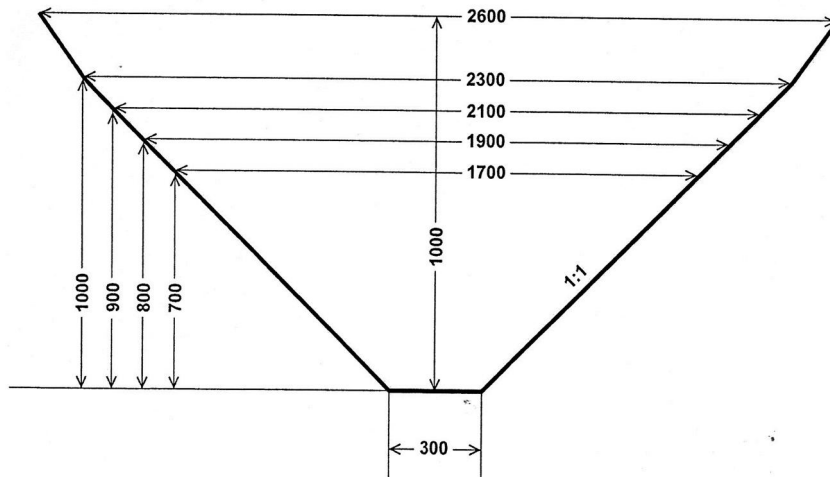
Tutkimuksen reittimenetelmä on kuvattu vihreällä viivalla jossa on suuntanuolet. Reitti alkaa kuvan oikeasta reunasta ja päättyy sinne. Reittiä voi seurata mustien havaintopisteiden numerojärjestystä seuraamalla. Reitti on digitoitu käsin Kart- taselaimen näytöltä shape -tiedostoksi koska suora tiedonsiirto ei ole mahdollista. Kuvassa näkyvään reittiin on piirretty myös mutkittelu joka aiheutuu maaston tarkkailusta ja suuntavirheistä.

3.9 Ojien mitoitus

Kuivatusojien tavalliset mitat ovat seuraavien kuvien 22 ja 23 mukaiset. Ojan muoto on seurausta ojakauhan muodosta joka on ogivaalin muotoinen.



Kuva 22. Turvemaalle kaivettavan ojan mitoitus (Kaakkois-Suomen metsäkeskus 2004.)



Kuva 23. Kivennäismaalle kaivettavan ojan mitoitus (Kaakkois-Suomen metsäkeskus 2004.)

Oheiset mittavaatimukset ovat hankkeen 3041 asiakirjojen mukana tulleista asiakirjoista. Turvemaan ojan mitoitus vastaa Heikuraisen (1980) esittämää mitoitusta. Ojajärjestelmien tärkeimpänä erona on niiden sivuluiskien eli reunojen erilainen kaltevuus. Kivennäismaalla käytetään loivempaa kaltevuutta suuremman eroosioalttiuden vuoksi. Ojan pituuskaltevuuden maksimiarvoina voidaan pitää Joensuu (1999) esittämää taulukkoa 5. johon Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas (Hiltunen, et al. 2011.) viittaa.

Taulukko 5. Ojalkaltevuuksien maksimiarvot eri maalajeille

Kaltevuus maksimi m 100 m-1										
LAJITE										
Valuma-alue ha	Savi	Hiesu	Hieta	Hieno hiekka	Karkea hiekka	Hieno sora	Karkea sora	Maa-tunut turve	Maatu-maton turve	Keskiyl-livirtaama HQ l s ⁻¹
10	2	0,7	0,4	0,4	0,9	5	26,9	1,5	5	0,021
25	0,95	0,34	0,22	0,22	0,42	2,5	11,65	0,6	2,5	0,053
50	0,52	0,17	0,12	0,12	0,25	1,3	6,05	0,34	1,3	0,105
100	0,3	0,1	0,07	0,07	0,13	0,7	3,5	0,15	0,7	0,21
150	0,21	0,07	0,05	0,05	0,09	0,5	2,35	0,12	0,5	0,315
200	0,17	0,06	0,04	0,04	0,08	0,35	1,8	0,1	0,35	0,42
300	0,13	0,05	0,04	0,04	0,06	0,27	1,3	0,08	0,27	0,63
Raja-nopeus m s-1	0,6	0,4	0,35	0,35–0,45	0,45–0,8	0,80–1,4	1,40–2,3	0,5	0,8	-----

Valtaojamitoituksessa voidaan käyttää pienillä alle 200 ha valuma-alueilla 0,2 - 0,3 m kuivatusojasyvyyttä syvempää syvyyttä valtaojassa (Heikurainen 1980.)
Pienillä alueilla ei siis ole välttämätöntä laskea valuntaa mitoitus varten.

Ojien mitoitukseen vaikuttavat myös kuivattavan suon tyyppi, haluttu kuivatussyvyys sekä sarkaleveys. Yleisesti voidaan todeta, ettei kunnostusojituksessa muuteta ojituksen rakennetta, ellei siihen ole jotain erityistä syytä. Syynä voivat olla esimerkiksi ojituksen väärä suuntaus tai huono kuivatusteho. Metla on SUM-tutkimusohjelman suometsänhoitohankkeessa saanut tuloksia joiden perusteella ojituksen kunnostaminen palauttaa kuivatustehoa ja täydennysojitus lisää ojaston alkuperäistä kuivatustehoa (Ahti, et al. 2005.)

Valuma-alueen koko määrittää myös ojitukselle tehtävien rakenteiden mitoituksen. Näitä töitä ovat valtaojat, putkitukset, laskeutusaltaat yms.

Valtaojat mitoitetaan tarvittaessa siten, että keskiylivirtaama (MHQ) mahtuu ojaan. Muiden rakenteiden mitoituksessa helpointa on käyttää sitä varten laadittuja taulukoita. Mitoituksen apuvälineenä voi olla pienillä järvettömällä valuma-alueilla Mustosen nomogrammi keskiylivalunnan määrittämiseksi. Nomogrammia käytettäessä tulee tuntea lumen keskimääräinen vesiarvo 15. maaliskuuta sekä maan keskimääräinen kaltevuus jotka on esitetty karttana. Suurilla, yli 3 km² alueilla voidaan käyttää Kaiteran nomogrammia etenkin jos alueeseen sisältyy järviä (Heikurainen 1980.)

Uudempana menetelmänä voidaan käyttää Seunan (1983) esittämää nomogrammia joka voidaan esittää myös kaavamuotoisena. Kaavamuotoinen esitys on seuraava (Seuna 1983.):

$$MHq = -0,91F_s + 0,33E_0 + 21A^{-1/2} + 125 \text{ jossa,} \quad (2.)$$

Mhq = keskiylivaluma

F_s = puuston keskiylivaluma [$m^3 \text{ ha}^{-1}$] yläpuolisella valuma-alueella

E_0 = tarkastelupisteen korkeus [m] merenpinnasta

A = tarkastelupisteen yläpuolisen valuma-alueen pinta-ala [km^2].

Menetelmällä pystytään laskemaan uoman jokaiselle pisteelle oma valuman suuruus (Leinonen 2009.) Nykyisillä menetelmillä pystytään tuottamaan numeerinen tieto kaikista tekijöistä paikkatietojärjestelmään. Metsävaratiedon monilähdeinventoinnilla voidaan saada puustotieto ja laserkeilaukseen perustuvalla korkeusmallilla muita tarvittavia tietoja kuten valuma-alueen pinta-ala. Yhdistämällä tiedot voidaan saada kuva kyseisen pisteen virtaamasta.

Ylivalunnan määrittämisen jälkeen lasketaan keskiylivirtaama kaavalla,

$$Q = (q * F) / 1\,000 \text{ jossa,} \quad (3.)$$

$$Q = \text{virtaama, m}^3 \text{ s}^{-1}$$

$$q = \text{valuma, l s}^{-1} \text{ km}^2 \text{ }^{-1}$$

$$F = \text{valuma-alue, km}^2 \text{ (Heikurainen 1980.)}$$

Keskiylivirtaaman määrittämisen jälkeen voidaan joko hakea sopiva mitoitus taulukoista tai laskea veden virtausnopeus Manningin kaavalla ja sovittaa erilaisilla arvioituilla ojadimensioilla kaavan kumpikin puoli yhtäpitäväksi. Manningin kaava on seuraava:

$$v = 1/n R_h^{2/3} I^{1/2} \text{ jossa,} \quad (4.)$$

$$v = \text{nopeus m s}^{-1}$$

$$n = \text{Manningin karkeuskerroin ja}$$

$$R_h = \text{hydraulinen säde [m]}$$

$$I = \text{uoman pituuskaltevuus (Mustonen (toim.) 1986.)}$$

Kaavan hydraulinen säde (R_h) tarkoittaa uoman vesipoikkileikkauksen ja märkäpiirin osamäärää. Manningin karkeuskerrointa käytetään määrittäessä virtausvastusta. Karkeuskertoimelle on olemassa taulukoita maastossa tehtävää arviointia varten. Karkeuskertoimen arvot ojitusalueilla vaihtelevat n. 0,016 - 0,140. Pienimmän arvon saa uoma joka puhdas ja äsken valmistunut. Suurin arvo tulee uoma jolla on paljon pensaita ja mättäitä sekä korkea vedenpinta (Leinonen 2006.)

Soisessa ojassa voi pitää arvoja 0,025 - 0,033 sopivana mikäli uomassa on ruohoa ja vähän vesikasvillisuutta. Yleisesti voidaan todeta, että mitä enemmän uomassa on kasvillisuutta, sitä suurempaa arvoa tulee käyttää. Juha Järvelä viittaa tutki-

muksessaan kasvillisuuden perusteella tapahtuvan määrittämisen hankaluuteen, mikäli tarvitaan tarkkaa karkeuskertoimen arvoa (Järvelä 1998.)

3.10 Vesiensuojelutoimenpiteet ja -rakenteet

Laskeutusaltaiden ja muiden suojelutoimenpiteiden mitoituksessa voidaan käyttää apuna Metsätalouden vesiensuojeluopasta. Yleisenä periaatteena suojelutoimille on, että ne tehdään alle 50 ha valuma-alueille. Mikäli ojitusalueen pääuoman valuma-alueen pinta-ala on 50 ha suurempi, se jaetaan osa-alueisiin. Laskelmien ja muiden toimien perusteina käytetään seuraavan taulukon 6 mukaisia arvoja

Taulukko 6. Vesiensuojelussa käytettäviä laskelmaperusteita ja toimia (Joensuu, et al. 2007.)

Toimenpide	Ohjeisto
Syöpyneet ja hyväkuntoiset ojat	Ei perata, perkaaminen on turhaa.
Ojien suuntaus	Pituuskaltevuus ei saa olla yli 3 % (3 m lasku 100 m:lle).
Kaivuajankohta	Kaivetaan kuivaan aikaan kesällä, laajat alueet useampana vuotena.
Kaivussyvyys	Ei turhia ylityksiä, vaikeuttaa pintavalutuksen käyttöä.
Täydennysojitus	Kaivetaan vain todellisen tarpeen mukaan. Vanhat ojat voi jättää perkaamatta.
Vesistöön kaivu	Ei kaiveta, jätetään suojakaista.
Kaivu- ja perkauskatko	Vähintään 20 m.
Lietekuopat 1 - 2 m ³	Sarkaojien alkuun ja 100 m välein.
Ojien levennykset	Tehdään kokooja- ja laskuojiin 10 - 100 m matkalle keräämään kiintoainesta.
Pohjapadot ja putousportaot	Rakennetaan jyrkkiin ojiin pidättämään kiintoainesta ja hidastamaan virtausta.

Laskeutusaltaat kaivetaan ennen kuivatusoja valta- tai kokoojajoihin maalle joka ei ole altis eroosiolle. Altaan tarkoituksena on kerätä kiinto-ainesta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Veden viipymä on oltava vähintään 1 h ja virtausnopeus alle 1 cm s^{-1} . Allaspinta-ala tulisi olla $3 - 8 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$ ja lietetilavuus $2 - 5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, pinta-alat ovat valuma-alueiden pinta-aloja (Joensuu, et al., 2007.) Altailla voidaan pidättää 30 - 50 % ja parhaissa tapauksissa jopa 60 - 70 % kiintoaineksesta (Joensuu, et al., 2008.) Seuraavassa kuvassa 24. on esimerkki laskeutusaltaasta, kuva on hankkeelta 5610 Haminasta. Laskeutusallas on vastakaivettu savimaalle mikä ei ole suositusten mukainen ratkaisu.



Kuva 24. Esimerkki laskeutusaltaasta, kuva on tekijän ottama hankkeelta 5610

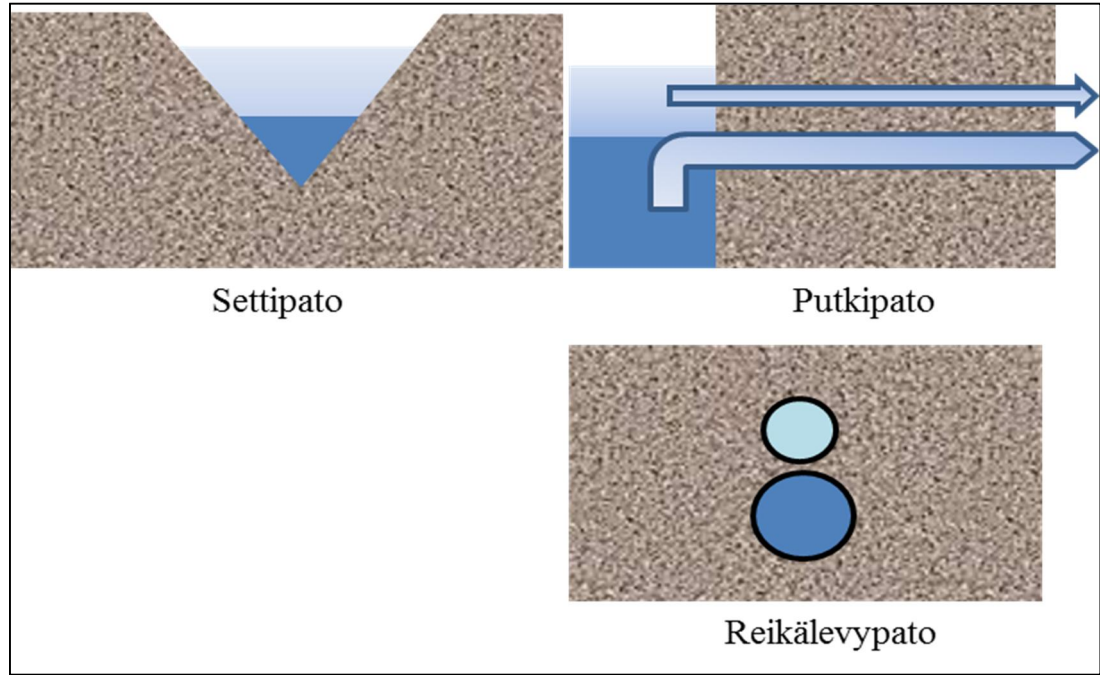
Kuvan 24 laskeutusallas on mitoiltaan suorakaiteenmuotoinen ja siinä on selkeä syvyyskynnys laskuojaan. Kynnyksellä estetään kiintoaineksen pääsy pohjaa pitkin laskuojaan. Reunoiltaan allas on loiva mikä estää eroosiota ja helpottaa esimerkiksi eläinten poispääsyn altaasta. Suunnitelmaa varten altaan mitat saadaan metsäkeskuksessa Jussi-suunnittelujärjestelmästä syöttämällä siihen valuma-alueen pinta-ala ja haluttu altaan leveys (Mäkinen 2011.)

Kuvassa 25 on vasemmalla puolen toiminut laskeutusallas jossa näkyy siihen laskevan ojan suulla keräytynyttä lietettä ja oikealla puolella oikean mallinen pitkänomainen allas jossa pituus on huomattavasti suurempi kuin leveys. Oikeanpuoleisessa altaassa on heikkoutena jyrkät reunat jotka estävät sinne pudonneen ihmisen tai eläimen poispääsyn. Reunan korkeus on noin 1,5 m.



Kuva 25. Esimerkkejä laskeutusaltaista. Kuvat ovat tekijän ottamia

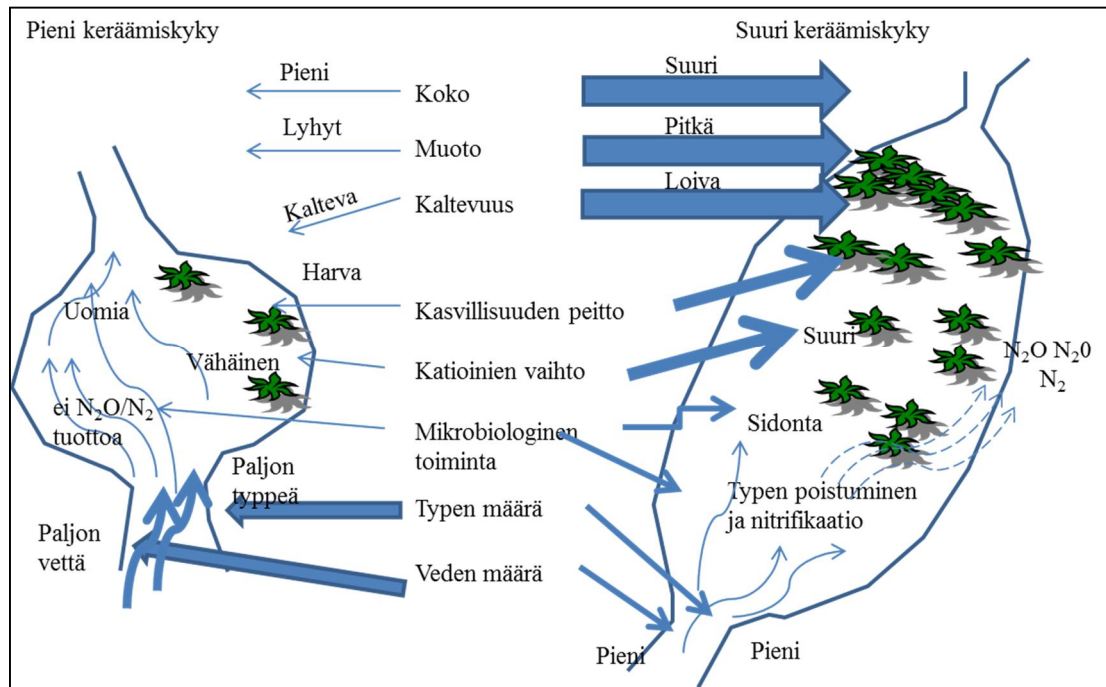
Laskeutusaltaan laskuojaan voidaan liittää tarvittaessa esimerkiksi erilaisia settieli säätöpatorakenteita, putkipato tai reikälevypato. Patojen tarkoituksena on hidastaa virtausta. Kuvassa 26 ovat periaatemallit padoista.



Kuva 26. Patotyyppejä virtaaman hidastamiseksi

Kuvan 26 patojen toimintaperiaatteena on se, että valuman kasvaessa niiden märkäpinta-ala lisääntyy jolloin virtausnopeus ei kasva liian suureksi. Padon yläpuolella tapahtuu hetkellinen padotusilmiö jonka ei kuitenkaan ole todettu olevan haitallinen puiden kasvulle.

Laskeutusaltaan alapuolelle voidaan rakentaa pintavalutuskenttä jonka tarkoituksena on kerätä kiintoainesta sekä ravinteita. Pintavalutuskentät ovat tehokkaimpia kiintoaineksen poistamistoimenpiteitä, kentillä voidaan poistaa myös osa liukoista ravinteista, mikäli kenttä on suunniteltu oikein. Kuvassa 27 on esitetty kaksi mallia, joista oikeanpuoleisella on suuri kyky kerätä itseensä ravinteita. Tässä ravinteiden keräämistä on ajateltu typen kannalta. Kuva on piirretty Anu Hynnisen väitöskirjan perusteella (Hynninen 2011.) Hynninen (2011) esittää myös haittapuolia pintavalutukselle. Pintavalutuskenttää ei tulisi rakentaa alueille joilla on herkästi veteen ja ravinteisiin reagoivia lajeja. Hynninen (2011) viittaa useisiin tutkimuksiin (mm. Eriksson & al. 2010 ja Huttunen & al. 1996) joissa on havaittu ruohojen ja sarojen (*Carex*) lisääntymistä. Pensaat ja rahkasammalet (*Sphagnum*) näyttäisivät vähenevän. Lajitasolla raate (*Menyanthes trifoliata*) ja jouhisara (*Carex lasiocarpa*) näyttäisivät hyötyvän kentällä lisääntyneistä ravinteista ja vedestä. Hynnisen päätelmissä todetaan, että kentät kannattaa rakentaa ojitukselta palaute-tulle alueelle (Hynninen 2011.)



Kuva 27. Vertailumallit pintavalutuskenttien toimivuudesta (Hynninen 2011.)

Vesien suojeleuohjeiston mukaisesti tulisi noudatella oikeanpuoleista mallia jossa mitat ovat pitkä, loiva ja koko vähintään 1 % valuma-alueesta. Jyrkkyyden tulisi olla alle 1 % luokkaa. Sakari Sarkkolan mukaan (2011) n. 0,5 % on toimiva jyrkkyyden. Kentän rakentamisessa on vältettävä koneilla ajamista joka aiheuttaa oikovirtauksiin johtavia uomia. Alapuolisen vesistön mahdollinen tulva ei myöskään saa nousta kentälle. Kenttää suunniteltaessa tulee ottaa huomioon, ettei se vie kohuttomasti tilaa kasvatettavalta metsältä.

Suojelutoimenpiteenä voidaan käyttää myös kosteikkoja, jotka ovat samantyyppisiä kuin pintavalutuskentät mutta kosteikot ovat suurimman osan aikaa veden peitossa. Kosteikot ovat tehokkaita keräämään kiintoainesta ja siihen sitoutuneita ravinteita. Kosteikkoalan tulisi olla 1 - 2 % valuma-alueesta ja muodon pitkänomainen suhteessa 1:5. Veden virtauksen tulee olla tasainen koko alueella ja suurta kaivua pitäisi välttää, koska se voi irrottaa ravinteita kosteikosta itsestään. Huhoutumia voi aiheutua muutenkin rakennusvaiheessa. Tehokkaasti kosteikko toimii, kun siellä on kasvillisuutta ja eri syvyisiä alueita (Joensuu, et al. 2007.)

4 AINEISTO JA MENETELMÄT

4.1 Tutkitut hankkeet

Tutkimushankkeet rajattiin metsäkeskuksen Kemera-järjestelmästä seuraavalla komennolla:

```
" KH.VAST_ORG=104040306 AND KH.HANKKEEN_TILA NOT IN ( 'X' )
AND KH.PAATT_PVM BETWEEN '01.01.2000' AND '31.12.2009' AND
KT.TYOLAJI=60".
```

Tärkeimpänä osana komentoa ovat päivämäärät, jotka ilmaisevat Kemera-hankkeen päättymispäiviä, eli aika on 10 vuotta. Komennolla muodostui 353 sivua käsittävä Adobe Acrobat -muotoinen asiakirja, jossa oli 954 hanketta. Asiakirjasta otettiin hankesivut seuraavalla laskulla: 353/15. Tulos on n. 23. Valinnassa otettiin 23 sivun välein sivun ylin hanke tutkimukseen. Valinnasta poikettiin kolmessa tapauksessa, joiden syinä olivat, että hanke ei ollut toteutunut, hankkeen käsittely ei onnistunut karttateknisesti ja haluttiin uudempi hanke.

Hankkeista käytetään tekstissä niiden arkistointinumeroa, esimerkiksi 2928 pitkän Kemera-numeron sijaan(104-25-1999-01879). Syynä menettelyyn on tekstin helpompi luettavuus. Hankkeesta 3068B joissain kohdin puuttuu B -kirjain. Arkistoinumeron käyttö helpottaa myös mahdollista jatkotutkijaa löytämään kyseiset hankkeet metsäkeskuksen arkistosta. Hankkeista tehtiin erilaisia taulukoiteja veiensuojelu- ja ojitussuunnitelmien sekä karttojen perusteella.

Taulukossa 7 on esitetty perustietoja hankkeista.

Taulukko 7. Hankkeiden perustiedot

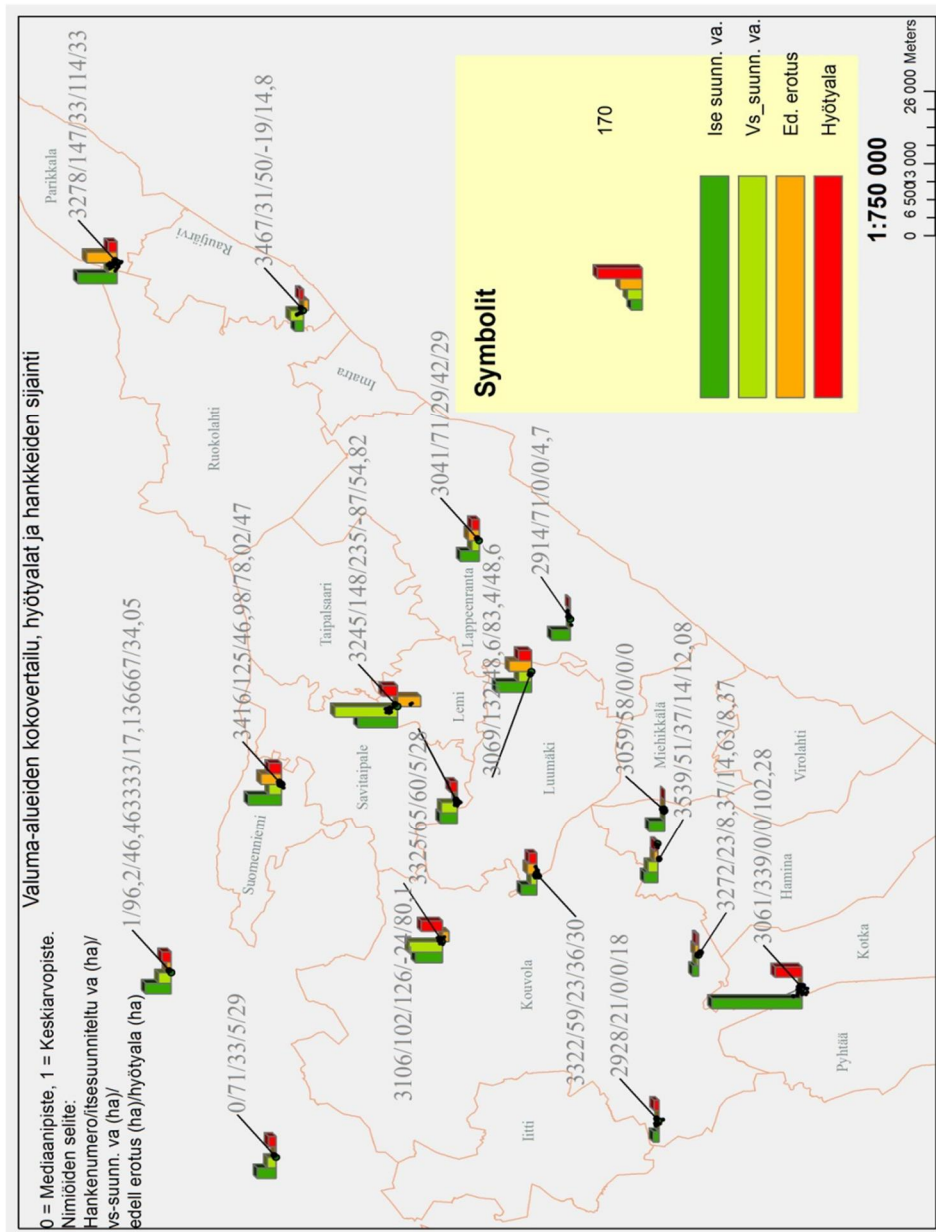
Hanke n:o	Aloituspvm	Ikä	Hyötyala [ha]	Valtaoja [m]	Kunnostusojat [m]	Täydennysojat [m]	Ojaa yhteensä [m]	Ojitusintensiteetti [m ha ⁻¹]
2914	28.2.1997	13	4,7	X	146	1141	1287	273,8
2928	15.9.1999	12	18,0	X	2668	2257	4925	273,6
3041	16.8.2000	11	29,0	X	5439	411	5850	201,7
3059	15.3.1999	12	27,3	X	7314	456	7770	284,6
3061	27.3.2001	10	102,3	X	X	X	28634	280,0

3069	11.3.1999	12	48,6	X	13343	1052	14395	296,2
3106	28.11.2000	11	80,1	X	X	X	17960	224,2
3245	16.7.2002	9	54,8	990	13777	583	14360	261,9
3272	25.5.2004	7	8,4	400	1944	X	1944	232,3
3278	3.7.2001	10	33,0	X	8443	820	9263	280,7
3322	15.3.2004	7	30,0	X	X	X	10434	347,8
3325	15.2.2004	7	28,0	X	X	7980	7980	285,0
3416	17.5.2006	5	47,0	X	12578	574	13152	279,8
3467	12.1.2007	4	14,8	X	X	X	4142	279,9
3539	17.3.2010	1	12,1	454	2925	X	2925	242,1
		YHT	538,1	1844	68577	15274	145021	
Tunnusluvut		<i>Me</i>	29,0	454,0	6376,5	820,0	7980,0	279,8
		<i>Ka</i>	35,9	614,7	6857,7	1697,1	9668,1	269,6

Hankkeen 3059 hyötyala on määritetty itse koska sitä ei löytynyt asiakirjoista, hankkeelta puuttui myös vesiensuojelusuunnitelma. Osassa hankkeita ole ilmoitettu erikseen minkä tyyppistä ojitusta on tehty.

Hankkeiden keskimääräinen pinta-ala on 35,9 ha ja ojaston pituus 9 668,1 m. Ojitusintensiiteetti on keskimäärin 270 m ha⁻¹ ja vaihteluväli on 201,7 - 347,8 m ha⁻¹. Hankkeiden kesto on ollut keskimäärin kolme vuotta. Hankkeiden aikataulutuksesta voi päätellä kaivuaikaa summittaisesti, sillä tarkan ajankohdan määrittäminen vaatisi joko työnjohtajan tai urakoitsijan haastattelun mitä tässä työssä ei nähty tarpeellisenä.

Hankkeiden sijainti kartalla on seuraavan karttakuvan 28. mukainen. Samasta kuvasta voi havainnoida hyötypinta-aloja ja valuma-alueiden pinta-aloja.



Kuva 28. Hankkeiden sijainti ja niiden kokoverailu

4.2 Tutkimuksessa käytetyt aineistot ja materiaalit

Hankenumeroiden etsimisen jälkeen hankittiin hankkeiden asiakirjoista ojitus- ja vesiensuojelusuunnitelmat karttoineen. Asiakirjat kopioitiin metsäkeskuksen Karhulan toimistolla, jossa arkisto sijaitsee. Karhulan toimiston viranomaistoiminoilta saatiin ESRI shape -tiedostoina vesiensuojeluteemat. Teemat ovat vanhempaa materiaalia, joka ei sisällä maaperätietoa.

Maastotyöskentelyyn tarvittava digitaalinen kartta-aineisto saatiin metsäkeskuksen Lappeenrannan toimipisteestä. Sieltä saatua materiaalia ovat peruskartat, kor-

keuskäyrät ja ilmakuvat. Julkaisussa tarvittava lupa hankittiin suoraan Maanmittauslaitokselta (MML) (Maanmittauslaitos 2012).

Internetistä ladattiin Google Maps -sivuilta reittikartat ja MML:n Kansalaisen karttapaikasta lähestymiskartat.

Maaperäkartat ladattiin CSC -Tieteen tietotekniikan keskuksen (CSC) PaITuli -paikkatietopalvelusta. Karttojen käyttöluva haettiin Geologian tutkimuskeskuksesta (GTK) (Geologian tutkimuskeskus 2012).

Hankkeiden vertailua varten tehtiin Arcmapilla vesiensuojelusuunnitelmat jotka perustuvat 1990 -luvun lopun Metsähallituksen ohjeistoon (Karjalainen et al. 1997.) Vanhaa ohjeistoa käytettiin, koska suurin osa hankkeista on vanhempia kuin vuonna 2007 julkaistu metsätalouden vesiensuojeluopas. Vertailutuloksia esitetään muun aineiston yhteydessä.

4.3 Menetelmät maastotyöskentelyssä

Maastotyötä tehtäessä mukana olivat kartat sekä tallennusvälineet. Vesiensuojeluteemakarttaa ei käytetty maastotyötä tehtäessä. Perusteena oli se, ettei siitä tulisi vahingossakaan satunnaista tutkimusta ohjaavaa työkalua. Maastossa kuljettiin ojitussuunnitelmaan perustuvan kartan opastamana. Kartta valmistettiin käyttämällä pohjana peruskarttaa, korkeuskäyriä ja GTK:n maaperäaineistoa. Pohjan päälle tehtiin Arcmap -ohjelmalla taso (layer) johon piirrettiin viivaobjekteina (line) ojasto ja pisteobjekteina (point) suunnitellut vesiensuojelutoimenpiteet.

Suunnistuksessa oli apuna Accelbit Oy:n valmistama Karttaselaimin-ohjelma joka toimii Android -käyttöjärjestelmässä. Karttaselaimin perustuu mobiililaitteen GPS-paikannuslaitteen käyttöön. Ohjelmaan ladataan joko haluttu määrä kartta-aluetta ennalta tai sitten laite lataa kartta-aluetta kulloinkin liikuttavalla alueella. Suunnistamisen lisäksi ohjelmassa on työn kannalta tärkeä jäljitystoiminto, jossa kartalle piirretty kuljettu reitti. Toiminnon avulla voi varmentaa sen, ettei tutkittavaan alueeseen jää aukkoja. Luvussa 3.8 on kuvassa 21 esitetty malli siitä, kuinka hankkeilla liikuttiin.

Koska tutkittavaa ojaa oli noin 145 km, ei olisi ollut mahdollista tutkia kaikkia oja kulkien niitä päästä päähän. Jokaisen metrin tutkiminen olisi muutenkin ollut mahdotonta ilman raivaussahaa, ojien reunoilla olevan kasvillisuuden vuoksi.

Menettelynä oli kulkea ojan sivussa kohtuullisessa maastossa, josta tehtiin pistoja ojalle noin näköetäisyyden välein. Tasaisella turvekankaalla tutkiminen tehtiin kulkemalla oja-astan poikki. Vesiensuojelurakenteet etsittiin ja tutkittiin mittaamalla, mikäli se oli mahdollista. Eroosiokohdat selvitettiin tarkemmin seuraamalla eroosiota, jos eroosion luonne sen mahdollisti.

Käytetyt mittavälineet ja niiden tarkkuus ovat taulukon 8 mukaiset. Mittavälineet ovat normaaleja kaupassa myytäviä tuotteita. Mobiililaitteet ovat tutkijan omia, ja paikannustarkkuus tarkastettiin tutkimuksen aikana vertaamalla niiden antamaa paikkatietoa MML:n ja Merivoimien Esikunnan Liikenneviraston sotilastoimiston hallinnoimiin kiintopisteisiin.

Taulukko 8. Tutkimuksessa käytetyt mittavälineet ja niiden tarkkuudet

Väline	Yksikkö	Tarkkuus
Pinomitta 2 m	cm	± 5
Taittomitta 2 m	cm	± 5
Rullamitta 2 m	cm	± 5
Rullamitta 50 m	cm	± 5
Turverassi 1,1 m	cm	± 10
Samsung Galaxy S GPS	m	± 10
Samsung Galaxy Tab P 1000 GPS	m	± 10

Laitteistojen fenomenologiaan eli elämyksellisyyteen perustuva tutkimus tehtiin käyttämällä laitteita ja ohjelmia. Tutkimuksella pyrittiin saavuttamaan inhimillisen tuntemus laitteen ja ohjelman käyttökelpoisuudesta.

4.4 Datan käsittely

Data kerättiin AWF-mobiilisovelluksella muilla hankkeilla paitsi 3041 Lappeenranta ja 3069B Luumäki, joilla data kerättiin kirjaamalla tiedot joko paperille tai puhelimesta olevalle sanelimelle. Syynä menettelyyn oli tuntemattomaksi jäänyt ohjelmavirhe, jonka vuoksi AWF ei toiminut. Syyksi arveltiin yhteensopivuuson-

gelmaa jonkun muun ohjelman kanssa. Menettely tuotti erilaista tietoa kuin AWF joten se ei ole vertailukelpoista. Tieto on kuitenkin muuten validia, joten se esitellään erikseen liitteissä.

AWF toimii Android -käyttöjärjestelmällä toimivissa mobiililaitteissa esimerkiksi puhelimissa ja tablettitietokoneissa (Tab). AWF:n Android-työkalu hyödyntää Androidin kirjastoja.

Sovellus toimii seuraavasti:

- Käyttäjä lataa ja käynnistää sovelluksen jonka jälkeen kirjautuu palvelimelle. Kirjautuminen on pakollinen vain ensimmäisellä kerralla.
- Haluttaessa palvelimelta voidaan noutaa havaintopiste (plot).
- Sovelluksen lomakkeille syötetään halutut tiedot sekä otetaan mahdollisesti valokuva.
- Piste joko tallennetaan laitteen muistiin tai lähetetään palvelimelle.
- Valitaan uusi haettu piste tai avataan uusi syöttölomake.
- Jos tiedot tallennettiin laitteen muistiin, niin ne voidaan lähettää joko yksittellen tai haluttuina paketteina palvelimelle.

ESRI shape -tiedoston saamiseksi tehdään palvelimelle tietokantakysely ja annetaan `pgsql2shp`-komento jolloin ploteista muodostuu shape-tiedosto (Karjalainen 2011.) Tiedosto sisältää vähintään kolme erillistä komponenttia jotka ovat shape (.shp), tietokantatiedosto (.dbf) ja ohjaustiedosto (.shx). Lisäksi paketissa voi olla projektitiedosto (.prj). Kyseinen shape-paketti voidaan toimittaa loppukäyttäjälle esimerkiksi pakattuna kansiona sähköpostin välityksellä.

4.4.1 Tietojen muokkaaminen Arcmapissa

Koska shapen ajaminen oikeaan koordinaatistoon (YKJ) ei onnistunut suoraan palvelimelta, tehtiin projektimuunnos sitä varten hankitulla Franson CoordTrans v2.3 ohjelmalla, jolla voidaan tehdä muunnokset joko yhdelle pisteelle tai tiedostoille. Ongelmaa ei olisi ollut, mikäli käytettävät rasterikartat olisivat olleet uudempiä ETRS-TM35FIN koordinaatistossa olevia karttoja.

Saatu tietokantatiedosto sisälsi ajossa tulleita pisteiden kopioitumia noin 800 kpl. Ne poistettiin käsin, jotta saatiin laskentaa varten oikeat pisteet käyttöön.

Havaintojen luokittelu tapahtui Arcmapin editointitilassa vertaamalla kerättyä sanallista materiaalia ja luokittelemalla se numeeriseksi tiedoksi kolmeentoista eri luokkaan. Luokat määriteltiin itse työn luonteen mukaisesti. Sakari Sarkkolan haastattelu (2011) tuki luokittelun muodostamista. Luokat ovat taulukon 9 mukaiset.

Taulukko 9. Havaintojen luokittelutaulukko

Luokkatunnus	Karttateksti	Selite
1	Ei huom	Havaintopisteellä ei erityisiä merkkejä eroosiosta tms.
2	Yhdistetty eroosio	Pisteellä yhdistetty eroosiohavainto
3	Uraeroosio	Pisteellä uraeroosio
4	Reunaeroosio	Pisteellä reunaeroosio
5	Muu eroosio	Satunnaisten tekijöiden aih. eroosio
6	Sedimentaatio	Sedimentaatio (kuuluu luokkaan eroosio)
7	Lietekuoppa	Toimiva/toiminut lietekuoppa
8	Laskeutusallas	Toimiva laskeutusallas
9	Katkos kaivussa	Kaivuun tehty katko, myös niskaoja - sarkaoja
10	Toimimaton suojelutoimi	Väärin sijoitettu tai mitoitettu suojelutoimi, täyttynyt laskeutusallas myös tms.
11	Laajentunut risteys	Ojan suu laajentunut Y-muotoiseksi
12	Ylim oja/rist	Ylimääräinen oja tai sen risteys
13	Muu huomio	Muita huomioita

Tietojen perusluokittelun jälkeen niille tehtiin eroosioarvion osuvuusluokittelu käyttämällä yhden aikaisesti editointitilassa attribuuttitaulua ja karttakuvaa, eli tehtiin visuaalinen overlay-analyysi. Menettelyllä tuotettiin sarakkeet, joissa on tietona osuma, eli osuuko arvio oikeaan vai ei. Lisäksi yhdistettiin ojatyyppi samalle pisteelle. Taulukossa 10. esitetään tehty luokittelu. Taulun tieto väärin ”1” kertoo vain ja ainoastaan ovatko tiedot ristiriidassa

Havaitun tiedon tarkka löytyminen onnistuu liitekarttojen avulla joissa esitetään luokittelun mukaiset tiedot jokaiselle pisteelle. Luvussa 5.3 esitetään yhteiset tulokset tilastollisesti. Luvussa 6.4 tehdään saaduista tiedoista analyysi.

Taulukko 10. osumaluokittelu.

Osumat	Merkitys
Väärin "1"	Eroosioarvio on ristiriidassa havainnon kanssa.
Raja "2"	Eroosioarvion arvo on 1 eli kohtalainen eroosioalttius ja eroosio on havaittu.
Raja "3"	Eroosioarvion arvo on 1 eli kohtalainen eroosioalttius mutta eroosiota ei ole havaittu.
Oikein "4"	Eroosioarvio on sama kuin havainto.

Eroosioennusteiden analyysissä käytettiin apuna tarvittaessa myös kaltevuustee-
maa. Eri teemojen kuvaukset ovat seuraavan taulukoiden 11 ja 12 mukaiset
(Leinonen 2009.)

Taulukko 11. Teemojen kuvaukset

Ojan pituuskalte- vuus [%]	Kuvaus
Alle 0,3 %	Virtausnopeus ja eroosioriski ovat pieniä poislukien hienojakoisten maiden valtaajat.
0,3 - 1,0 %	Virtausnopeus on kohtuullinen sarkaojissa ja eroosioriski on pieni jos maalaji ei ole eroosioherkkää.
1,0 - 3,0 %	Virtausnopeus on kohtalaisen suuri pitkissä sarkaojissa. Laskuojien perkaustarve arvioitava huolellisesti ja niihin on pyrittävä jättämään kaivukatkoja
yli 3,0 %	Virtausnopeus on suuri myös sarkaojissa, perkaustarve on harkittava huolellisesti kaikissa ojissa ja

Ojan pituuskaltevuus [%]	Kuvaus
	niihin on jätettävä kaivukatkoja. Perkausta tehdään vain jos se on kuivatuksen takia välttämätöntä.

Taulukko 12. Eroosioalttiusteeman sanallinen kuvaus

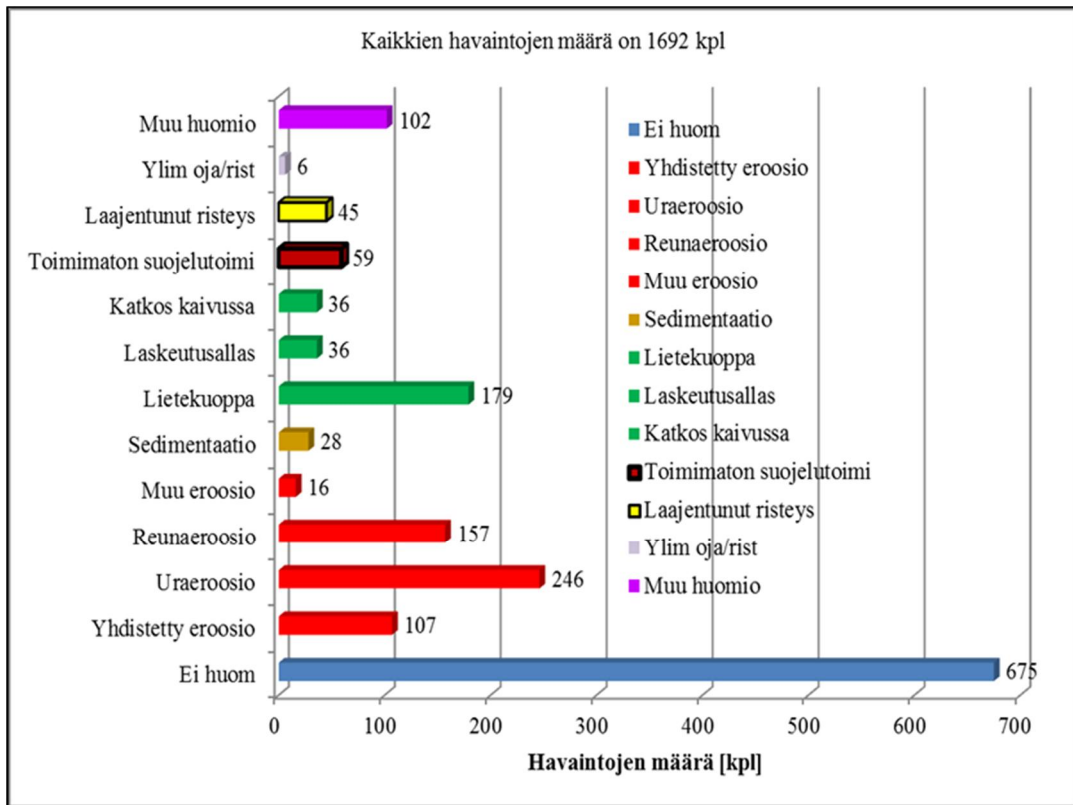
Eroosioalttiusteema	Kuvaus
0	Ei eroosioalttiutta
1	Kohtalainen eroosioalttius
2	Suuri eroosioalttius

4.4.2 Tietojen laskenta Excel-tilaukkolaskennalla

Saatu järjestelty ja luokiteltu tietokantatiedosto avattiin taulukkolaskentaan, jossa muodostettiin kopioimalla jokaiselle hankkeelle oma välilehti. Lehdillä suoritettiin lajittelutoiminnon avulla luokiteltujen tietojen haku. Tiedoista muodostettiin omat taulukot jokaiselle hankkeelle. Erilliset taulukot yhdistettiin lopuksi yhteen vetotaulukoksi, jota käsitellään luvussa tulokset. Osa tiedoista syötettiin takaisin Arcmapiin tietojen esittämistä varten. Hankekohtaiset taulukot selityksineen ja karttoineen ovat liitteinä.

5 TULOKSET

Tässä luvussa esitellään tilastotietoina kaikkien hankkeiden tiedot ja esimerkkinä muutamia tapauksia. Jokaisesta hankkeesta on liitteissä vastaavat tiedot yksilöityinä ja tarkempina esityksinä. Kuvassa 29 on kuvaaja havainnoista luokittain.



Kuva 29. Kaikkien havaintojen lukumäärä

5.1 Vesiensuojelutoimien suunnittelu

Taulukossa 13 käsitellään vesiensuojelusuunnittelun perustekijää, valuma-alueen kokoa. Ojitussuunnitelmista saatujen tietojen mukaisesti valuma-alueiden mediaanikoko on 47,0 hehtaaria, ne hankkeet joista tietoa ei ole on poistettu laskennasta ja merkitty X:llä taulukkoon. Samoista suunnitelmista saatiin hyötyalojen mediaaniksi 29,0 ha. Hyötypinta-alojen ja valuma-alueiden erotus on 18 ha. Keskiarvoksi edellisellä menettelyllä valuma-alueiden pinta-alaksi muodostui 63,4 ha. Itse tehdyn valuma-aluesuunnittelun mediaani on 72,0 ha, jossa erotus hyötypinta-alan mediaaniin on 43 ha ja keskiarvo on 91,5 ha.

Valuma-alueiden pinta-alojen analysointi on vesiensuojelusuunnitelmätiedoilla varsin haastavaa koska alueita ei ollut piirretty yhteenkään karttaan. Joka tapauksessa edellisten laskelmien tuloksista voi päätellä, ettei ainakaan kaikissa hankkeissa suunnittelu ole tehty tässä käytettyjen aiemmin esitettyjen perusteiden mukaisesti.

Taulukko 13. Valuma-alueiden ja laskeutusaltaiden suunnittelu

Ikä	Hanke n:o	Valuma-alue [ha]	Altaat [kpl]	Laskeutusaltas [ha kpl ⁻¹]	Altaitaiden yht pa [m ²]	Pinta-alue [m ² ha ⁻¹]	Ojaa yhteensä [m]	Lietekuoppa [kpl]	Lietekuoppa [m kpl ⁻¹]
13	2914	X	X	X	X	X	1 287,0	3	429,0
12	2928	X	X	X	X	X	4 925,0	29	169,8
11	3041	29,0	X	X	X	X	5 850,0	1	5 850,0
12	3059	X	X	X	X	X	7 770,0	38	204,5
10	3061	X	X	X	X	X	28 634,0	120	238,6
12	3069	48,6	X	X	X	X	14 395,0	12	1 199,6
11	3106	126,0	3	42,0	155,0	1,2	17 960,0	72	249,4
9	3245	235,0	4	58,8	124,0	0,5	14 360,0	1	14 360,0
7	3272	8,4	3	2,8	X	X	1 944,0	1	1 944,0
10	3278	33,0	1	33,0	5,0	0,2	9 263,0	52	178,1
7	3322	23,0	3	7,7	44,8	1,9	10 434,0	14	745,3
7	3325	60,0	1	60,0	140,0	2,3	7 980,0	28	285,0
5	3416	47,0	3	15,7	116,0	2,5	13 152,0	34	386,8
4	3467	50,0	2	25,0	29,2	0,6	4 142,0	10	414,2
1	3539	37,0	1	37,0	77,0	2,1	2 925,0	7	417,9
Yht		697,0	21,0	33,2			145 021	422,0	343,7
Me		47,0		33,0		1,6	7 980,0		414,2
Ka		63,4		31,3		1,4	9 668,1		1 804,8
Itse tehdyn vertailusuunnitelman tunnusluvut									
Yht		1 440,9	42,0	34,3				972,0	149,2
Me		72,0		33,0		2,6			146,2
Ka		91,5		31,8		2,5			147,1

Taulukon 13 mukaisesti laskeutusallaspinta-alojen mediaani on 1,6 m² hehtaaria kohden. Arvon tulisi olla vesiensuojeluohjeiston (Joensuu, et al., 2007.) mukaisesti 3 - 8 m² ha⁻¹. Laskelmassa on vain ne hankkeet, joille pinta-alat on ilmoitettu. Omassa suunnittelussa käytettiin perusteena pienintä arvoa eli 3 m² ha⁻¹ altaiden mitoitukseen. Mediaani ja keskiarvo jäivät omassa suunnittelussa muutaman hankkeen vuoksi alle 3 m² ha⁻¹. Laskeutusaltaiden lietetilavuutta ei arvioida koska se on suoraan pinta-alaan verrannollinen eikä syvyyttä pystytty mittaamaan maastossa tehdyn tutkimuksen yhteydessä.

Hanke numero 2914 poikkeaa muista hankkeista siten, ettei siinä ole välttämätöntä tarvetta laskeutusaltaalle. Hankkeelle 3061 on suunniteltu ainoastaan kaksi al-

lasta jotka ovat muusta hankkeesta erillisen valtaojan päissä. Kyseinen oja on ”viepä”, joka tarkoittaa suurempaa ojaa kuin tavallinen valtaoja (Mäkinen 2011.)

