

Hydrologinen selvitys

Utajärven Ponteman tuulivoimapuisto
Tuulipuisto Pontema Oy



Päiväys	31.5.2022
Tekijä	Otto Bigler, Paula Bigler
Tarkastaja	Sanna Vaalgamaa
Projektinumero	YKK67033

Sisällys

1	Tausta	1
1.1	Lähtöaineisto.....	2
2	Nykytila.....	3
2.1	Hydrologia	5
2.1.1	Vesipinta ja ravinteet	5
2.1.2	Virtaussuunnat.....	6
2.2	Valuma-alue tarkastelu	8
3	Mikrovaluma-alue- ja virtaussuuntatarkastelu	8
3.1	Menetelmä	8
3.1.1	Epävarmuustekijät.....	9
3.2	Tulokset	9
4	Vaikutusten arviointi	12
4.1	Rakentamistavat ja niiden vaikutukset veden johtumiseen	12
4.2	Rakentamisen aikaiset vaikutukset.....	13
4.3	Pysyvät vaikutukset.....	13
4.4	Vaikutukset tilanteessa, jossa rakenteen vedenläpäisevyys muuttuu pidemmällä aikavälillä	14
4.5	Mahdolliset vaikutukset alueen kasvillisuuteen	16
5	Johtopäätökset.....	16
	Lähteet	17



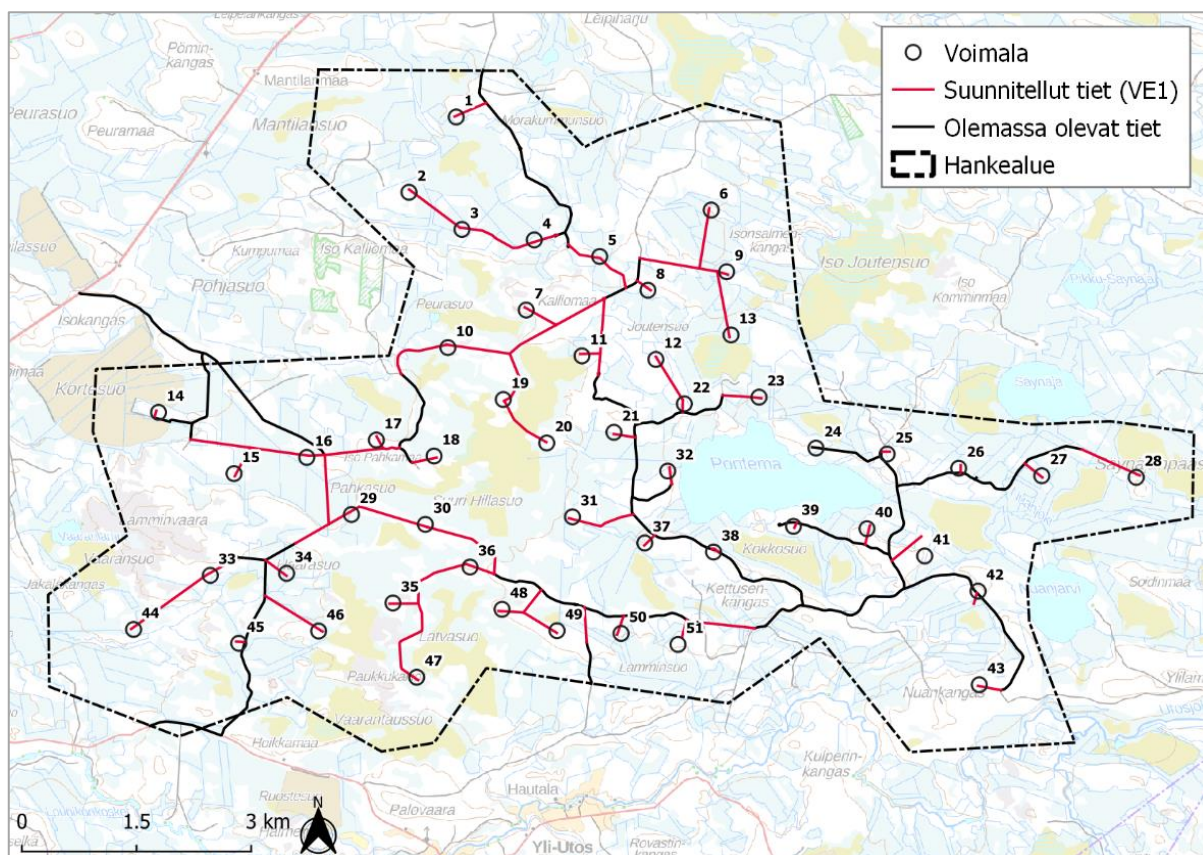
1 Tausta

Utajärven kunnan koillisosiin on suunnitteilla Tuulipuisto Pontema Oy:n tuulivoimahanke, jonka toteutusvaihtoehdoissa rakennetaan hankealueelle 51 tai 45 voimalaa tieverkostoineen. Osa suunnitelluista voimaloista sijaitsee metsäojitusten ympäröimän, mutta muuten luonnontilaisen aapasuoyhdistymän alueella hankealueen länsiosassa (Kuva 1). Aapasuoyhdistymän reuna-alueilla kulkee yksittäisiä vanhoja metsäautoteitä, mutta muuten suoalue on rakentamatonta.

Ponteman tuulivoimaosayleiskaavan OAS-YVA-suunnitelma (Sweco) on ollut nähtävillä 24.6.-23.8.2021. Yhteysviranomaisen (POPELY) lausunnon mukaan ainakin hankevaihtoehdon 1 voimalat 10, 19, 18, 17, 29, 30, 35, 47 ja 46 sijoittuvat alueelle siten, että niiden rakentaminen edellyttäisi uusien teiden rakentamista luonnontilaisen suon yli. Tällä tulisi lausunnon mukaan olemaan vääjäämättömiä vaikutuksia suon hydrologisiin toimintoihin. Häiriöt suon hydrologiassa muuttavat muun muassa suokasvillisuuden sukkessiokehitystä, joka puolestaan välillisesti vaikuttaa suon muuhun eliöstöön, turpeen laatuun ja sen kertymiseen sekä suoekosysteemin kaasujenvaihtoon.

Hydrologisen selvityksen avulla voidaan arvioida hankkeen aiheuttamia muutoksia suon hydrologiassa ja sen välittömiä sekä välillisiä vaikutuksia suon eri osa-alueilla rakentamisen ja käytön aikana. Selvitys keskittyi yhteysviranomaisen lausunnon sekä alustavan karttatarkastelun perusteella hankealueen länsiosiin, jossa sijaitsee laaja luonnontilainen aapasuokompleksi.





Kuva 1. Hankealue ja alueelle suunnitellut tiet sekä voimalat (VE1).

1.1 Lähtöaineisto

Selvityksessä käytettiin Maanmittauslaitoksen, SYKEN, Geologian tutkimuskeskuksen ja Ilmatieteen laitoksen avoimia aineistoja sekä avoimia paikkatietoaineistoja. Maanmittauslaitoksen ortokuvien avulla arvioitiin silmämääräisesti suon rakennetta. Lisäksi suon hydrologiaa pystyttiin suurpiirteisesti päättelemään alueelta tehdyn luontoselvityksen perusteella (FCG, 2021).

Maanmittauslaitoksen korkeusmallia (DEM 2m) käytettiin paikkatietoanalyysissa. Analyysillä rajattiin suokokonaisuudesta pienempiä mikrovaluma-alueita sekä selvitettiin suoveden virtausreitit.

Suokokonaisuuden valuma-alue määritettiin Metsäkeskuksen karttapalvelun valuma-aluetyökalun sekä mikrovaluma-alueanalyysin avulla. Lisäksi apumateriaalina käytettiin Maanmittauslaitoksen maastotietokannan materiaalia, maastokartan merkintöjä sekä SYKEN valuma-alue-aineistoa. Alueelta ei ole tarkkoja sadanta- ja haihduntatietoja, maaperäanalyysseja tai kasvillisuustietoja minkä vuoksi valuma-alueella muodostuvan pintavalunnan määrää arvioidessa käytettiin avoimia, suuntaa antavia lähtötietoja.