Lietekuopat tutkittiin suunnitelmista laskemalla ne kartalta. Mikäli kuoppia ei ollut piirretty ne piirrettiin sanallisen kuvauksen perusteella työkartalle. Esimerkiksi hankkeen 3061 tapauksessa vesiensuojelusuunnitelmassa ilmoitettiin, että liete-kuopat kaivetaan jokaiseen ojaan. Sijoituksen jälkeen tulona oli 120 liete-kuoppaa. Hankalampi tapaus oli hanke 3245, jossa todettiin: ”Lähes kaikkien ojien alkuun kaivetaan liete-kuopat.” Näitä epäselviä tapauksia ei lähdetty tulkitsemaan vaan ne esitetään sinällään, jotta saataisiin kuva suunnitelmien tasosta. Kun taulukosta poistettiin hankkeet, joissa liete-kuoppien väli muodostui yli tuhanneksi metriksi, saatiin vieläkin mediaaniksi 285,0 m ja keskiarvoksi 343,9 m. Missään hankkeessa ei ole suunniteltu liete-kuoppia valta- eikä niskaojiin, joka on ohjeiston mukais- ta. Se ei kuitenkaan pitäisi johtaa tulokseen, jossa kuoppien laskennallinen väli on paljon yli 350 m.

Vertailuksi tehty suunnitelma tehtiin ohjeiston mukaisesti siten, että välejä ei mitattu erityisen tarkasti vaan ensimmäiset mitattiin Arcmapin mittausväyläkalulla. Tämän jälkeen piirrettiin muut kuopat silmämääräisesti paikoilleen. Kuoppien määrää lisää se, että niitä suunniteltiin myös niskaojille. Valtaojille ei liete-kuoppia suunniteltu. Ohjeistossa liete-kuoppien välinen etäisyys sarkaojilla on 100 - 200 m (Karjalainen, et al. 1997.)

Muut vesiensuojelutoimenpiteet suunnitelmista ovat taulukossa 14

Taulukko 14. Muut suunnitellut suojelutoimenpiteet

Ikä	Hanke	Muut vesiensuojelutoimet	Itse suunn. kaivukatkot
13	2914	Yksi kaivukatko	1
12	2928	Ei muita suunniteltuja toimia	
12	3059	Ei muita suunniteltuja toimia	
12	3069	Muuraislampeen laskevia ojia ei perata (=6 kpl)	6
11	3041	Suojavyöhyke viereiseen Housulampeen joka on suojeltava pienvesi	2

Ikä	Hanke	Muut vesiensuojelutoimet	Itse suunn. kaivukatkot
11	3106	Ei muita suunniteltuja toimia	6
10	3061	Ei muita suunniteltuja toimia	
10	3278	Ei muita suunniteltuja toimia	5
9	3245	Kaikki ojastojen laskuojien alaosat jäävät perkaamatta	1
7	3272	Ei muita suunniteltuja toimia	
7	3322	Ojia ei perata vesistöihin saakka	
7	3325	Ei muita suunniteltuja toimia	
5	3416	Jos kaltevuus riittää vanhoja ojia ei perata	
4	3467	Ei muita suunniteltuja toimia	
1	3539	Kaivukatko, perkaamatta jätettävä ojan osa ja pintavaluntapaikka/laskeutusallas	2

Taulukossa 15 on esitetty vesiensuojelusuunnitelmien muuta informaatiota.

Taulukko 15. Vesiensuojelusuunnitelmista saatavaa muuta informaatiota

Ikä	Hanke	Kuvaus vesiensuojelusuunnitelmasta
13	2914	Suunniteltu lietekuopat osaan ojien alkupäistä ja yksi katko ojien väliin. Ei ole piirretty karttaan. Toteutus syyskesällä. Valuma-alaa ei ole määritetty.
12	2928	Suunnitelmassa on kirjallisesti kerrottu, että ojien alkuun kaivetaan lietekuopat. Kuoppia ei ole piirretty karttaan. Muita suojelutoimia ei ole nähty tarpeelliseksi. Kaivuajankohta on vain vuosina. Valuma-alaa ei ole määritetty.
12	3059	Ei vesiensuojelusuunnitelmaa, Ojituskarttaan piirretty mahdollinen laskeutusallas. Perkaamatta jätettävät ojat on merkitty selkeästi. Valuma-alaa ei ole määritetty.
12	3069	Tekstissä ilmoitetaan, ettei Muuraislampeen laskevia ojia perata lampeen saakka. Lietekuoppia tekstissä on 12 kpl samoin kuin kartalla. Laskeutusaltaita ei kaiveta. Ei mitoituksia. Toteutus on ilmoitettu kesäkaivuksi. Valuma-alaa ei ole määritetty.
11	3041	Tekstissä on kirjattu kolme lietekuoppaa jotka piti olla kartalla, ne eivät kuitenkaan löytyneet siitä. Muina suojelutoimina on mainittu Housulammen kiertäminen koska se on suojelualuetta. Asiaan liittyy Suolumokartta maastolomakkeineen, lisäksi suunnitelmassa on ohjeistus ojien mitoituksista. Toteutusajankohta on vain vuosina. Ei valuma-aluetta. Suunnitelmapohjana on K-S mk tiedostopohja 31.3.2001,

Ikä	Hanneke	Kuvaus vesiensuojelusuunnitelmasta
III:8:6.2:3 Versio 1.0.		
11	3106	Laskeutusaltaat on mitoitettu ja piirretty kartalle, lietekuopat todetaan kaivettavan kuivatusojiin. Ei ole piirretty. Vesienjohtamisessa huomioitu, että ne joudutaan johtamaan lampiin joiden ranta-alueilla ei ole asutusta. Kaivuajankohta on suunniteltu talvikaivuksi. Valuma-alue on merkitty laskeutusallassuunnitelmaan.
10	3061	Hankkeesta on kaksisivuinen suunnitelma jossa kerrotaan minne vedet johdetaan. Lietekuopat (= laskeutusaltaat?) A-ojan alkuun, kuopat on piirretty karttaan. Ojakohtaiset lietekuopat kaivetaan jokaiseen ojaan. Ei mitoituksia. Ei muita piirroksia tai selvityksiä. Toteutusajankohta on kirjattu kesäkaivuksi. Valuma-alaa ei ole määritetty.
10	3278	Laskeutusallas mitoitettu ja piirretty kartalle, lietekuopat suunniteltu ojien alapäihin niitä ei ole piirretty kartalle. Vesienjohtaminen on suunniteltu metsäojiin ja -lampiin. Ojitus-suunnitelmassa mainitaan pintavaluntaa käytettävän siellä missä se on mahdollista. Toteutusajankohdasta on esitetty vain vuodet. Valuma-alue on merkitty laskeutusallassuunnitelmaan. Suunnitelmapohjana on K-S mk tiedostopohja 31.3.2001, III:8:6.2:3 Versio 1.0.
9	3245	Laskeutusaltaat on kirjattu tekstiin, mitoitettu ja piirretty karttaan. Lietekuoppia todetaan kaivettavan lähes kaikkien ojien alkuun, ei piirrosta. Laskuojien alaosat jätetään perkaamatta. Syöpymisvaara on huomioitu C -ojalla. Valuma-alue on merkitty laskeutusallassuunnitelmaan. Toteutusajankohta on merkitty vain vuosina. Suunnitelmapohjana on K-S mk tiedostopohja 31.3.2001, III:8:6.2:3 Versio 1.0.
7	3272	Kaivetaan kolme lietekuoppaa jotka on piirretty karttaan, ei mitoitusta. Toteutusajasta on vain vuodet. Valuma-alaa ei ole määritetty. Suunnitelmapohjana on K-S mk tiedostopohja 31.3.2001, III:8:6.2:3 Versio 1.0.
7	3322	Laskeutusaltaat ja myös lietekuopat on mitoitettu ja piirretty kartalle. Ojia ei perata vesistöihin saakka. Ei syöpymistä tms. Toteutusajankohta on esitetty vuosina. Valuma-alue on merkitty laskeutusallassuunnitelmaan. Suunnitelmapohjana on K-S mk tiedostopohja 31.3.2001, III:8:6.2:3 Versio 1.0.
7	3325	Suunnitelmaan on kirjattu laskeutusallas jolle on myös mitoitettu sekä lietekuoppien määrä. Edelliset toimet on myös merkitty kartalle. Suunnitelmassa on kaltevuussuhteet ja vesienjohtaminen alapuoliseen vesistöön. Toteutusajankohta ja kaivujärjestys on kirjattu. Syöpyminen ja liettyminen on ilmoitettu mahdolliseksi. Valuma-alue on merkitty laskeutusallassuunnitelmaan. Suunnitelmapohjana on K-S mk tiedostopohja 31.3.2001, III:8:6.2:3 Versio 1.0.
5	3416	Laskeutusaltaat ja lietekuopat on mitoitettu sekä piirretty karttaan. Kaivujärjestykseen on merkitty yhden laskeutusaltaan kaivaminen ennen kaivun aloitusta. Suunnitelma on

Ikä	Hanke	Kuvaus vesiensuojelusuunnitelmasta
4	3467	tuotettu Jussi -järjestelmällä. Valuma-alue on merkitty laskeutusallassuunnitelmaan. Suunnitelmapohjana on K-S mk tiedostopohja 31.3.2001, III:8:6.2:3 Versio 1.0. Laskeutusaltaat mitoitettu ja piirretty kartalle, lietekuopat on ilmoitettu kaivettavan sarkaojien alapäihin, kuoppia ei ole piirretty karttaan. Vesien johtaminen on suunniteltu Purnujärveen ja Helisevänjokeen. Kaivuajankohta on esitetty vuosina. Valuma-alue on merkitty laskeutusallassuunnitelmaan. Suunnitelma on tuotettu Jussi -järjestelmällä.
1	3539	Suunnitelmassa on kirjallisesti merkitty suojelutoimet sekä ojitukseen vaikuttavat kaltevuussuhteet ja etäisyydet purkuvesistöihin. Suojelutoimista on mitoitus. Kartalle on piirretty lietekuopat. Maaperä on selvitetty kirjallisesti ja hankealueesta on eroosioalttiusteemakartta. Valuma-alue on kirjattu mutta ei ole laskeutusallassuunnitelmassa. Suunnitelma on tuotettu Jussi -järjestelmällä.

5.2 Vesiensuojelun toteutus

Toteutukset on eritelty hankkeittain liitteissä olevissa teksteissä, joihin liittyy kartta. Kartoissa on kuvattuna jokaisen havaitun toimen sijainti ja laatu.

Vesiensuojelutoimet tarkastettiin maastossa mittaamalla ja arvioimalla niiden kunto. Osasta kaivettuja kohteita pystyttiin ottamaan mitat. Etenkin syvyyksien mittaaminen laskeutusaltaista oli varsin haasteellista. Taulukossa 16 esitetään havaitut vesiensuojelutoimenpiteet hankkeittain.

Taulukko 16. Toteutuneet vesiensuojelutoimet hankkeittain

Hanke	Laskeutusallas [kpl]	Lietekuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta-alasuhde [m ² ha ⁻¹]	Lietekuoppa [m kpl ⁻¹]
2914	1	3	4	0	12,5	X	429,0
2928	1	2	1	3	56,0	X	2 462,5
3041	0	10	0	1	X	X	585,0
3059	1	1	5	1	24,0	X	7 770,0
3061	2	9	0	2	45,0	X	3 181,6
3069	9	6	6	11	163,0	3,4	2 399,2
3106	6	20	6	24	142,0	1,1	898,0
3245	2	39	1	4	50,0	0,2	368,2
3272	3	10	0	0	150,0	17,9	194,4
3278	3	16	9	11	X	X	578,9

Hanke	Laskeutusallas [kpl]	Lietekuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Lietekuoppa [m kpl ⁻¹]
3322	7	16	1	2	152,0	6,6	652,1
3325	0	26	1	3	X	0,0	306,9
3416	2	19	2	7	165,0	3,5	692,2
3467	3	2	5	2	155,0	3,1	2 071,0
3539	3	16	1	0	100,0	2,7	182,8
				Me		3,1	652,1
				Ka		4,3	1 518,1

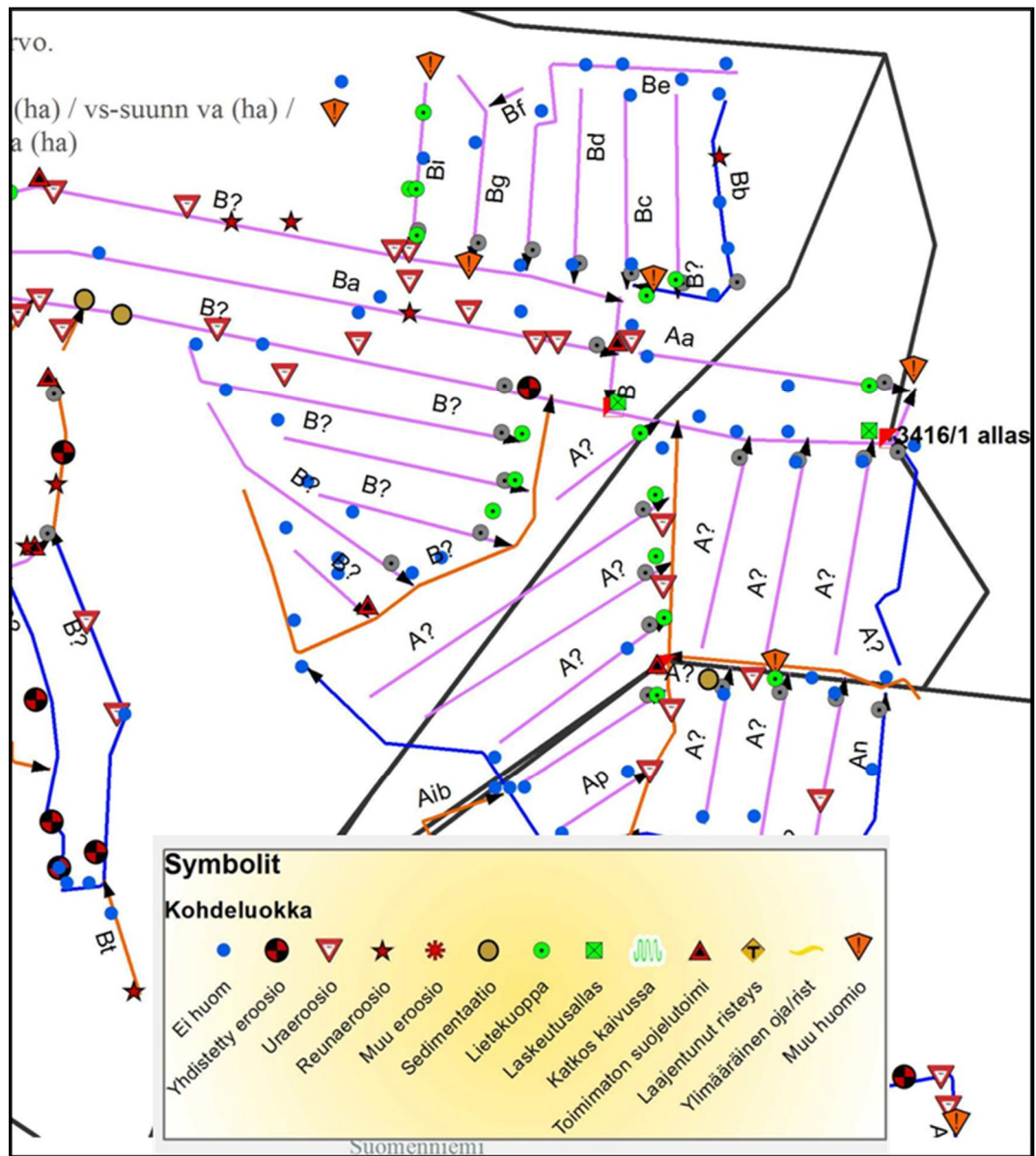
Taulukko 17 osoittaa suurta vaihtelua suunnitelmien ja toteutuksien välillä. Taulukossa on merkitty myös kartan antama informaatio lietekuopista. Asiaa analysoidaan luvussa 6.1.

Taulukko 17. Suunnitelmien ja toteutusten vertailu karttainformaatioon

Ikä	Hanke	Laskeutusaltaiden erotus [kpl]	Lietekuoppi en erotus [kpl]	Toimet on piirrettyä karttaan
13	2914	1	0	ei
12	2928	1	-27	ei
11	3041	0	9	ei
12	3059	0	-37	on
10	3061	2	-111	ei
12	3069	9	-6	ei
11	3106	3	-52	ei
9	3245	-2	38	ei
7	3272	0	9	on
10	3278	2	-36	on
7	3322	4	2	on
7	3325	-1	-2	on
5	3416	-1	-15	on
4	3467	1	-8	ei
1	3539	2	9	on

Kuvassa 29 on ote hankkeen 3106 ojakartasta jossa on esitetty suunnitelma siten kuin se on vesiensuojelusuunnitelmasta luettavissa. Samaan tasoon merkitty on myös kaikki muut havainnot. Siniset pisteet kuvaavat nimenomaisesti havaintoa jossa oja on hyväkuntoinen eikä siinä ole eroosiomerkkejä. Muita päätelmiä siitä ei pidä tehdä. Vihreän pisteen kohdalla on toimintakuntoinen lietekuoppa eikä ojissakaan ole huomautettavaa. Harmaat pisteet on piirretty vesiensuojelusuunni-

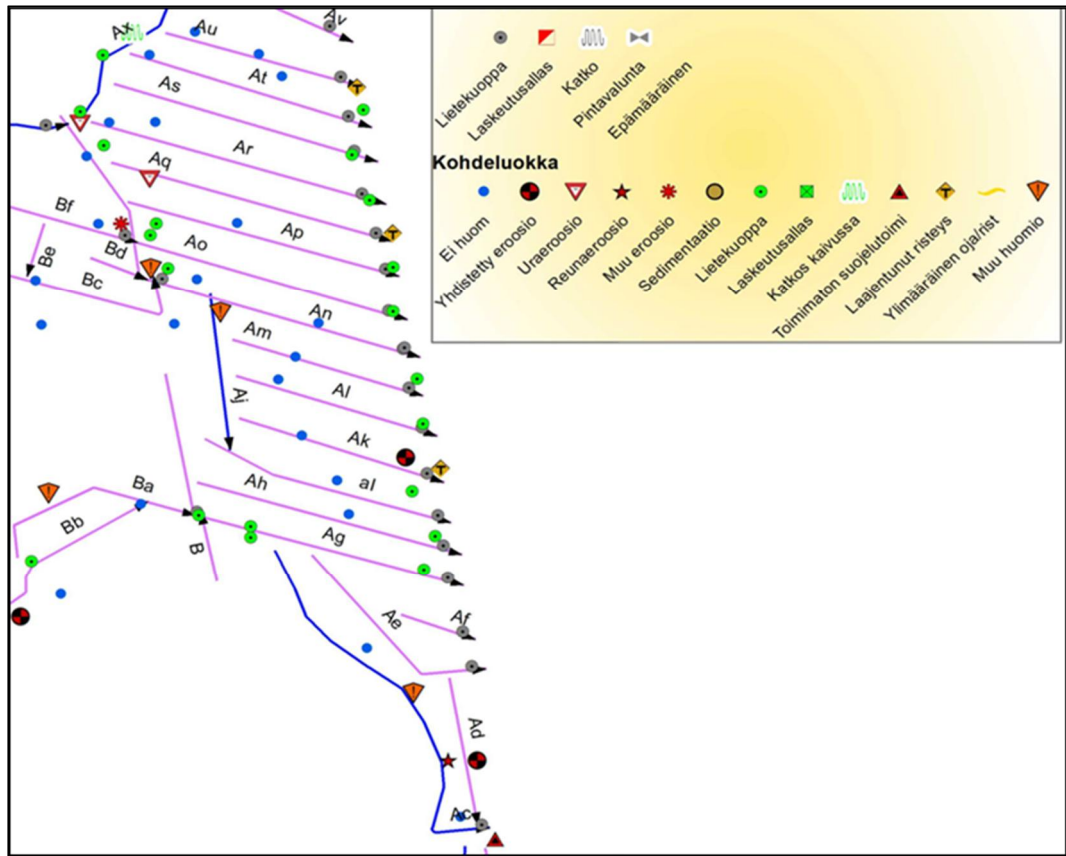
telman mukaisesti. Vesiensuojelusuunnitelmassa lietekuoppien sijainti ja määrä on esitetty seuraavasti:” Lietekuopat: Kuivatusojiin.” Karttaotetta seurattaessa voi havaita suuren osan ojista jääneen ilman lietekuoppaa.



Kuva 29. Suojelutoimien suunnittelun ja toteuman vertailu hankkeella 3106

Kuvassa 30 on samanlainen ote suunnittelukartasta hankkeelta 3325. Hankkeen suunnittelukarttaan on piirretty samoja suojelutoimia joita kuvassa 29 esiintyy. Vertailemalla näitä kahta kuvaa ja edellä esitettyjä taulukoita vahvistuu käsitys selkeän karttapiirroksen tarpeellisuudesta.

Hankkeelta 3325 puuttuu joitain kuoppia mutta ne voivat olla kaivajan inhimillisiä erehdyksiä tai sitten niitä ei ole tutkimuksessa havaittu. Poikkeuksen tutkituissa hankkeissa teki hanke 3245, jossa kuopat oli kaivettu asianmukaisella tavalla.



Kuva 30. Hankkeen 3325 vesiensuojelusuunnitelman ja -toteutuksen vertailu

Taulukossa 17 on vesiensuojelusuunnitelmista saadut tiedot ja tähän tutkimukseen määritetyt valuma-alueiden koot sekä niiden erotus. Punaiset, negatiiviset arvot tarkoittavat sitä, että vesiensuojelusuunnitelman alue on pienempi.

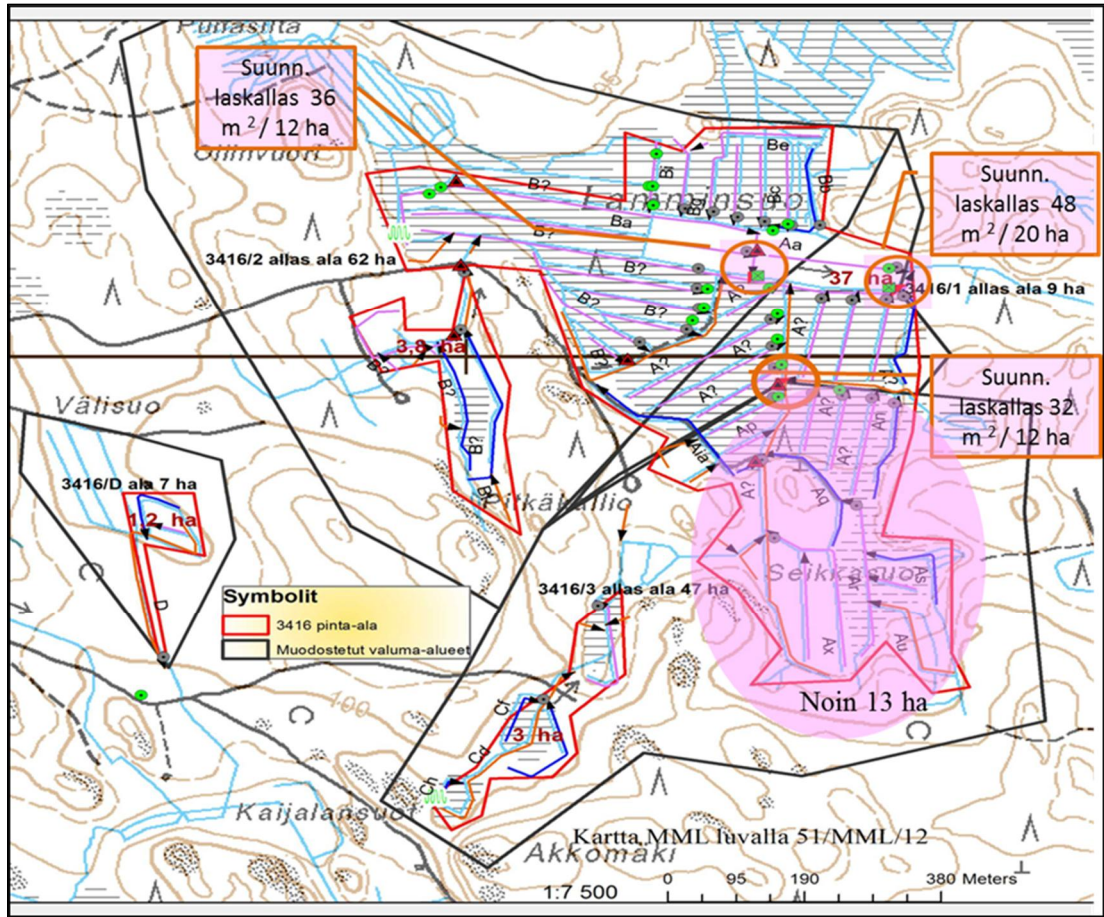
Taulukko 17. Valuma-alueiden määritysten erot

Valuma-aluepinta-ala [ha]				
Ikä	Hanke	Suunnittelija	Itse määritetty	Erotus
13	2914	0,0	10,0	-10,0
12	2928	0,0	30,0	-30,0
11	3041	29,0	71,0	-42,0
12	3059	0,0	89,0	-89,0
10	3061	0,0	306,0	-306,0
12	3069	48,6	135,0	-86,4
11	3106	126,0	99,0	27,0
9	3245	235,0	146,0	89,0

Valuma-aluepinta-ala [ha]				
Ikä	Hanke	Suunnittelija	Itse määritetty	Erotus
7	3272	8,4	25,0	-16,6
10	3278	33,0	125,0	-92,0
7	3322	23,0	72,0	-49,0
7	3325	60,0	65,0	-5,0
5	3416	47,0	125,0	-78,0
4	3467	50,0	23,0	27,0
1	3539	37,0	51,0	-14,0

Kuvassa 31 on tehty pinta-alamäärittelyt hankkeen 3416 hyötyalalle ja valuma-alueella. Tehdyssä määrittelyssä hyötyalaksi tuli 45 ha ja valuma-alueeksi 125 ha. Suunnittelija on mitoittanut laskeutusaltaat 47 ha mukaisesti jolloin ne ovat selvästi liian pienet. Kuvaan on merkitty ympyröin ja viittein altaiden paikat, niiden pinta-alat ja valuma-alueen koko jolle ne on tarkoitettu. Karttaan on merkitty jo aiemmissa kuvissa esiintyneillä symboleilla suunnitellut ja toteutuneet suoje-lu-toimet. Punaisella on piirretty arvioidun hyötypinta-alan rajat ja punaisin numero-in alojen koot.

Seikkasuon alue, joka on kooltaan noin 13 - 15 hehtaaria, on merkitty varjostuk-sella. Pelkästään se alue on samankokoinen kuin ajateltu valuma-alue. Valumaa lisää Kaijalansuolta tulevat vedet. Näissä laskelmissa on vasta hyötyala kyseessä. Valuma-aluepiirroksen mukaisesti tälle hankkeen 3416 valuma-alue numero kol-melle tulee pinta-alaksi 47 ha joka tarkoittaisi allaspinta-alana vähintään 141 m². Suunnitelmassa pinta-ala on 32 m² ja toteutunut 40 m². Pinta-alojen mittaukset on tehty Arcmapin mittaustyökalulla.



Kuva 31. Hankkeen 3416 hyöty- ja valuma-alue

Hankkeen 3416 eteläisin laskeutusallas numero kolme oli täyttynyt ja vesi virtasi reippaalla nopeudella siitä läpi. Läpimenoaika mitattiin heittämällä tupakan filteri veteen. Aika oli 1' 39". Kuvassa 33 on kyseinen allas. Laskuoja on kuvan vasemmassa reunassa, jossa näkyy virtauksen aiheuttamaa aaltoilua veden pinnalla. Vedenpinnan alla hämmöttää heikosti lehtiä ja muuta roskaa joka osoittaa altaan täytyneen.

Hanke on toteutettu vuosina 2006 ja 2007, joten se kuuluu Kemeran määrittämän hoitovelvollisuuden piiriin, joten se tulisi tyhjentää tai rakentaa korvaava suojeletoimi. Tässä tapauksessa altaan tyhjentämiselle ei pitäisi olla mitään estettä suojeullisesti, koska kosteikkona tai pintavalutukseen soveltuvana paikkana sitä ei voi pitää.



Kuva 32. Hankkeen 3416 laskeutusallas numero kolme

5.3 Eroosioarvion paikkansapitävyys

Tässä luvussa esitetyt havaintopisteiden kokonaismäärät vaihtelevat siitä syystä, että eri tarkoituksia varten on käytetty suodattimia. Vaihtelu on 1004 - 1095 pistettä.

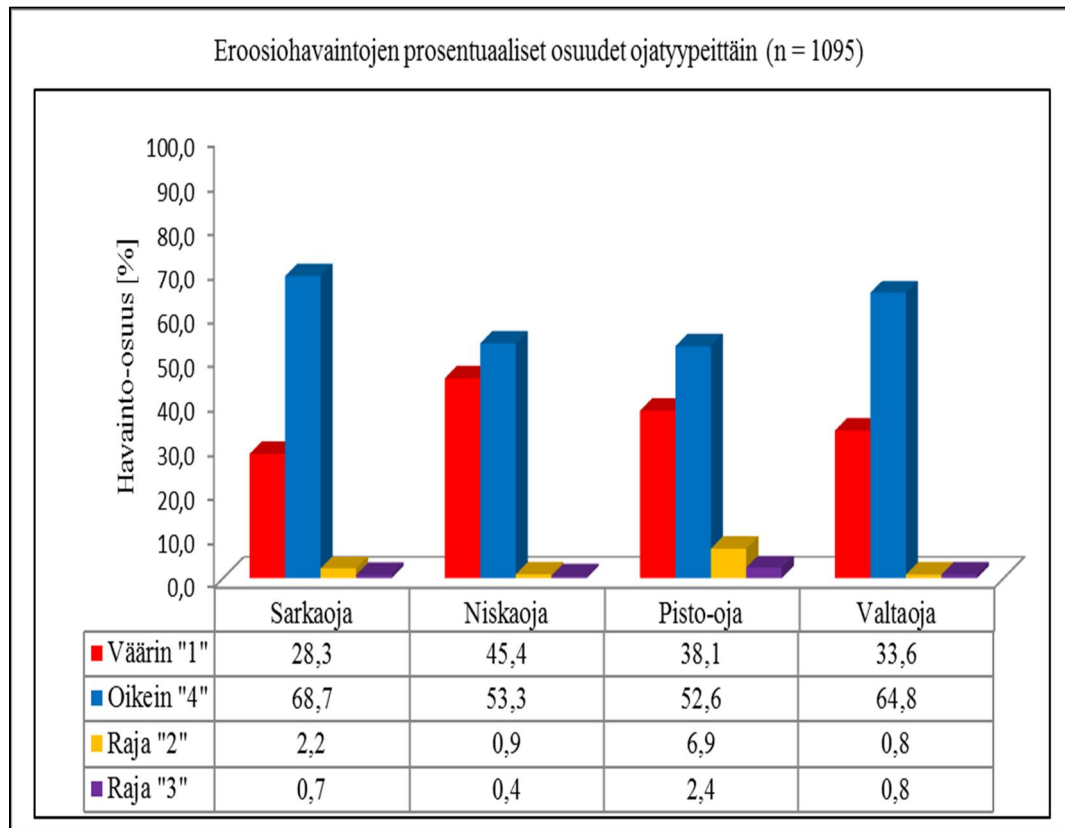
Hankkeet 3069B ja 3041 esitellään pelkästään liitteissä.

Eroosioennustetta tutkittiin tekemällä Arcmapilla spatial join-yhdistäminen havaintopiste ja eroosioarvioteema-shapelle. Yhdistämisessä käytettiin komentoina ”join to one” sekä etäisyysmäärittäminenä 20 m sädettä. Säde arvioitiin sopivaksi käytettyjen laitteiden GPS:n tarkkuuden kannalta. Säteen pienessä koossa olisi ollut vaarana suuren havaintopistemäärän poistuminen käytöstä. Kyseinen 20 m sopii myös teeman 10 m segmenttikokoon kohtuullisen hyvin. Ajotuloksia tarkasteltiin visuaalisesti ja sen havaittiin olevan näöltään hyvä. Tuloksena ajoista saatiin 1004 havaintopistettä, joita käsitellään tässä luvussa.

Taulukko 18. Kuvaukset eroosioarvion osumista

Osumat	Merkitys
Väärin "1"	Eroosioarvio on ristiriidassa havainnon kanssa.
Raja "2"	Eroosioarvion arvo on 1 eli kohtalainen eroosioalttius ja eroosio on havaittu.
Raja "3"	Eroosioarvion arvo on 1 eli kohtalainen eroosioalttius mutta eroosiota ei ole havaittu.
Oikein "4"	Eroosioarvio on sama kuin havainto.

Kuvassa 33 esitetään kuvaajana eroosioarvion osuvuus erityyppisille ojille. Kuvaajasta voi havaita sen, että eroosioarvio on varmimmillaan sarkaojilla. Valtaojat näyttävät myös olevan hyvin arvioitavissa, tosin havaintopisteiden määrä on toisiin verrattuna vähäisempi. Niska- ja pisto-øjillä arviokyky näyttäisi olevan kuta-kuinkin samaa luokkaa kuitenkin hieman pisto-øjien eduksi. Rajatapauksina tässä käsitellyt tapaukset ovat marginaalinen osuus koko havaintomateriaalista. Rajatapaukset jätetään pois tarkemmasta analyysistä, sen helpottamiseksi.



Kuva 33. Eroosioarvion osuvuus tutkimusalueella

Tarkempaa tarkastelua varten tuotettiin ”spatial join” toiminnolla eri hankkeiden ojien pituudet. Ajo tehtiin käyttäen itse piirrettyä ”suunnitellut ojat” shapea ja ”vesiensuojeluteema” shapea. Tuloksena saatiin seuraava taulukko 19, jota käytetään laskentojen perusteena.

Taulukko 19. Erityyppisten ojien pituudet hankkeittain

Hanke	Sarkaoja [m]	Niskaoja [m]	Pisto-oja [m]	Valtaoja [m]
2914	43,1	0,0	1 207,0	0,0
3061	10 138,7	3 699,8	9 163,5	5 622,0
3272	428,6	1 101,0	62,4	503,6
3106	10 039,3	3 821,7	1 001,7	2 640,3
3416	7 243,8	2 322,7	3 153,7	0,0
3467	2 137,5	1 963,4	0,0	0,0
2928	1 150,6	1 482,3	1 058,5	599,3
3059	3 596,1	2 702,8	689,2	767,3
3245	8 999,8	3 185,9	1 226,2	17 74,4
3539	1 819,8	221,0	326,7	822,5
3322	4 571,1	3 578,6	1 879,6	0,0
3278	2 310,5	3 602,0	3 906,7	0,0
3325	6 534,5	1 349,5	0,0	0,0
Yht	59 013,5	29 030,7	23 675,2	12 729,3

Taulukon ojien yhteismitta 124 448,8 metriä eroaa aiemmin esitetystä taulukon 6 145 021 metrillä koska siitä on poistettu hankkeet 3069B sekä 3041. Lisäksi Arcmapissa tehty ajo pidensi ojamäärää 1 449,7 m, joka on + 1 % alkuperäisestä ilmoitetusta määrästä. Ero johtuu digitoitujen ojien ja suunnitelmiin merkittyjen ojien pituuseroista.

Taulukossa 20 esitetään osumat hankkeittain prosentuaalisesti. Samassa taulukossa on havaintopisteiden tiheys hankkeittain sekä ojatyypin suhteelliset osuudet.

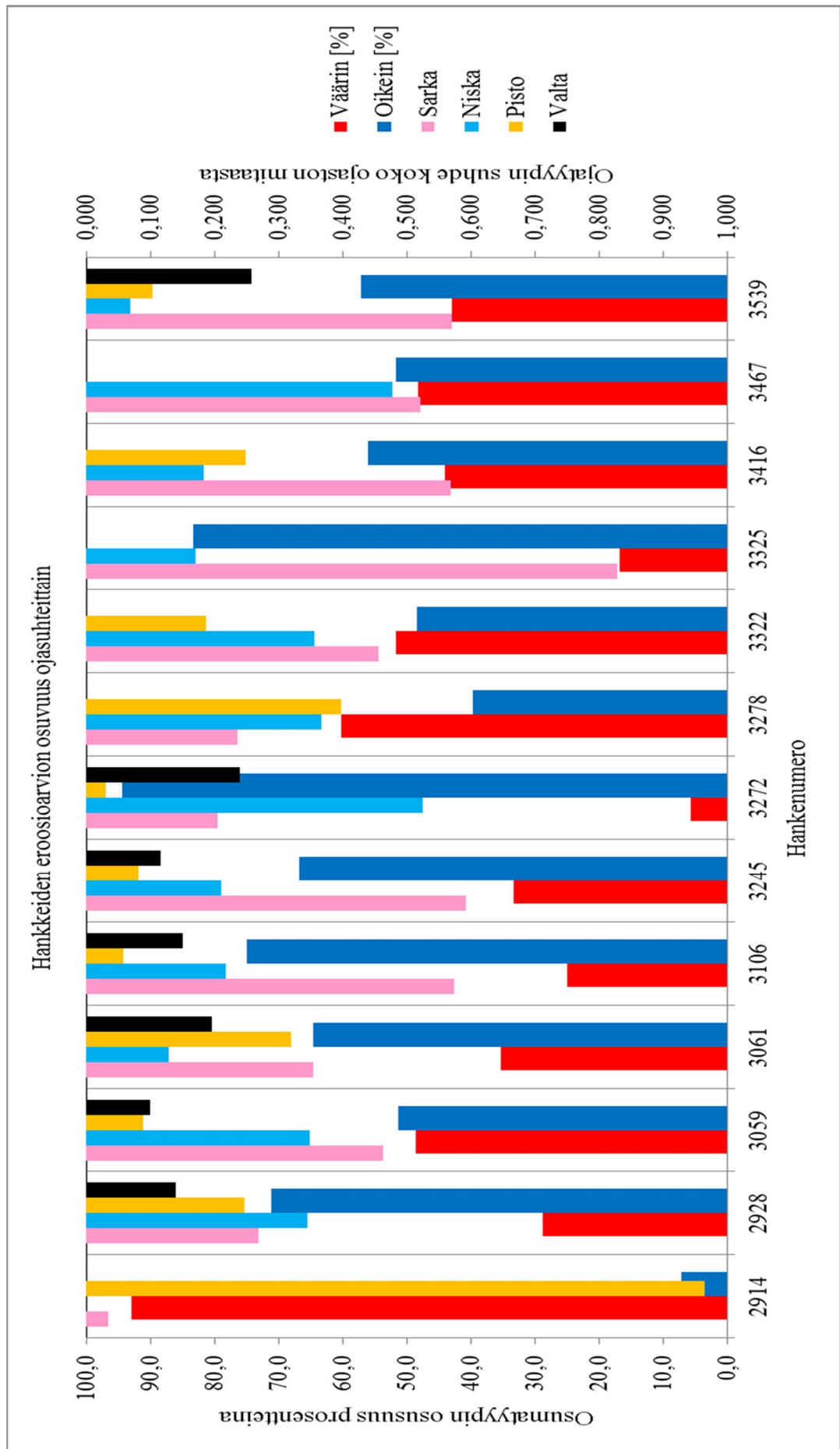
Taulukko 20. Hankkeiden prosentuaaliset tiedot sekä havaintopistetiheys ja ojatyypin suhteellinen osuus

Hanke	Väärin [%]	Oikein [%]	Pisteväli [m]	Ojasuhde [ojatyyppi jaettuna ojaston kokonaismitalla]			
				Sarka	Niska	Pisto	Valta
2914	92,9	7,1	44,6	0,035	0,000	0,965	0,000
2928	28,8	71,2	72,7	0,268	0,345	0,247	0,140
3059	48,6	51,4	104,8	0,464	0,349	0,089	0,099
3061	35,4	64,6	144,6	0,354	0,129	0,320	0,196
3106	25,0	75,0	136,7	0,574	0,218	0,057	0,151
3245	33,3	66,7	93,7	0,593	0,210	0,081	0,117
3272	5,6	94,4	116,4	0,205	0,525	0,030	0,240
3278	60,3	39,7	144,4	0,235	0,367	0,398	0,000
3322	51,6	48,4	105,6	0,456	0,357	0,187	0,000
3325	16,7	83,3	262,8	0,829	0,171	0,000	0,000
3416	43,9	56,1	81,0	0,569	0,183	0,248	0,000
3467	48,3	51,7	141,4	0,521	0,479	0,000	0,000
3539	42,9	57,1	65,1	0,570	0,069	0,102	0,258
Ka	41,0	59,0	116,5				
Me	42,9	57,1	105,6				

Kuvan 34 kuvaaja, joka on tuotettu taulukon tiedoista antaa viitteen ojatyypin merkityksestä eroosioon. Havaintopisteistä saatu tieto näyttää tukevan sitä käsitystä, että sarkaojilla eroosioarvio toimii parhaiten. Edellisen lisäksi ojasuhde näyttää osoittavan sitä, kuinka hyvin arviointi onnistuu.

Tiedoista voi huomata myös muutaman hankkeen ojasuhde - osumasuhde asetelman poikkeavan muista. Nämä hankkeet ovat 2914, 3272 ja 3322. Hankkeet

2914 ja 3272 ovat erittäin pieniä. 2914 on lähes kokonaan pisto-ojaa, 3272 on sarkaojaa tai turvemaahan kaivettua niskaojaa. 3322 on tavanomainen ojituskohde, suotyypinä se on räme jolloin ongelmia eroosion suhteen ei pitäisi olla. Hankkeella havaittiin kuitenkin sarkaojissakin eroosiokohteita joiden lisäksi niskaojissa oli runsaasti erityyppisiä eroosioita. Edellisten havainnointi onnistuu parhaiten tutkimalla liitteenä olevia hankekohtaisia selvityksiä, joissa on mukana kartta.

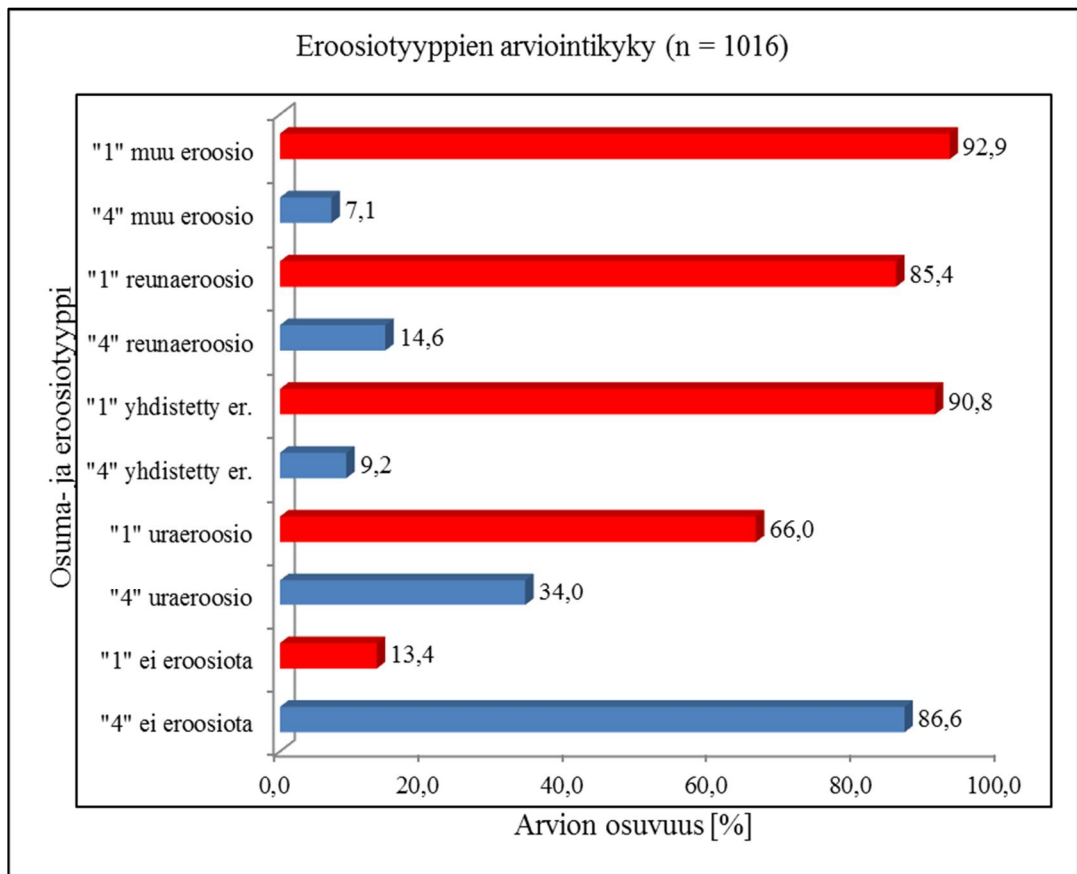


Kuva 34. Hankkeiden eroosioarvion osuvuus ojasuhteittain

Tutkimuksen tiedoista saadaan esille myös tiedot siitä, minkä tyyppistä eroosioita RLGis -järjestelmä arvioi parhaiten. Seuraavassa taulukossa 21 ja kuvassa 35 esitetään arvion pätevyys tässä tyypitetyille eroosioille.

Taulukko 21. Eroosioarvion osuvuus eroosiotyypeittäin

Havainto	Eroosioalttius	Määrä [%]	Kuvaus	n [kpl]
1	0	86,6	"4" , ei eroosiota	581
1	2	13,4	"1" , ei eroosiota	
3	2	34,0	"4" , uraerosio	197
3	0	66,0	"1" , uraerosio	
2	2	9,2	"4" , yhdistetty er.	87
2	0	90,8	"1" , yhdistetty er.	
4	2	14,6	"4" , reunaerosio	137
4	0	85,4	"1" , reunaerosio	
5	2	7,1	"4" , muu eroosio	14
5	0	92,9	"1" , muu eroosio	
			Yhteensä	1016



Kuva 35. Eroosioarvion osuvuus eroosiotyypeittäin

Taulukosta ja kuvasta voi johtaa päätöksen, että parhaiten eroosioarvio toimii silloin kun arvion arvo on ”0” eli ei eroosioalttiutta. Ero muihin arvioihin on erittäin huomattava. Myös uraeroosiota järjestelmä näyttää ennustavan, mutta väärän ennusteen mahdollisuus on varsin suuri. Tässä työssä esitetyissä ura-eroosioarvoissa voi olla harhaa sen vuoksi, että tutkimustapa ei ollut systemaattinen otanta. Tuukkanen (2010) on tullut samantyyppiseen tulokseen omassa työssään, jossa asiaa on tutkittu systemaattisesti.

Hankekohtaiset eroosioarvion osuvuudet selviävät selvemmin tutkimalla liitteiden karttakuvia ja taulukoita.

5.4 ArboWebForestin ja Android -laitteiden käytettävyys tiedon keräämiseen.

Maastotyössä käytetyt laitteet osoittautuivat hyviksi käytettävyydeltään. Varsinkin Samsung Galaxy Tab 7 ” on sopivan kokoinen työskentelyyn. Laitteessa on riittävän kokoinen näppäimistö jolla työskentely on jouhevaa ja joka on silti helposti mukana kuljetettava. Havaintopisteen tallentamiseen kuluva aika oli n. 1 - 2 minuuttia sen mukaan kuinka paljon dataa oli syötettävänä. Heikkoutena laitteessa on kamera, jonka kuvanlaatu ei ole paras mahdollinen. Kamerassa hyvänä puolena on salamavalo, joka mahdollisti kuvaamisen ojatörmien alla.

Samsung Galaxy S-puhelin toimii samalla tavoin kuin Tab sillä erotuksella, että näppäimistö on huomattavasti pienempi. Puhelimessa on hyvälaatuinen kamera, muttei salamavaloa.

Käytössä olleet laitteet eivät ole varsinaisesti maastokäyttöön suunniteltuja. Tähän on ratkaisuna markkinoilla olevat maastokäyttöön tarkoitetut Android-laitteet. Maastokelpoinen Panasonic A1 Toughpad on hinnaltaan 1 000 - 1 200 € ja laite täyttää MIL-STD 810G standardin vaatimukset. Panasonicin A1 Toughpad on vasta markkinoille tullut, joten on oletettavaa, että hinta laskee niin kuin muussakin elektroniikassa.

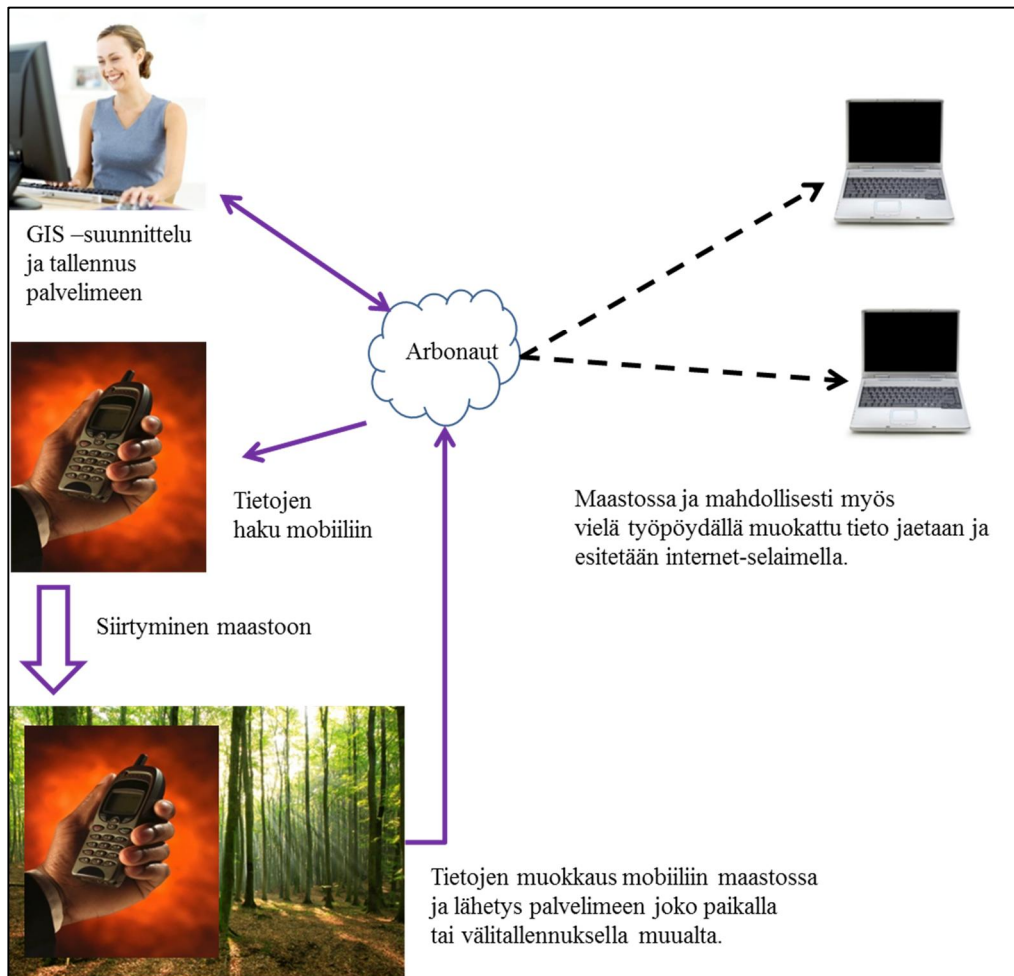
Laitteiden käyttöä puoltaa niiden edullisuus sekä se, että laitetta voi käyttää moneen tarkoitukseen. Laite toimii erinomaisena paikannusvälineenä kun siihen asennetaan sopiva karttaohjelma. Tässä työssä käytettiin Accelbit Oy:n Kart-

taselain- ohjelmaa. Ohjelmassa voidaan esittää karttaa aina mittakaavaan 1:5 000 saakka ja tähän saadaan myös ilmakuvat sekä tilarajat. Kartat tulevat suoraan Maanmittauslaitokselta, joten ne ovat ajantasaiset ja standardin mukaiset. Ohjelmassa on myös toiminto, joka esittää kuljetun reitin. Käytössä ohjelmat toimivat hyvin yhdessä koska niistä pääsee siirtymään toisiinsa yhdellä painalluksella ja hipaisulla.

Käyttöjärjestelmänä Android on loppukäyttäjälle yksinkertainen ja hyvin opastava.

ArboWebForest jota työssä käytettiin, on kehitteillä oleva palvelu jota käytetään mm. Nepalissa hiilinieluinventointeihin REDD-hankkeessa (Reducing Emissions from Deforestations and Forest Degradation). Käytetty palveluversio on siihen työhön tarkoitettu, joten sen lomakkeiden käyttö piti soveltaa tämän työn käyttöön sopivaksi. Menettely sekä hidasti tallennustoimintaa että aiheutti hankaluuksia tietojen analysoinnissa.

Palvelu toimii kuvan 36 mukaan kaksisuuntaisesti. Tässä työssä käytettiin mukautettua järjestelyä, jossa tieto kerättiin ilman alustavaa työpöytäsuunnittelua. Palvelimelta tuotettiin myös erilliseen ArcGIS-ohjelmaan soveltuva shape-tiedosto. Kerätyt tiedot ovat kuitenkin edelleen palvelimella käytettävissä.



Kuva 36. ArboWebForest -palvelun toimintakaavio

Järjestelmän työpöytäosaa käytettiin apuna tutkittaessa tiettyjä hankkeiden kohtia. Hankaluutena käytetyssä versiossa on se, että havaintopisteiden koko näyttölä on staattinen. Dynaamisella koolla voitaisiin välttyä siltä, että kartan tietoja peittyi merkin alle. Itse työpöytäosa toimii hyvin etenkin, kun selaimena käytetään Google Chromea. Työpöydällä karttoina ovat Google Mapsin kartat ja ilmakuvat tasoina. Lisänä tätä työtä varten on erikseen maastokarttataso. Karttoina voidaan käyttää lähes mitä tahansa projektioltaan soveltuvaa karttaa.

Työskentelyssä havaittiin parhaaksi tiedonsiirtotavaksi pakettisiirto alueella, jossa oli hyvä 3G -kenttä. Mobiiliverkko ei mahdollista joka paikassa tiedonsiirtoa, tai se voi muuttua hyvin hitaaksi.

6 TULOSTEN TARKASTELU JA JOHTOPÄÄTÖKSET

6.1 Vesiensuojelutoimien suunnittelu

Vesiensuojelutoimet ovat hyvin eritasoisia jo lähtökohdiltaan suunnittelussa. Osa suunnitelmista on erittäin laadukkaita asiakirjoja, joilla esimerkiksi tätä työtä olisi voinut lähteä tekemään maastoon. Osassa suunnitelmista puuttui lähes kaikki tekijät, jotta suojele voisi onnistua. On varmasti vaikeaa lähteä toteuttamaan urakoitsijana urakkaa, josta kerrotaan, että *lähes* kaikkiin ojiin tulee kaivaa lietekuopat. Edellisessä ”lähes”-tapauksessa (hanke 3245) tosin on onnistuttu toteutuksessa lietekuoppien osalta hyvin. Vallalla olevan käsityksen mukaisesti ne kuitenkin pitää urakkasopimuksen mukaisesti kaivaa *jokaiseen* ojaan, ainakin kuivatusojiin (Mäkinen 2011.) Niissä hankkeissa joissa on käytetty joko Jussi-järjestelmää tai sitten Kaakkois-Suomen metsäkeskuksen tiedostopohjaa on selvimmin otettu kantaa, kuinka vesiensuojelu todella tullaan järjestämään. Lomakkeissa on valmiit kohdat huomioitaville asioille. Lomakejärjestelyä voikin pitää onnistuneena ratkaisuna.

Piirrosteknisesti osa täyttää normaalin maastokartan vaatimukset ja osa on hyvin heikkoja kopioita. Tutkimatta jäi, minkä laatuilla kartoilla urakoitsijat ovat tehneet töitään. Vanhemmat suunnitelmat on tehty käsin piirtämällä, mikä ei kaikissa tapauksissa haitannut visuaalista laatua lainkaan. Kartoissa on yleisesti käytetty 1:10 000 mittakaavaa, mikä riittääkin useimmissa tapauksissa suunnitteluun. Laskeutusaltaista ei ollut tarkkoja työpiirroksia, joista ilmeni altaiden asema ja muoto ojien suhteen. Tarkka piirros voisi helpottaa kaivua etenkin tilanteissa, joissa altaaseen laskee useampi oja.

Tutkimuksen yhtenä ajatuksena oli tutkia, ovatko suojeletoimet mahdollisesti kehittyneet vuosikymmenen aikana. Tutkinta ei antanut selvää korrelaatiota iän ja toteutuksien välillä. Tästä voinee todeta, että hankkeet ovat hyvin yksilöllisiä eri suunnittelijoilla ja toteuttajilla.

Toisena korrelaation etsimistapana käytettiin sitä, että vaikuttaako suunnitelman tekninen laatu toteutukseen. Tulosten perusteella voidaan esittää seuraavat väittämät: ”*Mikäli karttaan ei piirretä haluttuja suojeletoimia, on jokseenkin todennäköistä, ettei niitä toteutetakaan.*” Lause kuvaa suojeletoimien laadullista vaihte-

lua, etenkin lietekuoppien määrää. Lisäksi on myös mahdollista: ”*Vaikka suunnitelmaan lietekuopat piirretäänkin, niin niitä ei sittenkään toteuteta, joskin se vaihtoehto on epätodennäköisempi*”. Tästä voi päätellä, että suunnittelijalla on hyvin suuri osuus jo toimistovaiheen töissä vesiensuojelun onnistumisen suhteen.

Ojituksella tehtävät työt ovat varmasti selviä sellaiselle urakoitsijalle, joka tekee ojituksia päätoimisesti. Uusille tai muuten työhön tottumattomille urakoitsijoille työ voi aiheuttaa hankaluuksia, ellei heillä ole selkeitä karttoja ja työohjeita käytössään. Vaikka kunnostusojitusten maastotöissä merkitään ojalinjat ja risteyskohdat, on kuitenkin mahdollista, että merkit katoavat erilaisista syistä maastosta.

Toimistotyössä ei pitäisi olla enää nykyisin ongelmia tuottaa suunnitelmia ja niihin liittyviä karttoja. Nykyisin metsäkeskuksella on käytössä paikkatietojärjestelmä, tällä hetkellä Luotsi josta siirrytään Aarni -järjestelmään. Ongelmana näissä järjestelmissä on se, että eroosioarvion teemat eivät ole osana niitä vaan teemakartat pitää tulostaa erikseen. Mikäli teemat saataisiin tasoina suoraan järjestelmään, muodostuisi suunnitelman tekeminen todennäköisesti helpommaksi. Mahdollisilla uusilla suunnitteluyrityksillä lienee käytössään jokin paikkatieto-ohjelma, jolla voi piirtää kartat ja tutkia eroosioiteemoja yhdenaikaisesti.

Allaspinta-alasuhteet olivat kohtuullisen hyvällä tasolla niillä hankkeilla, missä niitä oli. Ongelmaa pinta-alasuhteessa näyttäisi aiheuttavan valuma-alueen pinta-alan määrittely, hyvin useissa hankkeissa valuma-alueen pinta-ala oli vain jonkun verran suurempi kuin hyötyala. Yhdessäkään suunnitelmista sitä ei ole piirretty karttaan. Voi tietysti olla mahdollista, että suunnittelija on käyttänyt apuna työkarttaa tai vastaavaa menettelyä.

6.2 Vesiensuojelutoimien toteutus

Edellä esitellyn laskeutusaltaan lisäksi etenkin hankkeilla 3069, 3106 ja 3278 esiintyy runsaasti toimimattomia suojelutoimia, jotka ovat pääosin täyttyneitä lietekuoppia ja laskeutusaltaita. Kaivettujen suojelutoimien täyttyminen lietteellä on kaksitahoinen asia, toisaalta se osoittaa, että toimi on onnistunut koska se on kerännyt lietettä mutta toisaalta se ei toimi enää. Tämän tyyppiset asiat tulisikin tarkastaa jonkun vuoden kuluttua kaivusta. Sopivaa ajan määrää mm. se minkälaiseen maahan ojitus on tehty. Käytännössä asiaan velvoittaa Kemera-lain 15 §, jos-

sa määritetään hoito- ja kunnossapitovelvollisuudeksi 15 vuotta (Edita Publishing Oy laki 1996.) Silver & al. (2009) viittaavat tutkimuksessaan Kemera-lain 20 §:ään, jonka perusteella esimerkiksi altaiden tyhjennyksiä voitaisiin tehdä valtion tukemina metsäluonnonhoitohankkeina. Edellä mainitussa tutkimuksessa tutkijat kuitenkin huomauttavat, ettei täytynyttä kasvillisuuden peittämää allasta kannata välttämättä tyhjentää, koska se toimii kosteikkona tai jopa pintavaluntakenttänä. Systemaattiseen tyhjennykseen ei siis ole syytä ryhtyä, vaan tyhjennys tulee harkita tapauskohtaisesti (Silver et al. 2009.)

6.3 Vesiensuojelutoimet kokonaisuutena

Tarkimmin vesiensuojelun kokonaistilaa voi hahmottaa hankekohtaisten liitteiden avulla. Taulukossa 21 on koostettu lyhyet arviot kunkin hankkeen tilasta.

Taulukko 21. Arviot hankkeiden vesiensuojelullisesta tilasta korjausehdotuksineen

Ikä	Hanke	Kuvaus	Tila	Korjausehdotus
13	2914	Hankkeen toteutuksessa on ylitetty suunnitellut määrät, toimet ovat kunnossa. Ojalle D olisi tullut kaivaa laskeutusallas.	Huomautettavaa	Ei
12	2928	Hankkeella ei ole toteutettu tarvittavia suojelutoimia, lietekuoppia ei ole tai ne ovat toimimattomia. Laskeutusallas joka on merkitty taulukkoon 14, ei todennäköisesti kuulu tähän hankkeeseen mutta on hyvä vesiensuojelutoimi.	Virheellinen	Ei, vanha
12	3059	Hankkeella on vain yksi havaittu lietekuoppa kokonaan eikä siellä ole laskeutusaltaitakaan.	Virheellinen	Ei, vanha
12	3069B	Hankkeella on toteutettu enemmän toimia kuin suunniteltu. Toimet ovat pääosin kunnossa ja herkin osa, Muuraislampi, on suojeltu.	Hyvä	Ei
11	3041	Hankkeella on tehty varsinaiselle kuivatusalueelle lähes jokaiseen ojaan lietekuoppa. Laskeutusallas on pahoin täytynyt ja mutainen. Allas on lähellä rantaa.	Huomautettavaa	Lisäallas, koska ojasto laskee lähes suoraan järveen. Mahdollisesti pintavalutus.
11	3106	Hankkeen toteutus on pääosin onnistunut, osa lietekuopista on jäänyt kaivamatta. Laskeutusallassuhde on pieni	Huomautettavaa	Ei, liian vanha. Laskee kosteikon läpi.

Ikä	Hanke	Kuvaus	Tila	Korjausehdotus
10	3061	Hankkeella hyvin vähän lietekuoppia tai laskeutusaltaita sen kokoon nähden	Huomautettavaa	Ei, toteutus hankalaa
10	3278	Hyvin vähän lietekuoppia. Haukilammen suojelu on epäonnistunut osittain.	Virheellinen	Laskeutusaltaita kaksi kpl
9	3245	Lietekuopat on toteutettu valtaosaan sarkaojista. Yksi toimimaton laskeutusallas	Huomautettavaa	Ei, vanha.
7	3272	Kaikki toimet on toteutettu, laskeutusalttaat varsin suuret.	Hyvä	Ei
7	3322	Toimet on suunniteltu ja toteutettu hyvin	Hyvä	Ei
7	3325	Suunnittelu varsin toimiva, toteutuksessa eteläisin laskeutusallas ei ole toimiva	Huomautettavaa	Eteläisimmän altaan ruoppaus
5	3416	Valuma-alueen mitoituksesta johtuen laskeutusalttaat ovat liian pienet, osa altaista täyttynyt.	Huomautettavaa	Altaiden ruoppaus ja suurennus
4	3467	Suunnittelussa liian pieni laskeutusalttaiden pinta-alasuhde, toteutuksessa oikein. Lietekuoppia puuttuu.	Huomautettavaa	Ei, lietekuoppia ei kannata kaivaa.
1	3539	Valuma-alue liian pieni. Suunnitelmasta puuttuu joitakin lietekuoppia kartalta jotka on kuitenkin toteutettu.	Huomautettavaa	Ei, lietekuoppia ei kannata kaivaa. Laskeutusallas tarkastettava parin vuoden sisällä.

Taulukosta laskettuna hankkeista on kolme virheellistä, 9 huomautettavaa ja kolme hyvää hanketta vesiensuojelultaan. Suurimmat virheellisyydet ovat aiheutuneet väärästä valuma-alue suunnittelusta sekä siitä, ettei hankkeen suunnittelukartta ole ollut tarpeeksi yksityiskohtainen.

Vastauksena tutkimuksen peruskysymykseen esitetään, etteivät vesiensuojelutoimet ole onnistuneet aina sen mukaisesti mitä ohjeistossa esitetään.

6.4 Eroosioarvio

Eroosioarvio näyttää toimivan jo aiemmin tutkitulla tavalla. Tutkimustuloksissa on tietoja, joita voi hyödyntää käytännön kunnostusojituksen suunnittelussa. Kun suunnittelua aloitetaan, kannattaisi tutkia minkälaiset ojasuhteet ojikolla

vallitsevat. Ojasuhteisesta kaaviosta voidaan johtaa seuraava kiteytys: *”Mikäli hankkeessa on paljon niska- ja pisto-ojaa on varauduttava eroosioarvion ja maaston tarkkaan tutkimiseen.”* Edellistä tukee eroosiotyyppien arviokykyhavainto, jossa todetaan: *”Eroosioarvio pitää paikkansa silloin kun se on ”0” eli ei eroosioalttiutta, myös uraerosio on arvioitavissa mutta kuitenkin heikommin. Muita eroosiotyyppejä ei pystytä ennustamaan.”*

Tutkimalla edellä mainitut asiat aineistoista voi saada kuvan siitä kuinka paljon resursseja maastotyöskentelyyn on varattava. Maastotyöskentelyssä on joka tapauksessa varattava aikaa maaperän tutkimiseen ja vertailuun vesiensuojeluteemakarttojen tietoihin.

6.5 Opinnäytetyö

Tavoitteena oli valmistaa ammattikorkeakoulutasoinen opinnäyte. Työssä käytettiin niitä menetelmiä ja tietolähteitä, joita ammatissa tavallisestikin käytetään. Uutta soveltavaa tekniikkaa kehitettiin yhteistyössä yritysmaailman, erityisesti Arbonautin kanssa. Työssä saatiin uutta täydentävää tietoa, jota voi soveltaa käytäntöön. Edellä mainituista asioista johtuen opinnäytteelle asetettu tavoite saavutettiin.

6.6 Työn virhelähteet ja niiden arviointi

Koska työ perustuu suurelta osin silmävaraiseen kuvailuun havainnoista, on virhelähteiden matemaattinen esittäminen hankalaa. Virhemahdollisuuksia ja lähteitä tutkitaankin sen vuoksi myös kuvaillen niitä.

6.6.1 Hankeotanta

Hankkeiden keski-ikäsi, niiden hankkeistuksen aloituksesta, muodostui yhdeksän vuotta, vanhimpien ollessa jo 12 vuotta vanhoja. Tutkimukseen osui vain kaksi uudehkoa hanketta, jotka nekin tulivat valittuina eikä satunnaisotantana. Ikäkysymys muodostui osaltaan hyväksi sikäli, että eroosion jäljet olivat selvästi esillä ja ojat kuivahkoja. Eroosion syiden jäljitettävyyys puolestaan on heikko kun ojitus vanhenee. Tämä johtuu eroosion monimutkaisesta luonteesta jonka vuoksi eroosiokohdat ja -tavat voivat muuttua ajan myötä (Seuna & Vehviläinen 1986.)

Vesiensuojelun tilan tarkastelua vaikeutti se, että esimerkiksi lietekuoppien havainnointi oli varsin hankalaa.

Satunnaisotannan sijaan olisi ollut mahdollista käyttää systemaattista menettelyä. Jätkikäteen arvioituna se olisikin ollut perusteltua siksi, että olisi voitu ottaa useampia pieniä hankkeita tarkemmin määritellyistä ympäristöistä. Ympäristöjä määriteltäessä olisi tosin tarvittu laajaa karttatutkimusta ja mahdollisesti jopa etukäteistutkimusta paikalla. Systemaattisemmalla otannalla olisi samoin resurssein saatu tutkittua useampi pienikokoinen hanke nyt tutkittujen suurien hankkeiden sijaan. Resursseja olisi käytetty taloudellisemmin sijoittelemalla kohteet lähemmäs maastotyön tukikohtia. Pienet hankkeet olisivat ehkä muutenkin palvelleet paremmin nykyäkoska hankekoko on ollut pienenemään päin (Mäkinen, 2011.)

6.6.2 Vesiensuojelun tilan tutkiminen

Käytettyjen menetelmien mittakohteet eivät vastaa täysin metsäkeskusten tekemien viranomaistarkastusten mittauksia. Tässä tutkimuksessa ei esimerkiksi pystytty selvittämään laskeutusaltaan lietetilavuutta. Kyseisen mitan mittaaminen on yksin työtä tehden erittäin haastavaa. Tutkimusasettelultaan muuten tutkimus vastaa em. mittauksia.

Tutkimustulosta voidaan verrata metsäkeskuksen tekemien tarkastusten tuloksiin taulukon 21 avulla. Taulukko 22 on saatu metsäkeskuksen järjestelmästä hakuehdolla: ”Tila = Valmis, Tarkastuspvm 01.01.2001 - 31.12.2011, Työlaji = Kunnostusojitus”. Ajoaika 16.04.2012 09:58 , Käyttäjä: Kyjarpek.

Taulukko 22. Metsäkeskuksen tekemien tarkastusten tuloksia

Työlaji 60 kunnostusojitus	Hankkeita [kpl]	Ojapituus [km]	Virheellinen määrä [km]	% - osuus	Huomautus
Vesiensuojelun tila hyvä	55,0	188,5	8,5	4,5	Mh. työt
Vesiensuojelussa huomautettavaa	14,0	32,5	1,5	4,6	
Vesiensuojelun tila virheellinen	5,0	9,7	9,3	95,6	
Yhteensä	74,0	230,7	19,3	8,4	

Varsinaiset vesiensuojelulliset virheet	10,8	<u>4,7</u>	Kokonaisojapituudesta
---	-------------	-------------------	-----------------------

Taulukosta 22 nähdään, että tarkastetuilla hankkeilla niiden kilometrimäärästä 4,7 % on ollut vesiensuojelullisesti virheellisessä tilassa. Laskenta-aika vastaa samaa kuin työssä käytettyjen hankkeiden otanta-aika, joten hankemääräkin lie-nee sama, ainakin suuruusluokaltaan. Metsäkeskuksen kokonaisotannasta 74 kappaleesta on virheellisiä noin 7 %. Tässä työssä 15 kappaleesta virheellisten osuus on 20 %. Erotus voi johtua esimerkiksi erilaisista arviointiperusteista.

6.7 Eroosioarvion paikkansapitävyys

Havainnointi on tehty paikanpäällä arvioiden sitä minkä näköinen eroosio on. Riskinä on, ettei eroosiota tunnisteta. Virhettä kuitenkin poistettiin tekemällä mittauksia, joiden perusteella saatiin havainto siitä onko kyseessä eroosio. Riski kohdistuu nimenomaisesti uraerosioon koska muut tyypit ovat selkeämmin havaittavissa ojan normaalista muodosta. Mittauksilla tarkkuutettiin silmä eroosiohavainnointiin paikanpäällä. Mittaustuloksia vertailtiin vielä analysointivaiheessa ja todettiin, että ne vastaavat sanallista arviota. Silmävaraista menetelmää käytettiin siksi, että se on käytettävyydeltään samaa luokkaa kuin ojasuunnittelijan käyttämä. Eroosioita luokiteltiin laskemalla ojamitoista suhdeluku, jossa pintamitta jaetaan pohjan leveydellä. Tuloksena alle arvon kolme saaneet havainnot luokiteltiin eroosioiksi. Tämä menettely antoi lisätietoa sekä varmisti tulosta.

Datan käsittelyssä osa datasta havaittiin käyttökelvottomaksi ja suorastaan haitalliseksi. Dataa puhdistettiin sekä käsin, että ohjelmallisesti taulukkolaskennassa. Paras tapa olisi ollut käyttää Arcmapin komentoa, jolla tietokannasta poistuu samat tiedot sisältävät tietueet. Tuntemattomasta syystä toiminnon käyttö ei onnistunut. Nyt kokonaishavaintopistemäärä on 1692 kappaletta. Niistä on käytetty eroosion tutkimisessa 1004 - 1095 kappaletta. Vaihtelu johtuu pisteiden käyttö-tarkoituksesta ja onko niillä merkitystä kokonaisuuden kannalta.

Osa ojista on tarkemmassa tutkinnassa havaittu väärin luokitelluiksi, esimerkiksi hankkeen 3322 A ja B ojat ovat luokkaa ”pisto-oja” vaikka ne kuuluisivat luok-

kaan ”valtaoja”. Tämä aiheuttaa virheluokittelussa vääristymää. Tässä kyseisessä tapauksessa suurin osa pisto-ojille tehdyistä merkinnöistä kuuluisi valtaojille. Kun tapauksia on kuitenkin hyvin vähän, ei niillä katsota olevan merkitystä kokonaisuuden kannalta. Hankkeen 3322 virheet edustavat noin yhtä prosenttia kaikista havainnoista. Virhe on myös selvästi havaittavissa ja ilmoitettu hankekohtaisessa liitteessä. Virhe johtuu väärästä ojaluetellon tulkinnasta.

7 KEHITYSKOhteet JA -KEINOT

7.1 Työn suunnittelua avustava järjestelmä

Tutkimuksessa havaittiin epäkohtia jotka voidaan korjata varsin helpoilla ja edullisilla tavoilla. Kohteet ovat:

A. Vesiensuojelusuunnitelma laaditaan tarkaksi työohjeeksi

- Mitataan valuma-alue tarkasti mitoituksia varten.
- Kirjoitetaan selvitys tehtävistä suojelutoimista.
- Piirretään piirros käsittäen jokaisen yksittäisenkin vesiensuojelutoimen.
- Uutena asiana piirretään asemapiirros laskeutusaltaista tai muista vastaavista rakenteista, sopivassa mittakaavassa.
- Näistä asioista vastaa ojituksen suunnittelija, esimerkiksi metsäkeskuksen metsäpalvelut tai metsänhoitoyhdistys.

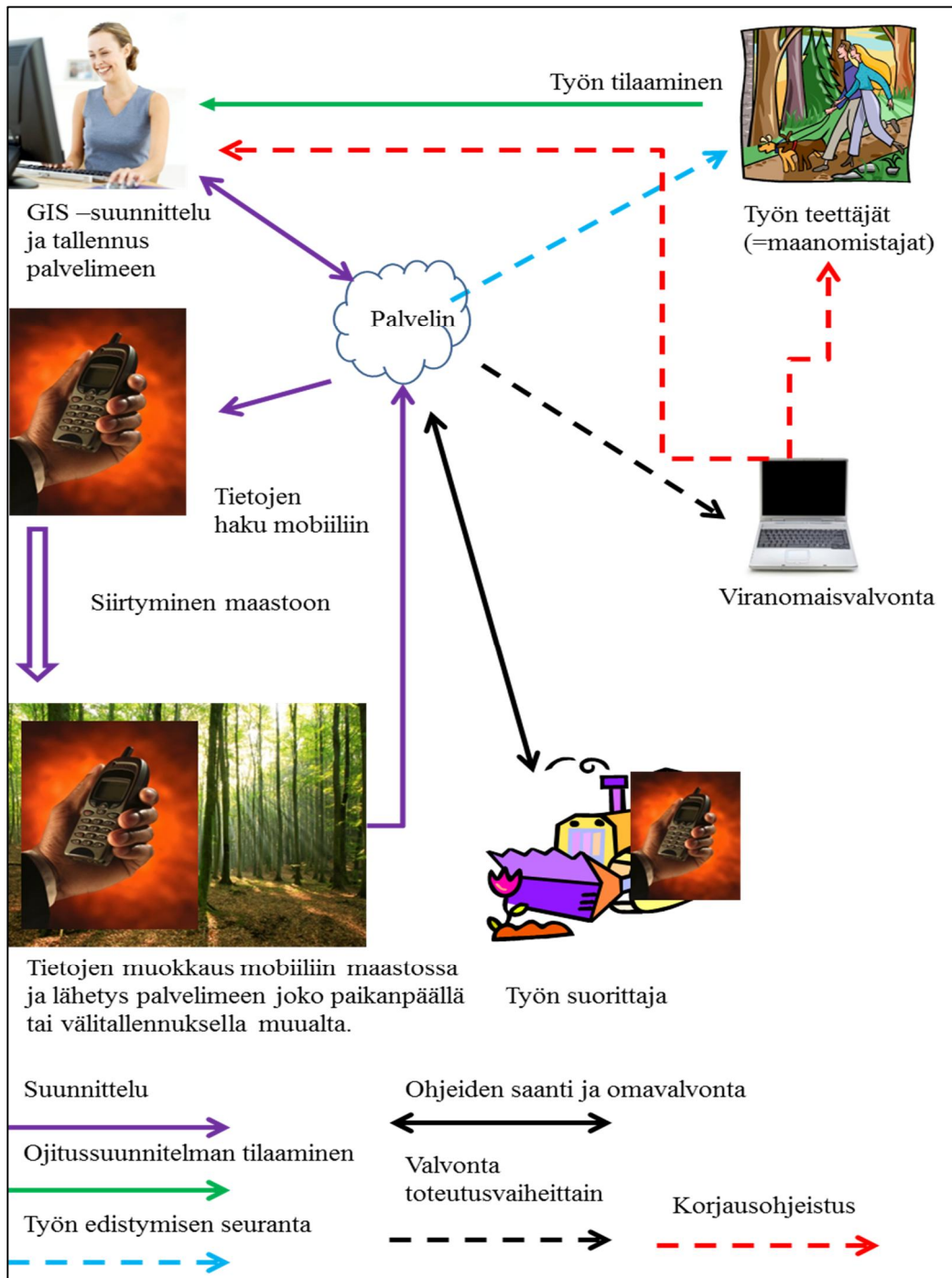
B. Työn valvonta

- Työtä tulee tarkastaa sen kuluessa jotta vältytään turhilta kaivukoneen ajoilta mahdollisia työn korjauksia varten.
- Työ on tarkastettava muutaman vuoden kuluessa kaivusta. Jos on olemassa eroosioriski niin jo aiemminkin, esimerkiksi seuraavan ylivalunnan jälkeen.
- Työn valvonta kuuluu työn tilanneelle metsänomistajalle, joka voitoin siirtää käytännön valvonnan pääuraakoitsijalle. Kaivutyötä tulee kuitenkin valvoa jonkun ulkopuolisen.

C. Viranomaisvalvonta

- Viranomaisvalvonta on metsäkeskuksen lakisääteinen tehtävä.
- Valvontatyötä auttaa se, että eri toimijoita koulutetaan ja heitä opastetaan toimintaan.

Menetelmänä edellisten toteuttamiseen voi olla esimerkiksi vastaavan palvelun kuin AWF käyttäminen osana suunnittelu-, toteutus- ja valvontaprosessia. Prosessi on kuvattu kuvassa 36, joka on muokattu jo aiemmin esitetystä AWF-kuvasta.



Kuva 36. Ojitushankkeen työn tiedonsiirto

Käytännön työjärjestys voisi olla esimerkiksi seuraava:

1. Hyväksytylle hankkeelle avataan palvelimelle työ.
2. Suunnittelija suunnittelee työpöydällä suojelutoimet ja siirtää ne mobiiliin vaikkapa jo toimistossaan.
3. Suunnittelija tarkentaa suunnitelmaa maastossa.

4. Työn suorittajalle ja maanomistajalle annetaan tarpeellinen valtuus tietoihin. Työn suorittaja saa myös paperitulosten työhjeista.
5. Työn suorittaja lataa tiedot omaan mobiiliinsa ja ryhtyy tekemään työtä. Työssä hän tallentaa esimerkiksi seuraavat tiedot:
 - lietekuoppien paikat
 - laskeutusaltaiden paikat kuvineen
 - muut suunnittelijan haluamat merkinnät.
6. Suunnittelija valvoo tarvittaessa työpöytäsovelluksellaan.
7. Maanomistaja voi seurata työn edistymistä verkon välityksellä.
8. Viranomainen voi tarvittaessa seurata työn kulkua esimerkiksi maksatusvaiheittain. Seuranta on edullinen koska se ei vaadi maastokäyntiä.
9. Valmis työ jätetään palvelimeen.
10. Jos viranomaistarkastukseen tulee tarve tai hanke osuu otannassa, hanke haetaan palvelimelta. Viranomainen lataa hankkeen mobiiliin ja tarkastaa sen sekä muiden asiakirjojen avulla hankkeen tarvittaessa maastokäyntinä.

Etuna järjestelmässä olisi se, että työ olisi reaaliaikaisesti seurattavissa sekä työnjohdolle, teettäjälle että viranomaiselle. Suurimpana etuna viranomaisvalvonnassa on, että valvontaa voi suorittaa osittain työpöydältä jolloin resurssien käyttö vähentyy.

Järjestelmään on helppo kytkeä myös esimerkiksi ympäristöviranomaiset antamalla heille käyttöoikeus tietokantaan. Kerätyn tiedon avulla voidaan tehdä tietokanta-ajaja tutkimusta varten. Tutkimusta helpottaa se, että keräytyneestä tiedosta on tarkka paikkatieto. Tekemällä valituissa kohteissa tarkka analyysi esimerkiksi eroosiosta sen ennustettavuutta voidaan parantaa.

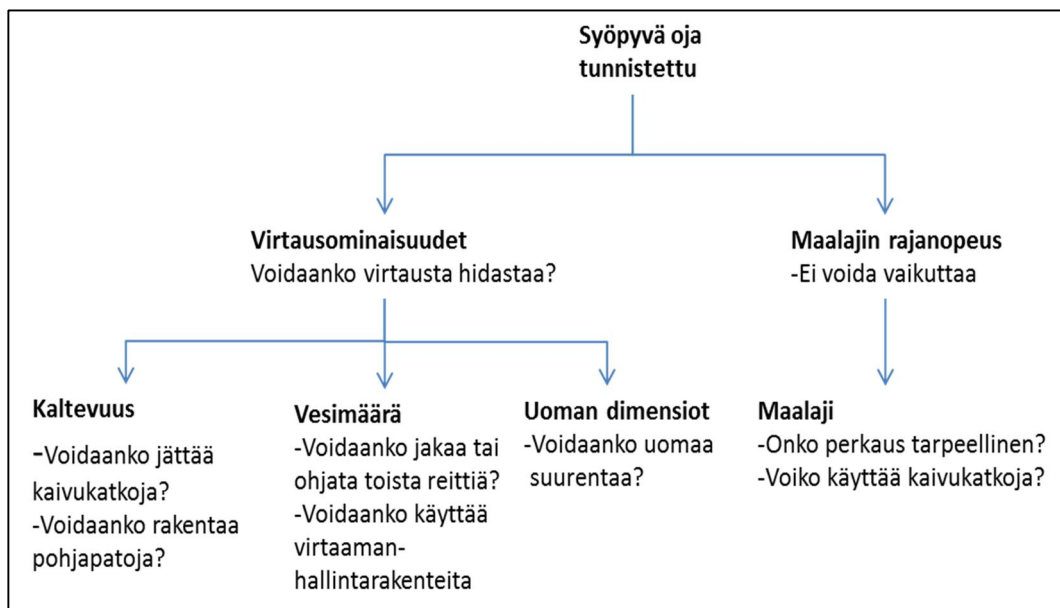
Menetelmä ei laitteistoltaan ole osapuolille kallis koska siinä voidaan käyttää olemassa olevia laitteita ja ohjelmia. Mobiililaitteiden kustannukset jäävät satoihin euroihin riippuen halutusta laitemallista.

Hintaa muodostava tekijä on ohjelman muokkaaminen ja palvelimen ylläpito. Edullisin menettely voisi olla SaaS-menettely, jossa palvelun ylläpito ulkoistetaan.

7.2 Eroosiokohteiden eristäminen eroosiolta

Ainakin Yhdysvalloissa on käytössä kouru- ja kangasmateriaaleja, joilla herkästi erodoituva ojan osa voidaan eristää vedeltä. Tämän tyyppinen ratkaisu voisi olla käytännöllinen lyhyissä jyrkissä ojan osuuksissa, joita tässäkin työssä havaittiin olevan. Esimerkiksi hankkeen 3059 C - ja A-ojaston välinen noin 110 metrin väli olisi varsin helppo kattaa esimerkiksi sopivalla GEO-kankaalla. Mikäli halutaan kangasta kestävämpi ratkaisu, se voi olla esimerkiksi ohuesta vanerista valmistettu kouru. Materiaalit voisi korjata pois sitten, kun suurimmat ylivalumat on ohitettu noin 10 - 15 vuoden päästä.

Uusimmassa vesiensuojeluohjeessa vuodelta 2012 esitetään kuvan 37 kaavio eroosioherkän ojan kunnostamismahdollisuuksien arvioimiseen (Joensuu et al. 2012.) Edellä mainituilla kattamiskeinoilla voidaan vaikuttaa maalajin rajanopeuteen siten, että jos vesi ei kosketa maaperää lainkaan tai ainakin hyvin vähän ei eroosiotakaan synny.



Kuva 37. Eroosioherkän kohteen käytön arviointi

7.3 Eroosion tutkiminen

Eroosion mittaaminen osoittautui varsin haastavaksi ja menetelmää tulisikin kehittää. Yhtenä vaihtoehtona ojamuodon tutkimiselle voisi olla muototulkin käyttö. Sopivasta kevyestä materiaalista valmistetaan ojamuodon mukainen levy jo-

ka asetetaan ojaan. Muodon muutokset ovat näin helposti havaittavissa ja mitattavissa.

7.4 TASSO-hankkeen koulutusmateriaali

TASSO-hankkeessa on julkaistu uusi koulutusmateriaali metsätalouden vesien-suojelusta. Valitettavasti materiaali tuli esille niin myöhäisessä vaiheessa, ettei sitä juurikaan ennätetty tutkimaan. Lyhyellä tutkimisella havaittiin, että siellä on uutena asiana ehdotus ojitushankkeen ilmoitusmenettelystä. Liitteenä koulutusmateriaalissa on metsäojitusilmoituksen malli ja sen täyttöohje. Tämä ohjeistus täydentää erittäin hyvin käytäntöjä, joita tässäkin työssä on kuvailtu. Ilmoitusmallissa käsitellään ojitukseen liittyvät asiat vielä täydellisemmin kuin Kaakkois-Suomen metsäkeskuksen tiedostopohjassa. Jos ilmoitus täytetään ohjeita noudattaen, voidaan olla varmoja ainakin suunnittelun onnistumisesta. Tässä työssä puutteita havaittiin juuri suunnittelussa.

LÄHTEET

Ahti, E., Kaunisto, S., Moilanen, M. & Murtovaara (toim.), I. 2005. Suosta metsäksi Suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö, Vantaa: Metsäntutkimuslaitos.

Ahtikoski, A., Hökkä, H., Joensuu S., Kojola, S., Kuusela, M., Moilanen, M., Penttilä, T., Ruotsalainen, M., Saarinen M., 2007. Turvemaiden metsien käsittely ja -hoito.

[http://www.metsavastaa.net/files/metsavastaa/pdf/Taustaraportti_lopullinen.pdf , lainattu 21.11.2011] toim. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Edita Publishing Oy, 2003. FINLEX ® - Valtion säädöstietopankki. [Online] Available at: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/2003/20030352> [haettu 17.3.2012].

Edita Publishing Oy, asetus 1996. FINLEX ® - Valtion säädöstietopankki. [Online] Available at: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961311> [haettu 29.2.2012].

Edita Publishing Oy, laki 1996. FINLEX ® - Valtion säädöstietopankki. [Online] Available at: <http://www.finlex.fi/fi/laki/ajantasa/1996/19961094> [Haettu 29 2 2012].

Finér, L., Mattsson, T., Joensuu, S., Koivusalo, H., Laurén, A., Makkonen, T., Nieminen, M., Tattari, S., Ahti, E., Kortelainen, P., Koskiaho, J., Leinonen, A., Nevalainen, R., Piirainen, S., Saarelainen, J., Sarkkola., Vuollekoski, M., 2010. Metsäisten valuma-alueiden vesistökuormituksen laskenta. Suomen ympäristö, 2010(10), p. 15.

Geologian tutkimuskeskus 2005. Maaperäkartan käyttöopas. [Online] Available at: <http://weppi.gtk.fi/aineistot/mp-opas/index.htm> [haettu 8.3.2012].

Geologian tutkimuskeskus 2012. Maaperäaineistojen julkaisulupa. Helsinki: Geologian tutkimuskeskus.

Heikkilä, J. 2007. Turvemaiden puun kasvatus ja korjuu - nykytila ja kehittämistarpeet, Helsinki: Metsäntutkimuslaitos.

Heikurainen, L. 1980. Metsäojituksen alkeet. 2. uudistettu painos toim. Helsinki: Oy Gaudeamus Ab.

Hiltunen, T., Rissanen, K. & Leinonen, A. 2011. Kunnostusojituksen vesistövaikutusten hallinta. Teoksessa: J. Päivinen, ym. toim. Metsähallituksen metsätalouden ympäristöopas. s.l.:Metsähallitus, p. 162.

Hynninen, A. 2011. Use of wetland buffer areas to reduce nitrogen transport from forested catchments: Retention capacity emissions of N₂O and CH₄ and vegetation composites, Vantaa: Suomen metsätieteellinen seura, Metla, Maa- ja metsätieteellinen tdk/HY, Metsätieteiden osasto/I-SY.

Ilmatieteenlaitos 2010. Ilmatieteenlaitos. [Online]
Available at: <http://ilmatieteenlaitos.fi/vuosi-2011>
[haettu 2.3.2012].

Joensuu, S., Hynninen, P., Heikkinen, K., Tenhola, T., Saari, P., Kauppila, M., Leinonen, A., Ripatti, H., Jämsén, J., Nilsson, S., Vuollekoski, M. 2012. Metsätalouden vesiensuojelu - kouluttajan aineisto, Jyväskylä: TASO-hanke.

Joensuu, S., Makkonen, T. & Matila, A., 2007. Metsätalouden vesiensuojelu. 1. painos toim. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Joensuu, S., Makkonen, T., Vuollekoski, M., Nieminen, M., Leinonen, A., Sarkkola, S., 2008. Metsätalouden vesiensuojelu. Vesitalous, 2008(6), pp. 19 - 25.

Järvelä, J., 1998. Luonnonmukainen vesirakennus: periaatteet ja hydrauliset näkökohdat virtavesien ennallistamisessa ja, Espoo: Teknillinen korkeakoulu.

Järvinen, P., 2012. Opinnäytetyön ohjaus, sähköposti. Esittelijä. Kotka.

Kaakkois-Suomen metsäkeskus 2004. Toteutussopimus. Lappeenranta: K-S metsäkeskus.

Kaakkois-Suomen metsäkeskus 2010. Kaakkois-Suomen AMO 2006 - 2010-seuranta. Kotka: Kaakkois-Suomen metsäkeskus.

Kaakkois-Suomen metsäkeskus 2012. Metsäkeskus. [Online]

Available at: <http://www.metsakeskus.fi/metsakeskus-ja-alueet/alueet/kaakkois-suomi/metsanhoito-ja-metsanparannus>

[Haettu 11 3 2012].

Karjalainen, J. 2011. ArboWebForest palvelun tiedonkulku, sähköposti. Joensuu.

Karjalainen, J. ym., 1997. Metsätalouden ympäristöopas. 1. painos toim. Helsinki: Metsähallitus.

Laurén, A., Mattson T., Kortelainen, P., Koivusalo, H., Lappalainen, M. 2008. Miten metsätalous vaikuttaa kiintoaineen kulkeutumiseen?. *Vesitalous*, 2008(6), pp. 15 - 18.

Kojola, S. 2009. Kohti hyvää suometsien hoitoa – harvennusten ja kunnostusojitusten vaikutus ojitusaluemänniköiden puuntuotokseen ja metsänkasvatuksen taloustulokseen, Helsinki: Helsingin yliopisto.

Leinonen, A. 2006. Metsäinventointilomakeen täyttöohje ver 0.98 ja maastoinventointilomake. Pieksämäki.

Leinonen, A. 2009. Paikkatiedon hyödyntäminen kunnostusojitusten vesiensuojelun suunnittelussa, Hämeenlinna.

Leinonen, A. 2011. Sähköpostiviesti 23.8.2011. Pieksämäki.

Leinonen, A. 2012. RIGis -ohjelman maaperätiedon käyttö, sähköposti.
Pieksämäki: s.n.

Leinonen, A. & Pulkkanen, T. 2008. www.metsakeskus.fi. [Online]

Available at:

http://www.metsakeskus.fi/fi_FI/c/document_library/get_file?uuid=d18f5eac-26a8-4b6c-b355-12ae5ce2aa45&groupId=10156

[haettu 15.3.2012].

Maa- ja metsätalousministeriö 2012. KMO:n ohjelma-asiakirjat. [Online]

Available at:

http://www.mmm.fi/attachments/metsat/kmo/5ywLDJ2Uy/Kansallinen_metsaohjelma_2015_Valtioneuvoston_periaatepaatos_16.12.2010.pdf

[haettu 12.3.2012].

Maanmittauslaitos 2010. Maanmittauslaitos, aineistot ja palvelut. [Online]

Available at:

http://www.maanmittauslaitos.fi/sites/default/files/Maastotietojen_laatumalli%5b1%5d.pdf

[haettu 10.5.2012].

Maanmittauslaitos 2012. Julkaisulupa kartta-aineistolle. Kouvola:

Maanmittauslaitos.

Manninen, P. 1998. Effects of forestry ditch cleaning and supplementary ditching on water quality 3:23-32, Helsinki: Boreal Environment Research.

Metsähallitus, 2011. metsavastaa.net. [Online]

Available at: <http://julkaisut.metsa.fi/julkaisut/pdf/mta/ymparistoopas2011.pdf>

[Haettu 22 2 2012].

Metsäntutkimuslaitos 2009. Suometsätalous (SUM). [Online]

Available at: <http://www.metla.fi/ohjelma/sum/hankkeet.htm>

[haettu 9.3.2012].

Metsäntutkimuslaitos 2010. Metsätilastollinen vuosikirja 2010. 1. painos toim. Vantaa: Metsäntutkimuslaitos, Vantaan toimipaikka.

Metsäntutkimuslaitos 2011. Metsätilastollinen vuosikirja - Skogsstatisk årsbok 2011. 1. painos toim. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos.

Mustonen (toim.), S. 1986. Hydrologian perusteet. Mänttä: Vesiyhdistys r.y..

Mäkinen, E. 2011. Ojitustietojärjestelmän käyttö. Haastattelu 13.12.2011.).

Mäkinen, E. 2011. Turvemaiden hoitokurssi Haastattelu (12. - 15.9. 2011.).

Mälkönen (toim.), E. 2003. Metsämaa ja sen hoito. 1. painos toim. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos.

Oittinen, T. 2007. Valuma-alueella tehtyjen vesistötoimenpiteiden vaikutus ylijä alivirtaamiin (Pielisjoen alueella), Joensuu.

Putkinen, N. 2012. Maaperäkartan tarkkuus, sähköposti GTK. Helsinki.

Päivänen, J. 2007. Suot ja suometsät - järkevän käytön perusteet. 1. painos toim. Hämeenlinna: Metsäkustannus.

Reinikainen, A. 2005. Ekosysteemin perustoiminnot soilla ja turvekankailla. Teoksessa: I. Murtovaara, toim. Suosta metsäksi suometsien ekologisesti ja taloudellisesti kestävä käyttö. Helsinki: Metsäntutkimuslaitos.

Renkajärven suojeluyhdistys ry 2011. Renkajärvi blogi. [Online]
Available at: <http://renkajarvi.blogspot.com/2011/03/ensimmainen-laskeutusallas-valmistui.html>
[haettu 10.5.2012].

Ruotsalainen, M. 2007 toim. Hyvän metsänhoidon suositukset turvemaille. 1. painos toim. Helsinki: Metsätalouden kehittämiskeskus Tapio.

Sarkkola, S. 2011. Opinnäytetyön analysointi. Haastattelu 12.12.2011.).

Sarkkola, S., Hökkä, H., Penttilä, T. & Päivänen, J. 2002. Metsien rakennedynamiikan erityispiirteet ojitusalueilla. Teoksessa: Metsätieteen aikakauskirja 4. Helsinki: Metla ja Suomen metsätieteellinen seura, pp. 605 - 608.

Seuna, P. 1983. Small basins - A Tool in Scientific and Operational Hydrology, Helsinki: Vesihallitus.

Seuna, P. & Vehviläinen, B. 1986. Eroosio ja kiintoaineen kulkeutuminen. Teoksessa: S. Mustonen, toim. Sovellettu hydrologia. 1. painos toim. Mänttä: Vesiyhdistys r.y.

Silver, T. & Joensuu, S. 2005. Ojien kunnan säilymiseen vaikuttavat tekijät kunnostusojituksen jälkeen. Suo, 56(2), pp. 69 - 81.

Silver, T., Joensuu, S. & Pakkala, M. 2009. Laskeutusaltaiden tila ja tyhjennystarve Lounais-Suomen vanhoilla ojitusalueilla, Helsinki: Suoseura - Finnish Peatland Society.

Smolander, M. 2011. Vesitase ojitetussa suometsikössä, Espoo: Aalto-yliopisto, Insinööritieteiden korkeakoulu, Yhdyskunta- ja ympäristötekniikan laitos.

Stén, C.-G. & Moisanen, M. 2000. Espoon ja Kauniasten suot, Espoo: Geologian tutkimuskeskus.

SYKE, Ilmatieteenlaitos ja ympäristöministeriö 2010. Itämeriportaali. [Online] Available at: http://www.itameriportaali.fi/fi/tietoa/sanakirja/fi_FI/hajakuormitus/ [haettu 12.3.2012].

SYKE, 2006. Ympäristö.fi. [Online] Available at: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?contentid=93616#a1> [haettu 1.3.2012].

SYKE, 2011 a. Ympäristö.fi RiverLife. [Online]

Available at: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=5452&lan=fi>
[haettu 1.4.2012].

SYKE, 2011 b. www.ympäristö.fi. [Online]

Available at: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8122&lan=fi>
[haettu 9.3.2012].

SYKE, 2011 c. www.ympäristö.fi. [Online]

Available at: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=25971&lan=fi>
[haettu 14.3.2012].

SYKE, 2012. www.ympäristö.fi. [Online]

Available at: <http://www.ymparisto.fi/default.asp?node=8568&lan=fi>
[haettu 12.3.2012].

Tanka, M. 2011. Karttasymbolien käyttö. Haastattelu 27.12.2011.

Tuukkanen, T. 2010. RiverLifeGIS -paikkatietotyökalun soveltuvuus turvemetsätalouden ojaeroosioriskien arviointiin, Oulu: s.n.

Uusivuori, J., Kallio, M. & Salminen, O. 2008. Vaihtoehtolaskelmat kansallisen metsäohjelman 2015 valmistelua varten, Helsinki: Metsäntutkimuslaitos.

Vantaanjoen ja Helsingin seudun vesiensuojeluyhdistys ry. 2010. Vantaanjoen yhteistarkkailu. Pohjan piilevien tarkkailu 2010. [Online] Available at: <http://www.vhvsy.fi/f/Julkaistu652011.pdf> [haettu 12.5.2012]

Vasander, H. & Laine, J. 2008. Suotyypit ja niiden tunnistaminen. 2. toim. Helsinki: Metsäkustannus Oy.

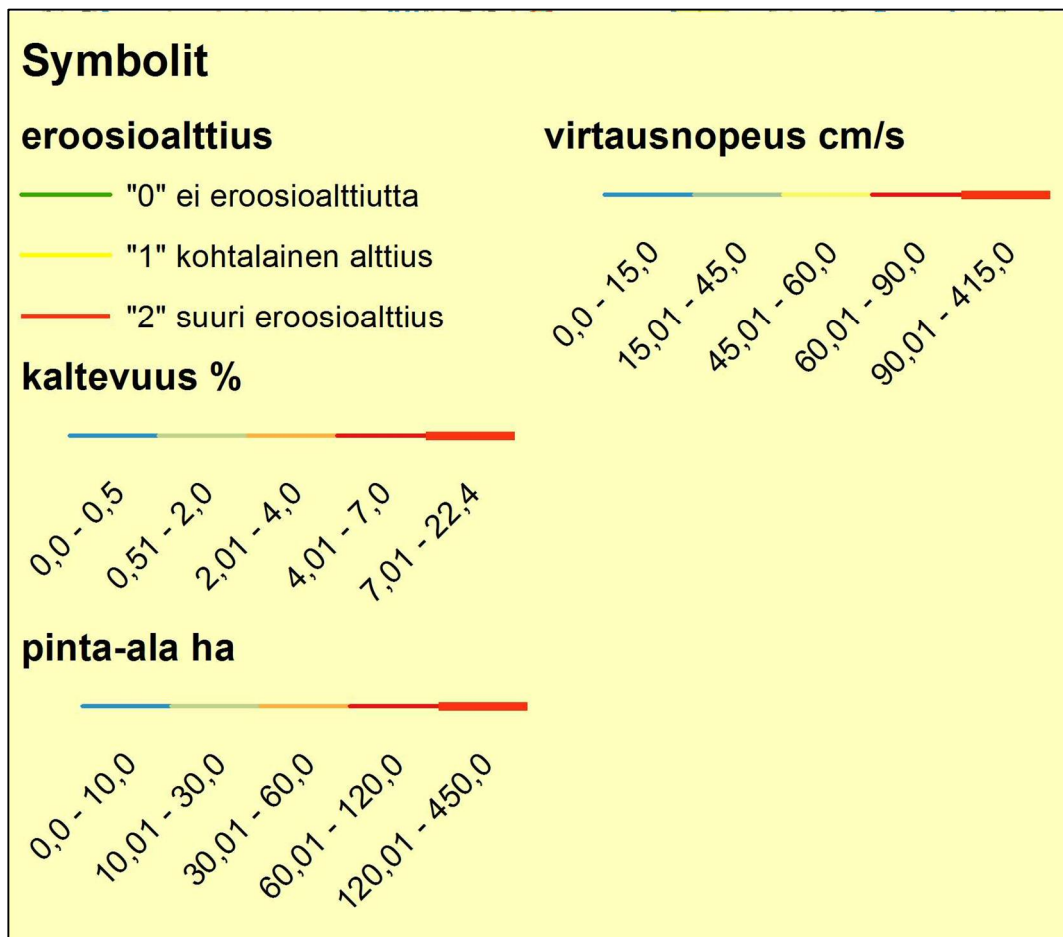
Vesihallitus 1986. Maankuivatuksen suunnittelu. Helsinki: Vesihallitus.