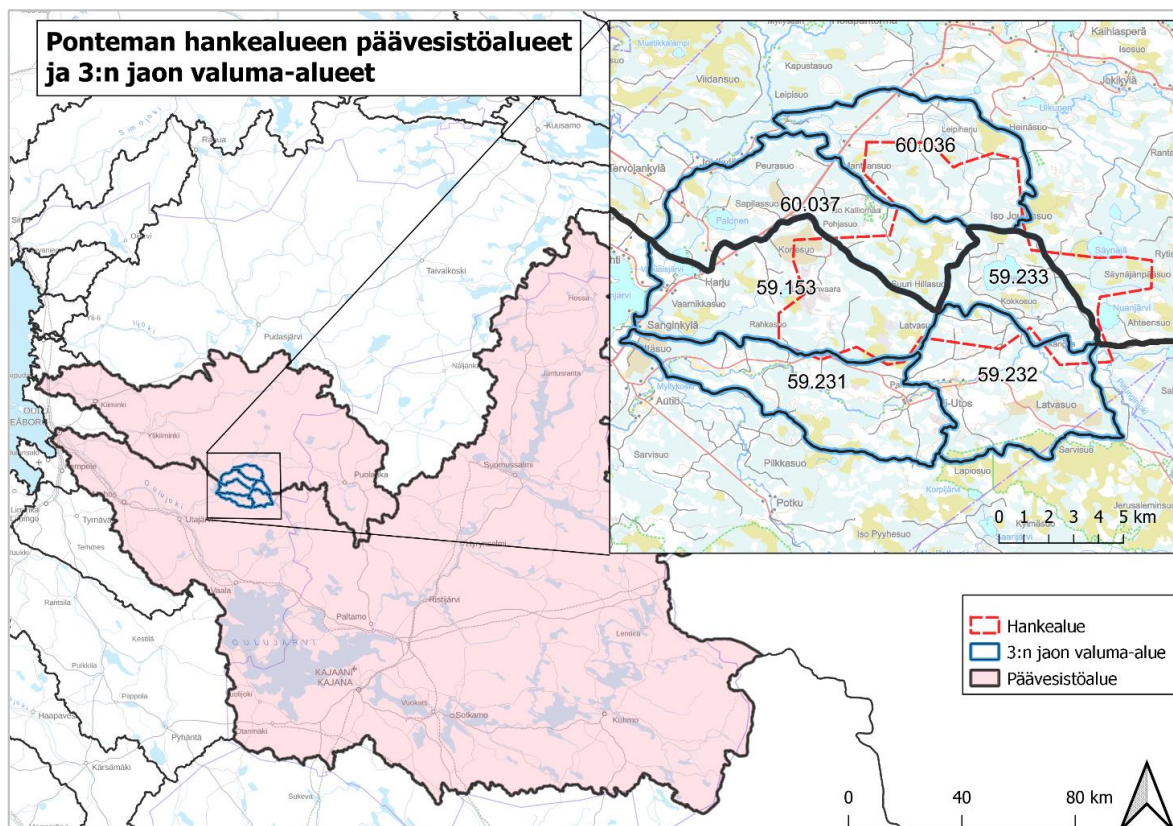
Alueelta ei ole vesipintahavaintoja, minkä vuoksi tarkkaa vuotuista vaihteluväliä suokompleksin vesipinnalle ei voida antaa. Vesipinnan vaihtelun arviointiin käytettiin alan lähdekirjallisuutta, alueen luontoselvityksen tuloksia (FCG, 2021) sekä Maanmittauslaitoksen korkeusmallia (DEM 2 m). Vedenlaadun muutosten arviointi perustui lähdekirjallisuuteen, sillä alueelta ei ole saatavilla suoveden analyysituloksia.

2 Nykytila

Ponteman suoyhdistymä on suurelta osin metsäojitusten saartama luonnontilainen keskusvaikutteisten avosoiden yhdistymä eli aapasuokompleksi. Hydrologisen tarkasteluun valittu alue on pinta-alaltaan noin 1525 hehtaaria, josta turvemaat kattavat noin 1020 hehtaaria ja ympäröivät kivennäismaat sekä kivennäismaasaarekkeet kattavat noin 505 hehtaaria. Koko hankealueesta luonnontilainen suoyhdistymä kattaa noin viidenneksen.

Suoalue sijaitsee Utajärven kunnan koillisosassa Pontemajärven länsipuolella. Suoyhdistymä jakautuu etelä-pohjoissuunnassa lähes keskeltä Kiiminkijoen keskiosan (60.03) ja Ala-Oulunjoen päävaluma-alueeseen (59.1) sekä aivan etelässä Ylä-Oulunjoen päävaluma-alueeseen (59.2). Jakovaiheessa 3, suoyhdistymä jakautuu keskeltä Peuraajan (pohjoinen osa, 60.037) ja Itäojan (eteläinen osa, 59.153) valuma-alueisiin sekä aivan etelässä Itäsuon (59.231) valuma-alueeseen.





Kuva 2. Valuma-alueet hankealueella (Karttapohja © MML 2022, valuma-alueet © SYKE 2022).

Hankealueen suoyhdistymä sijaitsee keskiborealisella aapasuovyöhykkeellä, joiden tyypillisiä suotyypppejä ovat mm. kalvakkanevat, saranevat, minerotrofiset lyhytkorsinevat ja rimpinevat. Pääosin alueellisista valuntamääristä johtuen keskiborealaisen vyöhykkeen soilla esiintyy runsaasti välipintaista kalvakkanevaa ja Pohjois-borealisia soita keskimäärin suppeampia rimpinevoja (Kaakinen ym. 2018). Maanmittauslaitoksen ilmakuvista arvioituna Ponteman suoyhdistymän rakenne on keskiborealiselle aapasuovyöhykkeelle tyypillinen, vaikkakin morfologisessa rakenteessa esiintyy runsaasti suoyhdistymän sisäisiä kivennäismaasaarekkeitä.

Luontokartoituksen mukaan (FCG, 2021) Ponteman suoyhdistymän alueella esiintyy useita silmälläpidettäviä (NT), vaarantuneita (VU) ja uhanalaisia (EN) suoluontotyypppejä. Suurella hillasuolla ja peurasuolla esiintyy mesotrofisia kalvakkanevoja, saranevoja, rimpinevoja, lyhytkorsinevoja, tupasvilla- ja lyhytkorsirämeitä sekä kangas- ja aitokorpia. Länsilaiteella esiintyy runsaasti mesotrofiaa ilmentävää suopunakämmekkää (NT). Vaarantaussuolla ja Latvasuolla esiintyy mm. oligotrofista kalvakkasaranevaa, ruopparimpinevaa, saranevaa, rimpinevarämeitä sekä isovarpurämeitä. Osalla suoluontokohteista on myös metsätalouden huomioimia metsälakikohteita. Kyseiset kohteet ovat esitetty luontoselvityksessä (FCG, 2021).



2.1 Hydrologia

2.1.1 Vesipinta ja ravinteet

Hankealueen suoyhdistymän aapasuot ovat minerotrofisia avosoita eli ne saavat vetensä ravinneköyhän sadeveden lisäksi ympäröiviltä mineraalimailta pintavaluntana. Luonnontilaista suoaluetta ympäröivät laajat metsäojitukset ovat mahdollisesti jo vaikuttaneet aapasuokokonaisuuden hydrologiaan kuivattavasti. Tämä tyypillisesti näkyy sukkesiokehityksen muuttumisena, laiteiden ja rämevyöhykkeiden kuivumisena sekä laajenemisena, mätästävien rahkasammalien yleistymisenä ja rimpialueiden supistumisena. Aapasoiden sukkesiokehitys on tyypillisesti oligoperifeerinen (keskusvaikutteinen), kun mineraalimailta peräisin olevat (minerogeeniset), ravinnerikkaammat vesimassat valuvat suon matalimpiin keskiosiin, suon korkeampien laiteiden jäädessä kuivemmiksi ja karummiksi (Rehell ym. 2005).