8 LIITTEET

8.1 Karttasymbolit ja karttojen käyttö

Karttasymbolit		
Kaikki havainnot	Osumateema	Kunnostetut ojat
Kohdeluokka	Osumatyyppi	Ojatyypit
• Ei huom	• "1" VÄÄRIN	→ sarka
• Yhdistetty eroosio	• "2" RAJA	→ niska
▽ Uraeroosio	• "3" RAJA	→ pisto
★ Reunaeroosio	• "4" OIKEIN	→ valta
* Muu eroosio	Hav eroosio ja sedim	■ Kallio
● Sedimentaatio	Kohdeluokka (3041 ja 3069B)	■ Moreeni; Moreenimuodostuma
● Lietekuoppa	++++ Eroosio	■ Hiekka
■ Laskeutusallas	— Sedimentaatio	■ Karkea hieta
■ Katkos kaivussa	□ Muodostetut valuma-alueet	■ Hieno hieta
▲ Toimimaton suojelutoimi		■ Hiesu
▲ Laajentunut risteys		■ Savi
~ Ylimääräinen oja/rist		■ Rahkaturve
▽ Muu huomio		■ Saraturve
		■ Lieju
		■ Turvetuotantoalue; Täytemaa; Kartoittamaton; Vesi

Kuva 1. Yleiset karttasymbolit



Kuva 2. Teemakarttojen uomasymbolit

Symbolit ovat ArcGIS -ohjelman symbolikirjastosta muokattuja. Symbolikirjasto on muodostettu Merivoimien Esikunnan Liikenneviraston sotilastoimiston karttasuunnittelija Minna Tankan haastattelun perusteella (Tankka, 2011.)

GTK:n maaperäkarttojen symbolivärit ovat aineiston alkuperäiset värit samoin kuin kartoilla esitetyt aluekohtaiset nimiöt. Ojien nimiöt ovat ojitussuunnitelman mukaiset.

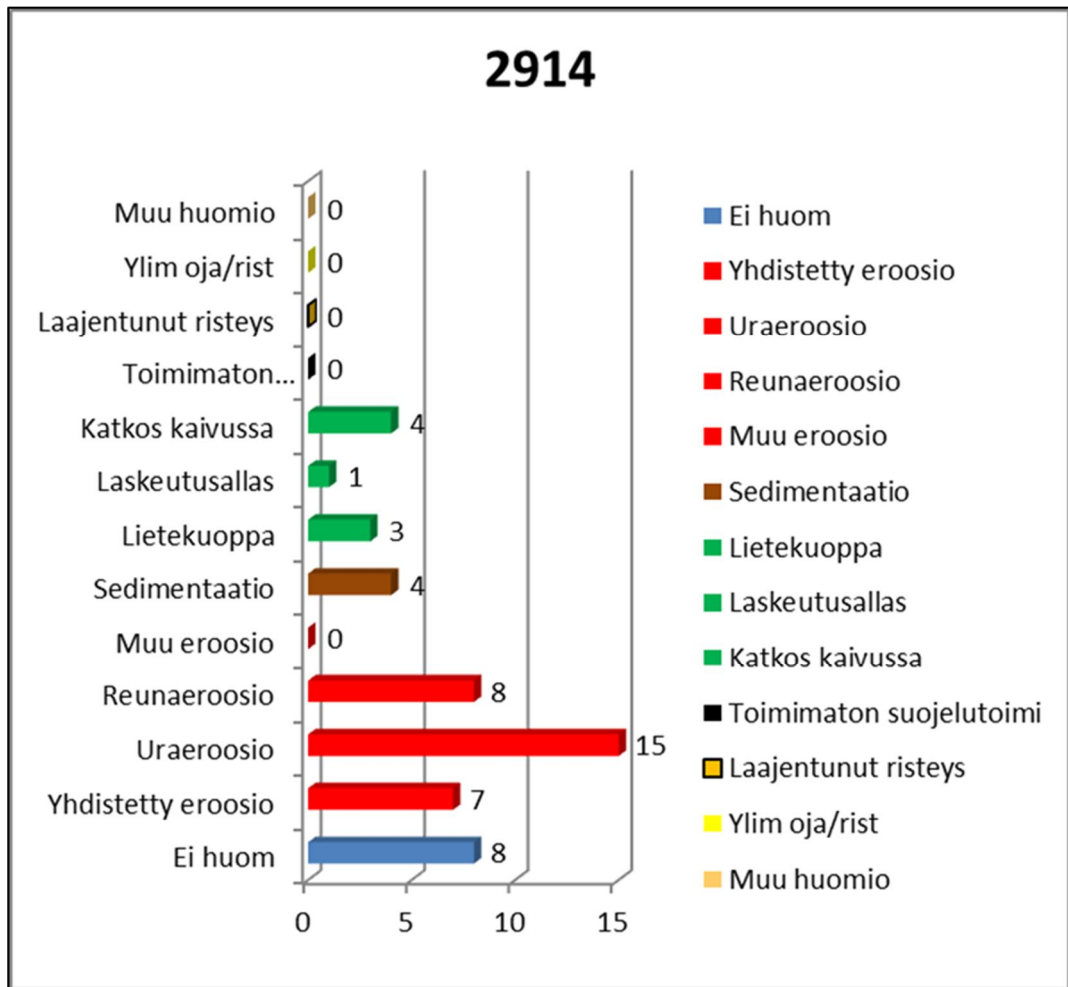
Uomasymbolien arvot ovat Antti Leinosen opinnäytetyössään esittämien arvojen mukaiset (Leinonen, 2009.)

Kartat on numeroitu kullekin hankkeelle erikseen eli ne eivät noudata juoksevaa numerointia alusta lähtien. Kukin kartta on nimetty erikseen ja nimessä esiintyy hankkeen numero. Kartoissa on myös mittakaava joka vaihtelee tarpeen mukaan.

Korjaus hankkeiden 2914, 2928, 3041, 3059, 3061, 3069B, 3245 ja 3272 maaperäaineistoviittaukseen. Viittauksen: ”Määperäaineisto 1:20 000 © Geologian tutkimuskeskus” sijasta tulee lukea ”Maaperäaineisto 1:20 000 © Geologian tutkimuskeskus”.

8.2 Hanke 2914

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.

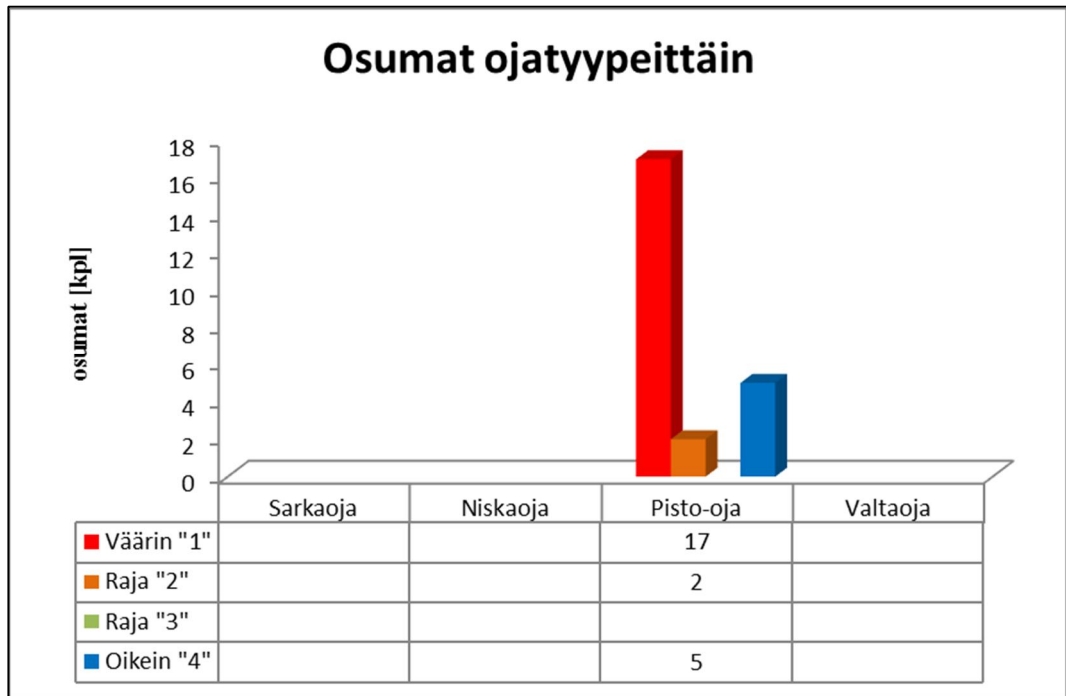


Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Vesiensuojelutoimet olivat valuma-alueen D osalta heikot. Onneksi ojan alapuolella ei ole sellaista vesistöä joka voisi likaantua valuvan veden mukanaan tuomasta eroosion irrottamasta aineksesta. Muuten vesiensuojelutoimet olivat hyvät.

Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimet

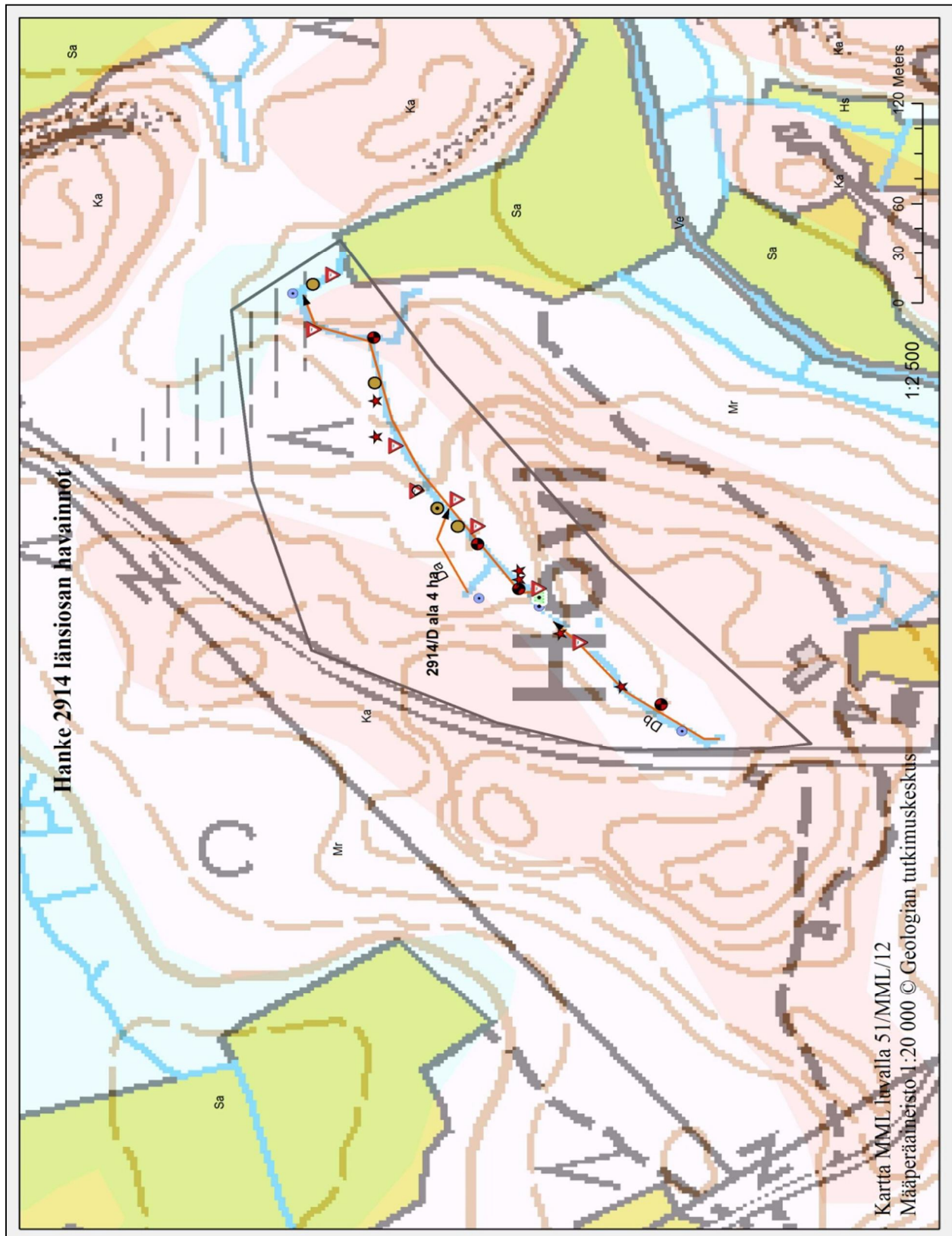
Hanke	Laskeu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojaletuimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
2914	1	3	4	0	12,5	X	429,0



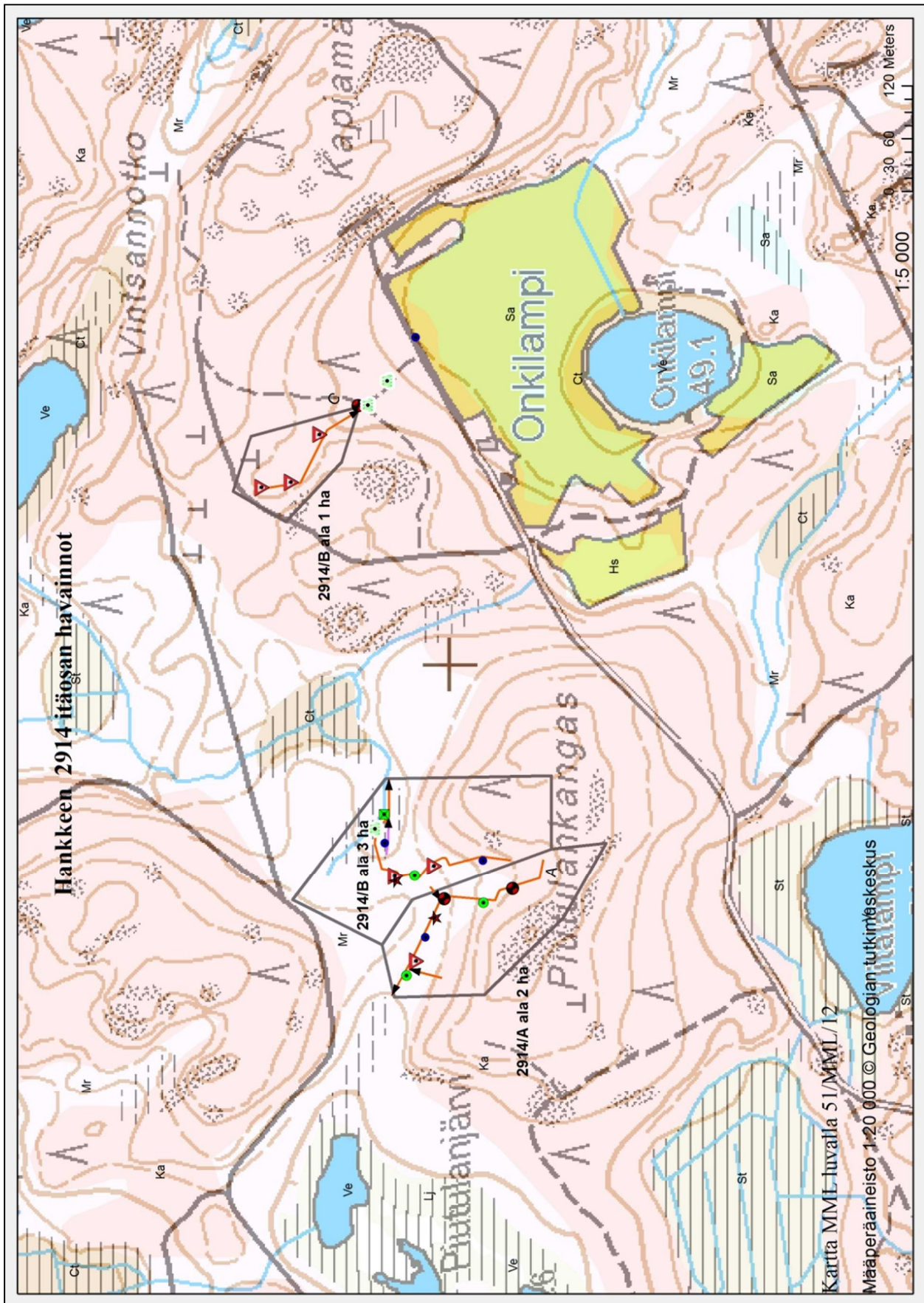
Kuva 2. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin

Hankkeella 2014 erityinen huomio kiinnittyi sen länsiosan RIGis - eroosioiteeman heikkoon arviokykyyn. Oja on huomattavan pituuskalteva, kaltevuus on havaittavissa aistinvaraisesti. Kaltevuusteema osoitti paljon parempaa arviointikykyä eroosiolle, joten arvion heikkous liittyy valuma-alueen pinta-alan kokoon. Tästä esimerkistä voidaan havaita, ettei pelkkä eroosioiteemakartta riitä aina vaan apuna tulee käyttää myös muita teemoja. Käyttökelpoisin lienee kaltevuusteema.

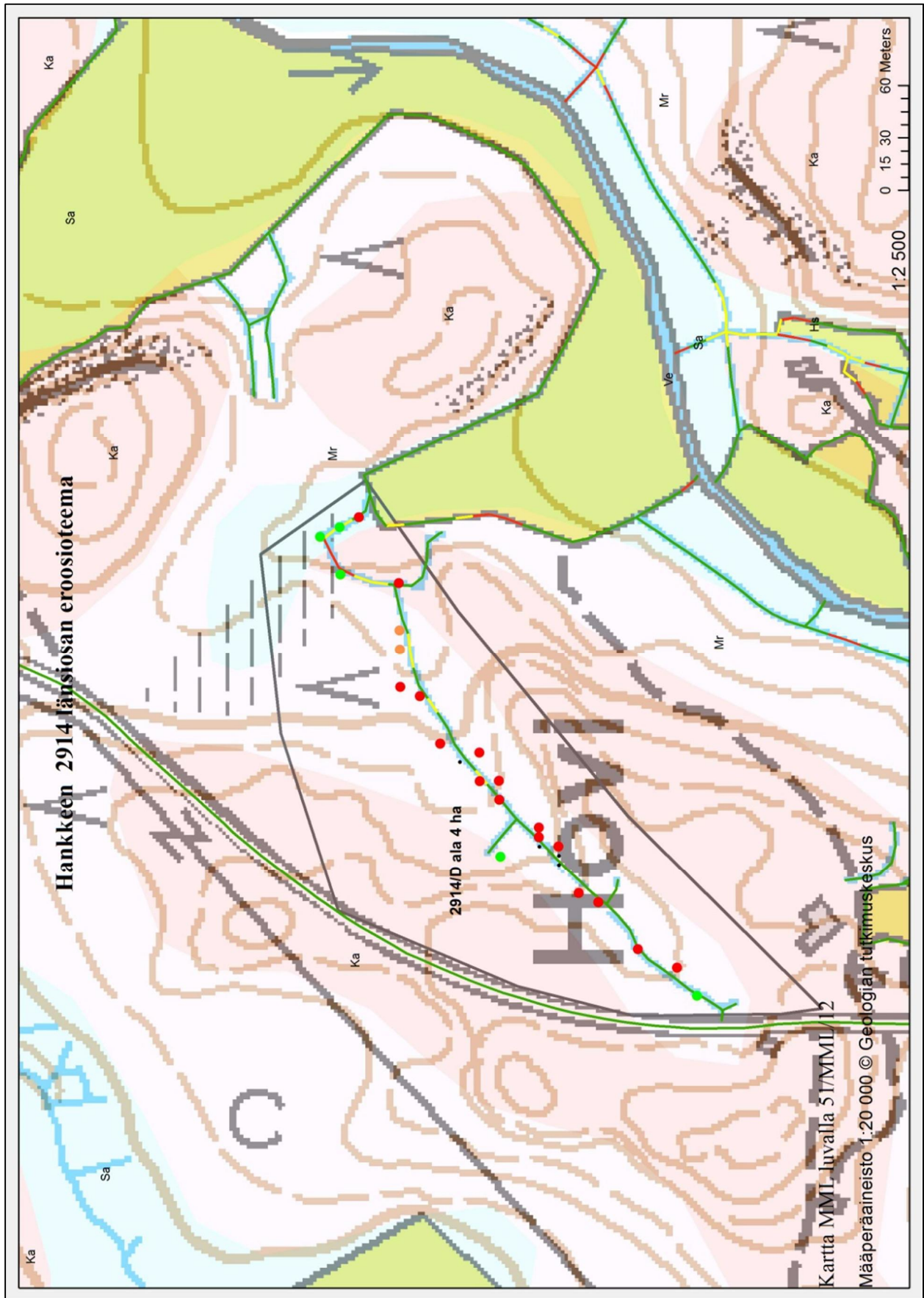
Itäiselle osalle ei ole eroosioiteemaa koska uomat eivät ole RLGis -arvioinnissa mukana.



Kartta 1. Hankkeen 2014 länsiosan kaikki havainnot



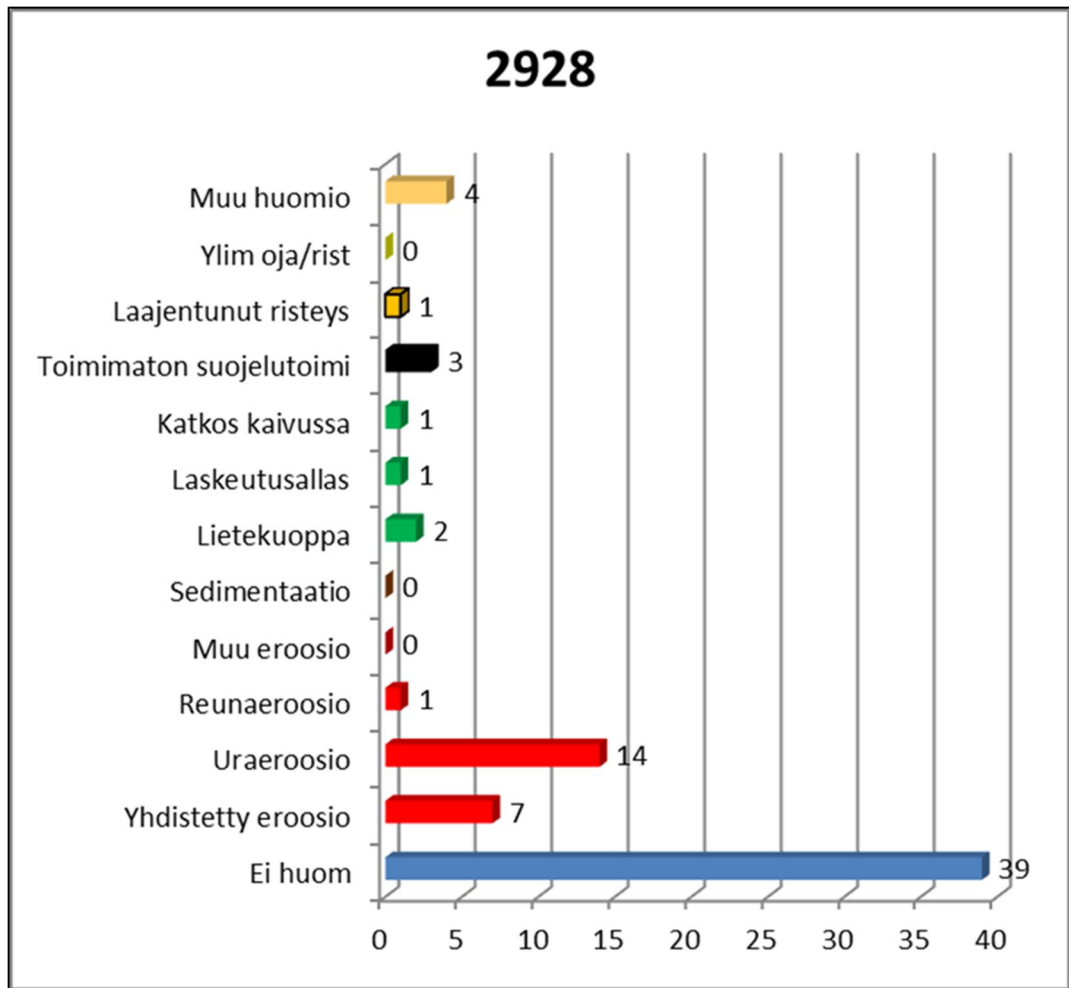
Kartta 2. Hankkeen 2914 itäosan kaikki havainnot



Kartta 3. Hankkeen 2014 länsiosan eroosioteema

8.3 Hanke 2928

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain.



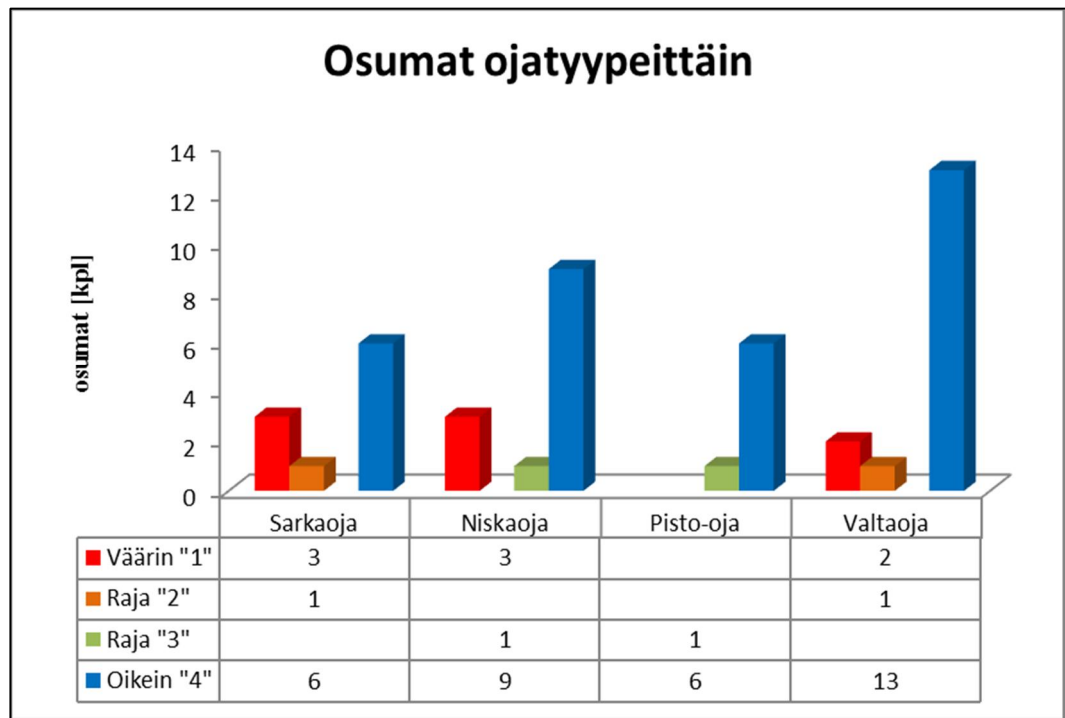
Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Hankkeella havaitut toimimattomat suojelutoimet ovat täyttyneitä tai virheellisesti kaivettuja lietekuoppia. Laskeutusallas ei ole kunnostusojituksen ojastoon kuuluva mutta toimii suojelutoimena. Valuma-alueilta A ja B puuttuvat laskeutusaltaat kokonaan. Alueen A vedet laskevat mainitun altaan kautta alapuoliseen vesistöön. Lietekuoppia alueelle ei ole kaivettu lähes ollenkaan tai sitten ne ovat täyttyneet tunnistamattomiksi.

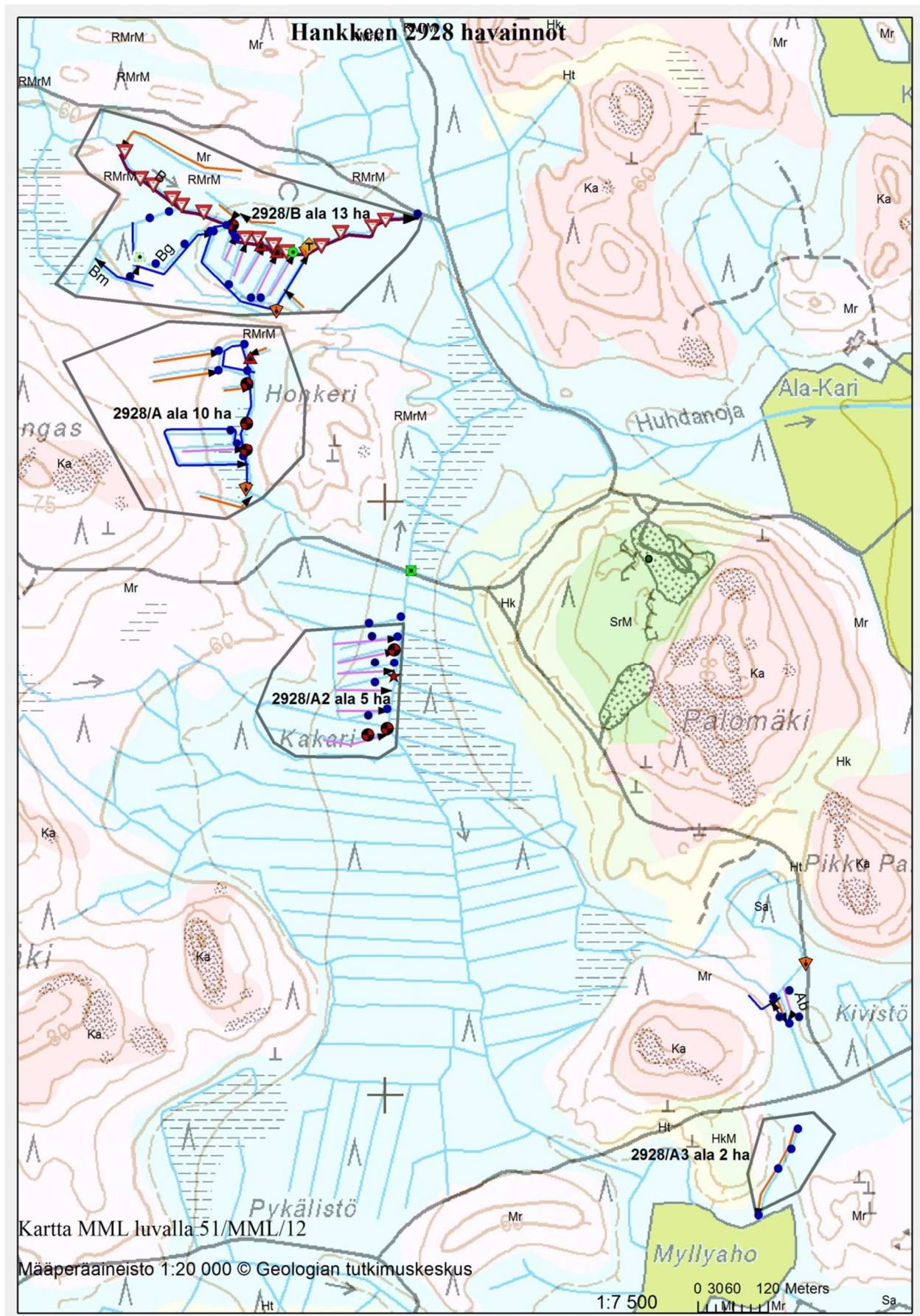
Taulukko 1. Hankkeella toteutuneet suojelutoimet

Hanke	Laskeutusallas [kpl]	Lietekuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta-alasuhde [m ² ha ⁻¹]	Lietekuoppa [m kpl ⁻¹]
2928	1	2	1	3	56,0	X	2462,5

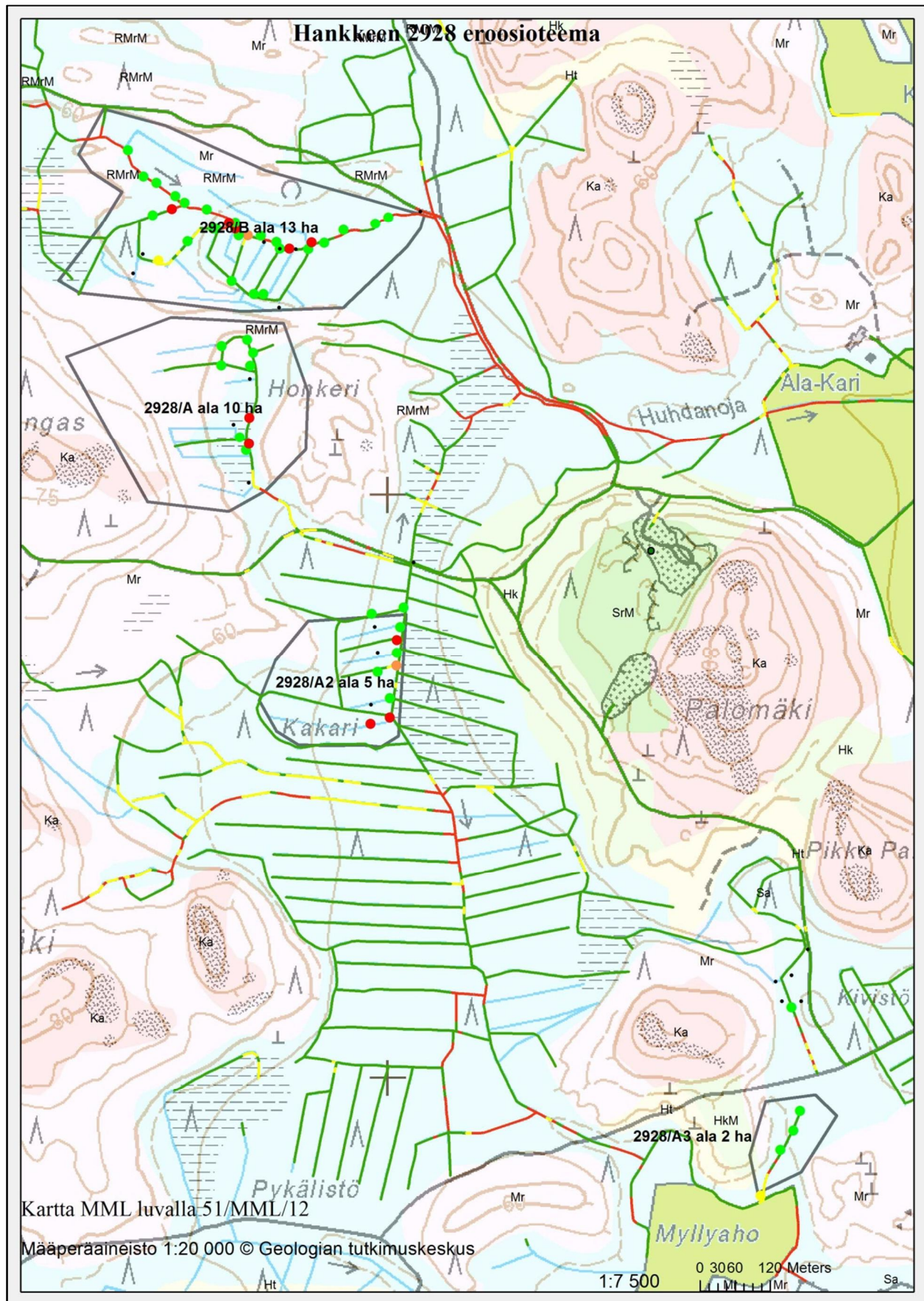
Hankkeella on huomattavan hyvä arviokyky etenkin valtaojalla B jonne on arvioitu melkein koko sen mitalle eroosiota ja joka myös havaintojen mukaan on erodoitunut.



Kuva 2. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin



Kartta 1. Hankkeen 2928 kaikki havainnot



Kartta 2. Hankkeen 2928 eroosioiteema

8.4 Hanke 3041

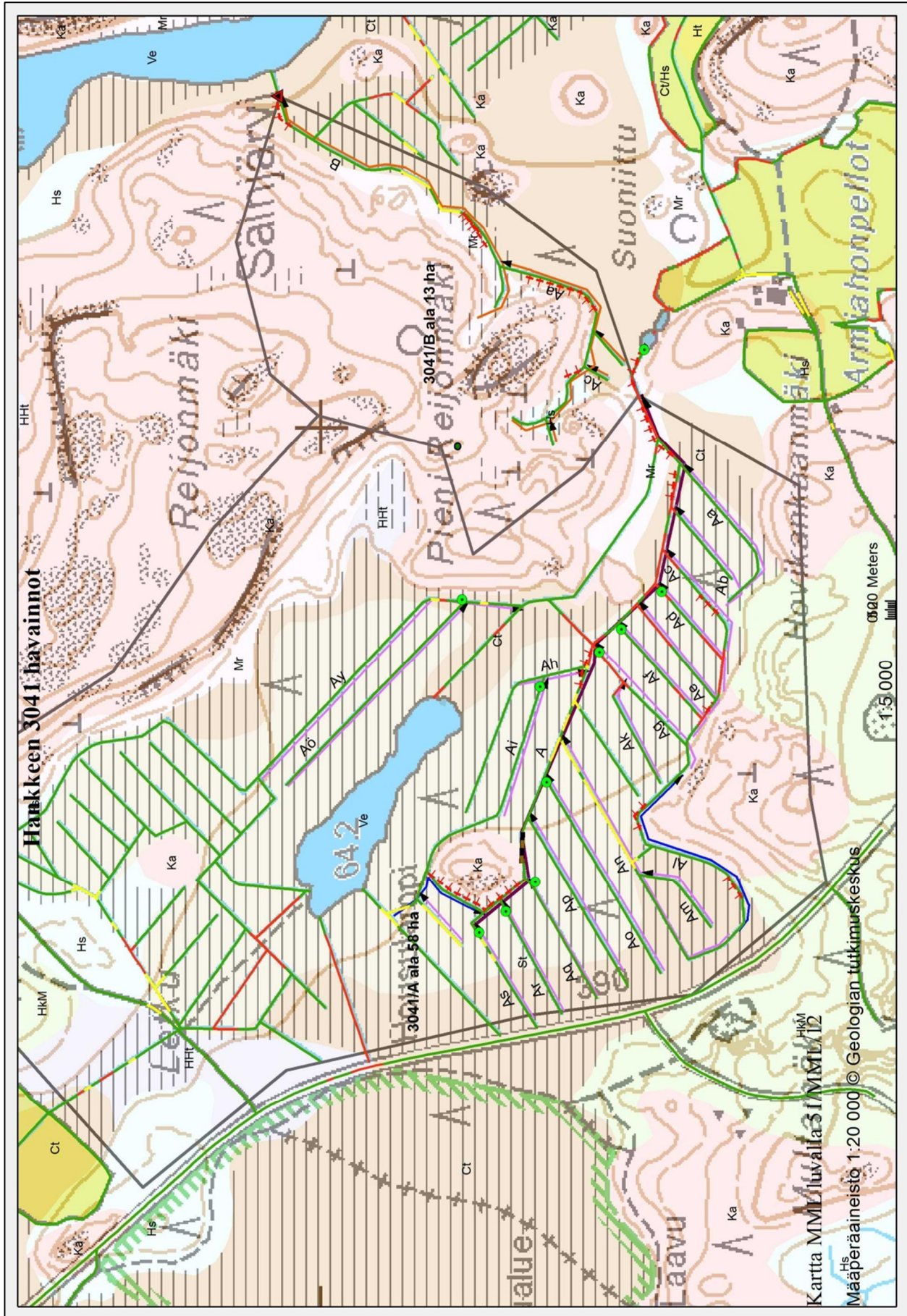
Hankkeesta 3041 ei ole tilastollista luokittelua eroosioarvioinnin havainnoista koska siinä ei käytetty ArboWebForestia tiedon keräämiseen. Esitetyistä tiedoista on kartta jossa esiintyvät suojelutoimet sekä eroosiokohteet.

Suojelutoimista on taulukko 1 johon on kerätty tiedot havaituista toimista.

Taulukko 1. Hankkeen 3041 toteutuneet suojelutoimet

Hanke	Laskeu- keu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimi- maton suoja- toimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhde [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3041	0	10	0	1	X	X	585,0

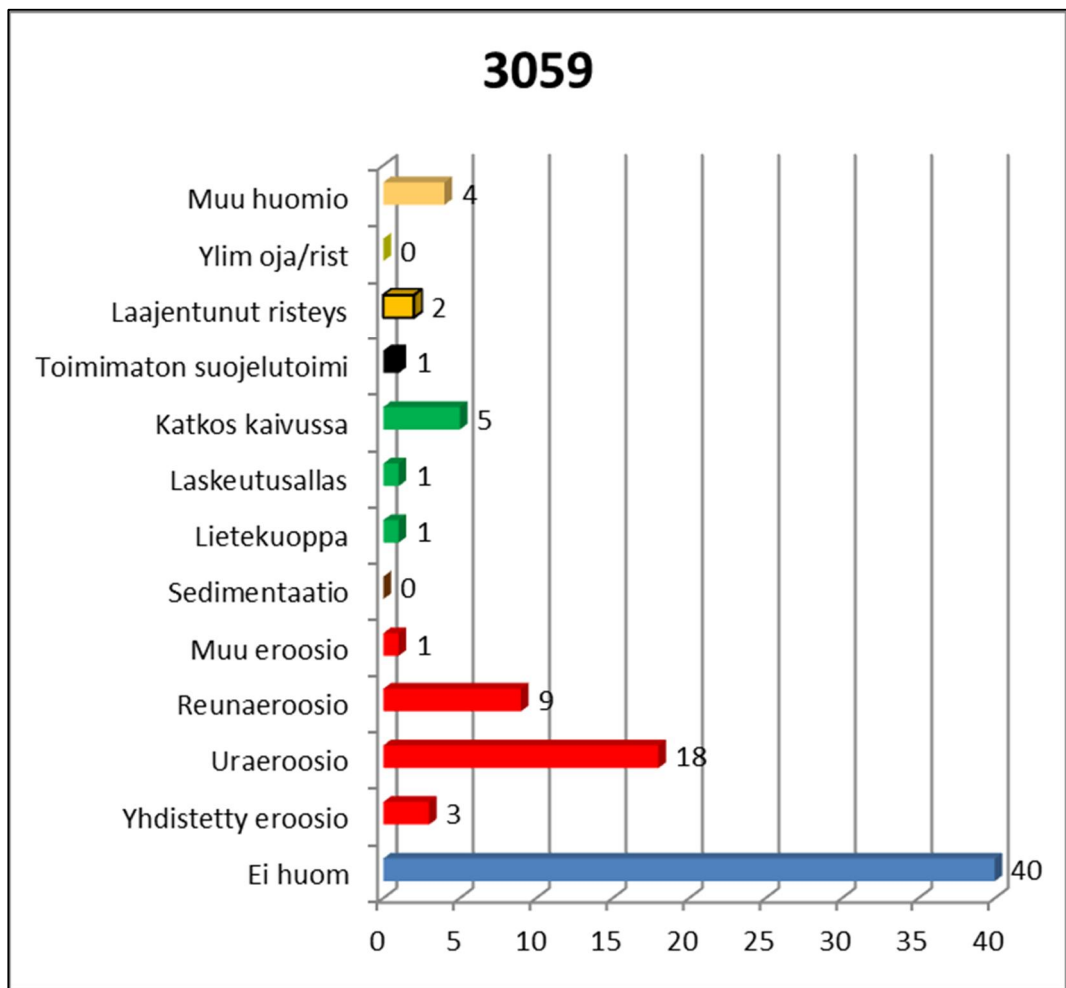
Toimimattomana suojelutoimena on ojan B laskeutusallas joka on täyttynyt mudalla ja jonka pinnalla on vesiura rantaan saakka. Allasta ei kannata ruopata koska sitä irtoaisi lisäravinteita, sopivana korjaustoimenpiteenä voisi olla lisäaltaan kaivu ylemmäs ojaan. Lisäallas on perusteltu koska ojastossa esiintyy eroosiota varsinkin valtaojalla A sekä ojalla Aa.



Kartta 1. Hankkeen 3041 kaikki havainnot

8.5 Hanke 3059

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.



Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

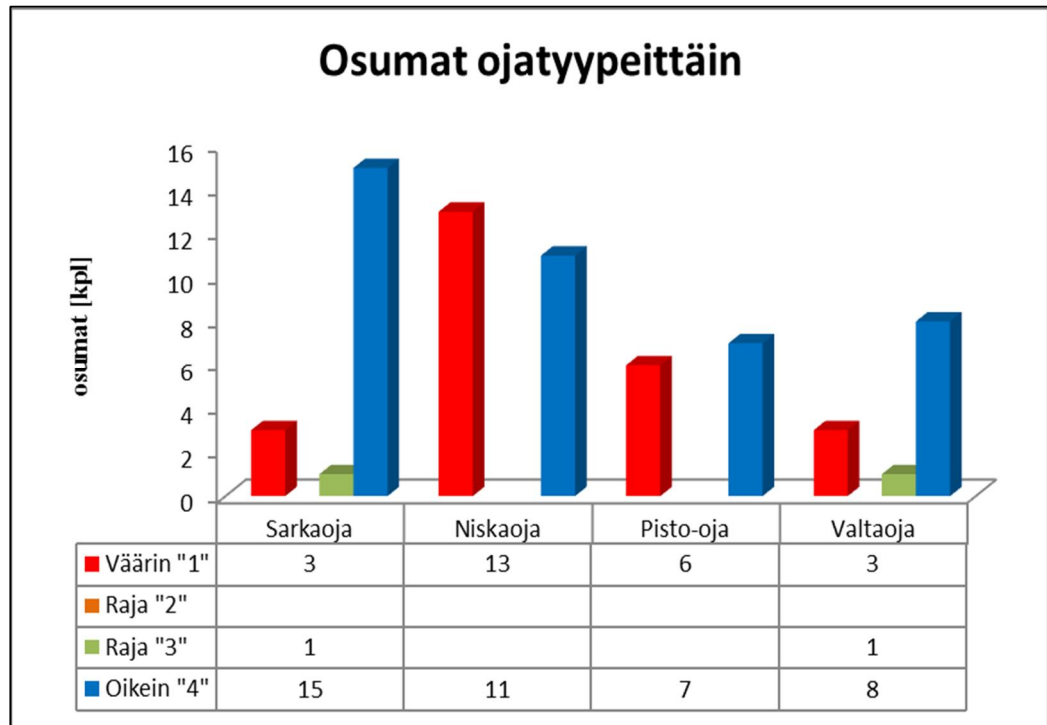
Hankkeella ei havaittu lietekuoppia kun yksi kappale, laskeutusaltaita oli yksi kappale joka tuskin on tähän hankkeeseen kuuluva vaan kaivettu tien kunnostuksen yhteydessä. Suojelutoimena ojien Ca ja A väliin jätetty katko on sinällään oikea toimenpide, joskin katkossa on syvä ura jossa vesi virtaa suurella nopeudella. Kuvassa 2 näkyvä on pieni allas joita urassa esiintyi useita. Urasta on hienoaines huuhtoutunut pois. Laskua tuolla noin 110 m uralla on noin 5 metriä kartan korkeuskäyrien sekä oman havainnon perusteella.



Kuva 2. Ojien Ca ja A välisen uran osa. Kuva on tekijän ottama

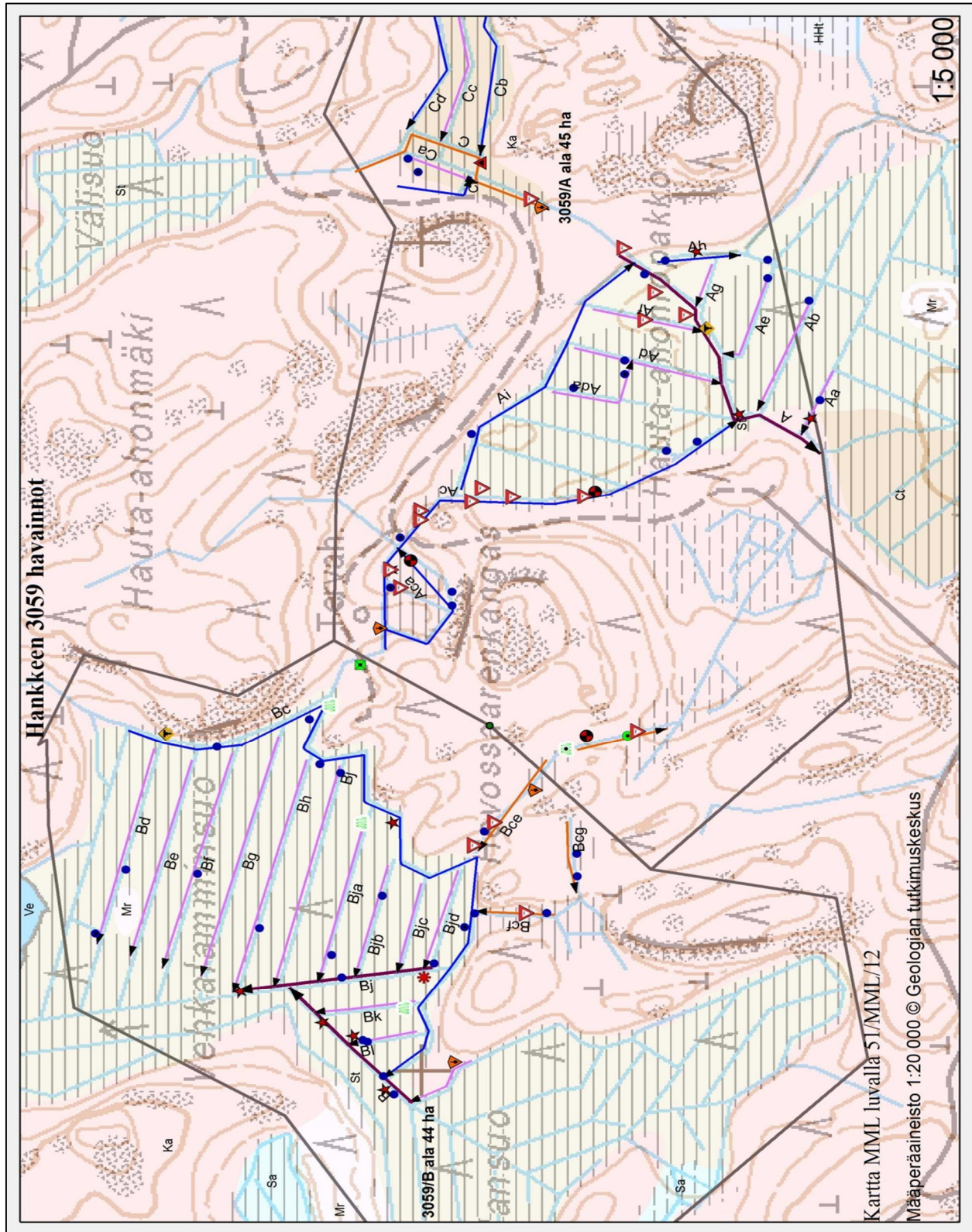
Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimet

Hanke	Laskeutusallas [kpl]	Lietekuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pinta-ala [m ²]	Pinta-ala suhde [m ² ha ⁻¹]	Lietekuoppa [m kpl ⁻¹]
3059	1	1	5	1	24,0	X	7770,0



Kuva 3. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin

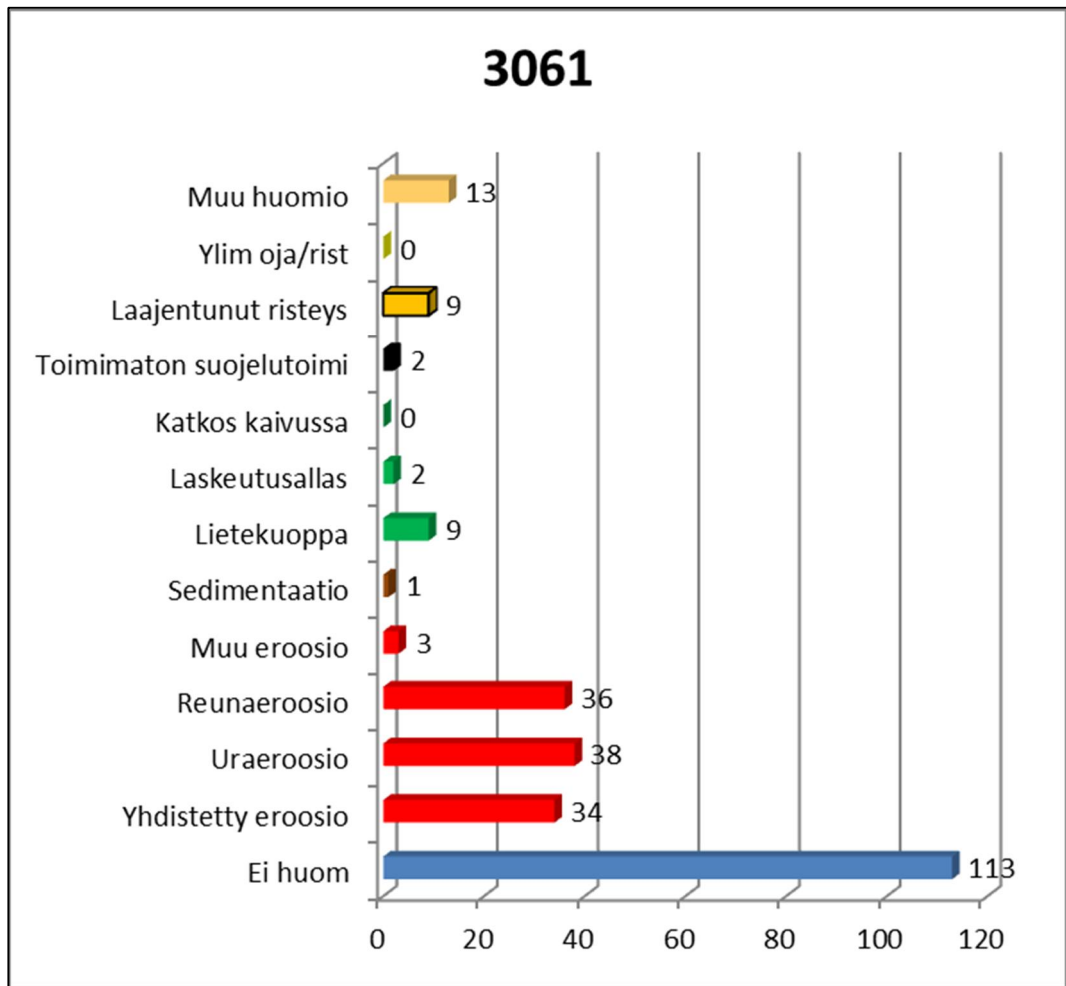
Eroosioarvio noudattaa hyvin arviota siitä, että arviointikyky on parhaimmillaan sarkaojilla. Niskaojien ja pisto-ojien heikkoon arviointikykyyn voi vaikuttaa esimerkiksi se, että monet näistä ojista ovat maaperäaineiston mukaan kallion päällä. Todellisuudessa ne ovat kuitenkin kaivettu kivennäismaahan. Oletettu rajanopeusarvo on siten liian pieni jonka johdosta eroosioarvoksi muodostuu ”ei eroosioalttiutta”. Mikäli käytössä olisi ollut uudempi versio eroosioarviosta joka huomioi maaperän vaikutuksen, olisivat ennuste ja todellisuus olleet todennäköisesti lähempänä toisiaan.



Kartta 1. Hankkeen 3059 kaikki havainnot

8.6 Hanke 3061

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.

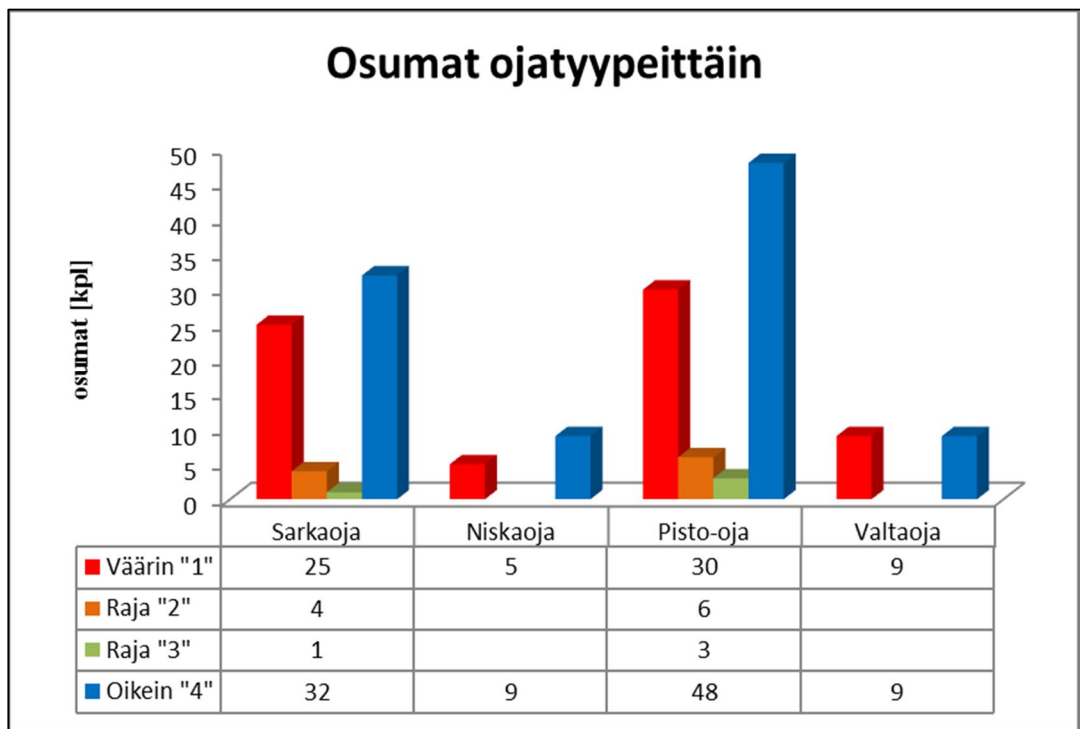


Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Hankkeen kokoon nähden siellä havaittiin erittäin vähän vesiensuojelutoimia.

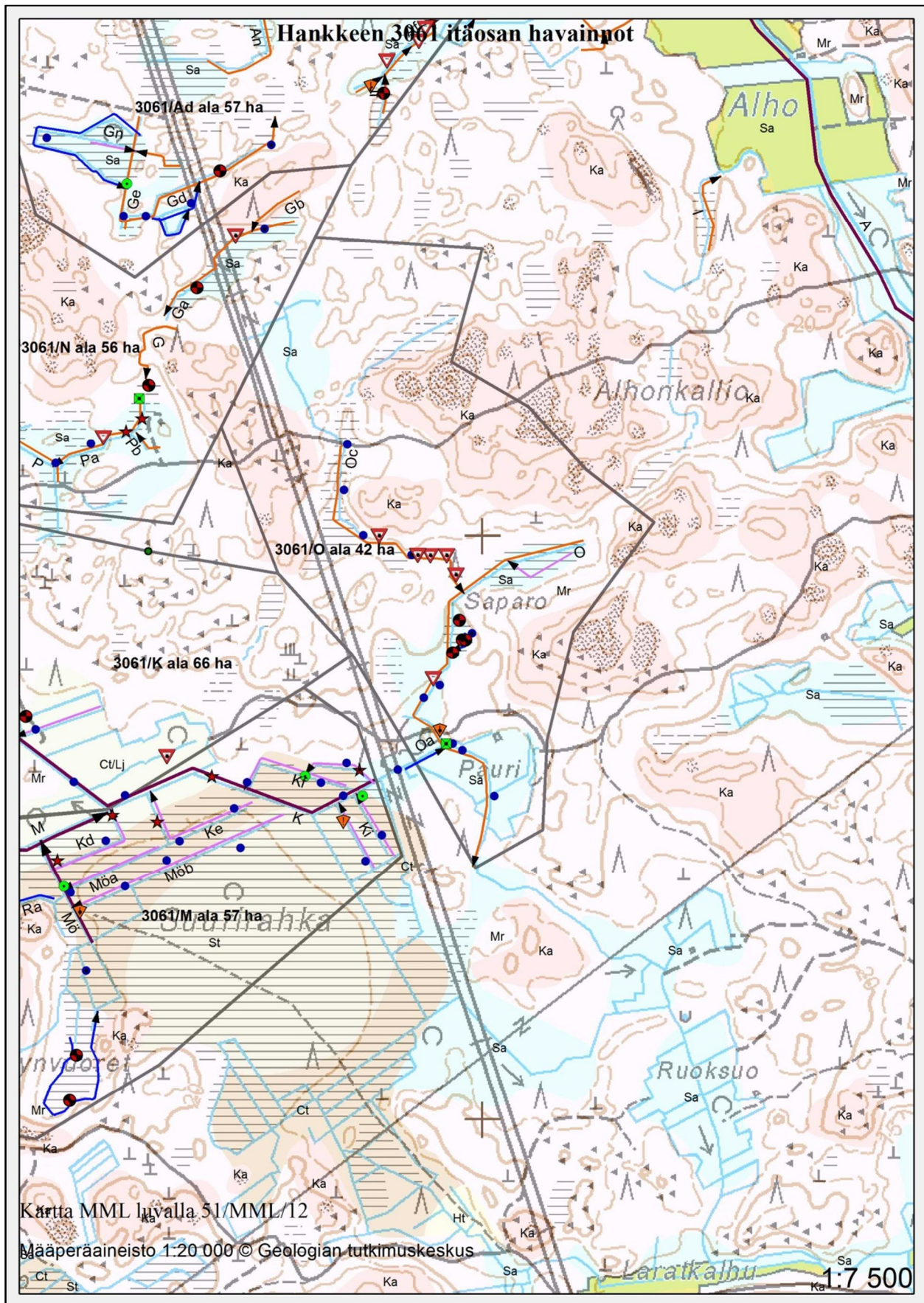
Laskeutusaltaita olisi oltava ainakin Aa, M, K ja Nc ojissa niiden valuma-alueiden mukaisesti. Lietekuopat puuttuivat lähes kaikista sarkaojista. Hankkeeseen kuuluvaa ojaa A ei tarkastettu koska se ei ollut varsinaiseen kuivatusalueeseen kuuluva vaan enemmänkin valtaojaa suuremman ojan ruoppaus.

Hanke	Laskeu- keu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3061	2	9	0	2	45,0	X	3181,6

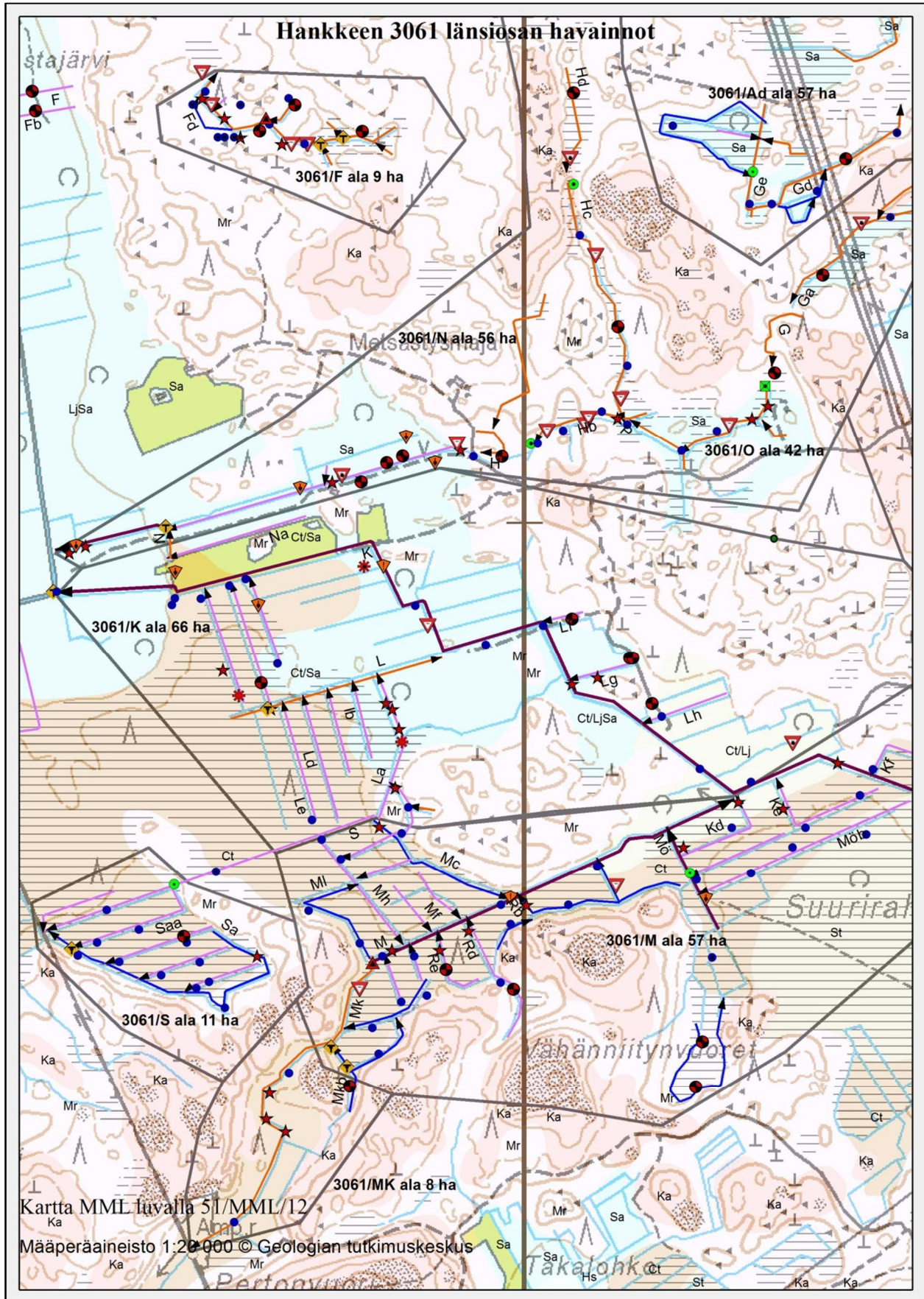


Kuva 2. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin

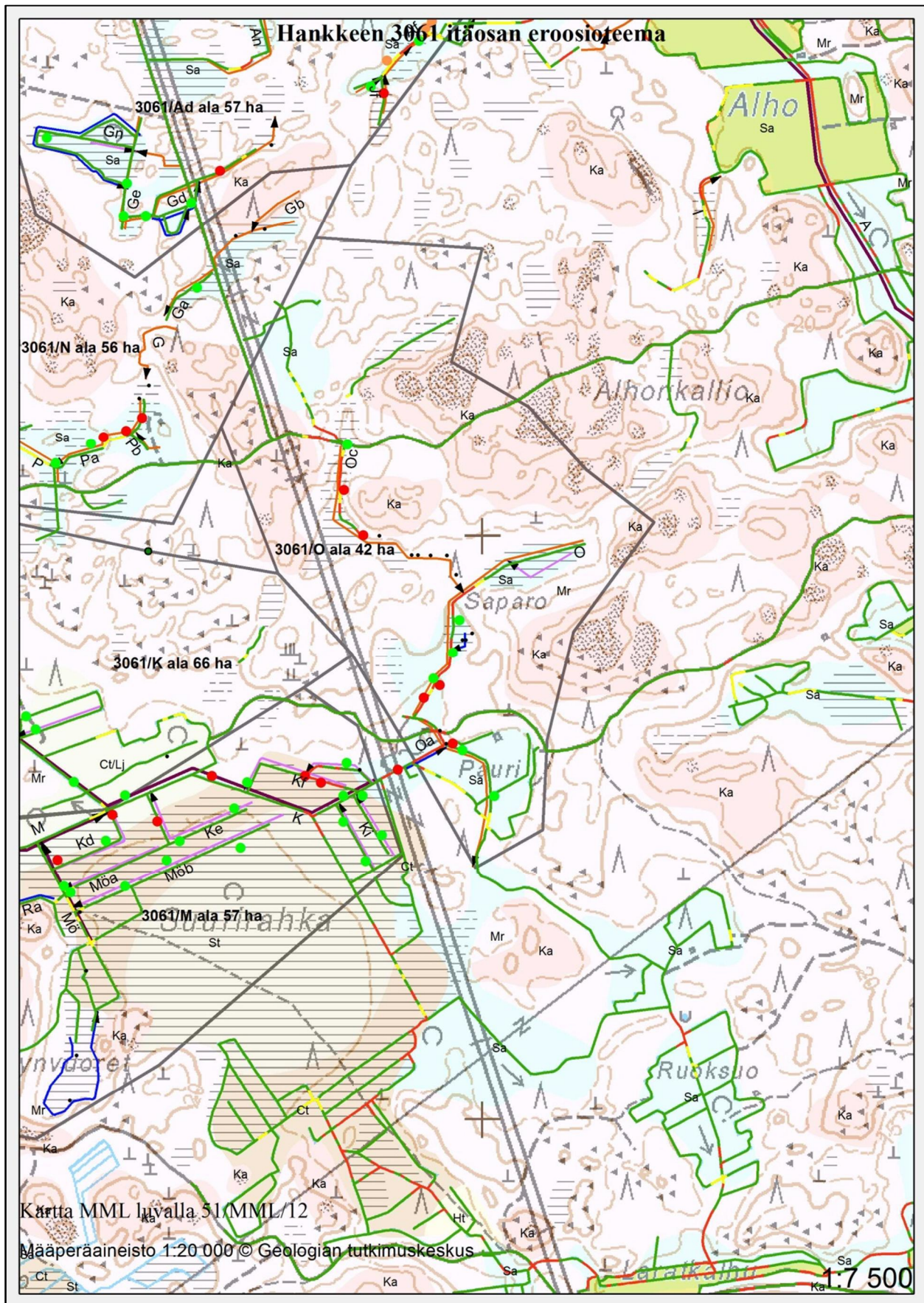
Eroosiotyyppinä sarkaojilla on paljon reunaeroosiota joiden syntytapa voi olla hyvin moninainen. RIGis ei voi arvioida esimerkiksi jään ja sateen aiheuttamaa ojan reunan heikentymistä joka johtaa eroosioon.



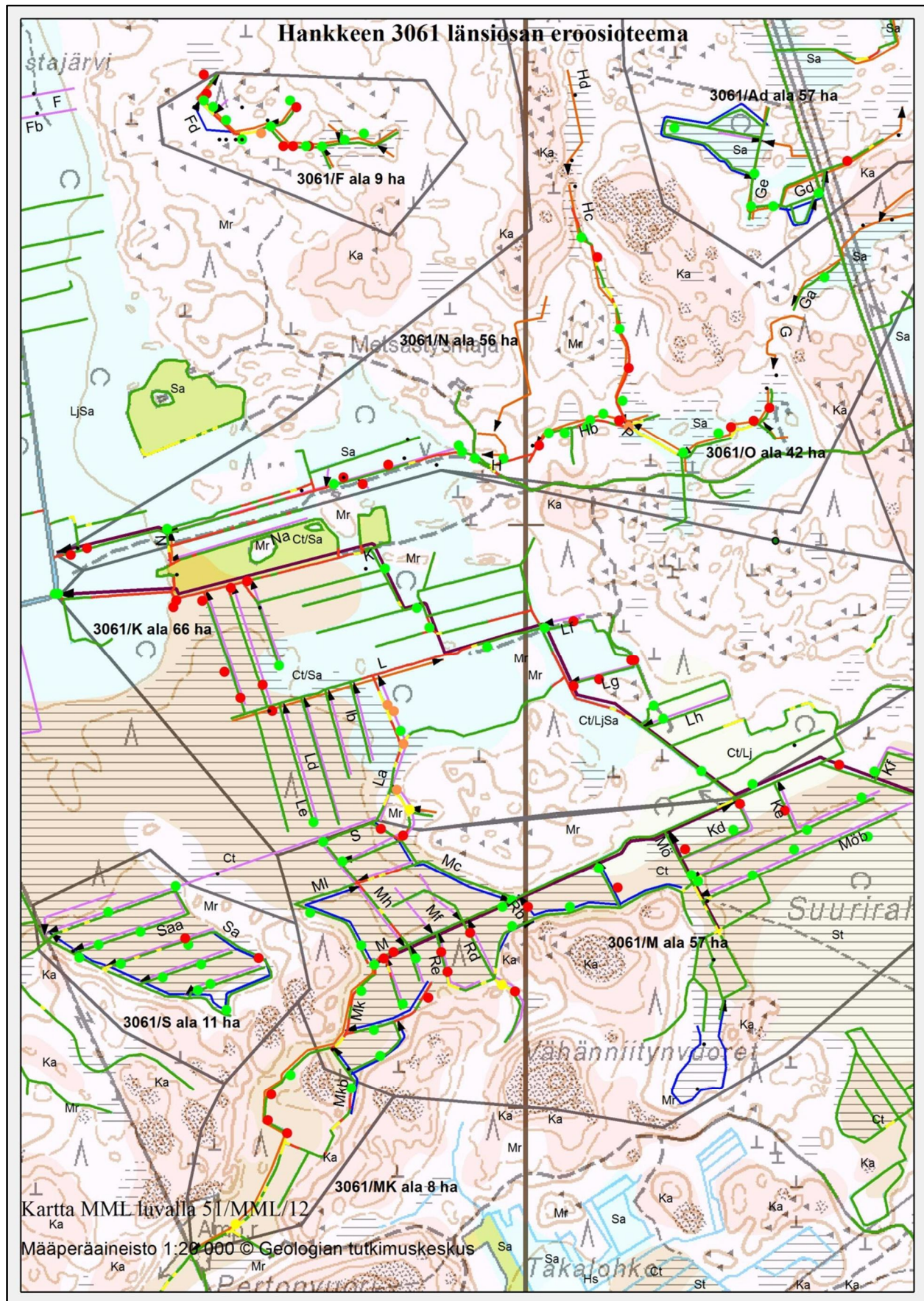
Kartta 1. Hankkeen 3061 itäosan kaikki havainnot



Kartta 2. Hankkeen 3061 länsiosan kaikki havainnot



Kartta 3. Hankkeen 3061 itäosan eroosiooteema



Kartta 4. Hankkeen 3061 länsiosan eroosioiteema

8.7 Hanke 3069B

Hankkeesta 3069B ei ole tilastollista luokittelua havainnoista koska siinä ei käytetty ArboWebForestia tiedon keräämiseen. Esitetyistä tiedoista on kartta, jossa esiintyvät suojelutoimet sekä eroosiokohteet. Hankkeen eteläosa on jätetty pois sen pienuuden vuoksi.

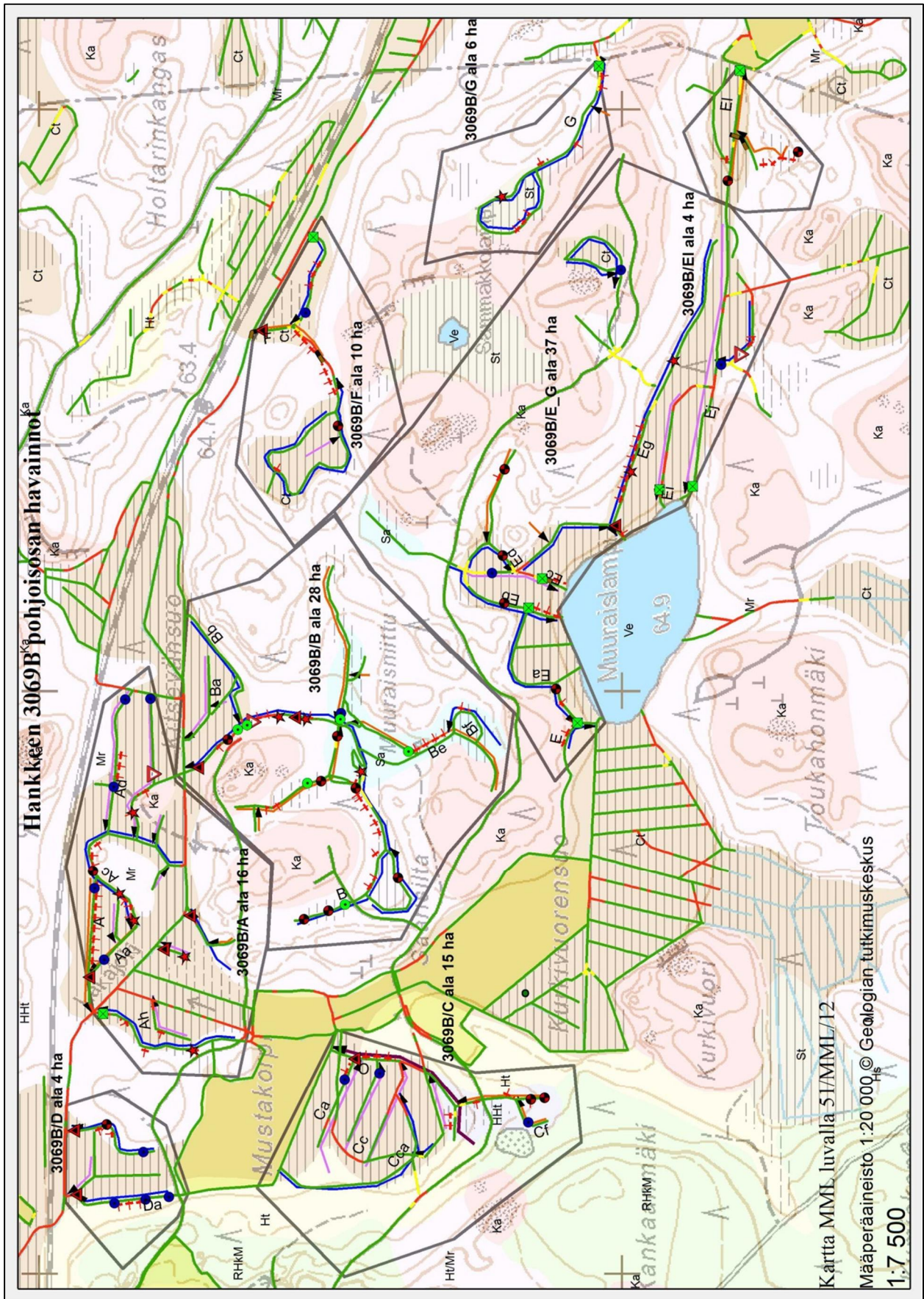
Suojelutoimista on taulukko 1 johon on kerätty tiedot havaituista toimista.

Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimet

Hanke	Laskeu- keu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3069B	9	6	6	11	163,0	3,4	2399,2

Taulukossa olevat toimimattomat suojelutoimet ovat täyttyneitä lietekuoppia, paitsi yksi laskeutusallas ojalla F. Kyseinen 18 m² allas on täyttynyt lietteellä ja siinä on vesiura keskellä. Suojelutoimet ovat kokonaisuutena onnistuneet hyvin.

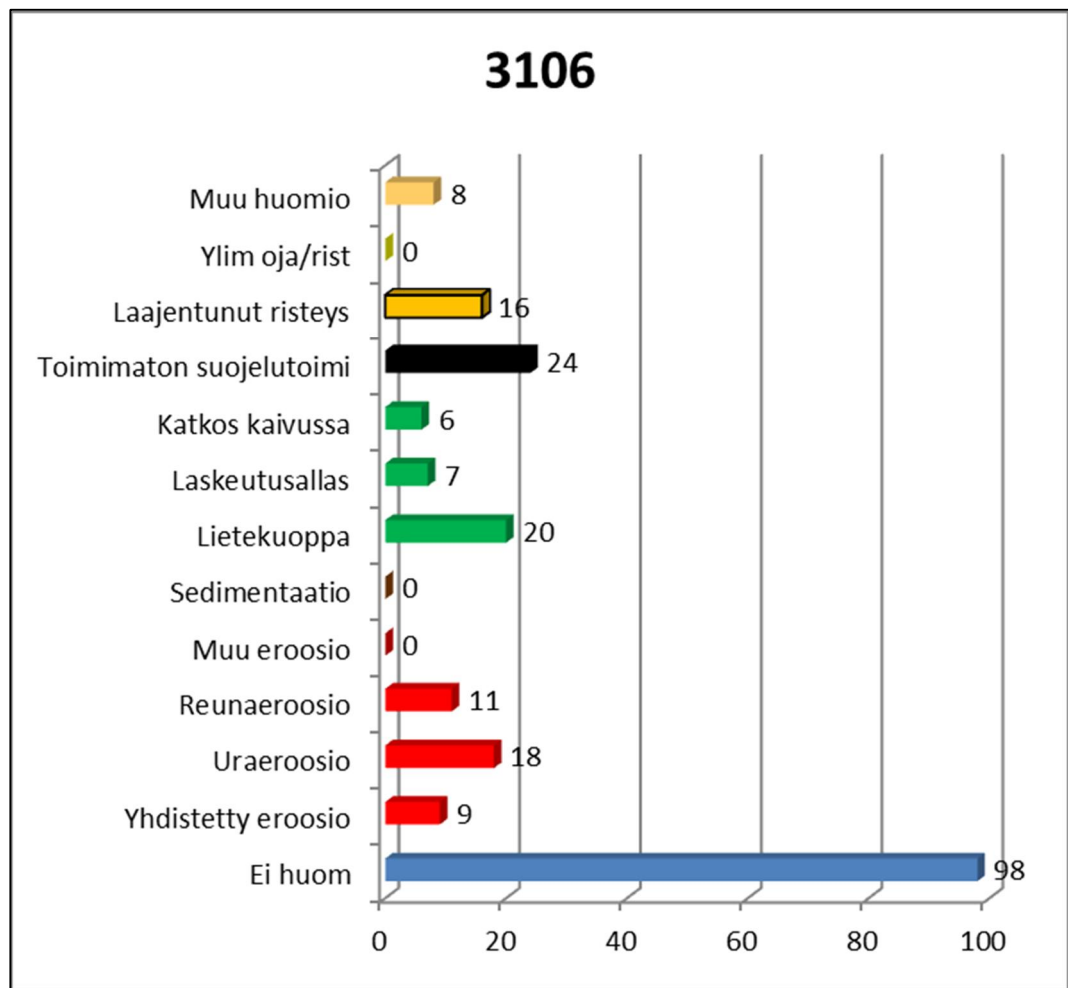
Eroosion osumista on hyvin hankala kuvailla taulukolla tai sanallisesti parhaiten se onnistuukin tutkimalla hankkeen karttoja. Päähavaintona näyttäisi kuitenkin olevan sama kuin muissakin hankkeissa, että sarkaojilla on vähemmän ja pistoja niskaojilla enemmän eroja RLGis arvioon.



Kartta 1. Hankkeen 3069B pohjoisosan havainnot

8.8 Hanke 3106

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen kokonaismäärä luokittain.



Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimet

Hanke	Laskeutusallas [kpl]	Lietekuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta-alasuhde [m ² ha ⁻¹]	Lietekuoppa [m kpl ⁻¹]
3106	6	20	6	24	142,0	1,1	898,0

Toimimattomien suojelutoimien suuri määrä johtuu siitä, että hankkeella on kirjattu siihen luokkaan myös puuttuvat lietekuopat. Valtaosan C itäpuolisten sarkojien suilla havaittiin erikoisia Y-muotoisia leventymiä. Kyseisillä ojilla ei ollut lietekuoppia, tarkentumatta jäi voisivatko leventymät johtua siitä, että lietekuopat on kaivettu liian lähelle ojan suuta jolloin ne ovat ”revenneet” valta-

ojaan. Kuvassa 2 on ojan Br suulta havaittu liian lähelle kaivettu lietekuoppa joka ei toimi. Lietekuopassa ei ole tarvittavaa kynnystä.



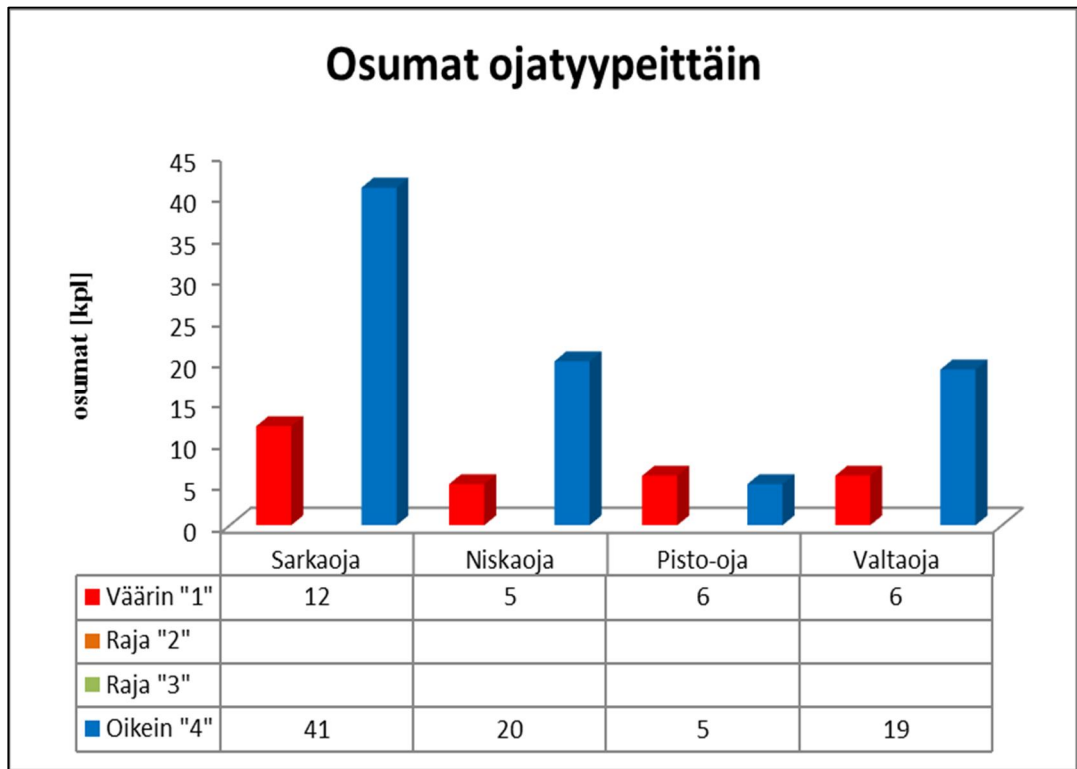
Kuva 2. Toimimaton lietekuoppa hankkeelta 3106. Kuva on tekijän ottama.

Kuvassa 3 on laskeutusallas ojalta B6, allas on toimiva mutta vaarallinen koska siinä on hyvin jyrkät ja korkeat seinämät. Allas on mitoiltaan 14 x 3 x 2,5 m, syvyydeltään on maanpinnalta vedenpintaa. Kuvasta saa myös käsityksen maastosta joka on tasaista rämettä.

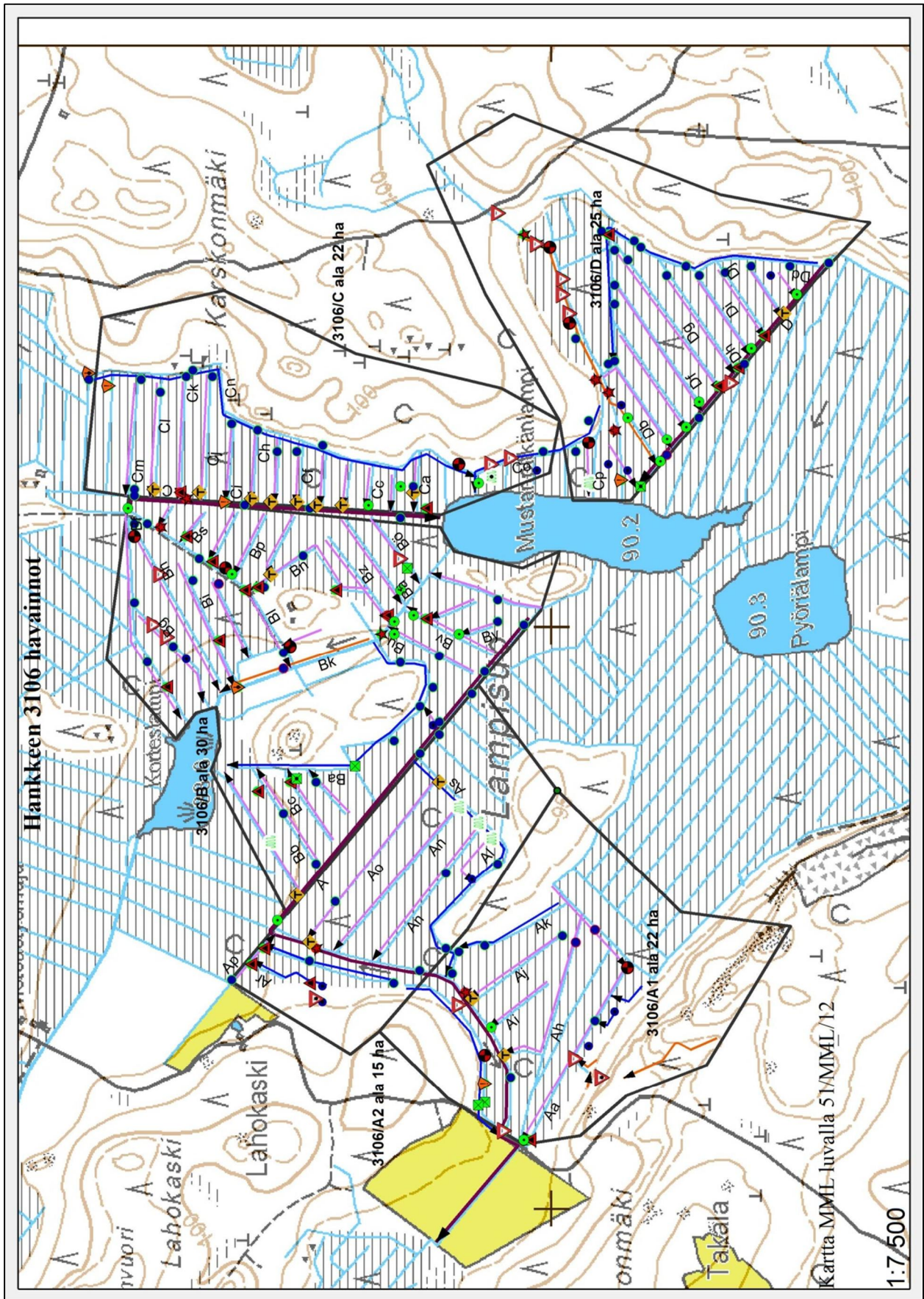


Kuva 3. Laskeutusallas ojalta Bö. Kuva on tekijän ottama.

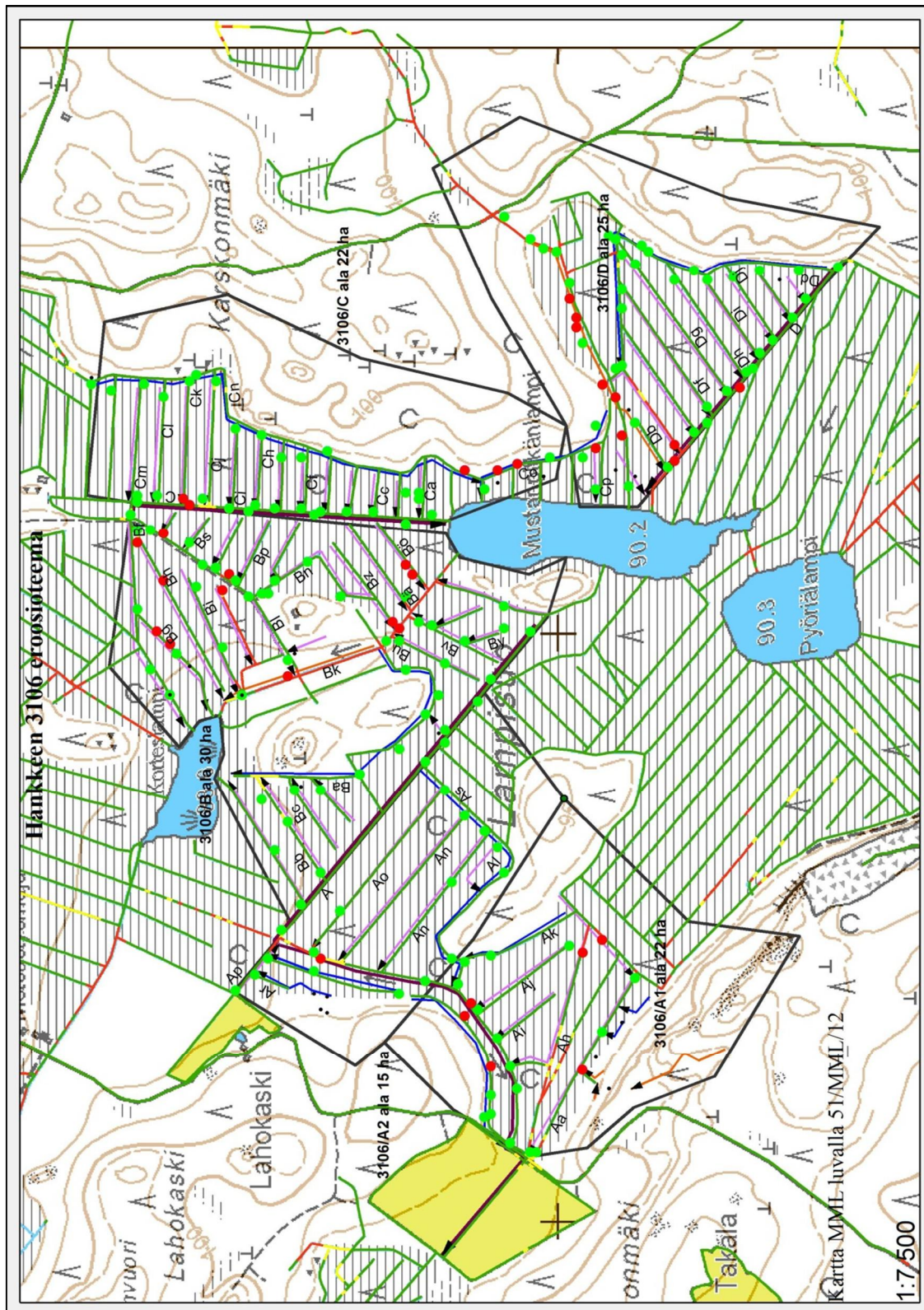
Erosioarvio toimii varsin hyvin tällä hankkeella. Hanke koostuu pääosin tasaiselle rämeelle kaivetuista sarkaojista. Edellisestä johtuen eroosioiden määrä on vähäinen.



Kuva 3. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin



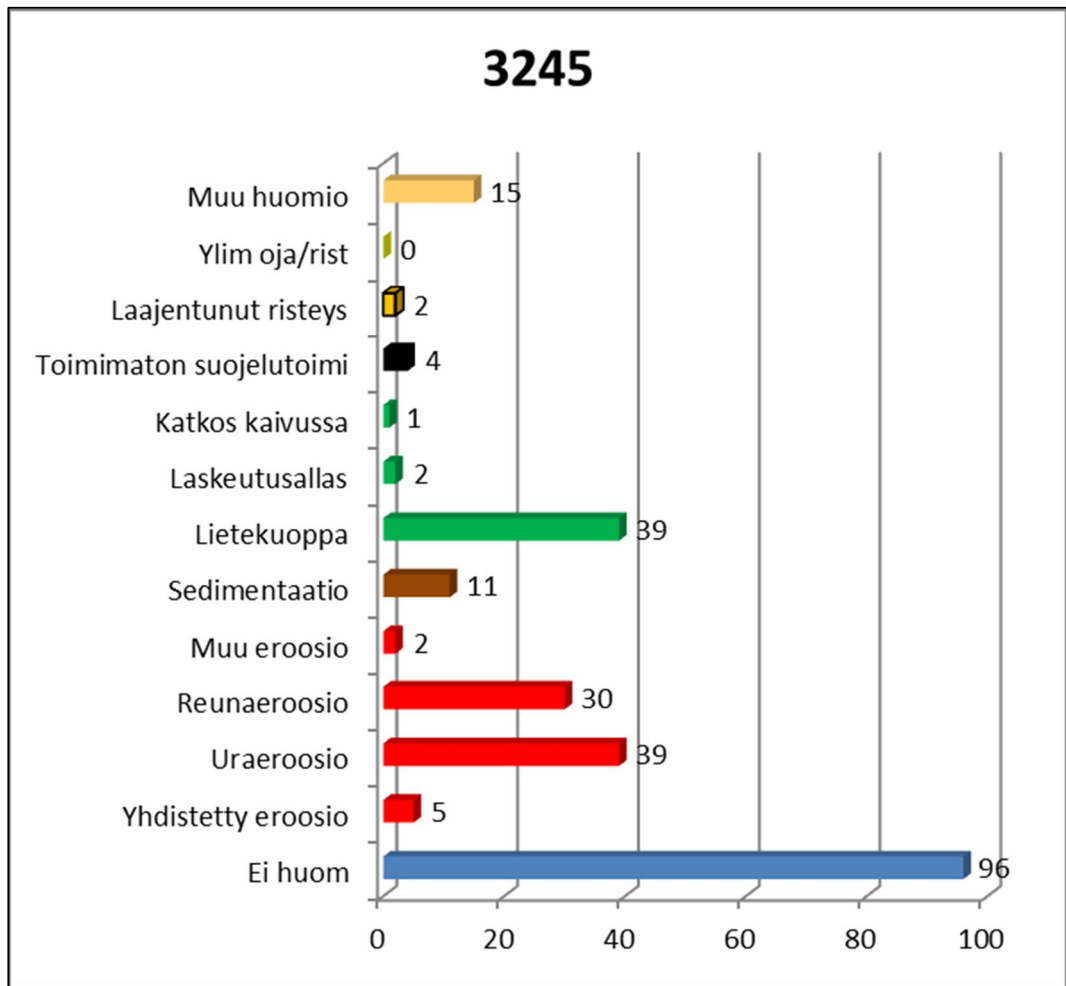
Kartta 1. Hankkeen 3106 kaikki havainnot



Kartta 2. Hankkeen 3106 eroosioiteema

8.9 Hanke 3245

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.



Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimet

Hanke	Laskeu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3245	2	39	1	4	50,0	0,2	368,2

Hankkeella on tehty lietekuoppia varsin säännöllisesti sarkaojiin. Suojelun tilaa heikentää Kivironojaan kaivettu toimimaton laskeutusallas. Vesi virtaa altaan pohjoisreunaa ilman minkäänlaista lietekynnystä, toinen reuna on heinittynyt lä-

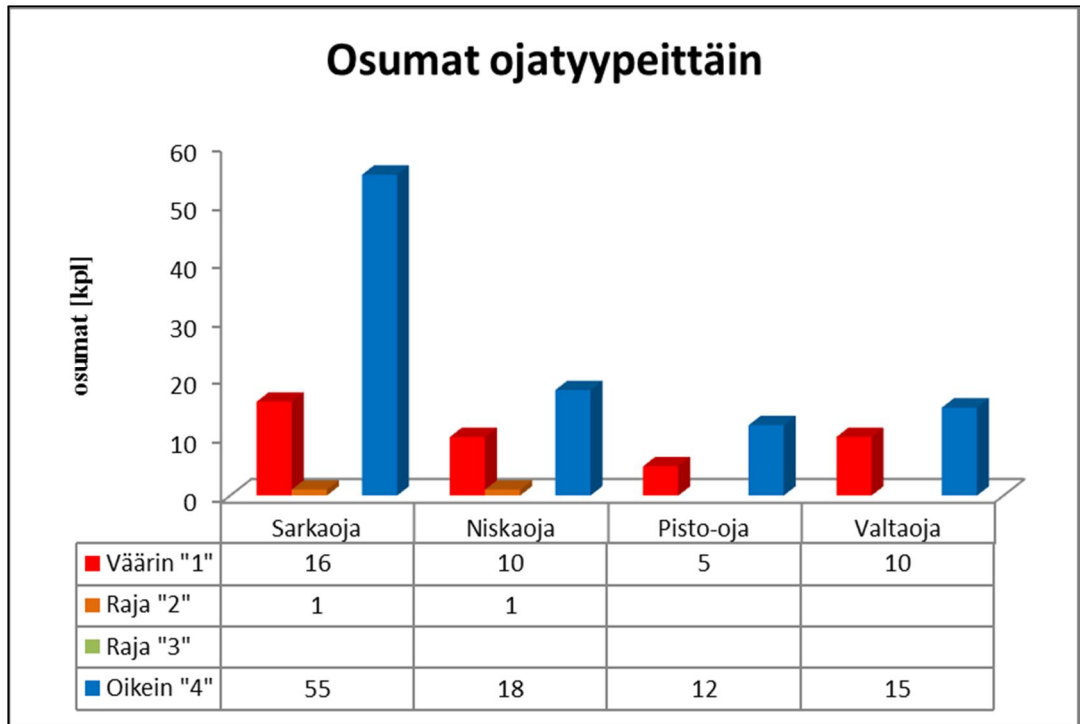
hes umpeen. Kuvassa 2 oikea reuna on pohjoisessa. Allas olisi varsin helppo perata toimivaksi koska se sijaitsee aivan tien reunassa.