Ponteman suoyhdistymän suoluontotyypit ilmentävät pääosin vakaavetistä suoekosysteemiä, jossa vedenpinnan kausivaihtelut ovat keskimäärin vähäisiä. Vakaavetisyyden vuoksi kasvilajiston kyky sopeutua suuriin ja pitkäkestoisiin hydrologisiin häiriöihin on suhteellisen matala. Hydrologisia häiriöitä ovat vedenpinnan tason muutokset, kausivaihtelun muutokset, veden laadun muutokset ja virtausnopeuden muutokset. Hydrologiset muutokset voivat olla nopeita ja heti nähtävillä, mutta kasvilajiston muutokset riippuvat tyypillisesti suotyyppin ravinteisuudesta, ravinteikkaampien suotyyppien muuttuessa voimakkaammin häiriön seurauksena.

Vedenpinnan kausivaihtelu on tyypillisesti suurempaa suon välipinnoilla, joissa jatkuvan virtauksen määrä on vähäisempää. Suon pinta voidaan määritellä hydrologisesti välipinnaksi, kun vedenpinta on keskimäärin 5–20 cm suon pinnan alapuolella. Jos keskimääräinen vesipinnan taso on enintään 5 cm suonpinnan alapuolella voidaan suon pinta määrittää rimpipinnaksi (Eurola 1999). Vedenpinnan kuitenkin vaihdellessa kasvukauden aikana, luotettavammin pinnanmääritys tehdään pintakasvillisuuden perusteella, kasvillisuuden jakautuessa rimpipinnan, välipinnan ja mättäiden lajeihin.

Aapasuoekosysteemin tasapaino perustuu suurelta osin kevään lumensulamisvesiin, joiden vesiekvivalentti voi olla peräti 30 % vuotuisesta sadannasta (Sallantaus 2006). Sulamisvedet huuhtovat humushappoja pintaturpeesta, jolloin turpeen pH pysyy korkealla ja mätästävät, happamissa oloissa viihtyvät rahkasammalet eivät pääse yleistymään. Toinen tärkeä suovedenlaatuun vaikuttava tekijä on mineraalimailta tulevan veden läpivirtaus suoekosysteemissä. Läpivirtaus säilyttää riittävän ravinteiden määrän etenkin märkien pintojen lajistolle suon vastaanottajaosissa (alueet, jossa virtausmäärät ovat suurimmat). Suhteellisen korkea vedenpinta ei siis itsessään ole riittävä aapasuokasvillisuuden ylläpitämiseen, mikäli humushappojen huuhtoutuminen keväällä sekä minerogeenisten vesimassojen vaihtuma suon läpi virtaamalla estyy.



2.1.2 Virtaussuunnat

Ponteman suoyhdistymä voidaan jakaa karkeasti virtaussuuntien perusteella suoallasryhmiin sekä niihin vaikuttaviin mineraalimaihin. Virtauksien ja vedenjakajien perusteella voidaan muodostaa Suuren Hillasuon (665 ha), Peurasuon (268 ha), Latvasuon (264 ha) ja Vaarantaussuon (339 ha) hydrologiset kokonaisuudet.

Suuren Hillasuon kokonaisuudesta mineraalimaiden osuus on pienin, noin 25 % ja Peurasuon kokonaisuudesta suurin, noin 50 %. Latvasuon ja Vaarantaussuonkokonaisuuksissa mineraalimaat kattavat molemmissa noin 35 % pinta-alasta. Suuren Hillasuon, Peurasuon ja Vaarantaussuon kokonaisuuksissa suovedet virtaavat pääosin idästä länteen. Latvasuon kokonaisuudessa suovedet virtaavat pääosin pohjoisesta etelään kohti Vaaranojaa ja Utosjokea (Kuva 3).



Kuva 3. Päävirtaussuunnat suokokonaisuuksissa.

Suoalueella esiintyy paikallista jänne-rimpivaihtelua vaihtelevasti veden virtausmääristä riippuen. Suoaltenen vastaanottajaosat eli osat, joissa veden virtausmäärät ovat suurimmat, näkyvät ilmakuvassa tummina rimpijuotteina, joihin on kehittynyt paikoitellen selvää virtauksen vastaista jännerakennetta. Jännerakenne mahdollistaa veden pidemmän viipymän suoalueella ja näin ollen tasoittaa vedenpinnan kausivaihtelua rimpipinnoilla (Sallinen ym. 2019) (Kuva 4).

Hydrologinen selvitys – Utajärven Ponteman tuulivoimapuisto

Ponteman suoyhdistymässä havaitut jännerakenteet sekä luontoselvityksessä havaitut suotyyypit (mm. RiN, SN, LkN) ilmentävät suoyhdistymän veden nopean virtauksen tapahtuvan pääasiassa turvematriisin pintakerroksessa, arotelmassa (turpeen elävä pintakerros (Aapala ym. 2008 ja 2013). Akrotelman alapuolinen turvekerros, katotelma (turpeen maatunut kerros), on puolestaan selkeästi huonommin vettä johtava. Tämän kaltainen diplotelminen (kaksijakoinen) virtausmalli on aapasolle tyypillisempi, kuin ns. perkolaatiosoiden virtausmalli, joissa usein pohjavesivaikutuksen johdosta veden virtaus tapahtuu koko turvematriisin paksuudella.

Akrotelma muodostuu elävästä kasvipeitteistä ja sen paksuus on usein noin 10–20 cm. Akrotelman paksuus kuvastaa yleensä säännöllistä vesipinnan vaihtelua. Saravaltaisilla suotyypeillä akrotelman paksuuden määrittäminen on kuitenkin hankalaa, sillä sarakasvien juurisolukot kykenevät kuljettamaan happea syvemmälle turpeeseen tehden akrotelman ja katotelman rajapinnasta vaikeammin määriteltävän (Päivänen ja Hännell 2012). Mainitut virtausmallit (diplotelminen ja perkolaatiosoiden virtausmalli) ovat kehitetty kuvaamaan yksinkertaistetusti huomattavasti monimutkaisempia veden liikkeitä turvematriisin eri osissa. On siis vaikea arvioida tarkalleen kuinka syvällä hankealueen suokokonaisuuden vesi virtaa tehokkaasti. Todennäköistä kuitenkin on, että virtaus ei tapahdu koko turvematriisin paksuudella tehokkaasti vaan pääsääntöisesti pintakerroksissa.



Kuva 4. Vaarantaussuon vastaanottajaosan läpi virtaa vesiä idästä länteen. Vastaanottajaosat erottuvat tummempisävyisinä osin avovetisinä alueina, kun taas veden luovuttajaosat näkyvät vaaleimpina alueina ilmakuvassa. Suurimman virtausvolyymin alueelle on kehittynyt selvästi erottuvia jäniteitä, jotka kulkevat poikittain virtaussuuntaan nähden luoden allasmaisia pienmuotoja.

2.2 Valuma-alue tarkastelu

Suon yläpuolinen valuma-alue arvioitiin käyttämällä apuna Metsäkeskuksen valuma-alueen määrittämis-työkalua, SYKEN valuma-aluekarttaa, mikrovaluma-alue työkalulla tehtyä virtausanalyysiä (luku 3.1) sekä Maanmittauslaitoksen korkeusmallirasteria (DEM 2 m), ortokuvaa ja maastokarttaa.

Utajärven ja särkijärven sadetilastojen mukaan alueen keskisadanta on ollut 2000-luvulla 650 mm vuodessa. 1525 hehtaarin laajuisen tarkastelualueen (alue rajattuna Kuva 3) vuotuinen sadanta on siis noin 9,9 miljoonaa m³, kun muita vaikuttavia tekijöitä ei oteta huomioon. Sadannasta suon peittämälle alueelle sataa noin 6,6 miljoonaa m³ ja kivennäismaasta muodostuville valuma-alueiden reuna-alueille sekä suoyhdistymän sisäisille kivennäismaasaarekkeille noin 3,3 miljoonaa m³. Kivennäismailla satavasta vedestä osa valuu pintavaluntana suolle minerogeenisenä tulovalumana. Valuntaa vähentää pintakasvillisuuden ja lämpösäteilyn aiheuttama kokonaishaihdunta. Lisäksi siihen vaikuttavat maaperän ominaisuudet (imeytyminen) ja maaston kaltevuus.