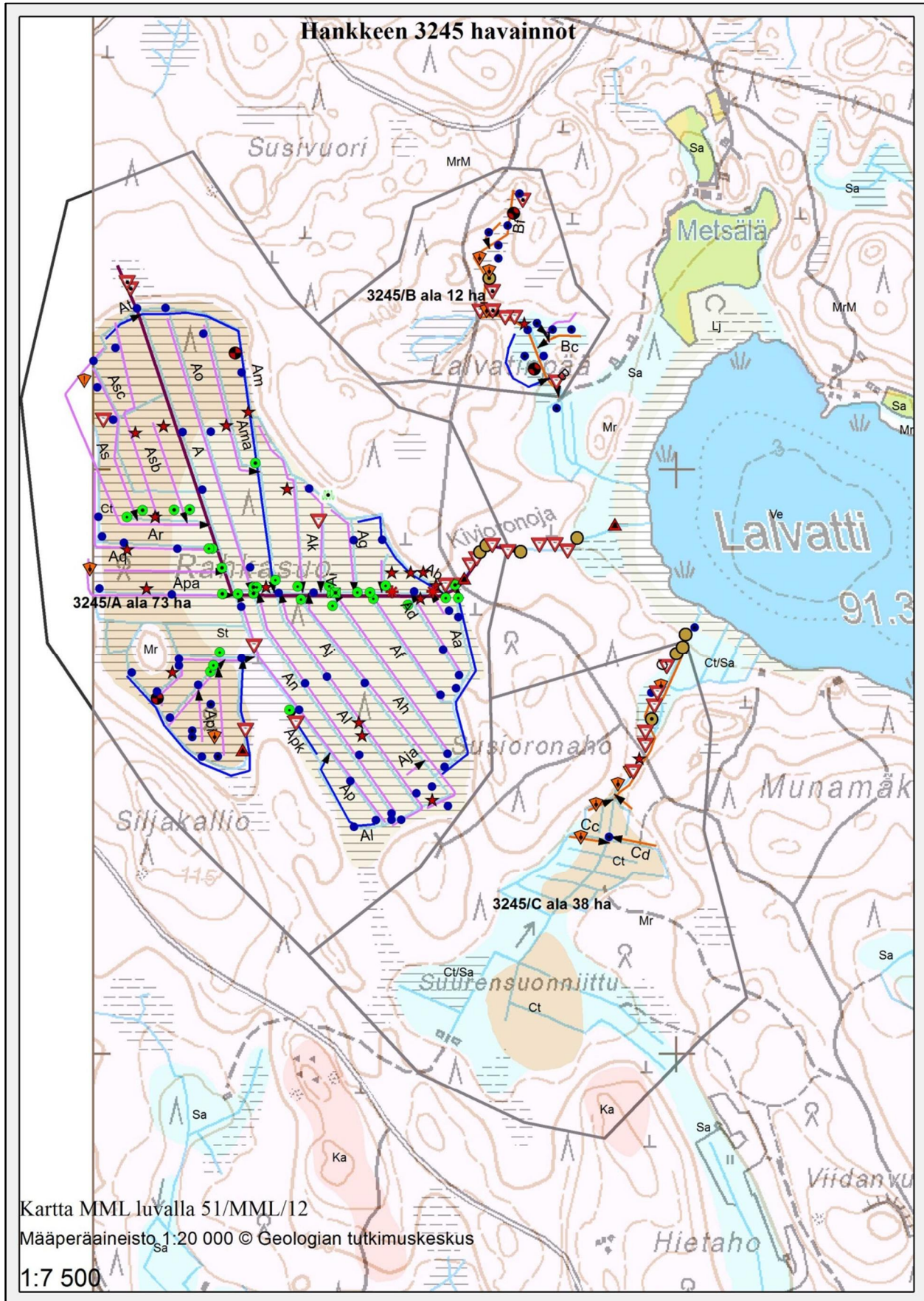
Kuva 2. Toimimaton laskeutusallas hankkeelta 3245. Kuva on tekijän ottama.

Erikoisena allasratkaisuna on toteutettu ojien A ja Ah risteyksen läheisyydessä olevat peräkkäiset altaat. Molemmat altaat ovat kuitenkin toimivia. Oja A laskee Lalvattiin ilman suojavyyöhykettä tai katkoa. Toimimattoman altaan jälkeisellä osuudella on havaittavissa selkeitä merkkejä eroosiosta sekä sedimentaatiosta. C ojalta puuttui siellä hyvin tarpeellinen laskeutusallas, ojassa on eroosiota sekä sedimentaatiota jotka johtuvat maaperästä joka on osittain moreenia sekä suuresta valuma-alueesta kooltaan noin 38 ha.

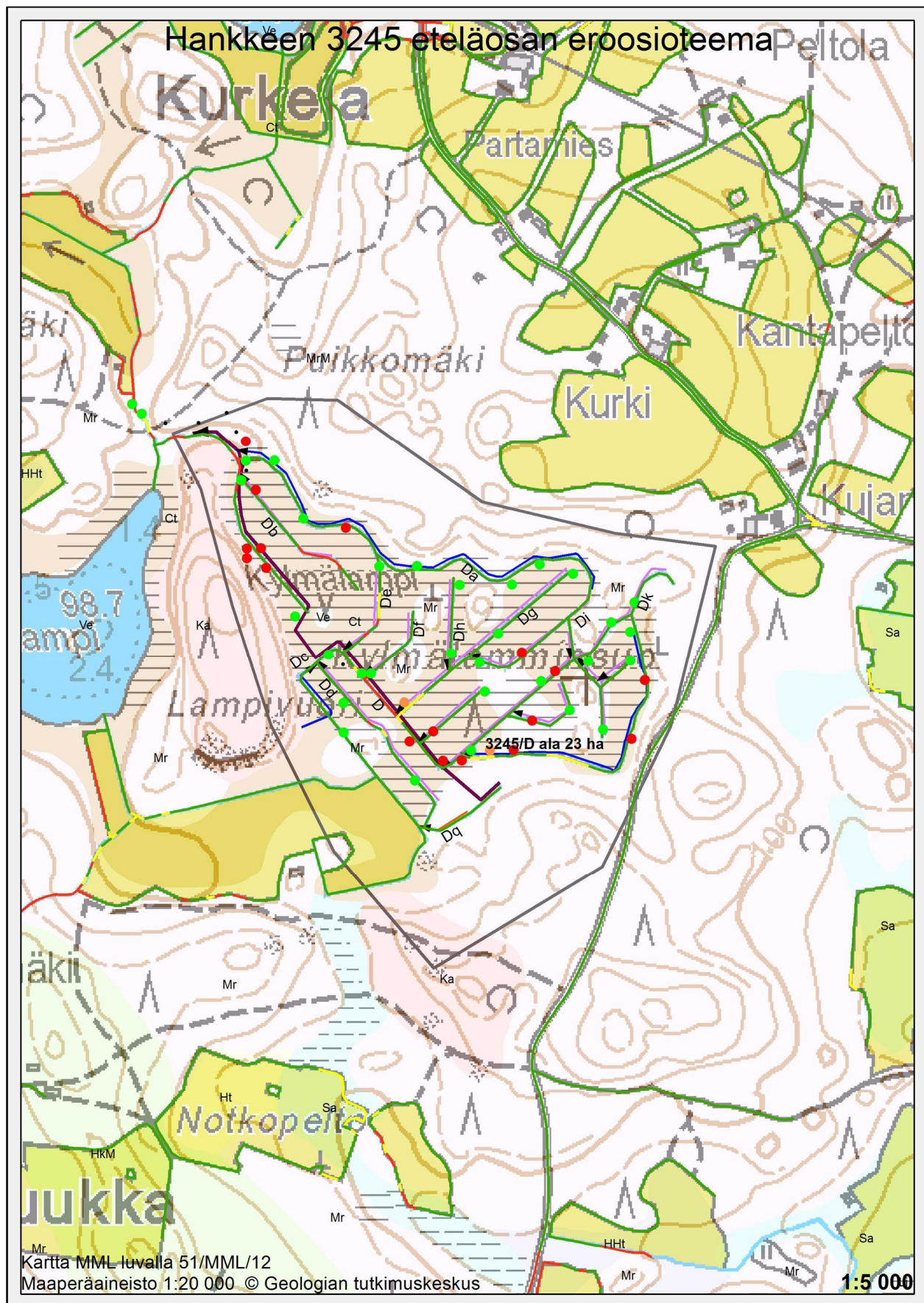
Eroosioarvio osuu kuvan 3 mukaisesti hyvin oikeaan sarkaojilla. Myös pisto- ja niskaojat ovat kohtuullisen hyvin arvioidut. Ojalla C arvio pitää erikoisen hyvin paikkansa siihen saakka kunnes ojasta erkanee haara itään noin 150 metriä ennen rantaa. Arvio ei huomioi sitä, että oja on perattu ja virtaus kulkee sitä pitkin. Tämä ilmiö tulisikin huomioida ojituksen suunnittelussa, ettei vahingossa perata uomaa joka tulee olemaan herkästi erodoituva vaikka arvio ei sitä näytä.



Kuva 3. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin



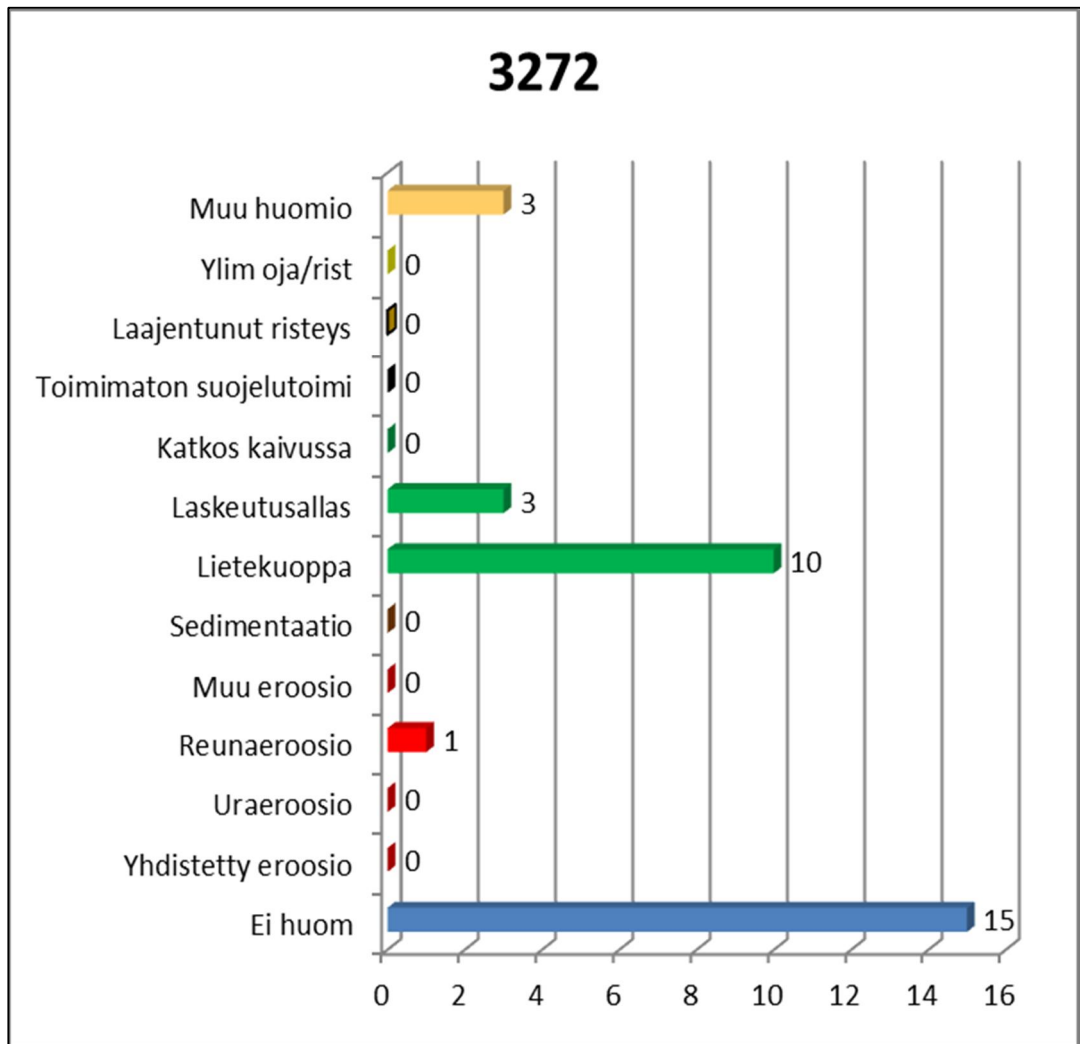
Kartta 1. Hankkeen 3245 pohjoisosan kaikki havainnot



Kartta 4. Hankkeen 3245 eteläosan eroosioiteema

8.10 Hanke 3272

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.

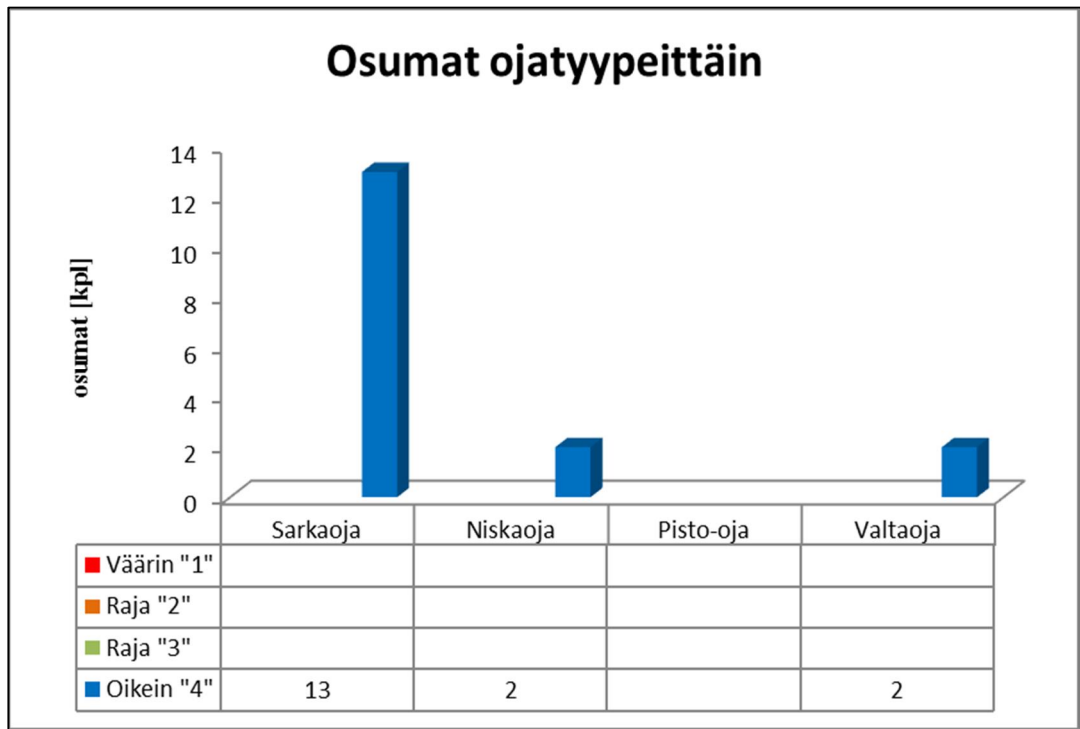


Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Vesiensuojelut olivat onnistuneet hankkeella hyvin, vain yhdestä sarkaojasta puutui lietekuoppa. Laskeutusallat olivat mitoitettu varsin suuriksi.

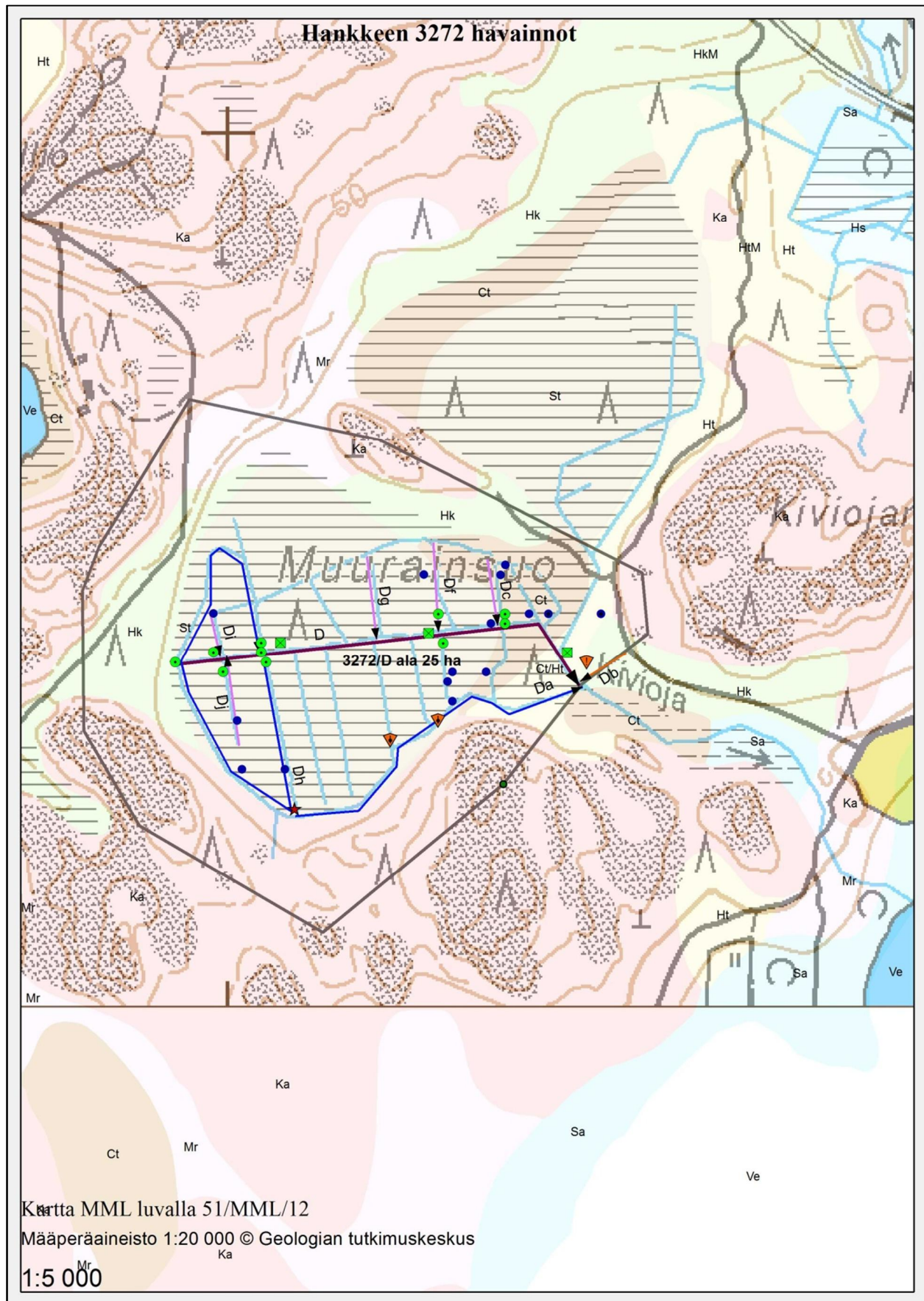
Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimet

Hanke	Laskeutusallas [kpl]	Lietekuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pinta-ala [m ²]	Pinta-ala suhde [m ² ha ⁻¹]	Lietekuoppa [m kpl ⁻¹]
3272	3	10	0	0	150,0	17,9	194,4



Kuva 2. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin

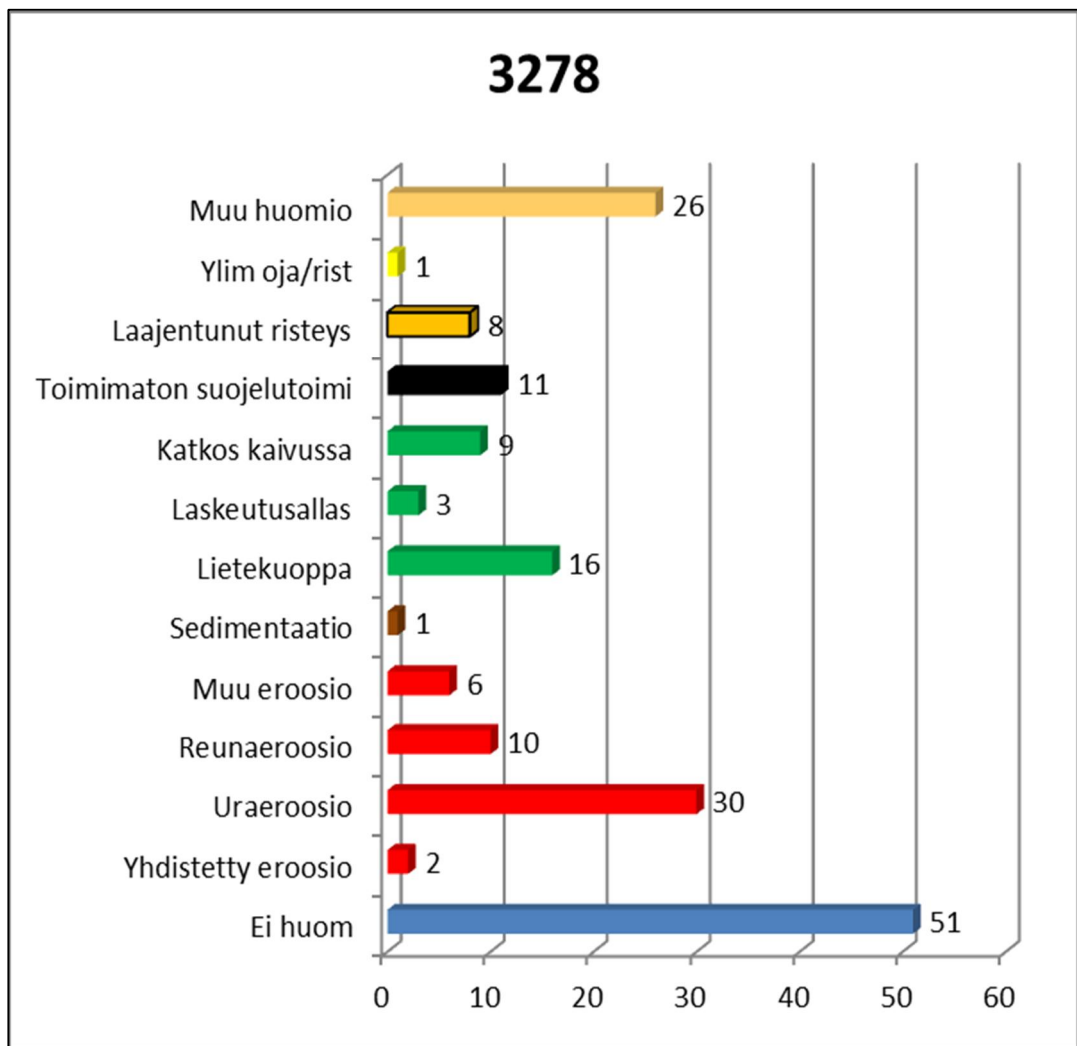
Eroosioarvio osuu täysin oikeaan mikä voi johtua siitä, että hanke on kaivettu hyvin tasaiselle rämeelle eikä siellä ole ojia joissa olisi suuria virtausnopeuksia. Hanke on myös hyvin pieni.



Kartta 1. Hankkeen 3272 kaikki havainnot

8.11 Hanke 3278

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.



Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Havainnoista silmiinpistäväänä tulee esille muut huomiot 26 kappaletta. Näistä havainnoista 9 oli merkintöjä kunnostamattomista ojista, 7 liittyi erilaisilla metsäkoneilla tapahtuneisiin ojien rikkoutumisiin ja loput olivat sekalaisia merkintöjä mm. tien alitusputkista, majavien padoista jne.

Seuraavissa kuvissa 2 ja 3 on erilaisista syistä kunnostamattomaksi jääneitä ojia.



Kuva 2. Kunnostamaton vähätuottoisen kuvion oja Ac. Kuva on tekijän ottama.

Kuvan 2 oja on piirretty ojitussuunnitelmakarttaan kunnostettavaksi mutta jätetty kunnostamatta, ilmeisesti tukikelvottomuuden vuoksi. Kuvio vaikuttaa vähätuottoiselta.



Kuva 3. Kunnostamaton oja Br. Kuva on tekijän ottama.

Kuvan 3 ojaa ei ole kunnostettu, eikä siihen mitään tarvetta olekaan. Vesi virtaa hyvin ojassa. Kun kyseessä on selvästi ohutturpeinen maaperä, voisi kaivaminen aiheuttaa eroosiota. Eroosioherkkyttä lisää myös suuri kaltevuus joka vaihtelee noin yhdestä yli kolmeen prosenttiin.

Seuraavassa kuvassa 4 on samasta ojasta Br otettu kuva, jossa on havaittavissa selviä merkkejä eroosiosta. Kuvien perusteella voi päätellä, että toimi jossa oja on jätetty kunnostamatta, on ollut järkevä. Mikäli oja olisi kunnostettu, kivennäismaan huuhtoutumien olisi ollut todennäköisesti vielä voimakkaampaa.



Kuva 4. Ojan Br erodoitunut alaosa. Kuva on tekijän ottama.

Taulukko 1. Toteutuneet suojelutoimet

Hanke	Laskeu- keu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3278	3	16	9	11	X	X	578,9

Hankkeen eteläosan oja B laskee Ruokolahden kunnan puolella sijaitsevaan Lammaslampeen eikä siinä ole asiallista laskeutusallasta. Kuvassa 5. on ojan B lasku lampeen, lasku ei ole asiallinen pintavalutuspaikka eikä muukaan suojelutoimi. Lammen rantaan on noin 40 m kuvan ottamispaikalta.



Kuva 5. Ojan B loppuosa. Kuva on tekijän ottama.

Ojalla B esiintyi runsaasti erilaisia eroosioita kuten kartasta 2 voi havaita. Ojan B erikoisuutena on kolme havaintoa eläinten, lähinnä hirvien aiheuttamista vaurioista. Kuvassa 6 on hirven aiheuttama eroosiojälki sekä ojan tukkeutuma.



Kuva 6. Hirven aiheuttama eroosio. Kuva on tekijän ottama.

Hirvien aiheuttamat eroosiot eivät ole pelkästään ojan reunojen sortumia vaan irronnut aines saattaa kerääntyä johonkin kohtaan ojaa jolloin märkäpinta-ala pienenee ja virtaus nopeutuu. Edellisestä johtuen eroosio voi lisääntyä välillisesti.

Ojalle Bo on kaivettu 7 x 2,5 m² laskeutusallas joka on kuitenkin täyttynyt lietteestä. Sama oja Bo on päätetty leventymäksi josta vesi valuu pintaa pitkin alaspäin, muistiinpanoissa kyseistä toimea on luonnehdittu sanoin ”hyvä suojelutoimi”.

Kuvan 6 lietekuoppa sijaitsee ojan Bä keskivaiheilla, kuoppa on muuten hyvin toteutettu mutta kyseisessä kohdassa on liian suuri virtausnopeus jotta kiintoaines jäisi siihen. Kuopan pohjalla onkin selvästi nähtävissä vaaleaa hiekkaa.



Kuva 6. Lietekuoppa joka on tehty liian nopeasti virtaavaan ojan osaan. Kuva on tekijän ottama.

Valuma-alue B 3:lle ei ollut toteutettu kunnollista laskeutusallasta ojan Bs alapäähän, josta vesi valuu alapuoliseen vesistöön. Valuntaa on kolme kilometriä pelto-ojia pitkin Riihiojaan, josta edelleen noin kilometrin Peruspohjanlahteen.

Valuma-alue C:lle oli toteutettu hyväkuntoinen laskeutusallas ojan C loppuun. Ojalla Cf oli majavan tekemä pato, jonka korkeus oli noin 110 cm. Pato on kuvassa 7. Padot aiheuttavat ojastolle haittaa nostamalla vedenpintaa, jota ojituksella pyritään alentamaan. Eroosion kannalta padot eivät ole haitallisia koska ne hidastavat virtausnopeutta ja toimivat tavallaan luonnon omina settipatoina.



Kuva 7. Majavan rakentama pato. Kuva on tekijän ottama.

Valuma-alue A_C laskee ojan Aä kautta Hauklampeen, ojan suulla on epämääräinen mahdollinen lietekuoppa tai ainakin levennys kuten kuvasta 8 voi havaita.

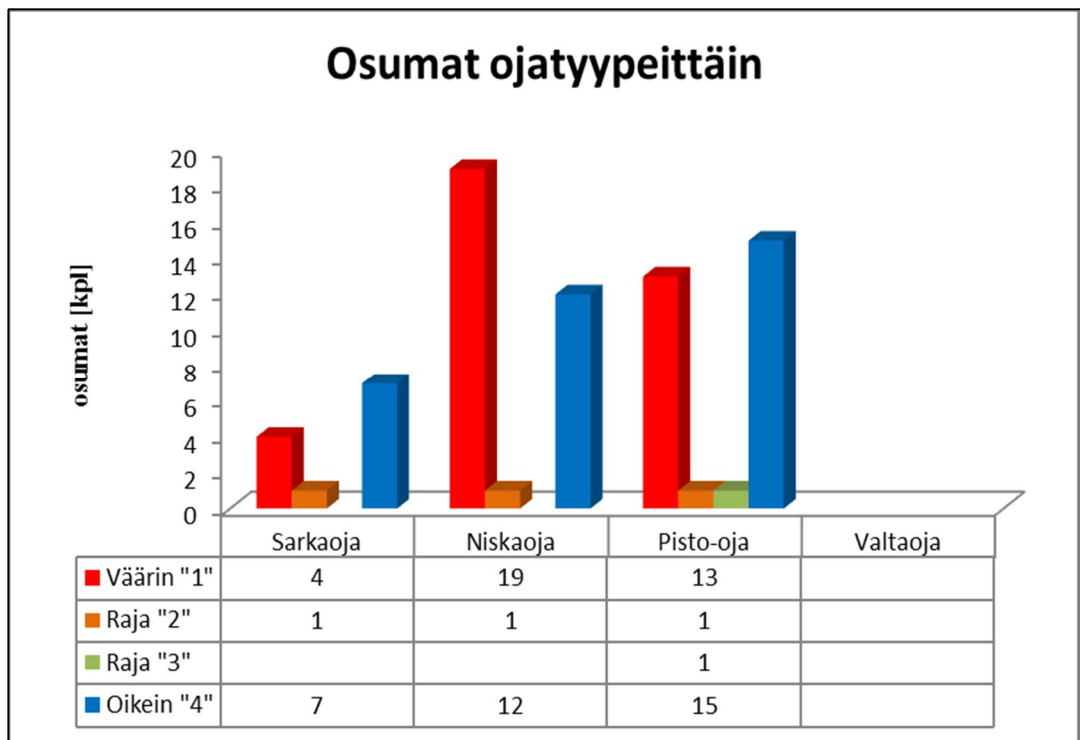


Kuva 8. Ojan Aä suu Hauklampeen päin. Kuva on tekijän ottama.

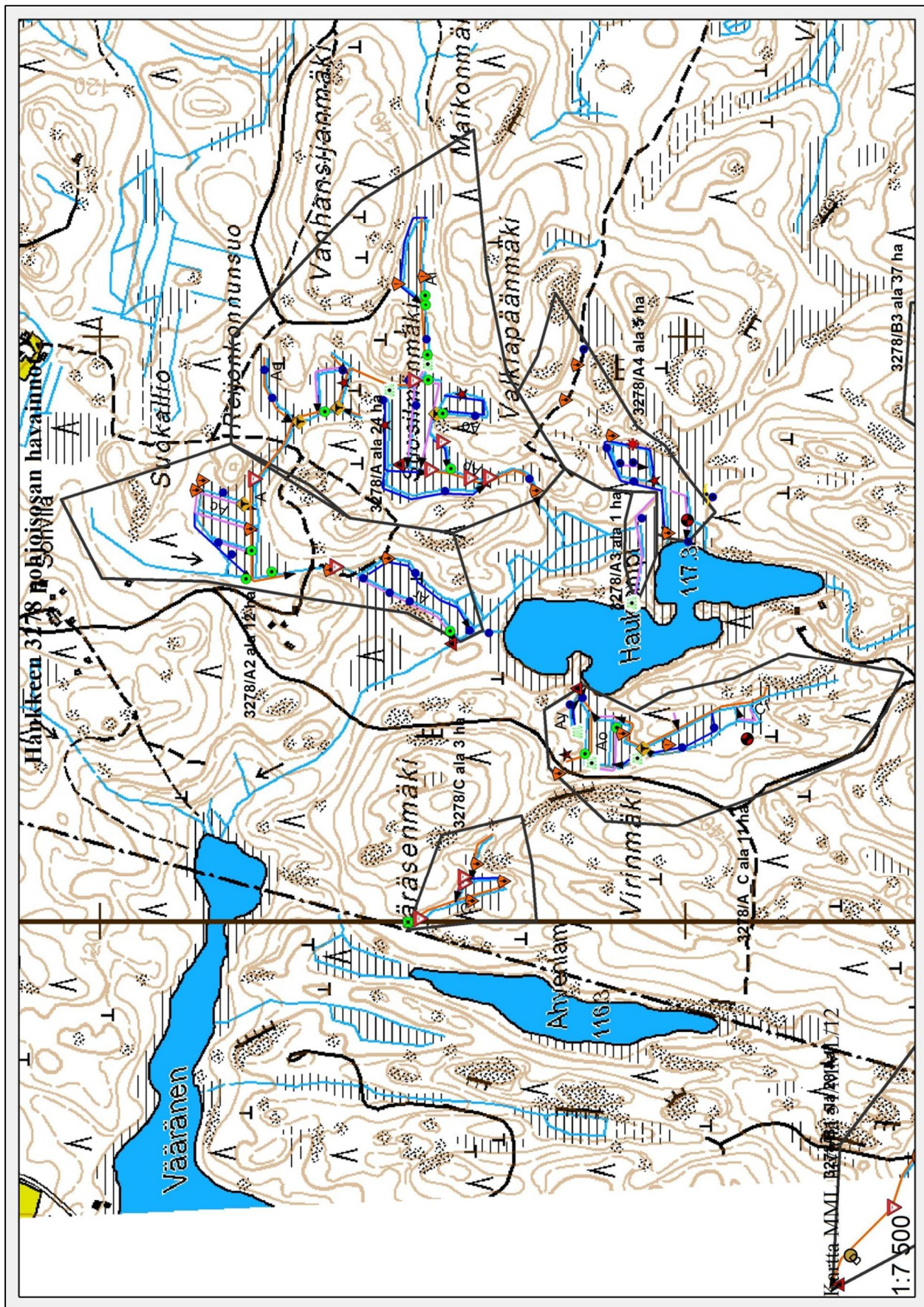
Hankkeella on hyvin paljon pisto- ja niskaojaa suhteessa sarkaojiin. Sarkaojaa on 23,5 % koko ojaston pituudesta, valtaojaa ei ole lainkaan. Hanke on hyvin pirstaleinen muodostuen pienistä rämpelalasta joiden ojat laskevat korpimaisten kasvupaikkojen lävitse. Korpimaisuutta voi havaita esimerkiksi kuvista 5 ja 8. Varsinaiset kuivatusalueet ovat pieniä mutta niiden valuma-alueet ovat kohtuullisen suuria ja niillä on suurehkoja korkeuseroja. Suuret valuma-alueet yhdistettynä jyrkkyyteen ojissa aiheuttavat suuren eroosioalttiuden. Arvion osumismahdollisuuksia heikentää se, että siinä ei ole maaperän huomioivaa komponenttia mukana. Uudemmissa arvioissa maaperä voidaan huomioida, mikäli maaperäaineisto on käytettävissä. Tälle hankkeelle aineistoa ei ole. Maaperä on havaintojen mukaan helposti erodoituvaa lajittumatonta moreenimaata, turvekerros on ohut ja se on hyvin maatonutta joten kriittinen irtoamisnopeus (v_{cr}) on pieni.

Kuten muissakin tutkituissa hankkeissa, on myös tällä hankkeella huomattavissa ojasuhteen vaikutus ennusteen paikkansapitävyyteen. Vääriä havaintoja oli noin 60 % kaikista osumahavainnoista.

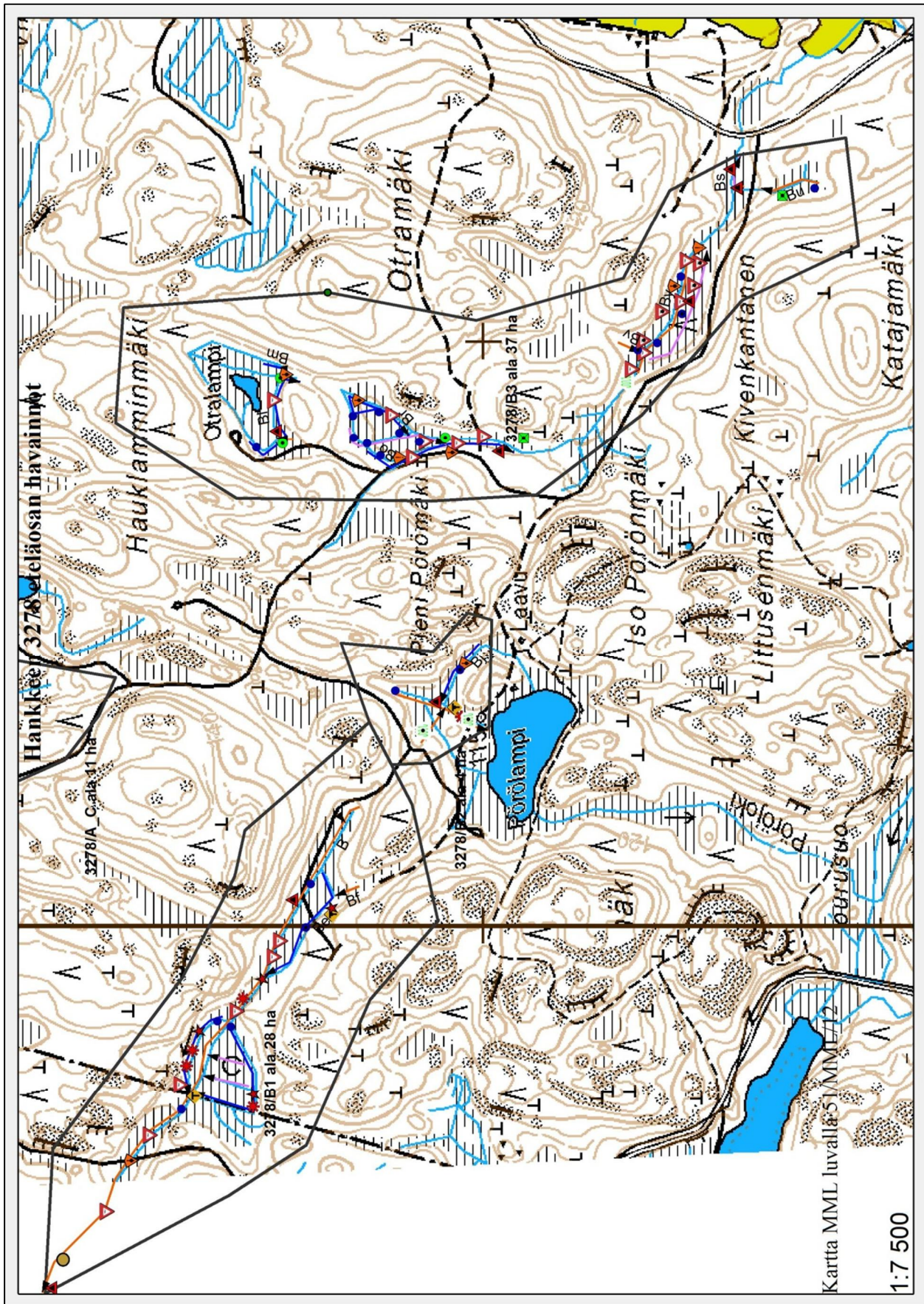
Arvio toimii varsin hyvin valuma-alueilla A_C, A2, ja B3 eteläosalla, alueilla B3 pohjoisosa, A ja B1 ennusteen toimivuus on heikko.



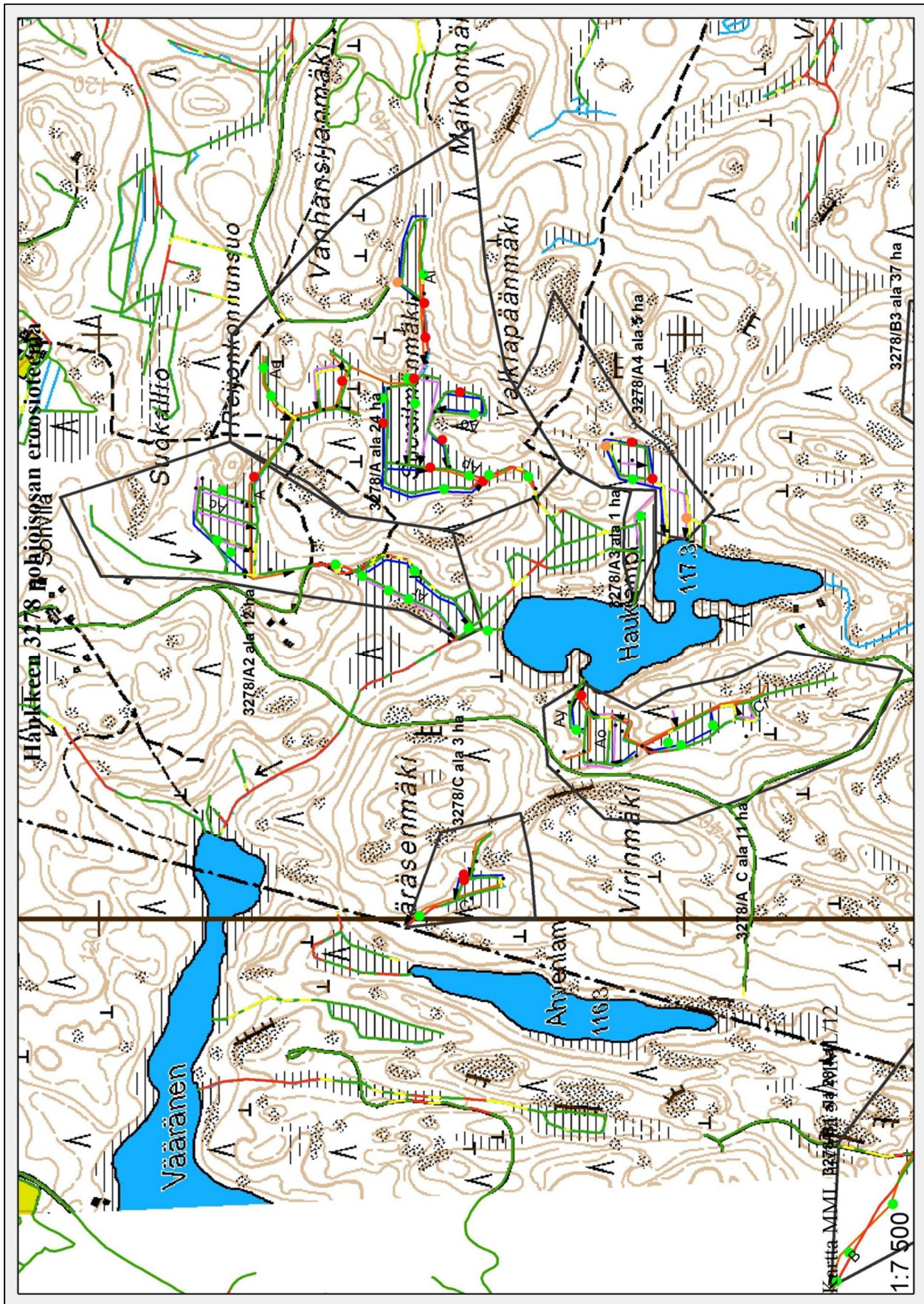
Kuva 8. Eroosioiteeman osumat ojatyypeittäin



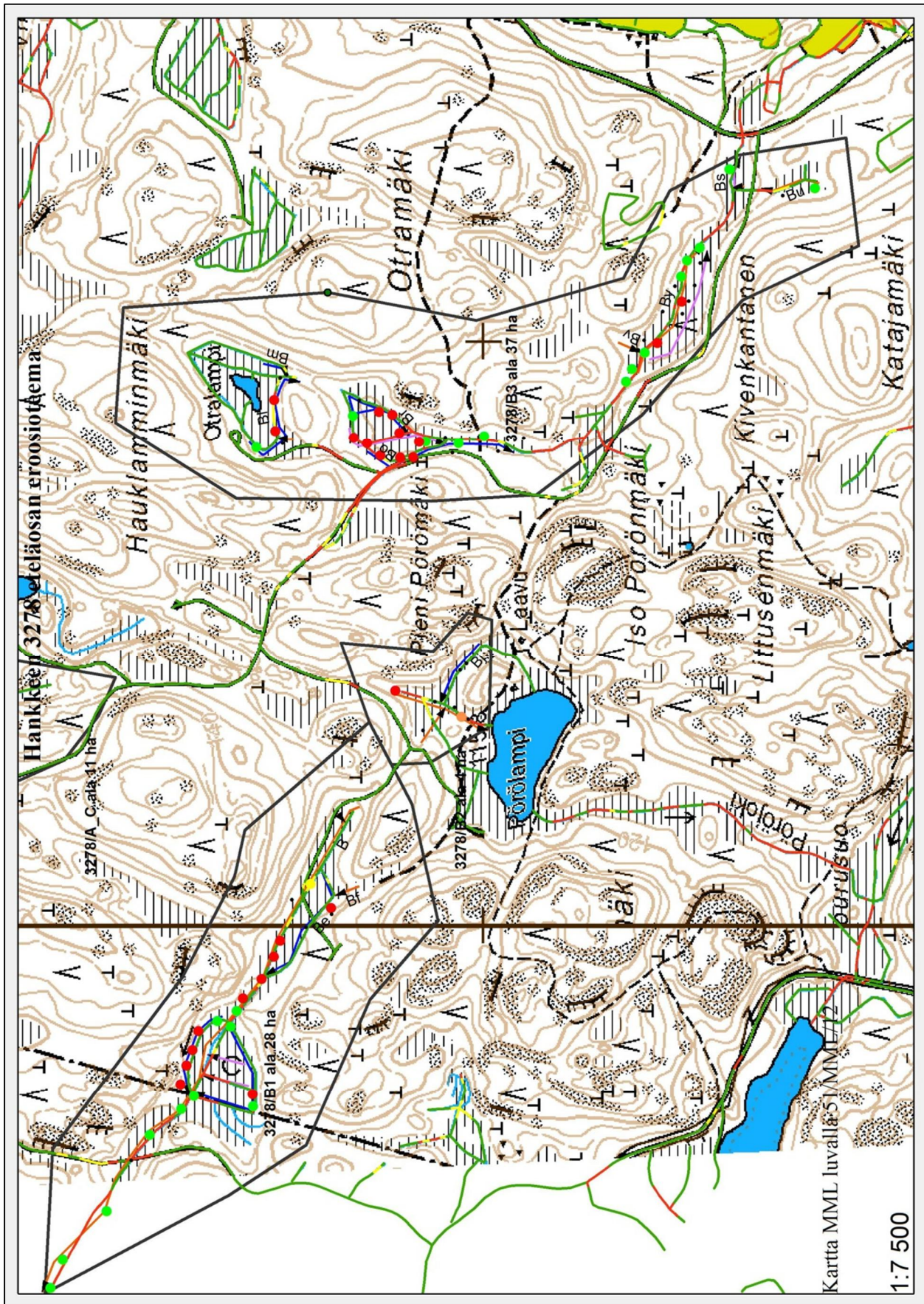
Kartta 1. Hankkeen 3278 pohjoisosan kaikki havainnot



Kartta 2. Hankkeen 3278 eteläosan kaikki havainnot



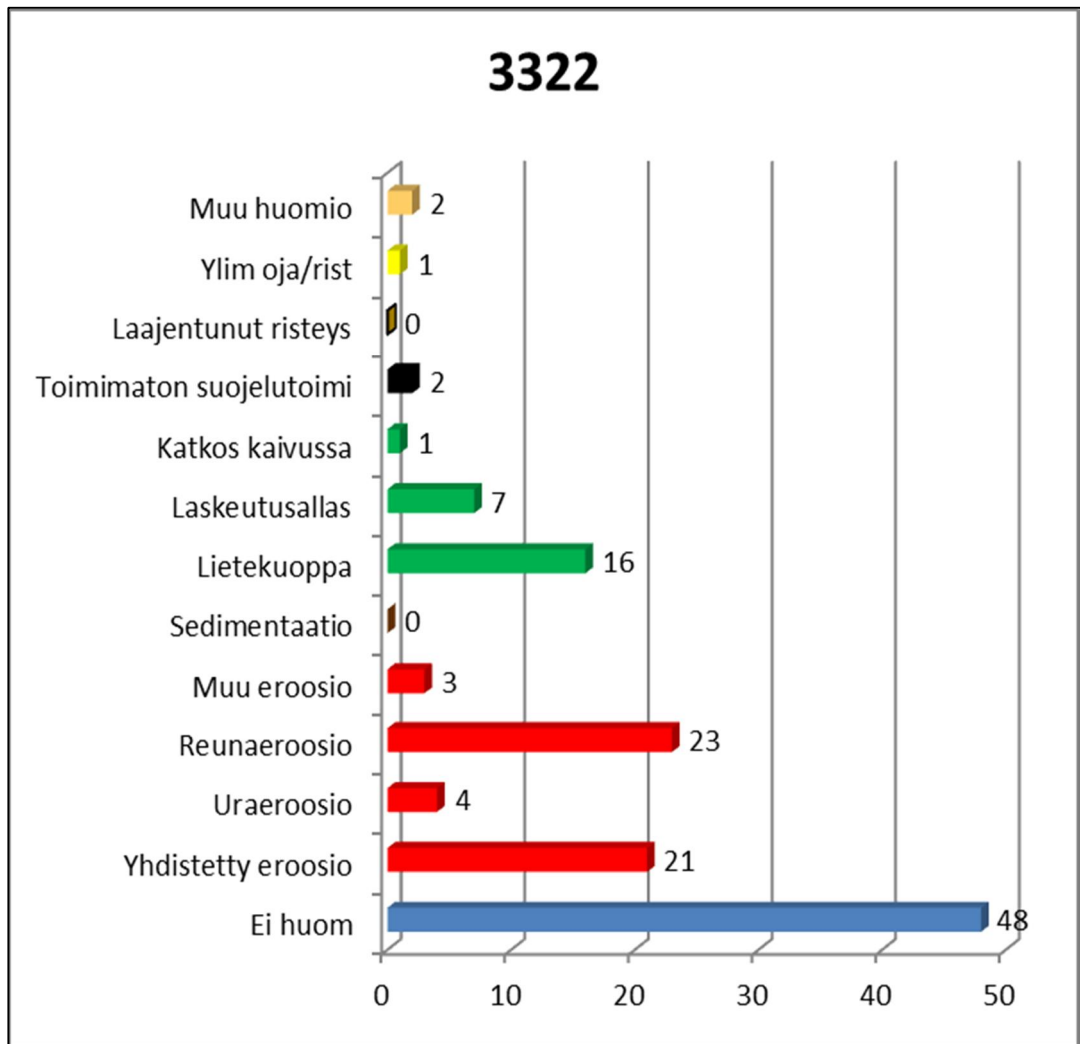
Kartta 3. Hankkeen 3278 pohjoisosan eroosioiteema



Kartta 4. Hankkeen 3278 eteläosan eroosioiteema

8.12 Hanke 3322

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain.



Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Hankkeella havaittiin enemmän reuna- ja yhdistettyjä eroosioita kuin muilla hankkeilla, näiden eroosiotyyppien osuus on noin 39 % kaikista havainnoista. Keskiarvo kaikista hankkeista laskettuna on noin 16 %. Reunaeroosioita kuivatusojilla näytti aiheuttaneen pehmeä turve jossa on runsaasti liekopuita joukossa, turvetyyppi muistuttaakin rahkapuuturvetta (SL-t) tai puurahkaturvettä (LS-t). Maatuneisuusaste on hyvin heikosti maatunutta (H3). Kuvassa 2 on juurakon kohdalta tapahtunut erodoituminen jonka syynä voi alun perin olla ojan kaivamisesta aiheutunut maaperän rikkoutuminen joka on liestänyt maata myös ympäriltään.



Kuva 2. Juurakon kohdalla tapahtunut eroosio. Kuva on tekijän ottama.

Kuvassa 2 on nähtävissä ojan leventyminen keskikohdaltaan, mittakeppi on metrin mittainen. Ojan tulisi olla kepin kohdalta noin 130 cm leveä, tässä se on reilusti yli 150 cm. Vertailukohtana on kuvan 3 oja jossa mitat ovat säilyneet varsin hyvin.



Kuva 3. Hyvin säilynyt oja. Kuva on tekijän ottama.

Suuren osan eroosiosta on aiheuttanut niskaojien kaivaminen liian lähelle kivennäismaata esimerkkinä kuva 4.



Kuva 4. Reunaerosio kivennäismaahan kaivetussa ojassa. Kuva on tekijän otama.

Vesiensuojelutoimet on suunniteltu ja toteutettu hyvin, hankkeelta oli jäänyt kaivamatta vain viisi suunniteltua lietekuoppaa, joilla ei ole merkitystä kokonaisuuden kannalta. Toimimattomina suojelutoimina on merkitty kaksi epämääräistä lietekuoppaa, joista toinen on peittynyt myöhemmin tehdyssä kaivussa. Muut altaat, pois lukien kuvan 5 allas, ovat sijoitettu hyvin ja ne ovat riittävän suuria.

Taulukko 1. Toteutuneet suojelutoimet

Hanke	Laskeu- keu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3322	7	16	1	2	152,0	6,6	652,1



Kuva 5. Allas jonka muoto on virheellinen. Kuva on tekijän ottama.

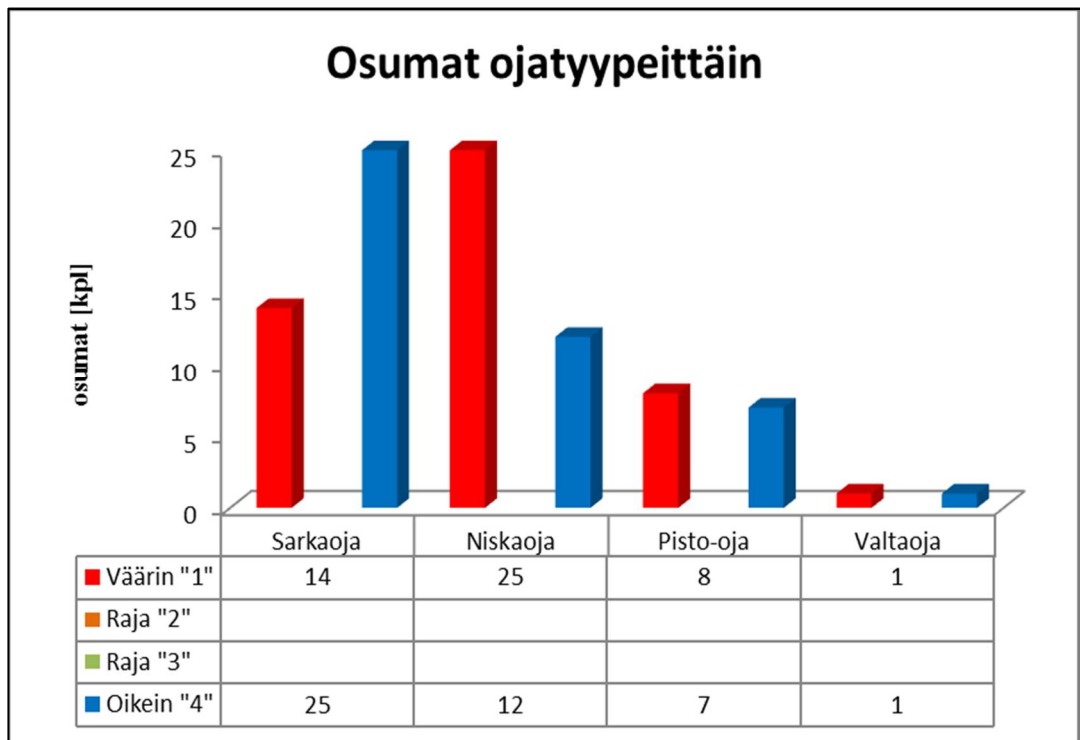
Kuvan 5 altaassa on virheenä se, että se on kaivettu ojan mutkaan, ohjeiden mukaisesti se tulisi olla ojan suoralla osuudella pitkänomaisena kaivantona. Allas on ojien B ja Ba risteyksessä. Altaan suunnitelmaan merkitty paikka on pohjoisempänä ojalla B.

Hankkeella tutkittiin aistinvaraisesti Vainosenjärvestä Pitkälahden ja Järvenpäänlahden veden laatua kasvillisuuteen perustuen. Erityistä rehevöitymistä ei ollut havaittavissa ja laskuojilta tuleva vesi oli normaalia humuksen värjäämää kirkasta vettä.

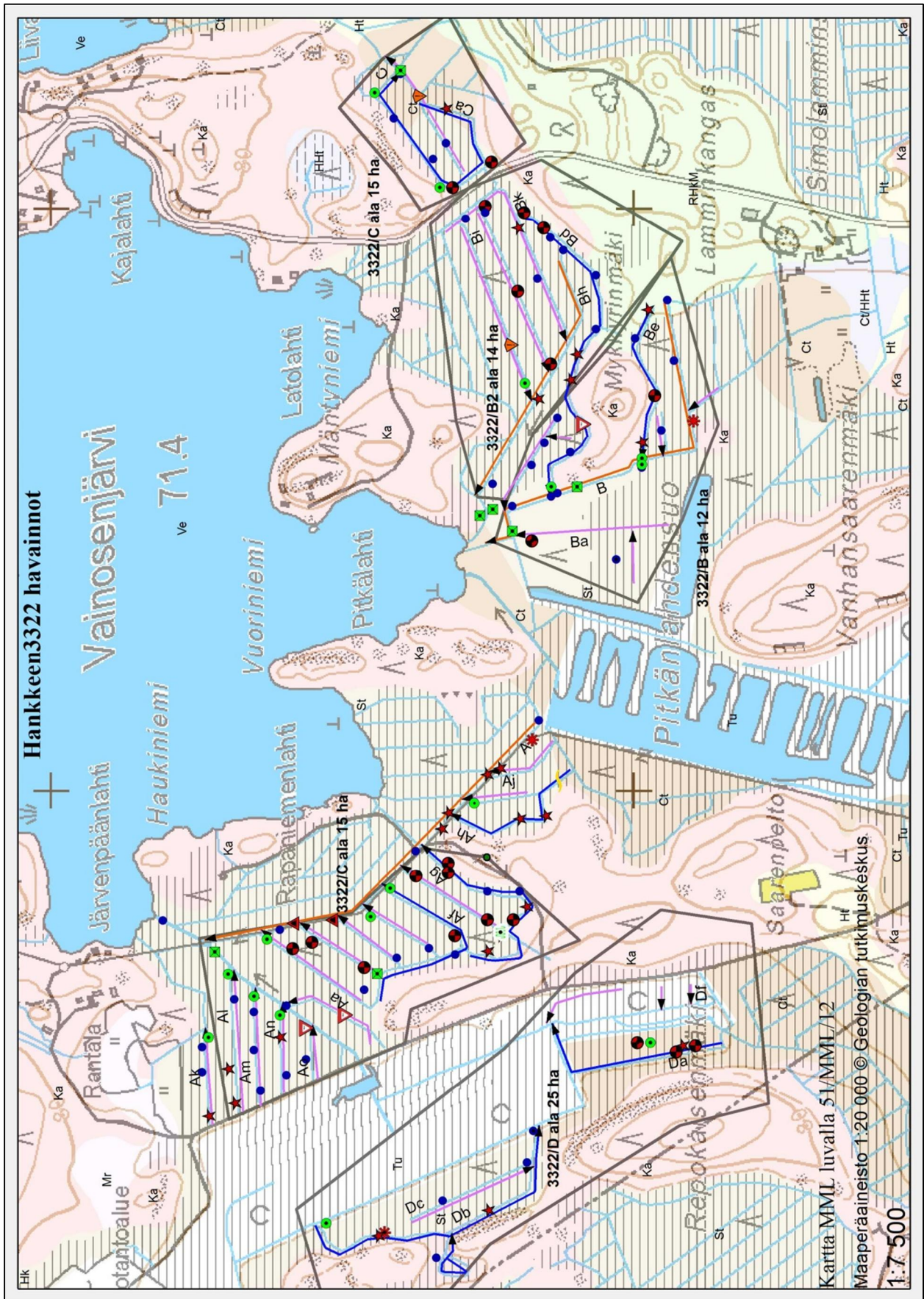
Hankkeella on tyypillisesti tämänkaltaisille tasaisille soille hyvä arviointikyky sarkaojilla. Kokonaisuutta heikentää erityisesti niskaojien heikko arviointikyky. Arviossa kaikki niskaojat ovat luokkaa ”ei eroosioalttiutta”. Heikkouden aiheuttaakin mitä todennäköisimmin se, että ojat on kaivettu kivennäismaahan tai hyvin lähelle sitä kuten maaperäkartasta voi havaita. Maaperäkartan alueiden rajat on piirretty noudatellen peruskartan rajoja, voi kuitenkin olla niin, että raja ei jostain syystä olekaan tarkka (Putkinen, 2012.) Esimerkiksi virtavesi, jonka leveys on alle 2 m, on tarkkuudeltaan joko A = 5 tai B = 12,5 m (ID-luokka 3). Karttaa piirrettäessä käytetään ilmakuvaa jossa näkyy ojat selkeästi jolloin ne saadaan paikannettua hyvin paikalleen (Maanmittauslaitos, 2010.) Maaperäkartoille tällaista tarkkuusvaatimusta ei ole. Tässä kyseisessä tapauksessa onkin hy-

vin todennäköistä seuraava tapahtumasarja: ”RLGis:lle ei ole annettu mitään tietoa maaperästä jolloin sen kriittisen rajanopeuden arvoksi voidaan esittää vaikkapa 0,8 jolloin ennuste on oikein hyvä turvemaalla. Oja kuitenkin on kaivettu kivennäismaan kautta jossa rajanopeus onkin 0,3. Edellinen aiheuttaa sen, että arvion arvo on sama turvemaalle ja kivennäismaalle mutta todellisuus on tietenkin toisenlainen”. Tämänkaltaisia tapauksia varten RLGis -ohjelmaan on tehty lisäys joka huomioi maaperän. Edelleen kuitenkin voidaan herättää kysymys maaperäkartan tarkkuudesta, uudeltaisesta ennusteesta on kuitenkin manuaalisesti tutkittavissa maaperän vaikutus (Leinonen, 2012.) Parhaiten asia selvenee tutkimalla kartan 2 ennusteen virheitä ja maaperän sijaintia ojien suhteen niska-ojilla.

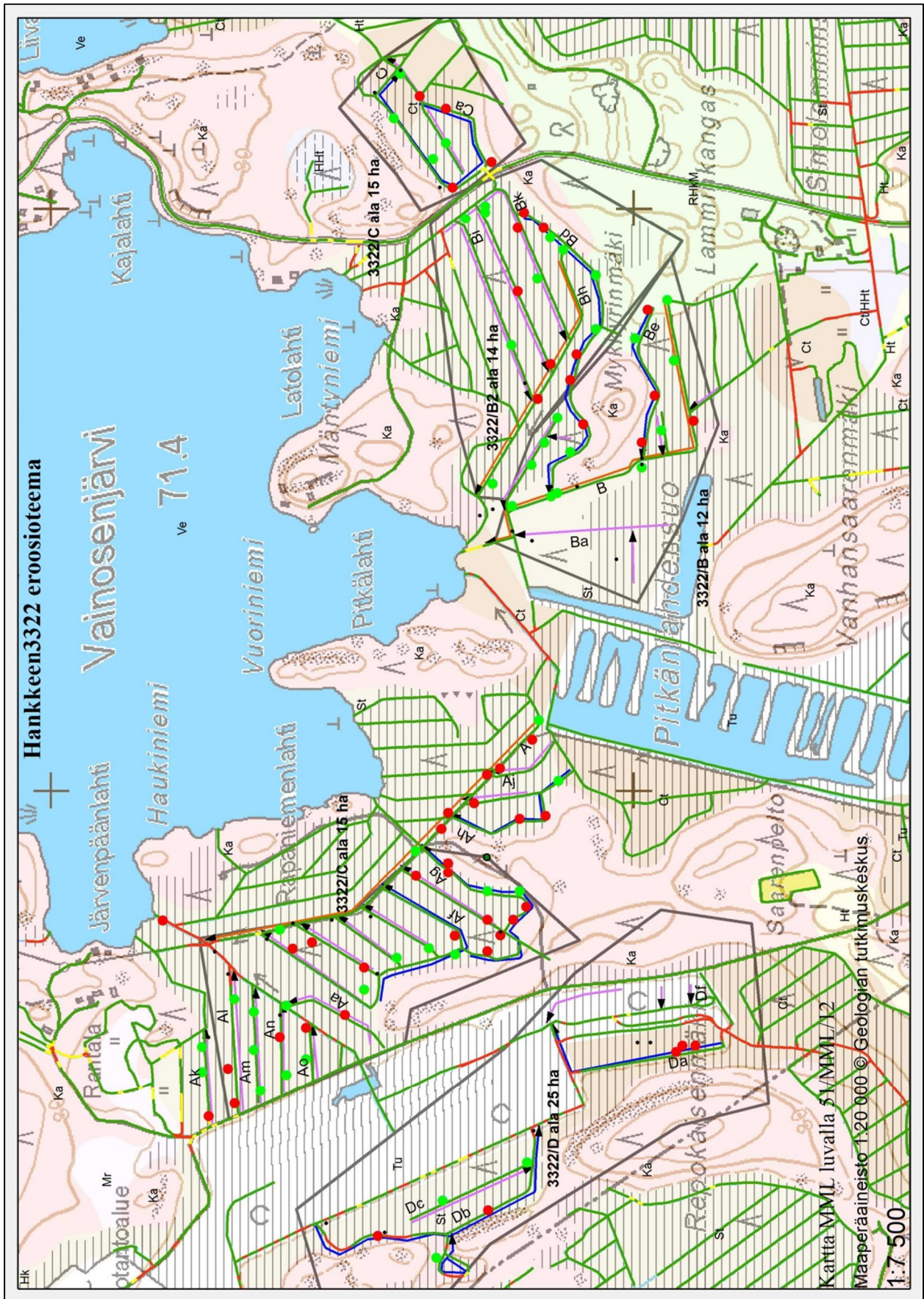
Tällä kyseisellä hankkeella epäselvyyttä aiheuttavat ojat A ja B jotka on merkitty pisto-ojiksi, todellisuudessa ne ovat kuitenkin valtaojan mitat täyttäviä. Suurta merkitystä tällä ei ole tuloksen kannalta ole koska pääpaino on niskaojien heikossa ja sarkaojien hyvässä arvioissa.



Kuva 3. Eroosioennusteen osumat ojatyypeittäin



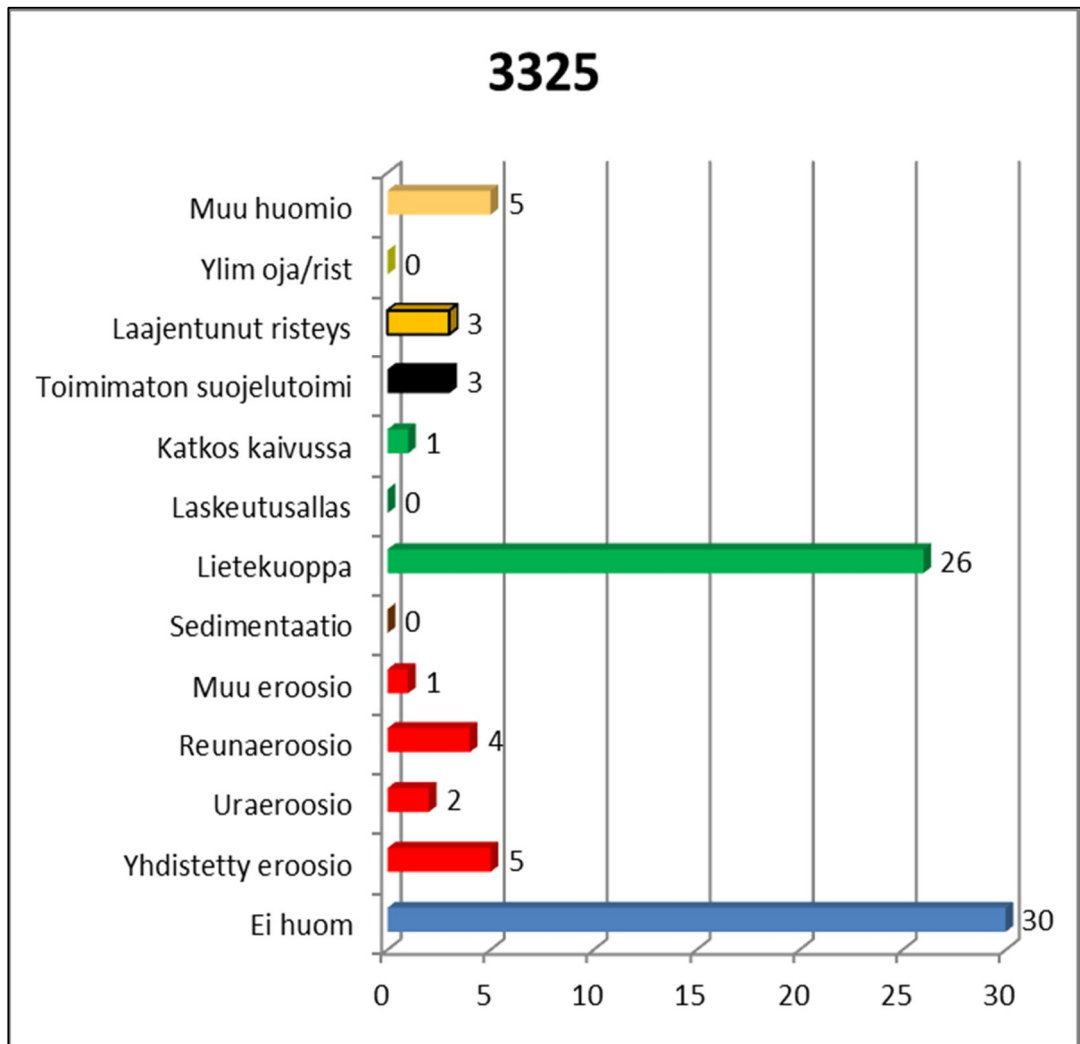
Kartta 1. Hankkeen 3322 kaikki havainnot



Kartta 2. Hankkeen 3322 eroosioteema

8.13 Hanke 3325

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.



Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Hankkeella oli taulukon 1 ja kartan 1 mukaisesti kaivettu varsin runsaasti toimivia lietekuoppia oikeille paikoilleen. Varsinaista toimivaa laskeutusallasta hankkeella ei ole. Hankkeelle on suunniteltu sen eteläpään kokonaistilavuudeltaan 210 m^3 ja lietetilavuudeltaan 100 m^3 allas. Valuma-alueeksi on mitoitettu 60 ha mikä vastaa tässä työssä tehtyä 65 ha arviota varsin hyvin. Lietetilavuuden tulisi kuitenkin olla $2 - 5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$, jolloin suunniteltu allas on varsin niukka, oikeampi koko voisi olla esimerkiksi 180 m^3 . Ohjeiden mukaisesti kaivettuna allas olisi syvyydeltään noin 2,5 m jolloin pinta-alaksi muodostuu 72 m^2 . Pituus - leveysmittana voisi olla esimerkiksi 18 x 4 metriä. Havaittu laskeutusallas on pintamitoiltaan 3 x 3 metriä. Allas on kohdassa, jossa on suuri virtausnopeus. Hankkeel-

le pitäisi kaivaa uusi asianmukainen laskeutusallas, työn toteutus on varsin helppoa koska altaan voi kaivaa tien läheisyyteen. Hankkeen vedet laskevat peltoja pitkin noin 650 m päässä olevaan Lennusjärveen.

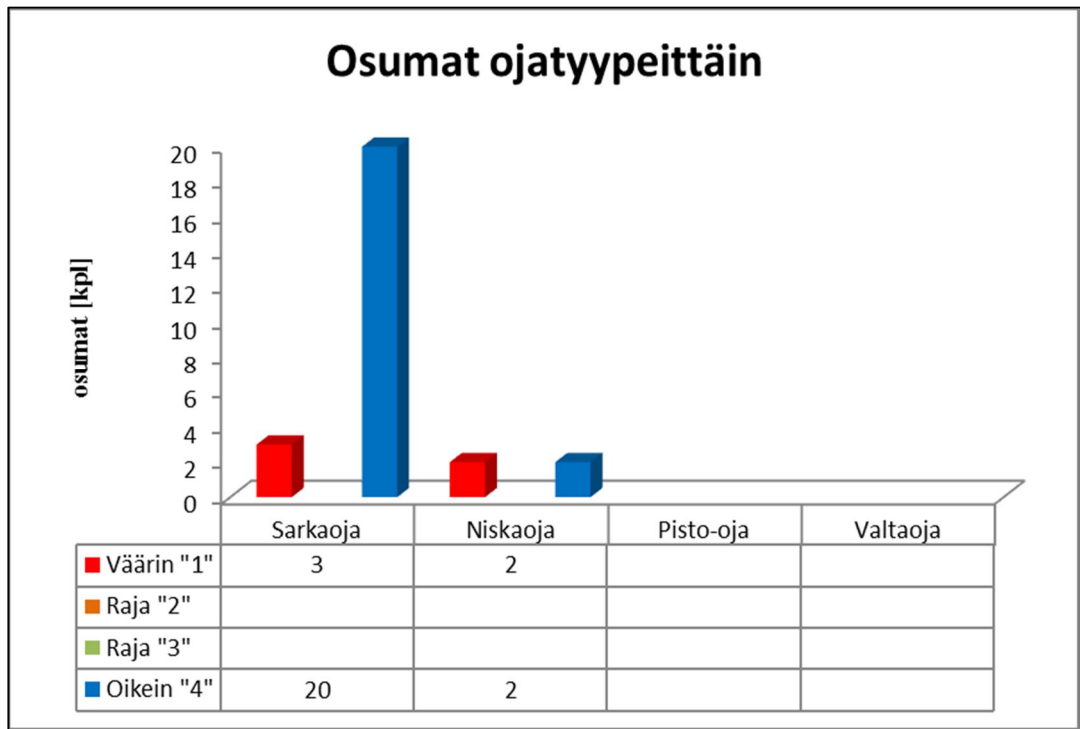
Mallina oikeanlaatuiselle altaalle on kuva 2 jossa tapahtuu laskeutusaltan kaivu. Huomiota kiinnittäviä kohteita ovat mm. kaivu talvella, reunojen loivuus, maaperä on turvetta ja altaan pitkänomaisuus.



Kuva 2. Laskeutusaltan kaivu Renkajärvellä. Kuva on Matti Peltolan ottama. (Renkajärven suojeluyhdistys ry, 2011.)

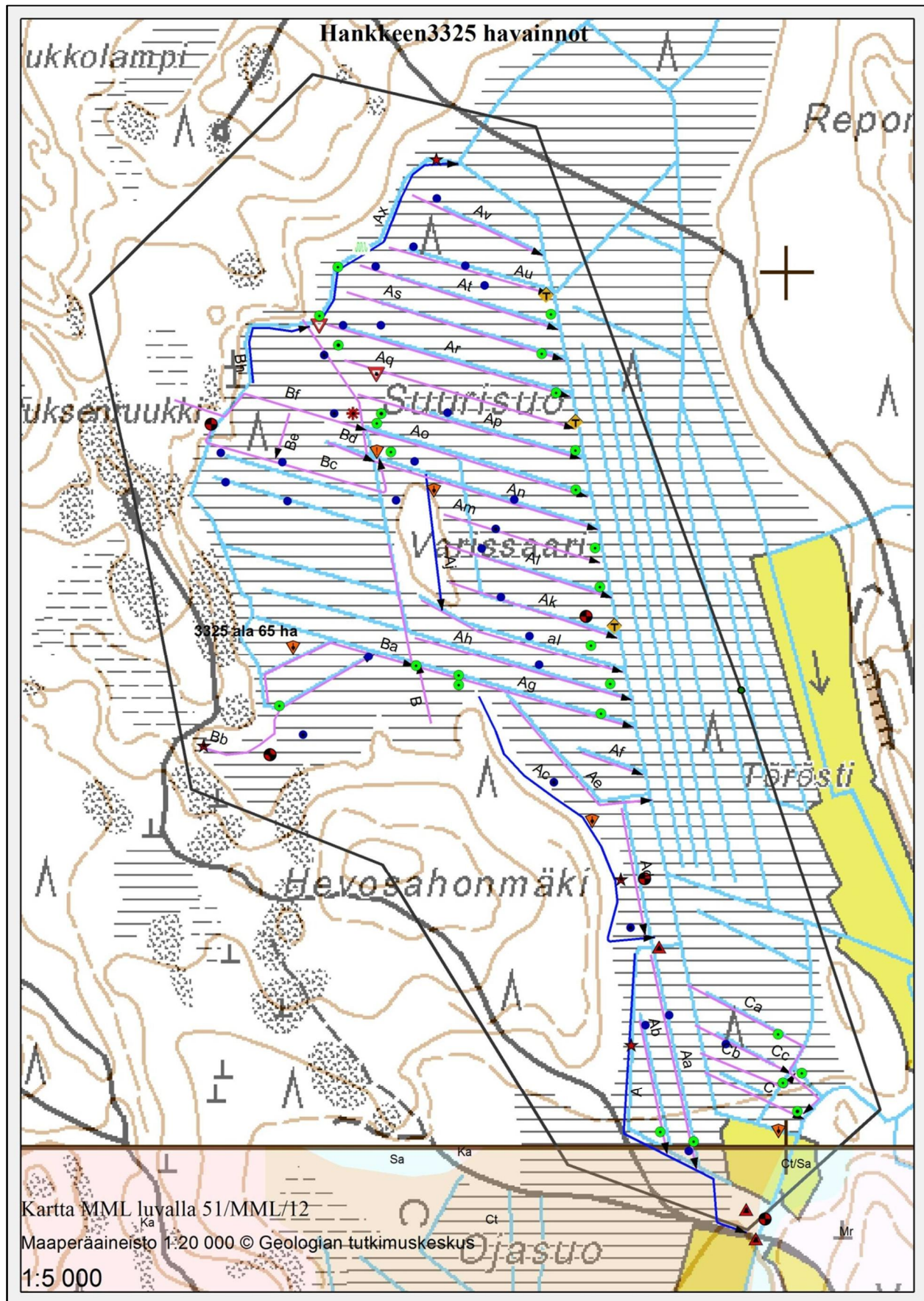
Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimet

Hanke	Laskeu- keu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3325	0	26	1	3	X	0,0	306,9

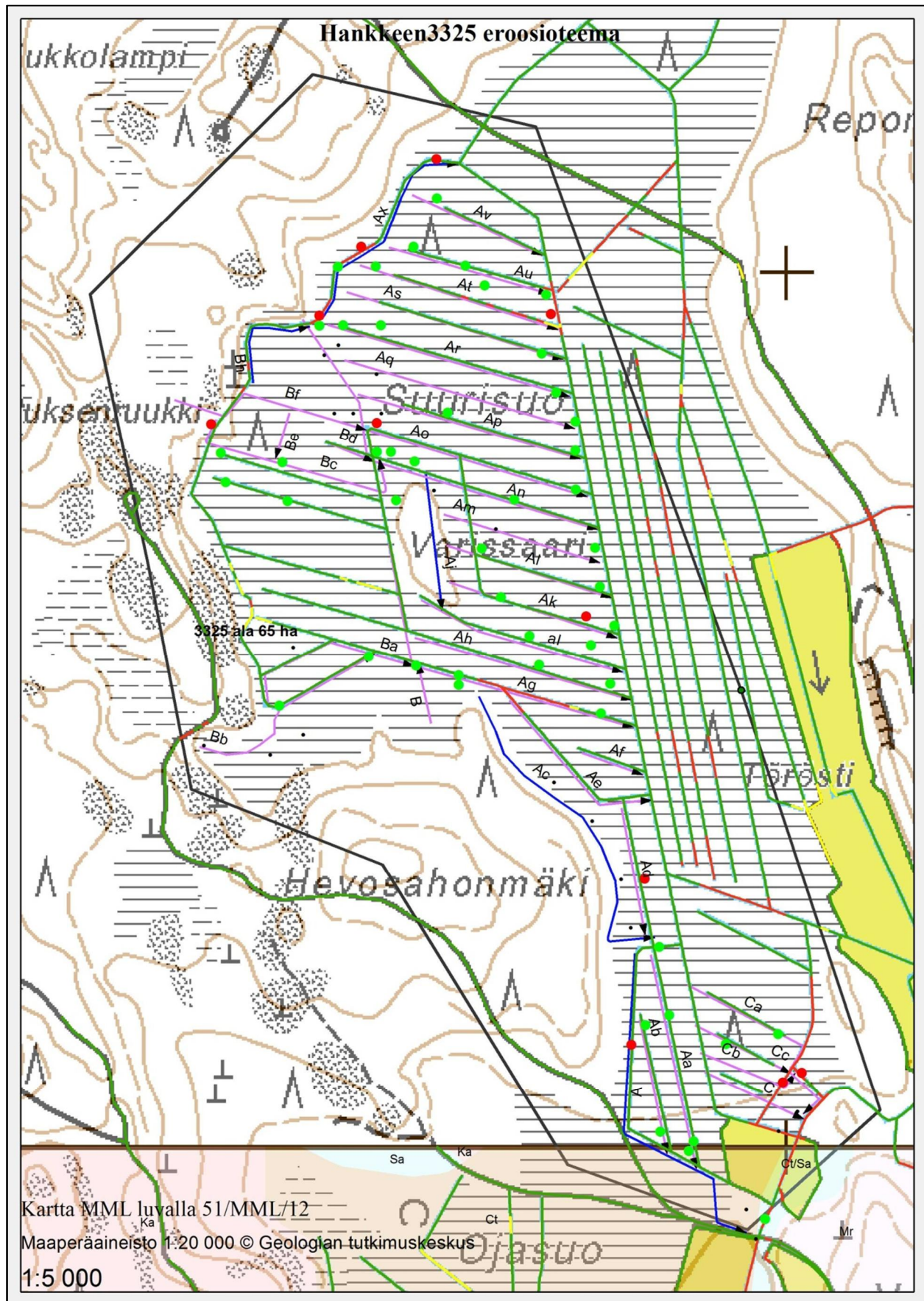


Kuva 3. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin

Arviokyky on erittäin hyvä koska hankkeella on paljon sarkaojaa jolle arvio on ”ei eroosioalttiutta”. Arvion osuvuutta parantaa lisäksi maaperä joka on paksua turvetta eikä siinä esiinny liekopuita.



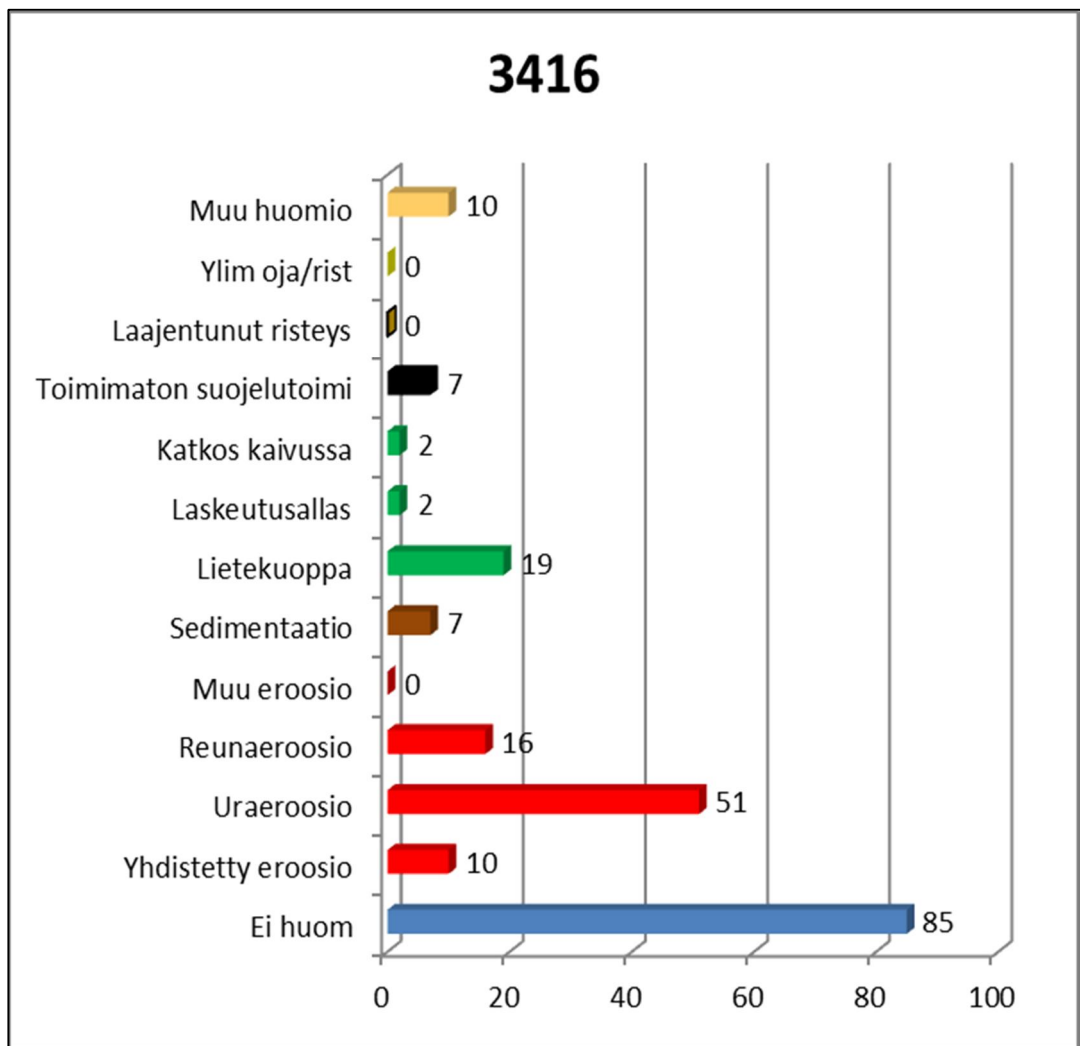
Kartta 1. Hankkeen 3325 kaikki havainnot



Kartta 2. Hankkeen 3325 eroosioteema

8.14 Hanke 3416

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.



Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain

Hankkeella tehtiin keskimääräistä enemmän havaintoja koska se oli tutkittavaksi kohteeksi erityisen sovelias monimuotoisuutensa vuoksi. Vertailuna voidaan esittää, että havaintoväli on noin 81 m kun keskiarvo on n. 116 m jota vielä pienentää hankkeet 2914 ja 3539 pienillä arvoillaan. Hankkeen tutkimiseen käytettiinkin normaalia enemmän aikaa.

Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimet

Hanke	Laskeu- keu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3416	2	19	2	7	165,0	3,5	692,2

Hankkeen vesiensuojelua on käsitelty osittain jo luvussa 5.2. Kuvassa 30 esitetään laskeutusallas numero hankkeen pisimmällä pohjois - eteläsuuntaisella pisto-øjalla. Altaassa todettiin olevan liian suuri virtausnopeus. Lietekuoppia hankkeelle on kaivettu epätasaisesti muutamiin ojiin. Kuvissa 2 ja 3 ovat muut kaksi laskeutusallasta. Kuvan 2 allas on muuten hyväkuntoinen mutta vesi virtaa liian nopeasti.

Altaalla tehtiin savukkeen filterillä testi jossa havaittiin läpimenoajaksi 3` 38". Veden läpimenoajan tulisi olla 1 h, keston pituudella varmistetaan pientenkin partikkelien uppoaminen altaan pohjalle.



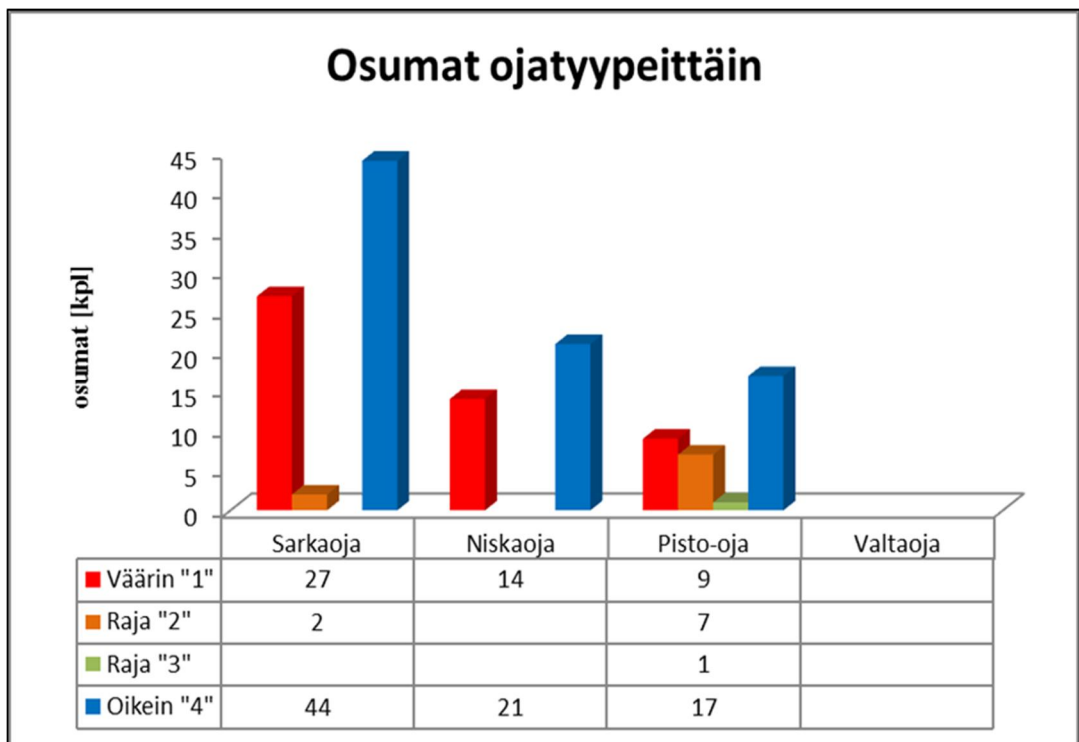
Kuva 2. Allas jossa virtausnopeus on liian suuri. Kuva on tekijän ottama.

Kuvassa 3 on hankkeen keskiosan allas joka on osittain täyttynyt lietteellä. Täyttyminen on merkki siitä, että allas on toimiva mutta se tulisi tyhjentää toimivuuden jatkumista varten.



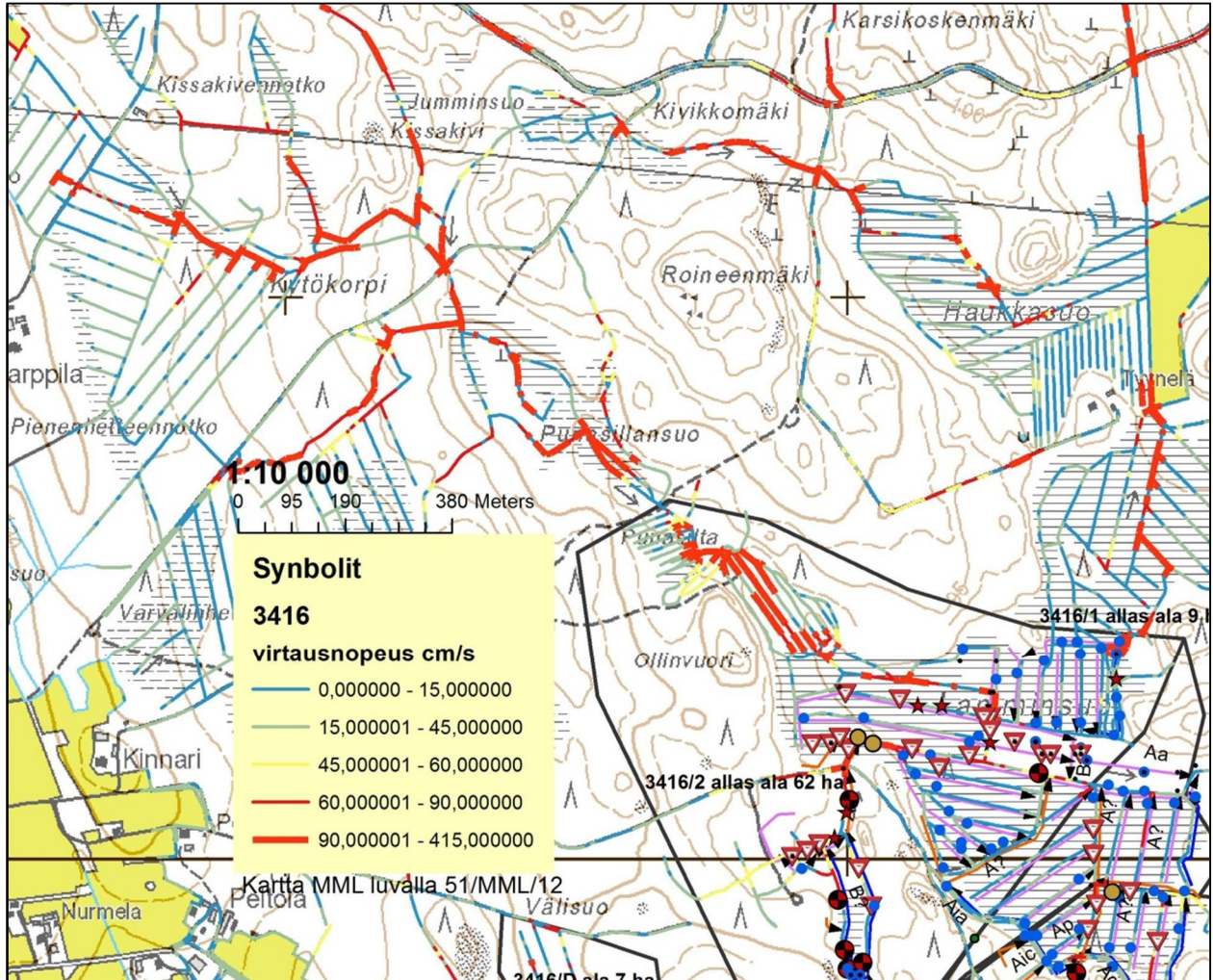
Kuva 3. Osittain täyttynyt laskeutusallas. Kuva on tekijän ottama.

Laskeutusaltaiden heikosta tilasta ja lietekuoppien puutteesta johtuen hanketta ei voi pitää kovin hyvin onnistuneena vesiensuojelultaan.



Kuva 4. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin

Eroosioarvio on toiminut hyvin etenkin sarkaojilla mutta myös niskaojilla on hyvä ennustuskyky. Erityispiirteenä hankkeella on sen suuri todellinen valuma-alue ja virtausnopeus uomissa. Seuraavassa kartassa 1 on esitetty eroosioihin liittyvät havainnot sekä RLGis virtausnopeusteema. Samaan karttaan perustuen esitetään myös valuma-alueen kokoa ja sen merkitystä.

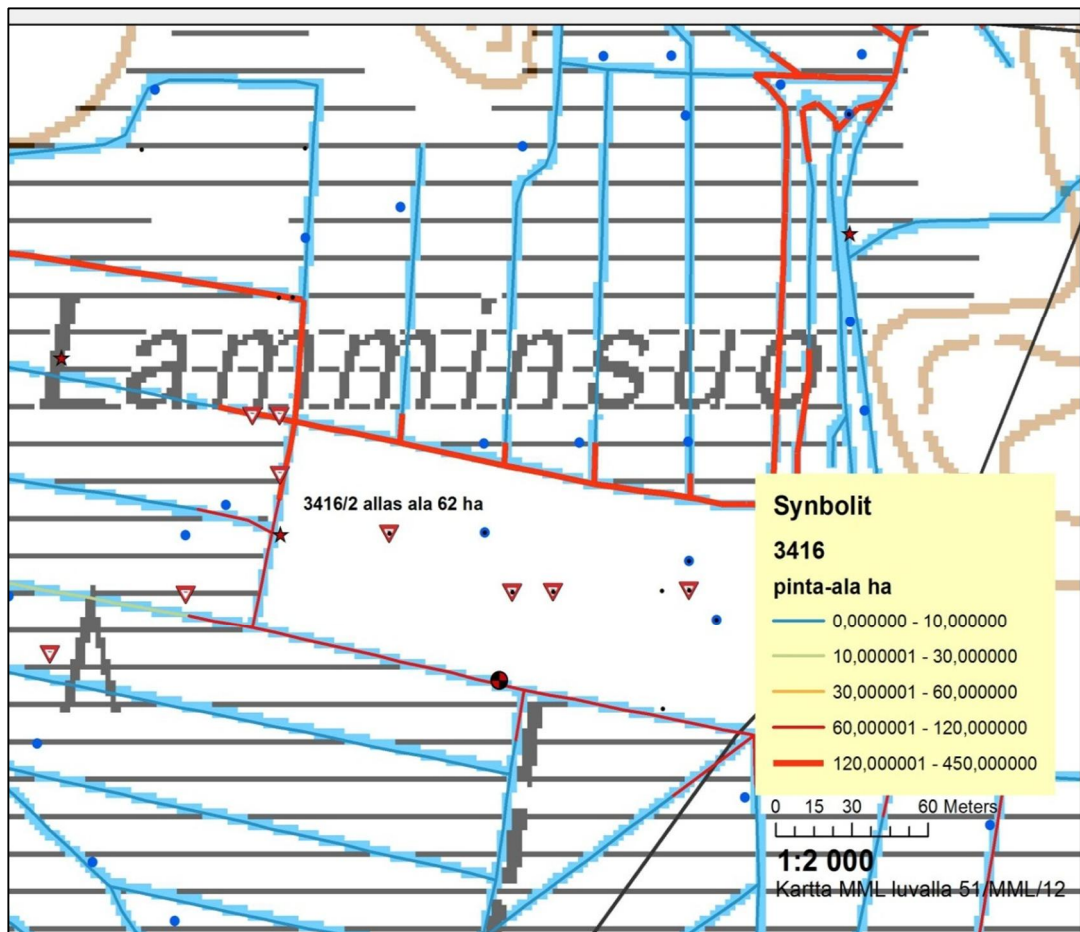


Kartta 1. Hankkeen 3416 luoteisosan virtausnopeusteema

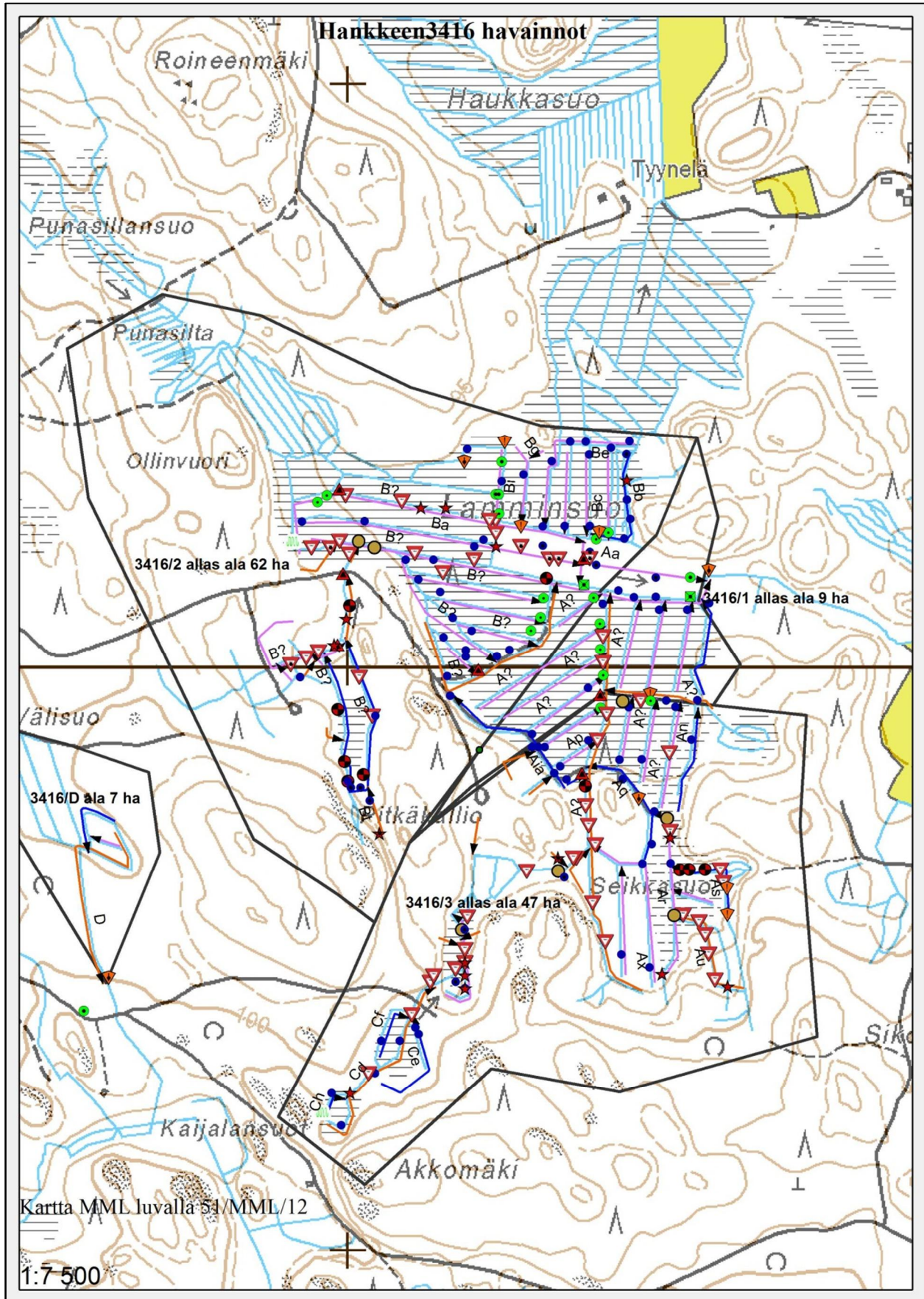
Kartassa 1 näkyy paksuina punaisina viivoina uomat joissa virtausnopeus on yli 90 cm s^{-1} . Karttaan on harmaalla piirretty työssä tehty valuma-alue joka uomaston ja maaston korkeuskäyrien mukaan on aivan liian pieni. Ojitussuunnittelija on suunnitellut valuma-alueen vielä pienemmäksi. Altaat on suunniteltu siten, että läntisimmän altaan valuma-alue on 15 ha, itäisimmän 20 ha ja eteläisimmän 12 ha. Valuma-alueet ovat erittäin pienet todellisuuteen nähden. Itse tehdyssä rajauksena käytettiin luoteessa kulkevaa polkua. Mikäli hanke rajataan ilman kritiikkiä koon suhteen, siitä muodostuu kokonaisuudessaan noin 190 ha alue, joka

laskee luoteesta hankealueen läpi itäisimmälle laskeutusaltaalle. Suunnittelussa onkin hankaluutena rajata alue oikein, kohtuullisen kokoiseksi alueeksi. Hankkeet tulisikin ketjuttaa valuma-alueittaisiksi kokonaisuuksiksi jolloin valuma-alueet on helpompi määrittää oikein. Mikäli tässä tapauksessa olisi käytetty oikeita valuma-alueiden kokoja, se olisi aiheuttanut huomattavia lisäkustannuksia. Näin suurilla alueilla tulee lisäksi ottaa huomioon se, ettei yhden laskeutusaltaan valuma-alue olisi yli 50 ha.