Keskimääräiset kokonaishaihduntamäärät Kiiminkijoen keskiosan ja Ala-Oulunjoen päävaluma-alueilla, ovat noin puolet vuotuisesta sadannasta (300–350 mm/a, Ilmatieteen laitos). Suoaltaissa suon pinnalle sataneen veden määrään vaikuttaa pääsääntöisesti kokonaishaihdunta, joka on noin 50 % sadannasta. Suoyhdistymän kivennäismailla sataneeseen veteen vaikuttaa useampi tekijä ennen sen päätymistä pintavalunnan kautta suoalueelle. Suoyhdistymän valuma-alueeseen kuuluvat kivennäismaat muodostuvat pääasiassa sekalajitteisesta paikoin ohuen (< 30 cm) turvekerroksen peittämästä moreenista. Sadevedestä 10–30 % imeytyy moreeniin muodostaen pohjavettä. Imeytymismäärä riippuu moreenin pääsedimenttilajista ja raekokojakaumasta. Moreenimaiden lisäksi osa alueen kivennäismaasta koostuu kalliomaasta, josta käytännössä kaikki haihtumisen jälkeinen sadanta valuu pintavaluntana ympäröivälle moreenimaalle tai suolle. Näin ollen alueen sadannasta arviolta enintään 20 % imeytyy maaperään pohjavedeksi. Kun kokonaishaihdunta ja maaperäimeytyminen otetaan huomioon, kivennäismailla suoaltaisiin valuu pintavaluntana, noin miljoona kuutiota minerogeenistä vettä vuodessa. Arvio on hyvin karkea, sillä paikallisia kokonaishaihdunta- ja maaperän vedenjohtavuusmittauksia ei ole saatavilla. Ei myöskään tiedetä paljonko kivennäismailla muodostuvaa pohjavettä purkaa suoalueelle.

3 Mikrovaluma-alue- ja virtaussuuntatarkastelu

3.1 Menetelmä

Mikrovaluma-alueiden ja virtaussuunnan määrittämiseen käytettiin QGIS 3.10.2 watershed työkalua (GRASS r.watershed, r.water.outlet ja r.stream.extract). Lähtöaineistona virtaussuuntien määrittämiseen käytettiin Maanmittauslaitoksen korkeusmallia, jonka resoluutio on kaksi metriä (DEM 2m). Korkeusmallirasteri



käsiteltiin ennen analyysiä QGISsissä työkalulla (SAGA Fill sinks), joka täytti rasterista mahdollisesti tyhjäksi jääneitä pikseleitä ympärillä olevien pikseleiden arvojen perusteella.

3.1.1 Epävarmuustekijät

Virtaussuunnat määritettiin korkeusmallin avulla. Korkeusmalli kuvaa vain yhtä ajankohtaa eikä kausittaista vaihtelua. Kevään sulamisvedet ja loppukesän kuivat jaksot voivat muuttaa aapasoiden vesipintaa niin, että paikalliset, suoaltaiden keskiosissa kulkevat valuma-alueajat siirtyvät. Aapasoilla pinnantasojen vaihtelu tapahtuu kuitenkin melko tasaisesti läpi suoyhdistelmän, minkä vuoksi valuma-aluearajojen ei oleteta muuttuvan suuresti.

Korkeusmalli mallintaa maan pintaa, minkä vuoksi se ei huomioi esimerkiksi virtausta mahdollistavia tierumpuja. Hankealueen luonnonmukaisella suoalueella ei sijaitse teitä, eikä näin ollen tierumpuja, jotka tulisi muokata käsin lähtöaineistoon. Hankealueelta purkavat ojat alittavat olemassa olevia metsäteitä. Nämä huomioitiin tulkittaessa mallinnettuja virtauksia. Olemassa olevien tierumpujen sijainnit arvioitiin maastokarttaan merkittyjen ojien sekä ilmakuvien perusteella.

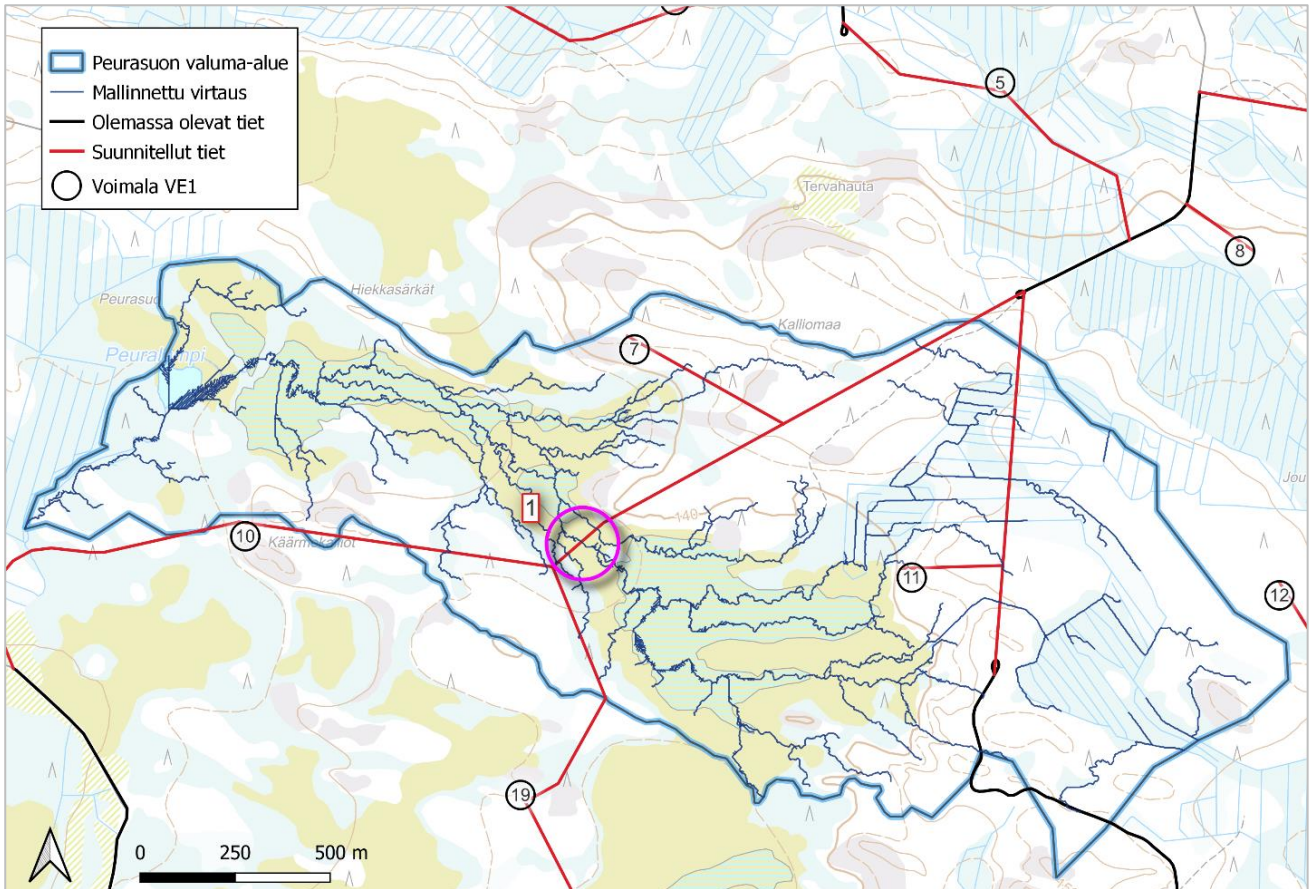
3.2 Tulokset

Paikkatietoanalyysin avulla pystyttiin tunnistamaan suoalueen tärkeimmät vesien virtausreitit ja niiden valuma-alueet. Tuloksissa keskityttiin pääsääntöisesti alueisiin, joissa suunniteltu tieyhteys kulkee avosuolla, mutta huomioitiin myös alueet, jossa suunniteltu tieyhteys kulkee tärkeän suolta tulevan purkujoen yli suoalueen ulkopuolella.

Peurasuon kokonaisuus

1. Suunniteltu tie kulkee Käärmekallion itäpuolelta koilliseen kohti Kalliomaata. Suunniteltu tie ylittää avosuota noin 150 metrin alueella. Alueella suovesi virtaa luoteeseen purkaen Peuralammen kautta. Vesi ei pääse purkamaan muita reittejä suon yläosasta suon alaosaan.



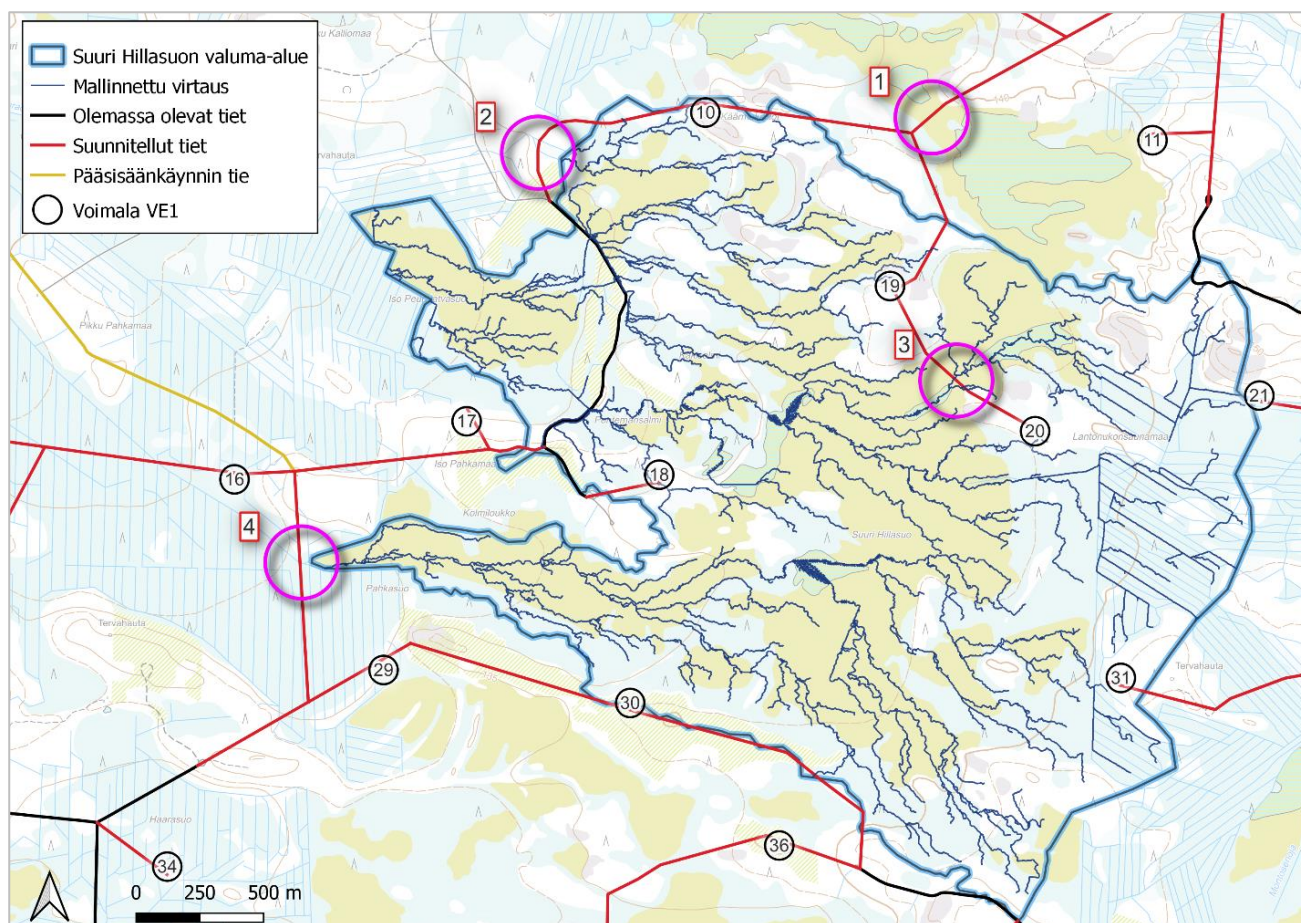


Kuva 5. Peurasuon kokonaisuuden alueelle suunnitellut tiet ja hydrologian kannalta kriittinen tieosuus (ympyröitynä).

Suuren hillasuon kokonaisuus

2. Suunniteltu tieyhteys kulkee Peuransuolta ja Suuren Hillasuon pohjoisosasta tulevan purkuojan poikki. Suoalueen vesiä purkaa tien kohdalta kohti länttä.
3. Suunniteltu tieyhteys voimalalta 19 voimalalle 20 kulkee noin 200 metriä avosuolla. Alueelta purkaa Hillasuon pohjoisosan vesiä kohti etelää. Vesi ei pääse purkamaan muita reittejä suon yläosasta kohti suon alaosaa.
4. Suunnitellut tieyhteydet kulkevat jo ojitetulla suoalueen ulkopuolisella alueella Suuren Hillasuon eteläosan vesiä purkavan ojan yli.



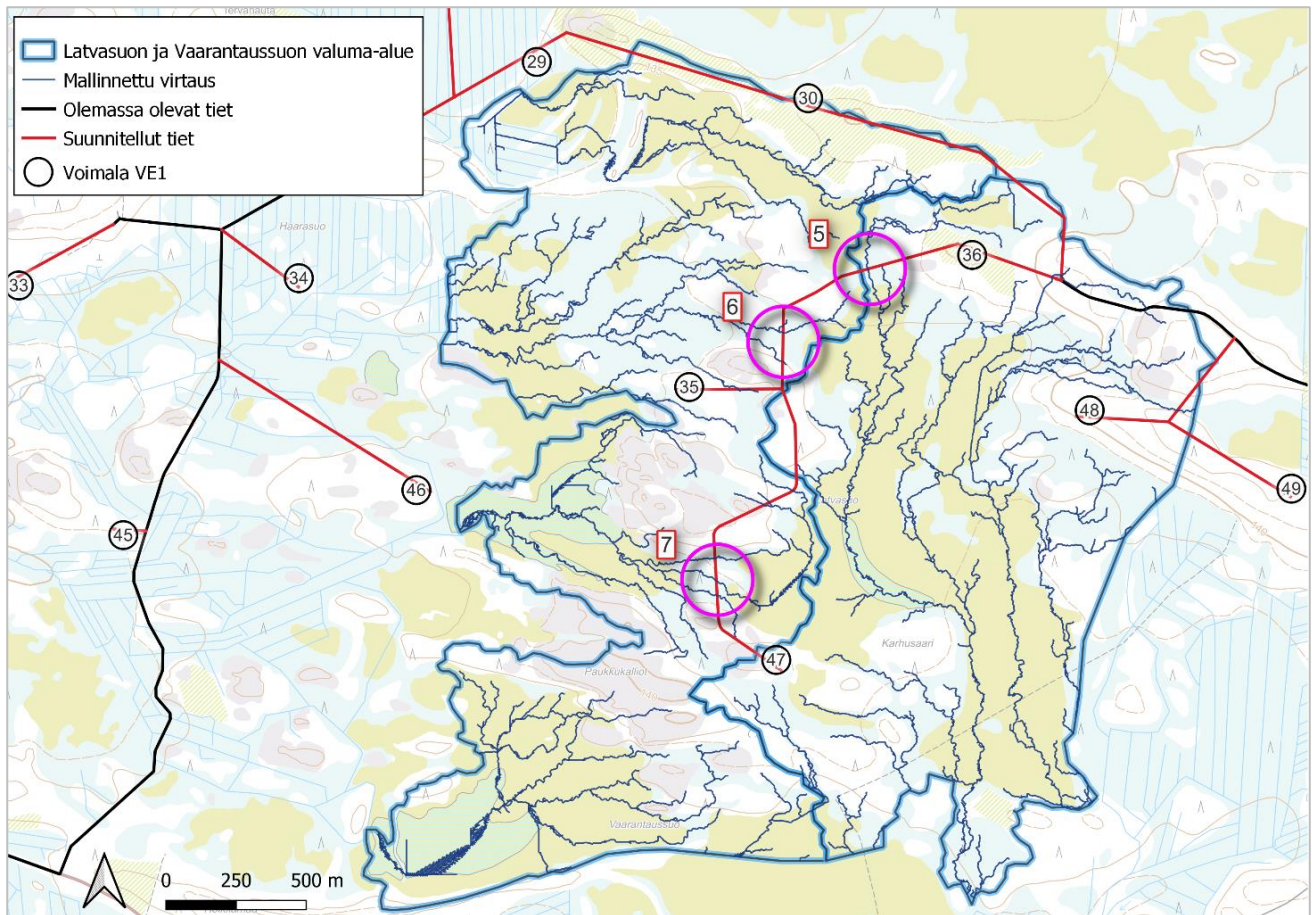


Kuva 6. Suuren Hillasuon kokonaisuuden alueelle suunnitellut tiet ja hydrologian kannalta kriittiset tieosuudet (ympyröitynä).