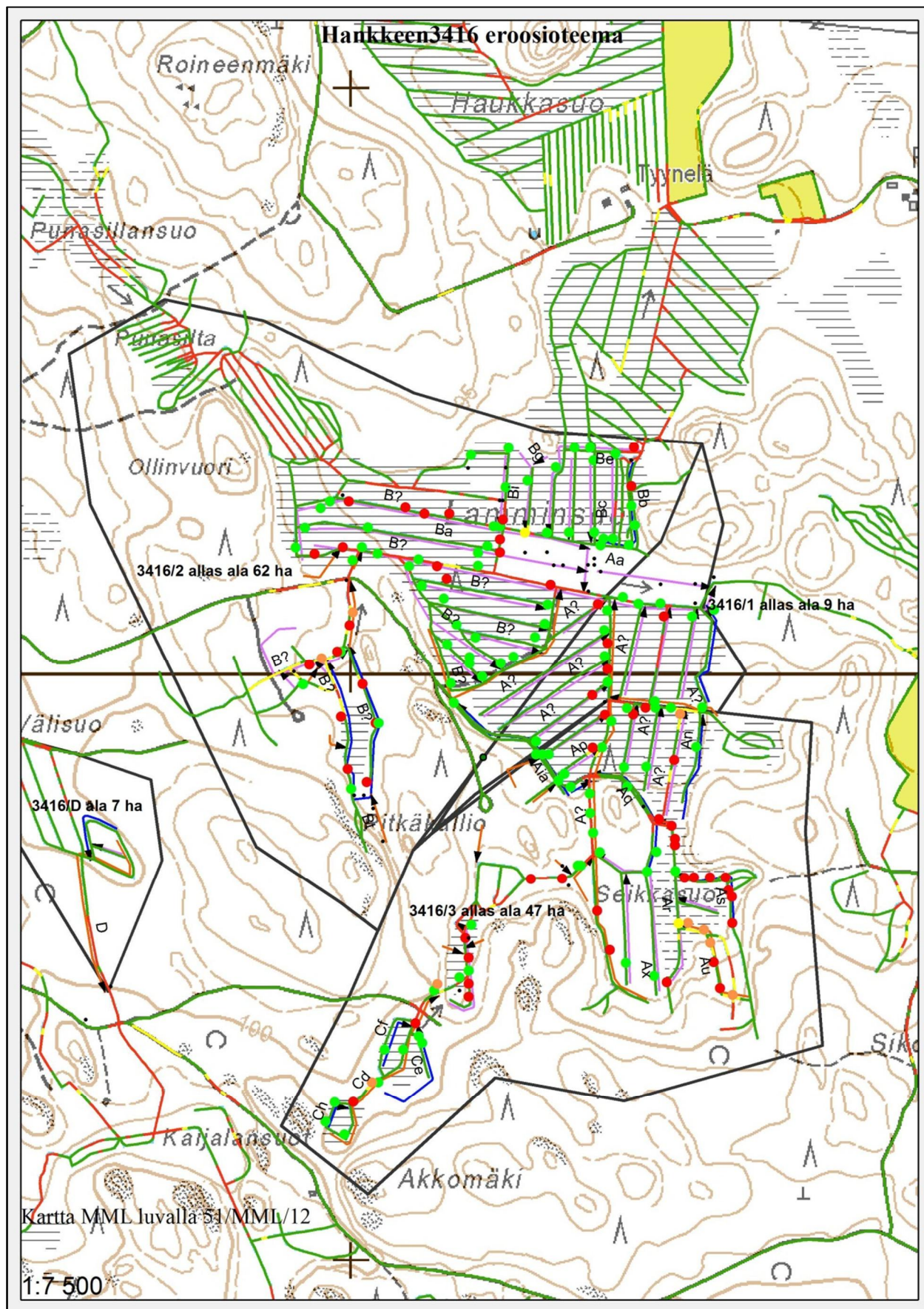
RLGis arviossa on outoa esimerkiksi se, että arvion mukaiset valuma-alueet voivat pienentyä siirryttäessä uomastossa alaspäin. Kartassa 2 on esimerkki tapauksesta, jossa pohjoisesta etelään kulkevalla ojalla tapahtuu pinta-ala muutos noin uraeroosiomerkin kohdalla. Viimeisen 120 - 450 ha segmentin tarkka arvo on 432,7 ha ja sitä seuraavan 60 - 120 ha segmentin arvo on 109 ha. Loogisesti arvon tulisi suurentua eikä pienentyä.



Kartta 2. Pinta-ala-teema hankkeelta 3416



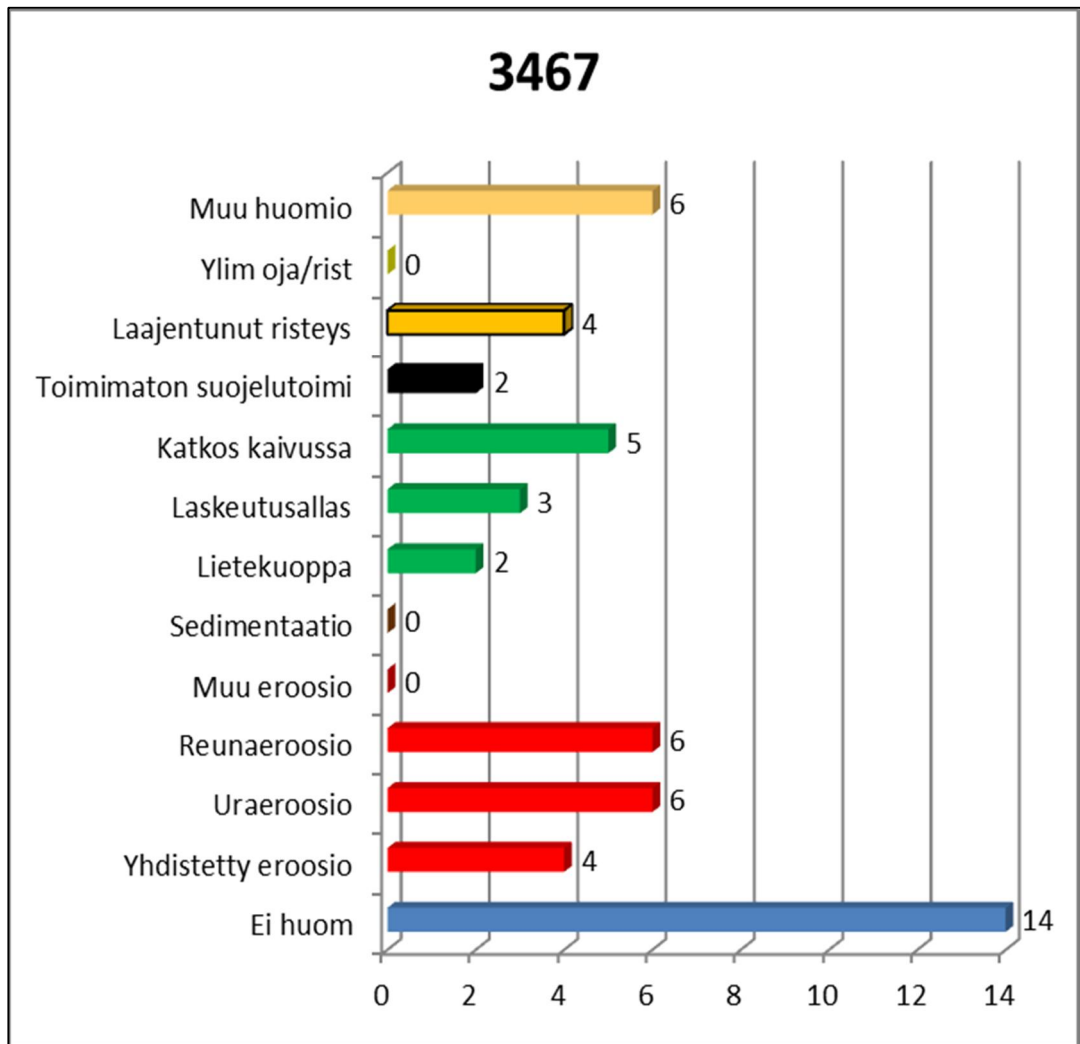
Kartta 3. Hankkeen 3416 kaikki havainnot



Kartta 4. Hankkeen 3416 eroosio-alue

8.15 Hanke 3467

Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.



Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Tämän hankkeen muut huomiot ovat lähinnä maastossa tehtyjä tarkastusmerkintöjä siitä onko ojat kaivettu oikeisiin paikkoihin suhteessa ojasuunnitelmaan. Kyseisellä alueella on monta samansuuntaista ojaa joissa on helppo erehtyä ilman tarkkaa paikannusta. Vaikka käytössä oli GPS -laite karttoineen, niin suunnistaminen oli varsin haasteellista tiheässä kuusikossa.

Lietekuoppien osalta hanke on puutteellinen, siellä ei ole läheskään jokaisessa ojassa kaivettua lietekuoppaa. Laskeutusallat olivat oikein mitoitettut, eteläinen allas oli jo kosteikkomainen ja siinä kasvoi erilaisia vesikasveja. Vaikka allas on täytynyt lietteellä, sen tyhjentäminen ei kuitenkaan olisi järkevää. Allas toimii

kuitenkin virtausta hidastavasti ja todennäköisesti sen perkaamisesta seuraisi enemmän ravinnehuuhtoumaa kuin se voisi kunnostettuna pidättää.

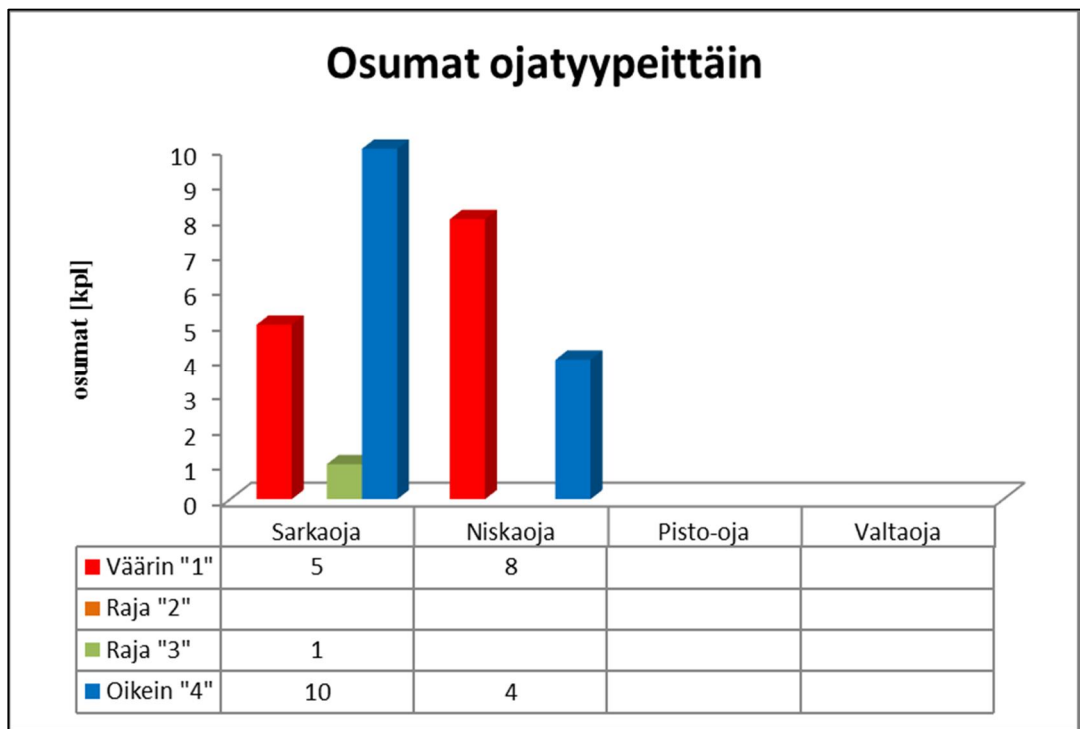
Hanke on valuma-alueeltaan selvästi kahteen suuntaan laskeva, tämä onkin merkittynä ojituskarttaan ja se on huomioitu laskeutusaltaita suunniteltaessa. Jos lietekuopat olisi kaivettu, olisi hanke ollut hyvä vesiensuojelultaan.



Kuva 2. Eteläinen laskeutusallas

Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimet

Hanke	Laskeu- keu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3467	3	2	5	2	155,0	3,1	2071,0



Kuva 3. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin

Niskaojissa havaittiin ilmiö jossa ojan reuna oli erodoitunut toispuoleisesti rinteeseen puolelta. Kuvassa 4 on eroosio alueen itäisimmältä niskaojalta. Vastaavaa eroosiota myös länsireunalla, todennäköisesti eroosio johtuu rinnettä pitkin valuvasta vedestä. Samaa ilmiötä havaittiin myös muualla.

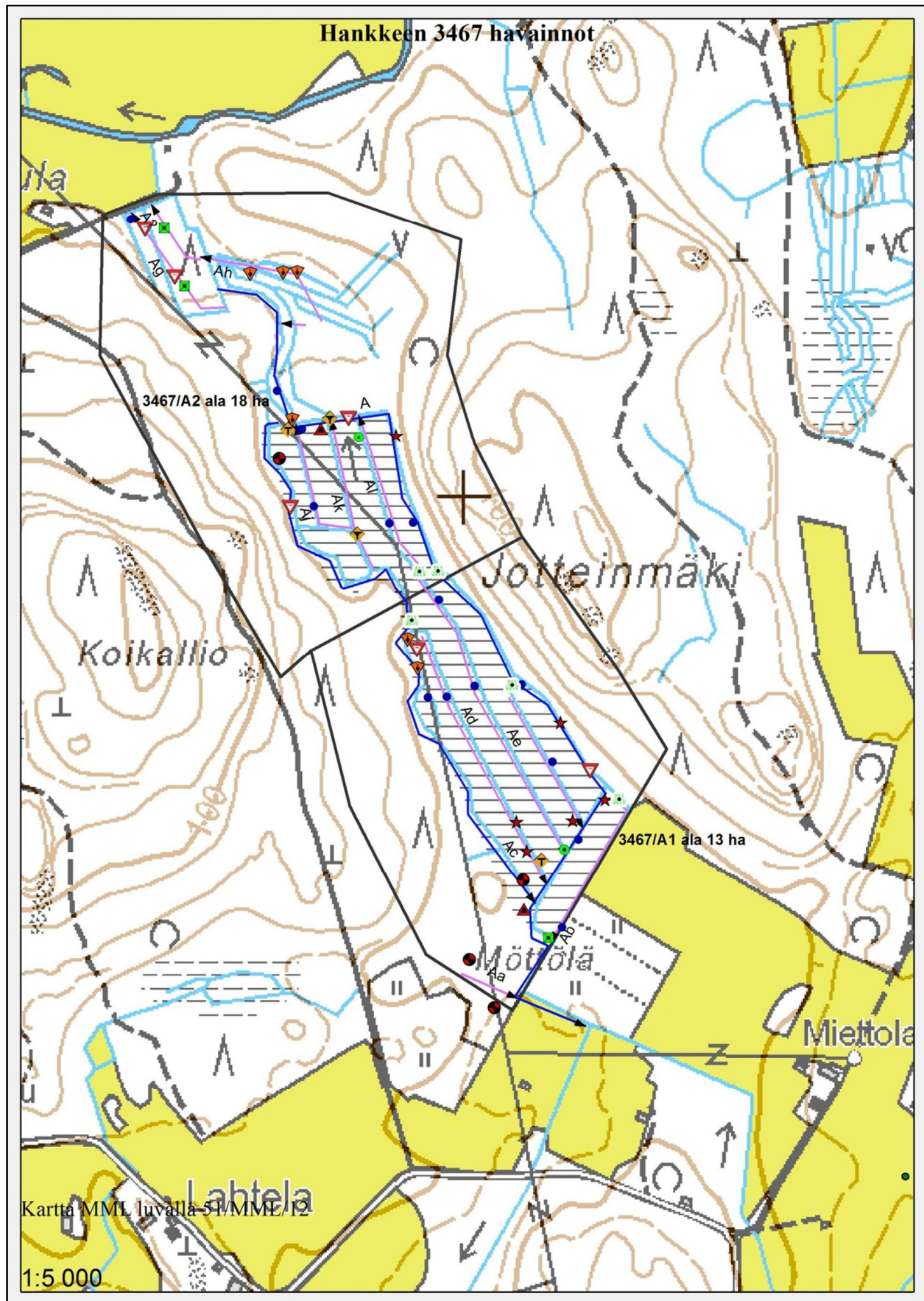


Kuva 4. Eroosio ojan rinteeseen puoleisella osalla. Kuva on tekijän ottama.

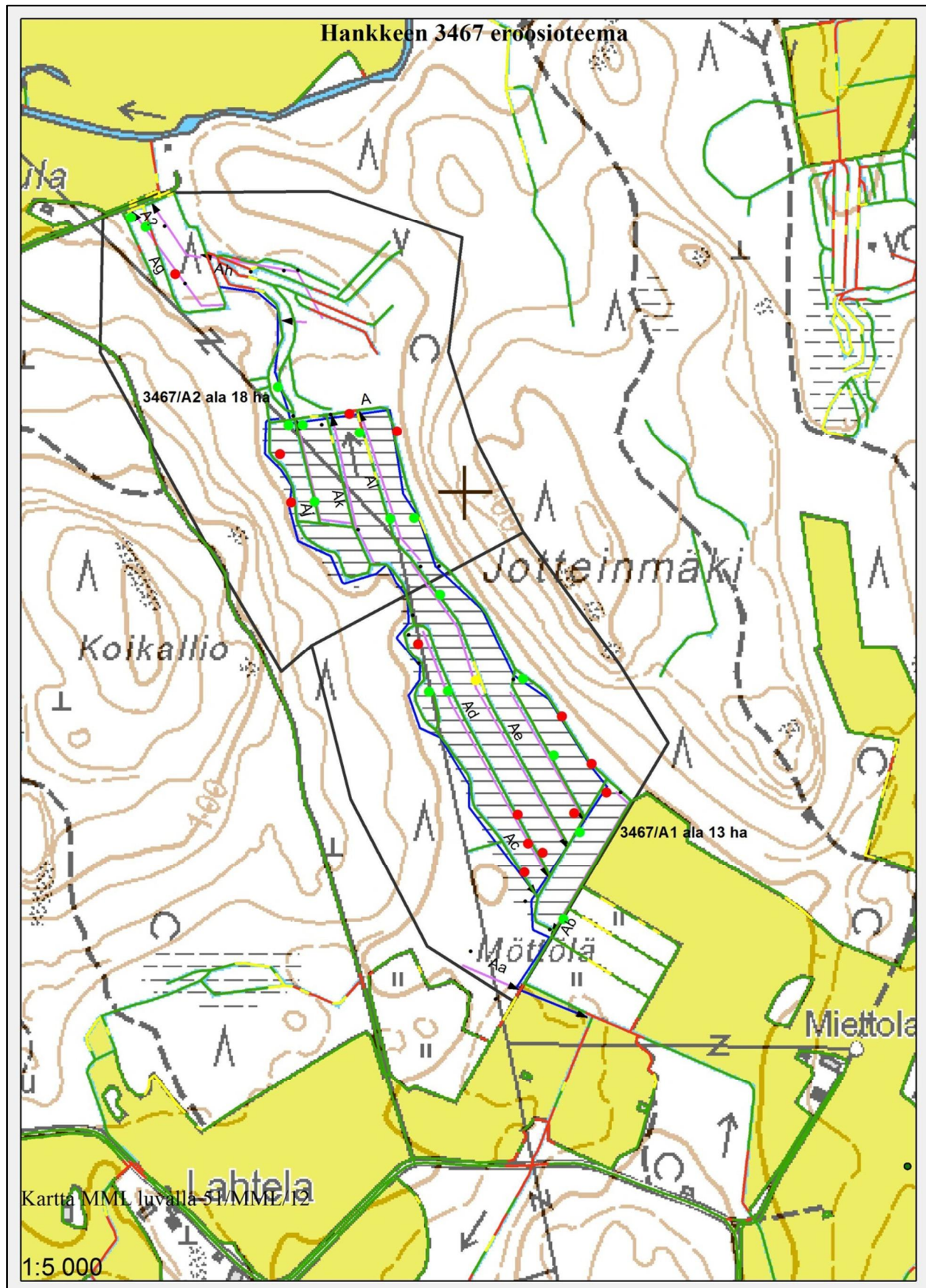
Itäisen niskaojan eteläisimmän mutkan jälkeen havaittiin tyypillinen U -muotoinen ojaeroosio, sen syntytaapa voi olla esimerkiksi se, että oja urautuu ensin ja sen jälkeen sen reunat romahtavat jolloin oja madaltuu ja levenee. Seuraavan kuvan 5 ojan mitat ovat pinnalta 1,5 m, puolivälistä syvyyttä 1,8 m, pohjalta 1,5 m ja syvyys 0,5 m. Pintaturpeen alla näkyy selkeästi syöpymää jonka vuoksi puolivälimitta on suurempi kuin pintamitta. Suhdeluvun laskennalla saatiin selvitettyä tarkasti myös tämän havainnon laatu. Suhdeluvun laskenta on käsitelty kappaleessa 6.5.3.



Kuva 5. U -muotoiseksi muuttunut oja. Kuva on tekijän ottama.



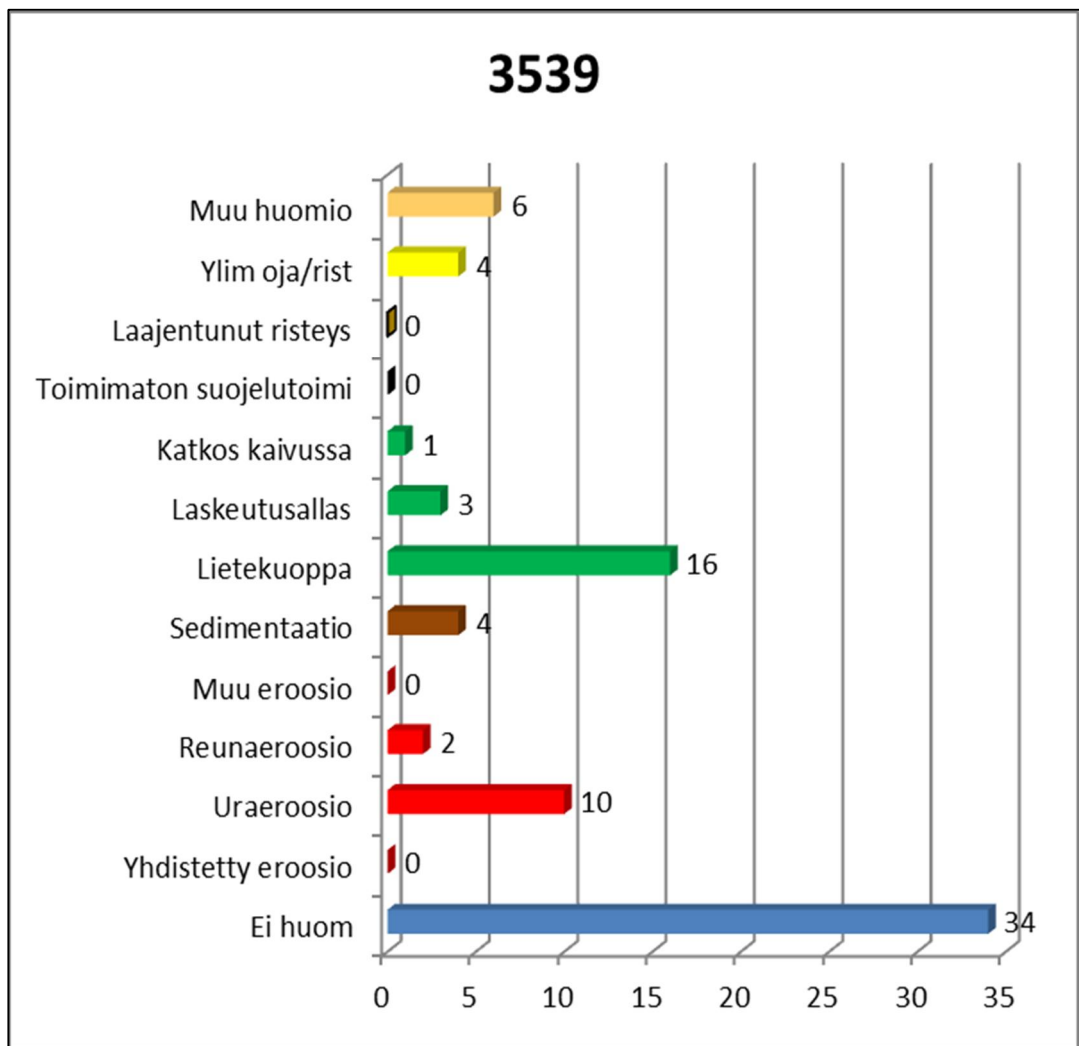
Kartta 1. Hankkeen 3467 kaikki havainnot



Kartta 2. Hankkeen 3467 eroosioteema

8.16 Hanke 3539

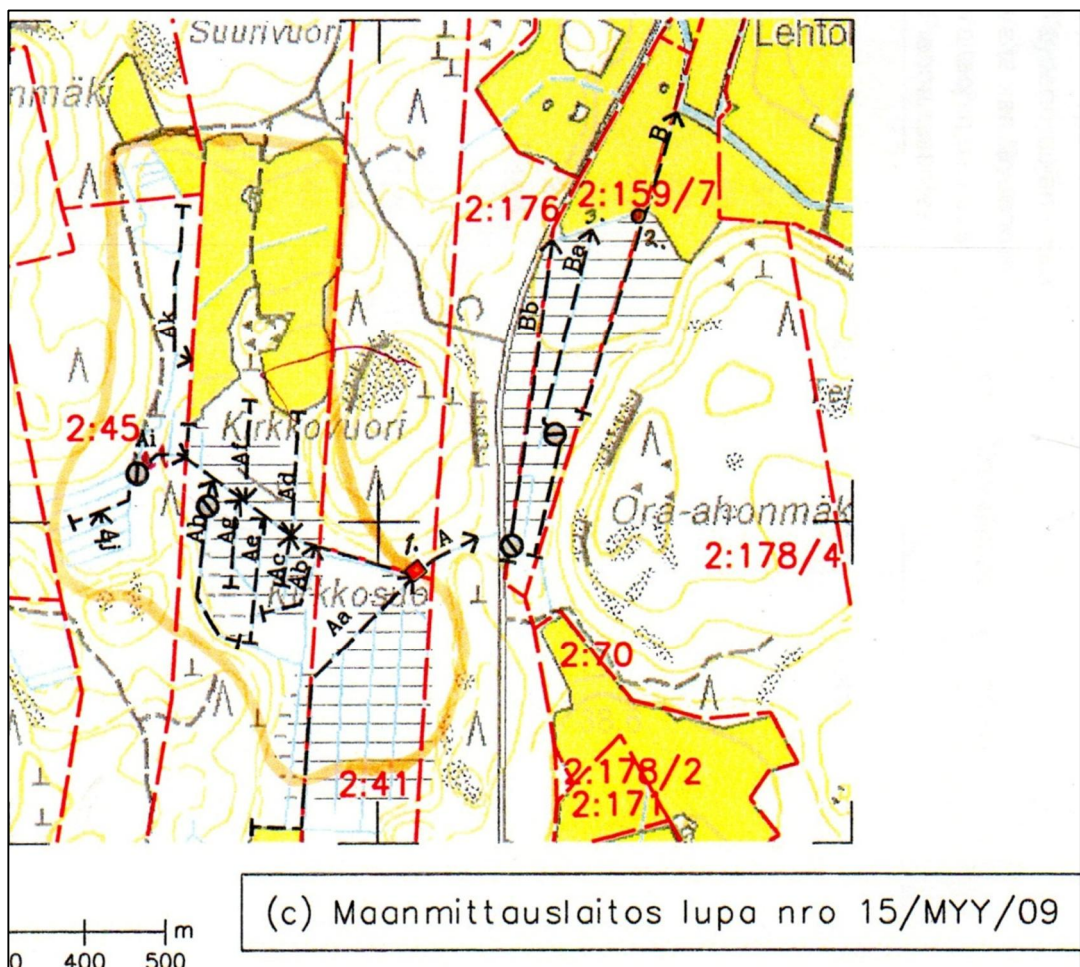
Kuvassa 1 esitetään hankkeella tehtyjen havaintojen kokonaismäärä luokittain.



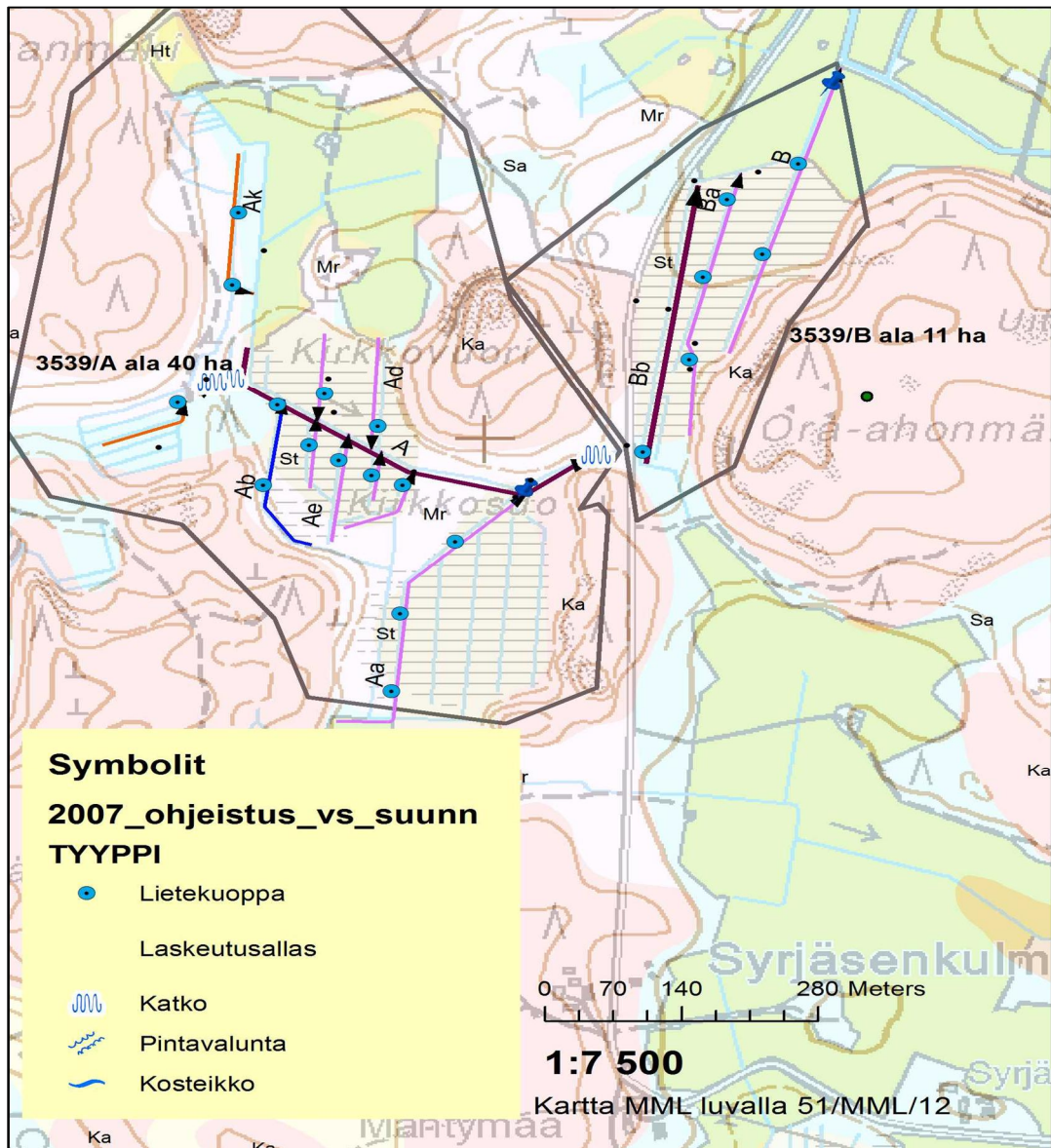
Kuva 1. Hankkeella tehtyjen havaintojen määrä luokittain

Havaintoja tehtiin tällä hankkeella enemmän ojien pituuteen verrattuna kuin muilla hankkeilla koska hanke oli pilottihankkeena jota tutkittiin laitteiston ja menetelmien käyttöä varten. Tutkimus aloitettiin jo keväällä 2011 ennen kuin sarkaojat oli kaivettu. Laskennallinen tutkimuspisteväli on noin 65 metriä. Kuvasta 1 voi havaita luokan ”ei huom” olevan erityisen suuri verrattuna eroosiluokkiin. Suuri erotus johtuu ainakin osittain siitä, ettei ojiin ole ennättänyt muodostua eroosiota. Havaintojen ja ojituksen välillä ei ollut yhtään ylivilunutta vaikka syksy 2011 olikin tavanomaista sateisempi (Ilmatieteenlaitos, 2012.)

Vesiensojeluimenpiteet olivat onnistuneet kokonaisuutena melko hyvin. Suunnittelussa karttaan oli jäänyt piirtämättä sarkaojille lietekuoppia kuten suunnitelmasta skannaamalla tehty kuva 2 osoittaa. Lietekuopat on kuitenkin pääasiallisesti toteutettu. Hankkeen pitkille sarkaojille olisi tullut nykyisen käytännön mukaan kaivaa lietekuoppia myös noin 100 metrin välein. Kartassa 1 joka on laadittu Metsähallituksen ohjeen mukaan voi havaita välikuopat, lisäksi siihen on piirretty ohjeen lisäksi kuoppia myös pisto-ojille. Samanlainen ohjeisto on julkaistu myös TASO-hankkeessa (Joensuu, et al., 2012.) Pisto-ajat on jo aiemmin tässä työssä todettu eroosioherkiksi, joten lietekuopat lisääisivät vesiensojelun tehokkuutta, myös niskaojille voi olla perusteltua kaivaa lietekuoppia.



Kuva 2. Suunnitelmasta skannattu kopio



Kartta 1. Metsähallituksen ohjeiston mukainen vesiensuojelusuunnitelman kartta

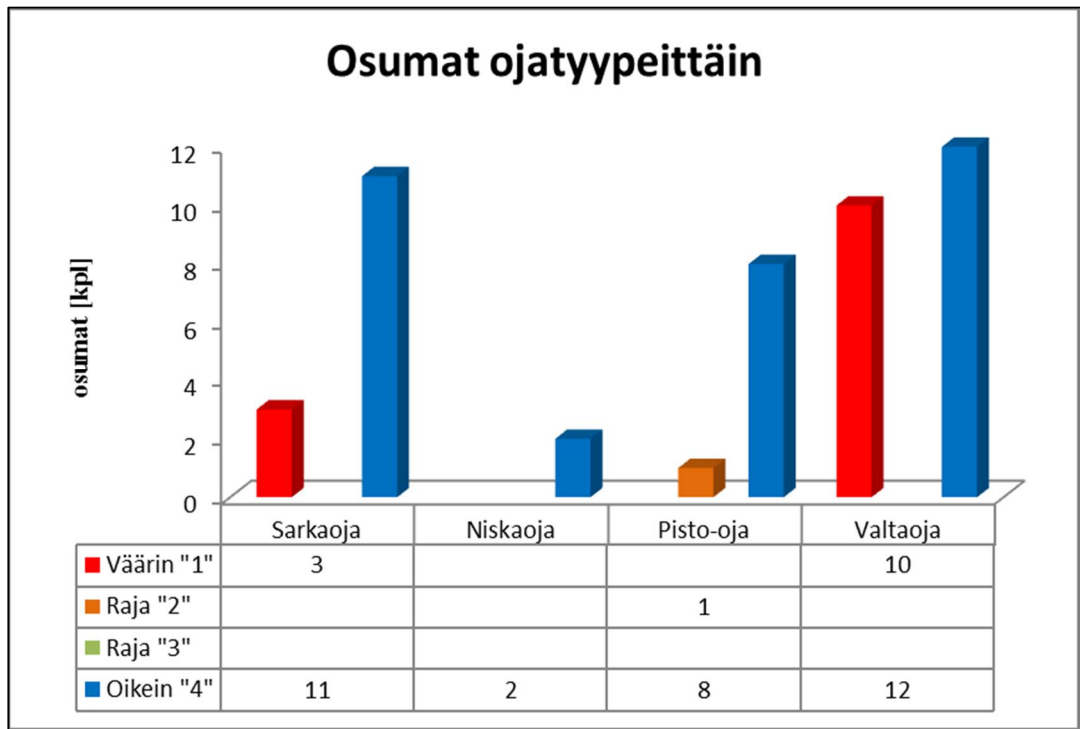
Kartan mukaiselle valuma-alueelle A sopivan kokoinen laskeutusallas on 120 - 200 m² ja alueelle B 30 - 50 m². Hankkeella toteutunut pinta-alasuhde on pieni ohjeiston mukaan. Valtaojan A ja sarkaojan Aa risteyksessä olevaa laskeutusallasta voisi laajentaa siten, että ojaa Aa levennetään esimerkiksi 10 - 15 metrin matkalta. Leventämisellä virtausnopeus pienenesi ojassa Aa. Kuvassa 3, joka on otettu talvella, näkyy Aa:n virtauksen aiheuttama jään sulaminen ja pyörteily veden pinnalla. Virtaus oli kuitenkin niin hidas, että pintakoho ei edennyt tunnin aikana juuri lainkaan. Syksyllä 2011 joulukuun alussa, havaittiin selkeästi veden värin avulla kuinka Aa:n vesi virtasi suoraan kuvassa näkyvää oikeaa reunaa pitkin. Veden virtausnopeutta ei päästy mittaamaan tutkimusapulaisen pudottua ojaan ja kastuttua pahoin.



Kuva 3. Laskeutusallas valuma-alueelta A

Taulukko 1. Toteutuneet vesiensuojelutoimenpiteet

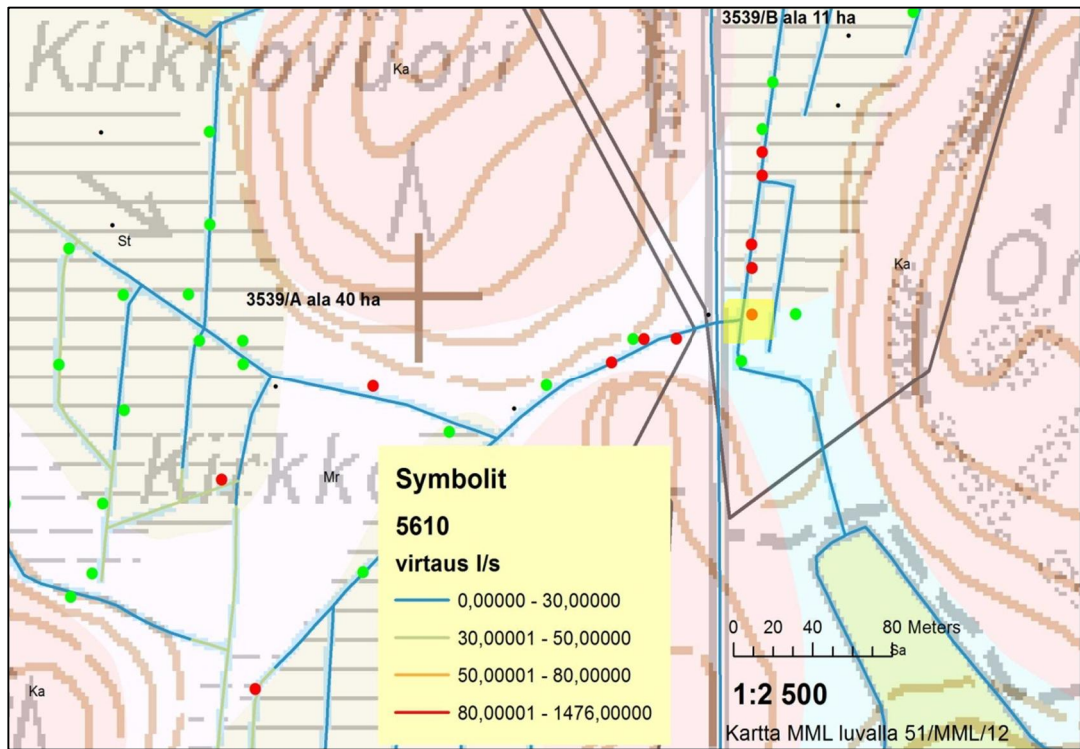
Hanke	Laskeu- keu- tusallas [kpl]	Liete- kuoppa [kpl]	Katkos kaivussa [kpl]	Toimimaton suojelutoimi [kpl]	Allas pa [m ²]	Pinta- alasuhte [m ² ha ⁻¹]	Liete- kuoppa [m kpl ⁻¹]
3539	3	16	1	0	100,0	2,7	182,8



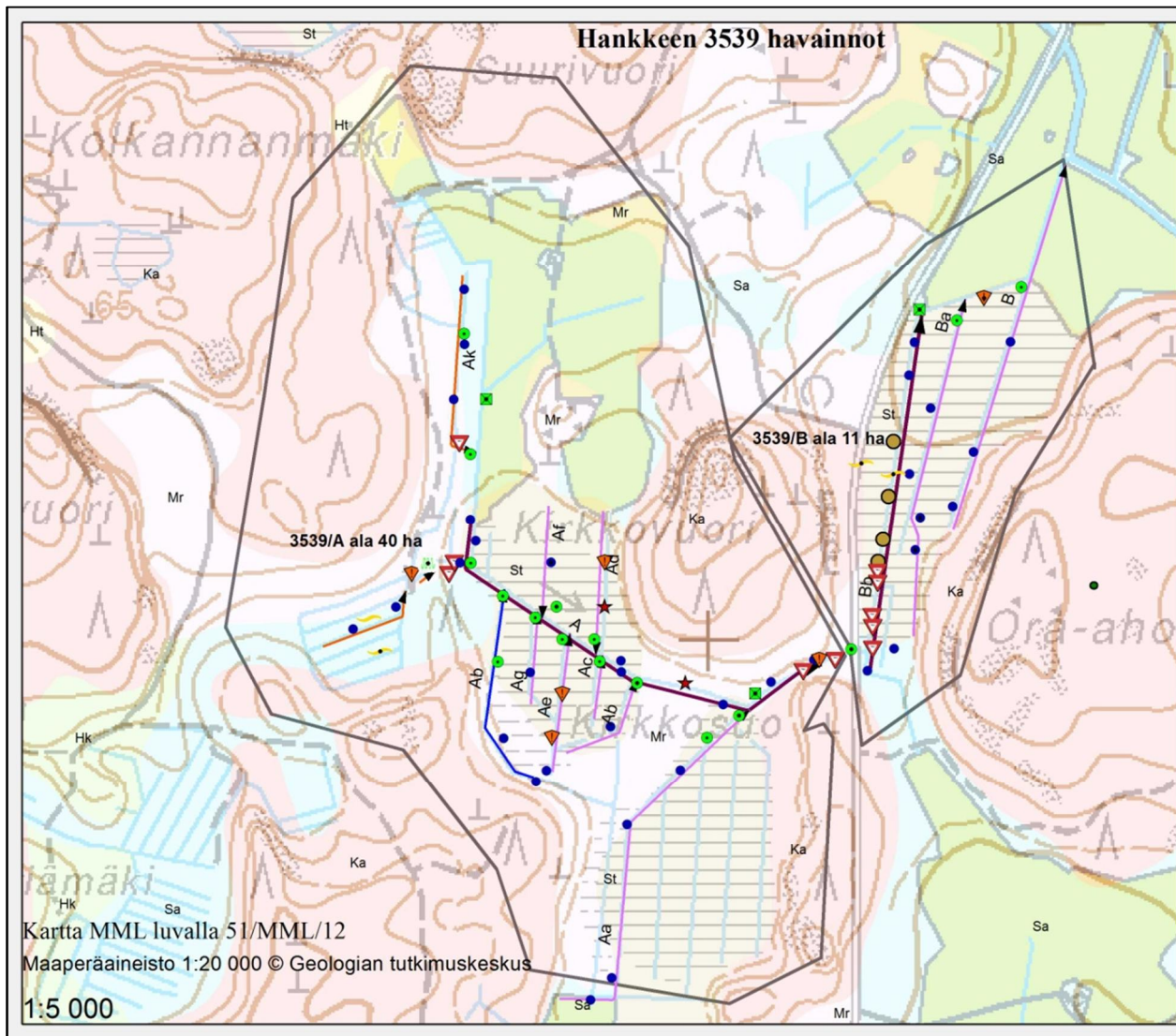
Kuva 3. Eroosioarvion osumat ojatyypeittäin

Sarkaojilla arvio on oikein hyvin toimiva kuten myös pisto-ojilla. Niskaojilla tehtiin vain vähän havaintomerkintöjä koska niskaojaakin on vain vähän. Valtaojilla tehtiin tavanomaista enemmän havaintoja joka johtuu hankkeen tutkimisesta useammalla kerralla sekä siitä, ettei ensimmäisillä kerroilla muita ojia ollutkaan. Havaintopisteitä ei katsottu aiheelliseksi jättää runsauden vuoksi pois.

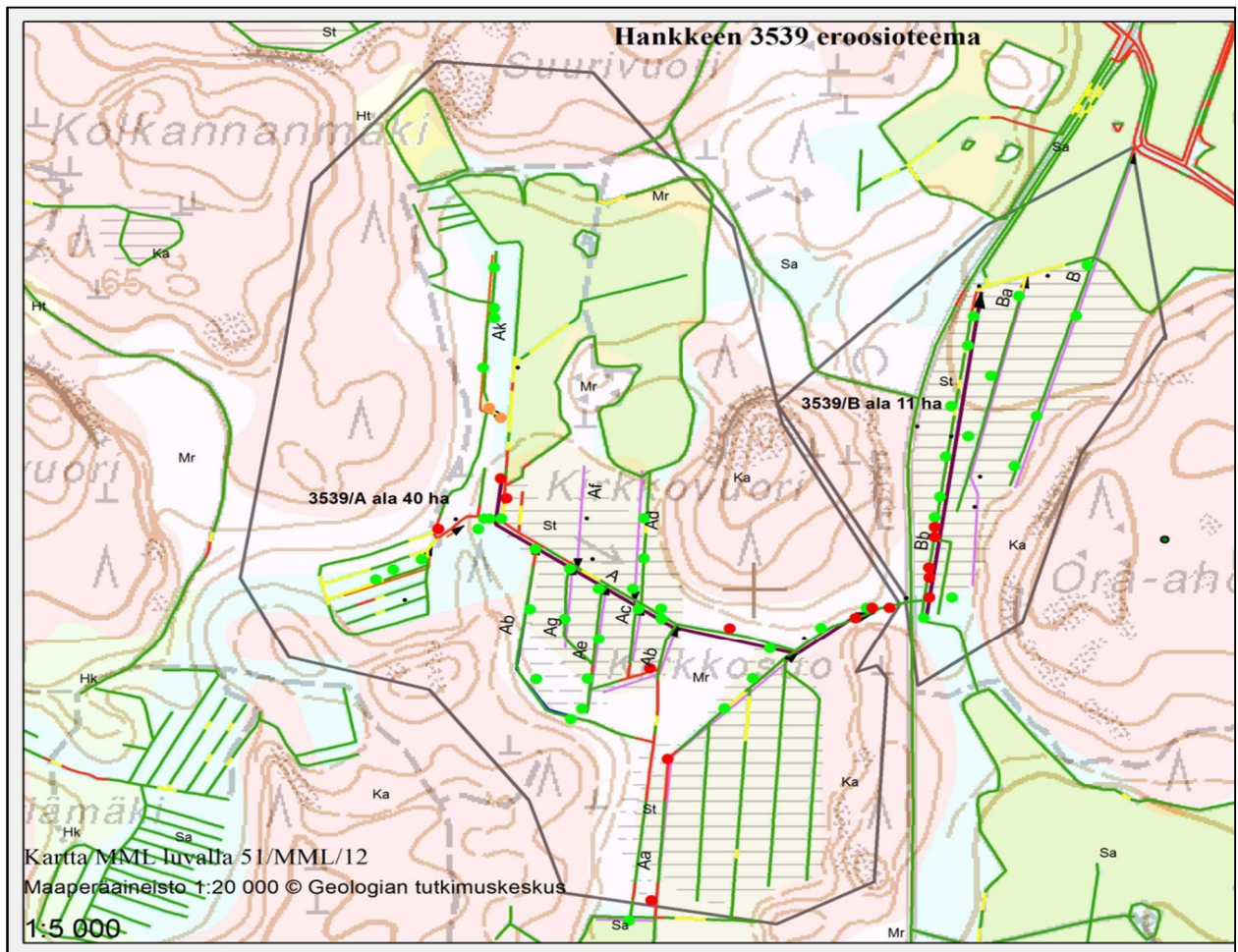
Virhekeskittymä on ojan Bb eteläpäässä, lukuisat virheet johtunevat siitä, että ojustossa oli huomattavasti suurempi virtaama kuin mitä RIGis arvioi. Mittauksessa joka tehtiin tien ali menevän putken kohdalla, virtaamaksi saatiin noin 100 l s^{-1} . Mittauspaikka on merkitty keltaisella korostusvärillä karttaan. Mittaustekniikkana käytettiin pintakohoa ja sekuntikelloa joilla mitattiin läpimenoaika, putken pituus mitattiin sisäpuolelta metrimittalla, vesipinta-ala laskettiin putken halkaisijalla ja vesipinnan jänteellä jotka mitattiin metrimittalla. Kartan 1 mukaisesti virtausnopeudeksi arvioidaan alle 30 litraa sekunnissa. Koska hankkeella ei tehty puustomittauksia eikä sademäärääkään ollut tarpeeksi luotettavasti käytävissä jätettiin valunnan määrittäminen pois.



Kartta 1. Virtausnopeusteema



Kartta 2. Hankkeen 3539 kaikki havainnot



Kartta 3. Hankkeen 3539 eroosioiteema