Latvantaussuon ja Vaarantaussuon kokonaisuudet

5. Suunniteltu tie kulkee suoalueella noin 230 metriä. Alueelta purkaa etelään Latvantaussuon pohjoisosan vesiä. Vesi ei pääse purkamaan muualta Latvantaussuon pohjoisosista kohti etelää.
6. Suunniteltu tie kulkee suolla noin 100 m. Alueelta purkaa Vaarantaussuon itäisimmän reunan vesiä kohti länttä. Vesi ei pääse purkamaan muualta Vaarantaussuon itäisistä osista kohti länttä.
7. Suunniteltu tie kulkee suolla noin 180 m, josta noin 30 metriä on kivennäismaata suon keskellä. Suoalueilta purkaa Vaarantaussuon itäisemmän reunan vesiä kohti länttä. Vesi ei pääse purkamaan muualta Vaarantaussuon itäisistä osista kohti länttä.





Kuva 7. Latvantaussuon ja Vaarantaussuon kokonaisuuksien alueelle suunnitellut tiet ja hydrologian kannalta kriittiset tieosuudet (ympyröitynä).

4 Vaikutusten arviointi

4.1 Rakentamistavat ja niiden vaikutukset veden johtumiseen

Hankealueelle rakennettavat tiet voidaan perustaa suon ominaisuuksista riippuen massanvaihdolla, massastabiloinnilla tai rakentaa kelluvana tienä nk. geoverkon päälle. Hankalimmilla alueilla myös paalutus on mahdollinen, mutta harvoin tuulivoimahankkeissa käytetty menetelmä.

Massanvaihto tehdään suon alapuoliseen kivennäismaahan asti. Massanvaihto voidaan tehdä raekooltaan sellaisella materiaalilla, mikä mahdollistaa suoveden virtauksen rakenteen läpi. Myös massastabilointi voidaan tehdä niin, että rakenne mahdollistaa veden liikkumisen rakenteen läpi. Kelluva tierakenne rakennetaan geoverkon päälle. Kelluva tierakenne uppoaa turvekerrokseen noin metrin syvyyteen. Massastabilointia käytetään pääosin 4–6 metrin syvyyksissä pehmeiköissä. Ponteman vettyneiden saravaltaiten osien turvekerroksien ei



kuitenkaan arvioida olevan näin paksuja. Tyypillisesti saravaltaisen turvekerroksen paksuus on 1,5–2 metriä (Kaakinen ym. 2018). Kelluva tierakenne puolestaan vaatii riittävän maaperän kantavuuden, joten rakennetta ei ole mahdollista toteuttaa märillä avosoilla. Tämän vuoksi massanvaihdon arvioidaan soveltuvan parhaiten varsinkin suon vetisimmillä alueilla.

Jokaisessa tierakenteessa ylin kerros (0,5–1 m) on raekooltaan pienempää louhetta, joka pakkautuu tiiviimmäksi ajan myötä. Tiivistyessään louheen vedenjohtavuus pienenee. Pysyvien vaikutusten muodostuminen ja niiden laajuus on pääsääntöisesti kiinni käytettyjen materiaalien vedenjohtavuudesta ja sen muutoksista mm. tiivistymisen myötä.

4.2 Rakentamisen aikaiset vaikutukset

Suoalueen teiden rakentaminen tehdään pääsääntöisesti sulan maan aikana. Työkoneiden ja työtapojen, kuten massastabiloinnin aiheuttama värinä voi aiheuttaa suoveden vähäistä ja hetkellistä samentumista työmaa-alueen ympäristössä, kun orgaanisperäinen kiintoainelähteet lähtee häiriöstä liikkeelle. Massanvaihtoa varten tehtävät kaivutyöt aiheuttavat paikallisen samentumisen lisäksi myös ympäröivän suoveden virtausta kohti kaivukuoppaa, muuttaen lähialueen pintaveden virtaussuuntaa hetkellisesti. Ojittamattomalla alueella rakentamisen aikaiset vaikutukset veden laatuun ovat kuitenkin paikallisia turpeen pidättäessä kiintoainesta ja vettä. Ojaverkoston läheisyydessä rakentaminen voi aiheuttaa humuspitoisen ja kiintoainetta sisältävän veden purkautumista ojaan, jolloin rakentamisen vaikutus ulottuu pidemmälle. Rakentamisen aikaiset vaikutukset ovat kuitenkin pääsääntöisesti paikallisia ja lyhytkestoisia. Hetkellinen olosuhteiden muutos ei ehdi vaikuttamaan alueen suokasvillisuuteen. Työmaa-alueelta suoveteen voi mahdollisesti kulkeutua vähäisiä määriä öljypitoisia vesiä työkoneen rikkoutumisen seurauksena. Normaalityönteissä päästöt ovat hyvin pieniä ja vaikutukset merkityksettömiä. Öljyvahinkoihin tulee kuitenkin varautua ja niitä pitää pyrkiä ehkäisemään asianmukaisin välinein ja työtapoin.

4.3 Pysyvät vaikutukset

Tien perustamistapa vaikuttaa merkittäväällä tavalla siihen, aiheutuuko tien rakentamisesta merkittäviä muutoksia suon hydrologiaan. Massanvaihto ja massastabilointi ulottuvat syvälle turvepatjaan. Syvälle ulottuvat rakenteet on mahdollista tehdä menetelmillä, jotka mahdollistavat veden virtauksen. Kelluvan tierakenteen perusta puolestaan ei ylety syvälle turpeeseen vaan tie ns. kelluu turvekerroksen päällä. Jokaisessa näissä vaihtoehdoissa tien ylin kerros (0,5–1 m) rakennetaan louheesta, jonka raekoko on muuta perustamisrakennetta pienempää (esim 0–32 mm). Tien ylin kerros myös tiivistyy käytön aikana. Lähtökohtaisesti ylimmän, raekooltaan pienemmällä murskeella tehdyn tierakenteen vedenjohtavuuden arvioidaan asettuvan ns. "paremmin vettä johtavan" sora- tai kiviaineen vedenjohtavuuden tasolle. Sora- tai kiviaineen vedenjohtavuus vaihtelee välillä 10^{-4} m/s - 10^{-7} m/s. Tiivistyessään ylimmän



kerroksen vedenjohtavuus heikkenee. Lopullista ylemmän tierakenteen vedenjohtavuutta on hankala arvioida. Turvepatjan ylemmän kerroksen, akrotelman, vedenjohtavuus vaihtelee välillä 10^{-7} m/s - 10^{-3} m/siten, että akrotelman alaosassa vedenjohtavuus on usein yläosaa heikompi. Akrotelman alapuolisen, maatumemman katotelman vedenjohtavuus vaihtelee välillä 10^{-8} m/s - 10^{-6} m/s, eikä vedenjohtavuudessa ole usein yhtä selkeää vertikaalista vaihtelua. Tarkkoja tietoja hankealueen turvepatjan vedenjohtavuudesta ja akrotelman sekä katotelman rajapinnasta ei ole.

Tierakenteen materiaaleista tien pohjarakenteisiin käytettävän louheen vedenjohtavuus on selkeästi turvetta parempi. Jos louheperusta tehdään kaltevalle maastolle, voi se toimia salaojan tavoin kuivattaen ylempänä olevaa turvealuetta veden virratessa rakennetta pitkin kohti alavampaa aluetta. Tien yläosiin käytettävän, raekooltaan pienemmän louheen vedenjohtavuus on oletettavasti lähellä akrotelman keskimääräistä vedenjohtavuutta, mutta voi tiivistyessään muuttua heikommaksi.

Suosimalla parhaiten vettä läpäiseviä rakentamistapoja ja materiaaleja, suon virtaus pysyy luonnontilaisen kaltaisena, keväthuuhtouma pääsee toteutumaan eikä merkittäviä pysyviä vaikutuksia muodostu. Lisäksi ympäristövaikutuksia voidaan vähentää sijoittamalla tiet mahdollisuuksien mukaan jo ojitetuille alueille.

Jos tierakenne ei mahdollista riittävää veden virtausta, on virtaus ja keväthuuhtouma mahdollistettava muilla keinoilla. Virtauksen kannalta liiallista tiivistymistä voi mahdollisesti tapahtua tien pintakerroksessa, jossa louheen raekoko on pienempää. Käytännössä tämä tarkoittaa, että tien alle on tehtäviä tierumpuja, jotka mahdollistavat virtauksen useasta kohtaa tien leveydeltä ja turvepatjan syvyydeltä. Ylin tiiviimpi tiekerros voidaan mahdollisesti myös rakentaa luonnollisen suon vesipinnan yläpuolelle rakentamalla sen alla olevaa, paremmin vettä läpäisevää louhepatjaa korkeammaksi.

4.4 Vaikutukset tilanteessa, jossa rakenteen vedenläpäisevyys muuttuu pidemmällä aikavälillä

Jos tien rakenne muuttuu ajan saatossa, esimerkiksi tiivistymällä voi rakenteen vedenläpäisevyys heiketä ja mahdollisia vaikutuksia syntyä. Mahdollisten vaikutusten kohdentumiseen vaikuttaa se, onko tarkasteltava alue virtaukseen nähden tien ylä- vai alapuolella ja miten hyvin tien perustamiskerrokset mahdollistavat veden virtauksen tien yläpuoliselta alueelta alapuoliselle alueelle. Toisaalta jos tierakenne estää tai hidastaa virtausta merkittävästi ovat vaikutukset suoluonnon kannalta merkittäviä sekä mahdollisesti alueellisesti laajoja.

Virtaukseen nähden tien yläpuolinen alue

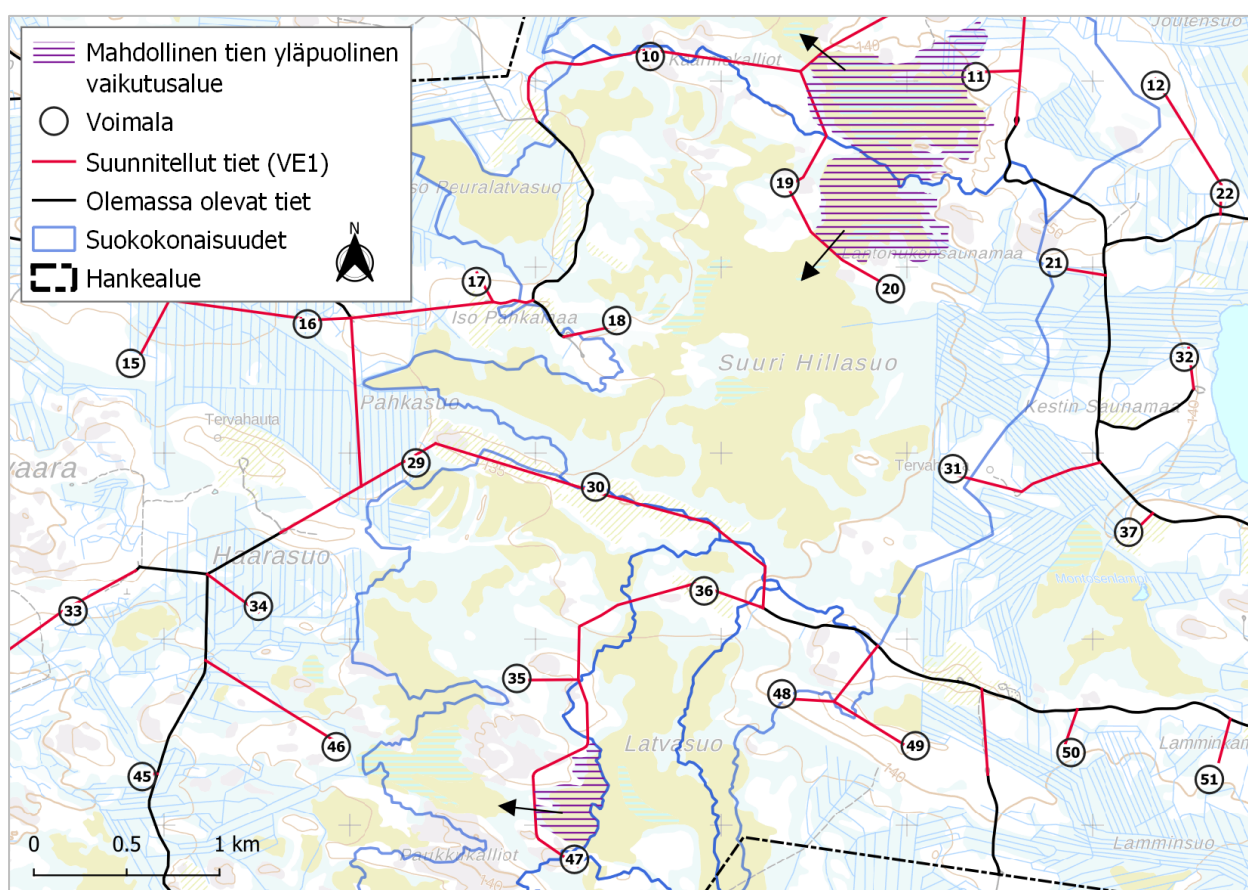
Tilanteessa, jossa läpäiseväksi suunniteltu rakenne tiivistyisi siten, että veden liike rakenteen läpi hidastuu, voi vedenpinta nousta ja virtausreitit hakeutua



uusiin uomiin. Pinnannousun vaikutusalue riippuu ympäröivän alueen maaston korkeudesta ja uuteen pinnantasoon vaikuttaa uuden purkureitin korkeus. Suoveden pinnan noustessa, tyypillisesti myös suon turvematriisi laajenee ja suonpinta nousee. Tällä voi myös olla vaikutusta paikoin virtaussuuntien muutoksiin jo valmiiksi tasaisissa suonosissa.

Vedenpinnan nousun myötä voivat mätät rimpialueet laajeta ja luhtaisuus lisääntyä. Avosuon pinta-alan voidaan katsoa laajenevan tien yläpuolisella alueella, jos vedenpinnan nousu aiheuttaa suoyhdistymään kuuluvien räme- ja korpivyöhykkeiden puustokuolemia.

Tierakenteen ollessa liian tiivis sulamisvesien aiheuttama keväthuuhtouma ja mineraalimailta tuleva ravinteikas vesi ei pääse luonnollisesti läpivirtaamaan suoekosysteemeissä. Tällä on vaikutuksia suoalueen yleiseen vesikemiaan, joka osaltaan ylläpitää nykyisenlaista suokasvillisuutta.



Kuva 8. Suunniteltujen teiden yläpuoliset alueet, joille mahdolliset vaikutukset voivat kohdistua, jos tierakenne heikentää virtausta.

Virtaukseen nähden tien alapuolinen alue

Mikäli tierakenne hidastaa virtausta rakenteen läpi ajan myötä tapahtuvan rakenteen tiivistymisen takia, voi tiealueen virtaukseen nähden alapuolisen osan vedenpinta laskea. Jos alue saa suurimman osan vedestä tierakenteen toiselta puolelta voivat märät suonosat ja rimpialueet supistua ja puustovyöhyke levitä laiteilta kohti suon sisempiä osia. Näillä alueilla on ehdottoman tärkeää, että tierakenne mahdollistaa luonnontilaisen kaltaisen virtauksen rakenteen läpi.

Mikäli tien virtaukseen nähden alapuolinen alue saa vettä myös muualta kuin tierakenteiden läpi, jäävät vaikutukset vähäisemmiksi. Tällöin korvaavaa vettä virtaa alueelle laajemmalta alueelta ja vaikutukset jakautuvat suuremmalle alueelle laajentaen vaikutusaluetta, mutta vähentäen vaikutuksen voimakkuutta.

4.5 Mahdolliset vaikutukset alueen kasvillisuuteen

Ponteman suoalueella esiintyy kasvillisuusselvityksen perusteella vaarantuneita, silmälläpidettäviä ja uhanalaisia suotyypejä. Suoyhdistymän ravinteisuustaso vaihtelee mesotrofian ja oligotrofian välillä. Molemmat ravinteisuustasot ovat riippuvaisia mineraalimailta tulevasta valumasta. Tierakenteiden tulee olla sellaiset, että ne mahdollistavat mineraalimailta tulevien valumisvesien leviämisen suoalueelle, myös tierakenteen tiivistyessä ajan saatossa. Jos tierakenne estää valunnan, kasvaa vähäravinteisen sadeveden määrä eristyneellä suoalueella. Tämä voi johtaa karummissa oloissa viihtyvien suokasvien yleistymiseen.

5 Johtopäätökset

Suoyhdistymän alueelle rakennettavien tieosuuksien pysyvät vaikutukset suon ekohydrologiaan riippuvat teiden rakennustavasta sekä niiden sijainnista suhteessa tärkeimpiin suoveden virtausreitteihin. Yleisimpiä perustamistapoja suolle rakennettaville teille ovat massanvaihto, massastabilointi tai kelluva rakenne, jossa käytetään nk. geoverkkoa. Hankalimmissa paikoissa voidaan tie perustaa myös paalulaatalle. Massanvaihdossa ja massastabiloinnissa tien perusteet ulottuvat syvemmälle, mutta ne voidaan rakentaa esim. karkeasta, vettä hyvin johtavasta louheesta. Kelluva tie ei ulotu turpeen syvimpiin osiin, mutta vaatii rakennuspaikan maaperältä jonkinlaista kantavuutta, eikä sovellu suon vetisimmille alueille. Jokaisessa perustamisvaihtoehdossa tien ylin, 0,5–1 metrin kerros rakennetaan raekooltaan pienemmästä louheesta. Pienemmän louheen vedenjohtavuus vastaa arviolta suon ylimmän akrotelman keskimääräistä vedenjohtavuutta. Vedenjohtavuus voi kuitenkin heiketä kerroksen tiivistyessä, jolloin padottavaa vaikutusta voi varsinkin runsasvetisen keväthuuhtouman aikana syntyä, jollei veden virtausta mahdollisteta muilla keinoilla.

Suoluonnon kannalta on tärkeää, että suoveden ravinnetaso pysyy muuttumattomana. Tämä tarkoittaa, että mineraalimailta tulevan ravinteikkaan



pintavalunnan ja ravinneköyhän sadeveden suhde pysyy suovedessä luonnontilaisen kaltaisena. Jos mineraalimailta valuva vesi ei pääse levittäytymään suoalueelle, kasvaa sadannan merkitys veden mikä suosii happamammassa ympäristössä viihtyviä lajeja. Lisäksi lumen sulamisvesien aiheuttama humushappojen huuhtoutuminen, on aapasuoekosysteemille ominaisen kasvillisuuden säilymiselle erittäin tärkeää. Tärkein veden virtaus tapahtuu aapasuon ylimmässä kerroksessa, akrotelmassa.

Jotta virtausolosuhteet pysyvät luonnollisen kaltaisina tulee tierakenteiden mahdollistaa veden virtaus koko turvepatjan syvyydeltä. Lähtökohtana on, että rakenteissa käytetään materiaaleja, joiden vedenjohtavuus on yhtäläinen tai parempi, kuin turpeen vedenjohtavuus. Kuitenkin on varottava, ettei hyvin vettä johtava louhekerros muodosta turpeen sisälle salaojan kaltaisia kuivattavia rakenteita. Varsinkin turpeen ylimmässä kerroksessa, akrotelmassa, tapahtuva veden vaihtuminen on suoluonnon kannalta tärkeää. Jos riittävää vedenjohtavuutta ei voida toteuttaa materiaalivalinnoilla, voidaan virtaus mahdollistaa esimerkiksi riittävillä rumpurakenteilla, jotka mahdollistavat virtauksen koko tien leveydeltä tai vaihtoehtoisesti rakentamalla tiiviimpi tien ylin kerros luonnollisen suoveden pinnan yläpuolelle alla olevaa karkeampaa louhepatjaa korottamalla.

Vaikutusten minimoimiseksi ja keskiboreaalisien aapasuon monimuotoisuuden ylläpitämiseksi tulisi voimaloille vievät tiet rakentaa mahdollisuuksien mukaan ensisijaisesti ojitetulle suoalueelle. Jos suon luonnonmukaisiin osiin on tarve rakentaa tieyhteys, tulee tierakenteiden mahdollistaa suoveden läpivirtaus luonnontilaisen kaltaisesti. Tien rakentamiseen tulee käyttää puhtaita materiaaleja, jotka eivät vaikuta suoveden laatuun.

Luonnontilaisen suoalueen ulkopuolella kulkee suoalueelta tulevia purkuojia. Ojat tulee huomioida ja veden virtaus mahdollistaa uusia teitä rakentaessa ja vanhoja kunnostaessa.

Työmaalla tulee myös varautua rakentamisen aikaisiin, konerikosta aiheutuviin öljyvuotoihin asianmukaisin varustein.

Lähteet

Aapala, K., Similä, M. & Penttinen, J. 2013. Ojitettujen soiden ennallistamisopas. Metsähallituksen luonnonsuojelujulkaisuja. Sarja B 188. ISBN(PDF) 978-952-295-025-3

Aapala, K., Sallantausta, T. & Haapalehto, T. 2008. Metsäojitettujen soiden ennallistaminen. Teoksessa: Silver, T., Kittamaa, S. & Saarinen, M. 2015. Soiden ennallistamisen tarpeet, halukkuus sekä tavoitteet ja niiden toteutuminen Lounais-Suomessa. Luonnonhoitohankeraportti, Suomen Metsäkeskus. ISBN 978-952-283-028-9

Eurola, S. 1999. Kasvipeitteemme alueellisuus. Oulanka Reports 22. — Oulun yliopistopaino, Oulu. 116 s.

FCG, 2021. Utajärven Ponteman tuulivoimapuisto. Luontoselvitys 10.2.2021.



- Kaakinen, E., Kokko, A., Aapala, K., Autio, O., Eurola, S., Hotanen, J-P., Kondelin, H., Lindholm, T., Nousiainen, H., Rehell, S., Ruuhijärvi, R., Sallantausta, T., Salminen, P., Tahvanainen, T., Tuominen, S., Turunen J., Vasander, H. & Virtanen, K. 2018. Suomen luontotyyppien uhanalaisuus 2018: Luontotyyppien punainen kirja. Osa 2: Luontotyyppien kuvaukset. Suomen ympäristö 5. s. 327-471. <http://urn.fi/URN:ISBN:978-952-11-4819-4>
- Päivänen, J. & Hånell, B. 2012. Peatland Ecology and Forestry – a Sound Approach. University of Helsinki Department of Forest Sciences Publications 3:1-267
- Rehell, S., Kondelin, H. & Laitinen, J. 2005. Aapasoiden suurmuotojen kehitys Pohjois-Pohjanmaan maankohoamisrannikolla. Käsikirjoitus. Teoksessa: Kokko, A., Kaakinen, E., Aapala, K., Eurola, S., Heikkilä, R., Hotanen, J-P., Kalpio, S., Kondelin, H., Lindholm, T., Nousiainen, H., Ruuhijärvi, R., Salminen, P., Vasander, H., & Virtanen, K. 2005. Soiden luontotyyppit ja luontotyyppiyhdistelmät. Suomen ympäristö 765. s. 71-81. ISBN 952-11-1988-8
- Sallantausta, T. 2006. Mire ecohydrology in Finland. Teoksessa: Lindholm, T. & Heikkilä, R. (eds.) Finland - Land of Mires. The Finnish Environment 23/2006, Finnish Environment Institute, Helsinki, 105–118. Online at: <https://helda.helsinki.fi/handle/10138/37961>
- Sallinen, A., Tuominen, S., Kumpula, T. & Tahvanainen, T. 2019. Undrained peatland areas disturbed by surrounding drainage: a large-scale GIS analysis in Finland with a special focus on aapa mires. Mires and Peat. 24. s. 1-22. 10.19189/MaP.2018.AJB.391.

